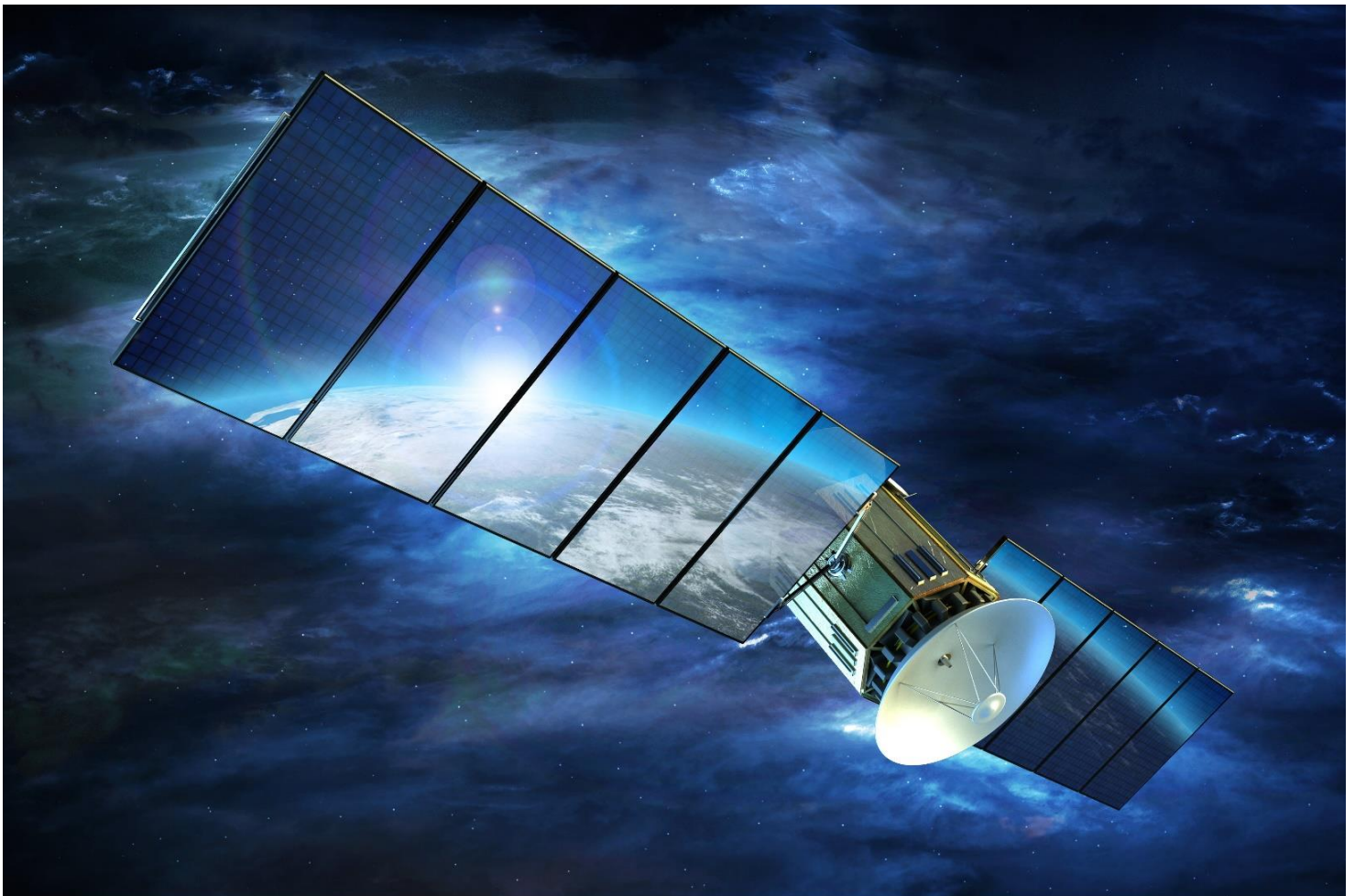




RAPPORT

KVU FOR ELEKTRONISK KOMMUNIKASJON I NORDOMRÅDENE



MENON-PUBLIKASJON NR. 26/2017

Av Magnus Utne Gulbrandsen, Kay Erik Stokke, Harald Wium Lie, Kaja Høiseth-Gilje, Steinar Låg, Nicolaj Tidemand, Magnus Skinnemoen, Mikael Christiansson, Anders Merckoll Helseth, Heidi Ulstein og Leo A. Grünfeld



Forord

På oppdrag for Nærings- og fiskeridepartementet har Menon Economics og DNV GL i samarbeid med Nexia Management Consulting gjennomført en konseptvalgutredning (KVU) av kommunikasjon i nordområdene. Utredningen har vurdert ulike løsninger for elektronisk kommunikasjon i nordområdene og er gjennomført i tråd med Finansdepartementets ordning for kvalitetssikring av store statlige investeringer.

Magnus Utne Gulbrandsen har vært prosjektleder for utredningen. Kay Erik Stokke og Harald Wium Lie har vært ansvarlig for henholdsvis DNV GLs og Nexias arbeid. Kaja Høiseth-Gilje (Menon), Steinar Låg (DNV GL), Nicolaj Tidemand (DNV GL), Magnus Skinnemoen (DNV GL), Mikael Christiansson (Nexia), Anders Merckoll Helseth (Menon) og Heidi Ulstein (Menon) har vært sentrale prosjektmedarbeidere. Leo A. Grünfeld (Menon) har vært interne kvalitetssikrer.

Vi ønsker å takke Norsk Romsenter, ved Rune Sandbakken og Kjetil Bilic Michaelsen, for gode innspill og diskusjoner underveis i arbeidet. Vi ønsker også å takke Space Norway for stor åpenhet og samarbeidsvilje. Videre vil vi takke referansegruppen bestående av departementene NFD, UD, OED, FD, KD, JD, SD, KLD og ASD og alle intervjuobjekter for gode innspill underveis i prosessen.

Forfatterne i Menon Economics, DNV GL og Nexia Management Consulting står ansvarlige for alt innhold i rapporten.

Mars 2017

Magnus Utne Gulbrandsen

Prosjektleder

Menon Economics

Innhold

SAMMENDRAG	4
Behovsbeskrivelse	4
Behov for bredbåndskommunikasjon av sikkerhetshensyn	5
Behov for bredbåndskommunikasjon for Forsvaret	5
Behov for bredbåndskommunikasjon av driftshensyn	6
Behov for bredbåndskommunikasjon for velferdstilbud	6
Mål og krav	6
Mulighetsstudien	7
Nullalternativet	8
Alternativ 1: Landbasert løsning	8
Alternativ 2 (a og b): Satellittløsning med regional dekning	9
Alternativ 3: Satellittløsning med pan-arktisk dekning	9
Alternativanalysen	9
Drøfting og anbefaling	11
1. INNLEDNING, BAKGRUNN OG MANDAT	13
2. SITUASJONSBEKRIVELSE	15
2.1. Landbasert radiokommunikasjon (VHF, MF og HF)	18
2.2. Landbasert mobilkommunikasjon	19
2.3. Geostasjonære satellitter	20
2.3.1. Mobil satellittkommunikasjon	22
2.3.2. VSAT	23
2.3.3. HTS (High Throughput Satellite)-systemer	23
2.4. Lavbanesystemet Iridium	24
3. BEHOVSANALYSEN	27
3.1. Overordnet utvikling i etterspørsel etter bredbåndskommunikasjon i nordområdene	28
3.1.1. Aktivitet i nordområdene	28
3.1.2. Utvikling i etterspørsel etter bredbåndskapasitet	36
3.2. Underliggende etterspørselsdrivere etter kommunikasjon i nordområdene	38
3.2.1. Kommunikasjonsbehov knyttet til sikkerhet	39
3.2.2. Behov knyttet til forsvar	43
3.2.3. Behov knyttet til effektiv drift	45
3.2.4. Behov knyttet til velferdstilbud	47
3.3. Behov knyttet til overordnede politiske målsettinger, lover og forskrifter	48
4. MÅL OG KRAV	52
4.1. Samfunns mål	52
4.2. Effektmål	53
4.3. Overordnede krav	53
4.3.1. Regulatoriske krav	53
4.3.2. Funksjonelle krav	55
5. MULIGHETSSTUDIE	56
5.1. Mulige løsninger	56
5.1.1. Landbaserte løsninger	56
5.1.2. Satellittbaserte løsninger	59
5.1.3. Andre løsninger	63

5.2.	Utvalgte alternativer	64
5.2.1.	Nullalternativet	65
5.2.2.	Landbasert løsning (alternativ 1)	70
5.2.3.	Satellittbaserte løsninger	73
5.2.4.	Satellittbaserte løsninger med et regionalt dekningsområde (alternativ 2a og 2b)	75
5.2.5.	Satellittbaserte løsninger med pan-arktisk dekning (alternativ 3)	79
6.	ALTERNATIVANALYSEN	82
6.1.	Sentrale forutsetninger og metodiske valg	82
6.1.1.	Overordnede forutsetninger	82
6.1.2.	Håndtering av nullalternativet	83
6.1.3.	Håndtering av virkninger for utenlandske aktører	85
6.1.4.	Håndtering av usikkerhet	85
6.2.	Prissatte kostnader	86
6.2.1.	Investeringskostnader	86
6.2.2.	Driftskostnader	87
6.2.3.	Administrative kostnader	88
6.2.4.	Skattefinansieringskostnader	88
6.3.	Prissatte nyttevirkninger	88
6.3.1.	Nyttevirkninger i form av økt sjøsikkerhet for maritime aktører	89
6.3.2.	Kommersialiserbare verdier og brukernytte	90
6.3.3.	Nyttevirkninger for Forsvaret	92
6.4.	Ikke-prissatte virkninger	93
6.4.1.	Strategiske effekter	93
6.4.2.	Potensial for å inkludere «Hosted payloads»	94
6.4.3.	Potensielle virkninger for norsk luftfart	94
6.4.4.	Ikke-prissatte sikkerhetseffekter	94
6.4.5.	Mer robust kommunikasjonsinfrastruktur	95
6.4.6.	Eksterne virkninger ved forskning i Arktis	96
6.4.7.	Næringsutvikling	96
6.4.8.	Naturinngrep og miljøskadelige utslipp	96
6.5.	Vurdering av samfunnsøkonomisk lønnsomhet	96
6.6.	Vurdering av usikkerhet	98
6.6.1.	Usikkerhet knyttet til sivile brukeres verdsetting av bredbånd	100
6.6.2.	Usikkerhet knyttet til kapasitetsutnyttelse	103
6.6.3.	Usikkerhet knyttet til når et eventuelt konkurrerende kommunikasjonssystem vil være etablert i det arktiske markedet	103
6.6.4.	Usikkerhet knyttet til tiltakenes levetid	104
6.7.	Fordelingsvirkninger	105
7.	DRØFTING OG ANBEFALING	106
8.	FØRINGER FOR FORPROSJEKTFASEN	107
9.	REFERANSER	108

Sammendrag

Elektronisk kommunikasjon i områdene nord for 75°N er i dag svært utfordrende. Eksisterende systemer for elektronisk kommunikasjon er ikke tilpasset hverken nordområdenes geografiske beliggenhet eller økende etterspørsel etter kapasitet og ytelse. Nordområdene består for det meste av havområder langt fra kysten hvilket gir begrenset tilgang til landbaserte kommunikasjonssystemer. Dekningen fra satellittbaserte systemer i geostasjonære baner avtar etter 72°N, og er svært begrenset og ustabil nord for 75°N. Lavbanesystemet Iridium gir global dekning, men har begrenset kapasitet og kan kun tilby smalbandskapasitet. VHF, MF og HF-radio-kommunikasjon er tilgjengelig, men har sterkt begrenset kapasitet og benyttes primært til talekommunikasjon.

Som en følge av disse kommunikasjonsutfordringene har Menon og DNV GL, i samarbeid med Nexia Management Consulting, gjennomført en konseptvalgutredning (KVU) for elektronisk kommunikasjon i nordområdene på oppdrag for Nærings- og fiskeridepartementet.

I mandatet for utredningen pekes det på Regjeringens tiltak i Svalbardmeldingen¹ der kommunikasjonsutfordringer i nordområdene trekkes frem. I meldingen fremhever Regjeringen blant annet følgende satsinger:

- Arbeide for å få på plass gode kommunikasjonsmuligheter for havområdene i nord
- Vurdere behov og muligheter for et satellittbasert kommunikasjonssystem i nordområdene

Det understrekes også i mandatet at en eventuell statlig investering i satellittbasert kommunikasjon i områdene nord for 75°N må begrunnes i en samlet vurdering av de norske brukersektorenes behov.

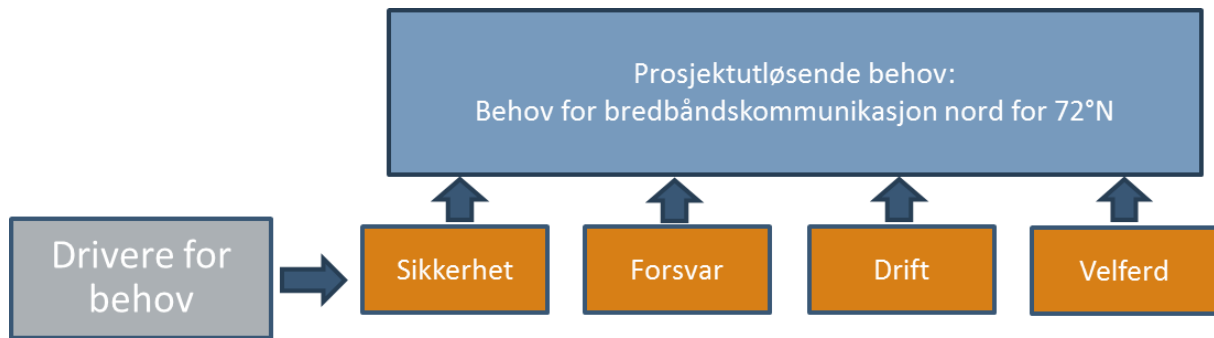
Behovsbeskrivelse

Alle former for menneskelig aktivitet er i økende grad avhengig av elektronisk kommunikasjon, både til bruk ved ordinære aktiviteter og ikke minst når nødsituasjoner oppstår. Det meste av aktiviteten i nordområdene er knyttet til fiskeri, cruisetrafikk, forskning og generell skipstrafikk. I tillegg har Forsvaret betydelig aktivitet i området. Det er også en del flytrafikk, særlig mellom de store byene i Asia og USA, men også i norsk luftrom. Ulike typer aktiviteter har behov for kommunikasjon til forskjellige formål. Muligheten for å sende og motta informasjon mer eller mindre kontinuerlig er imidlertid sentralt for alle aktørene, uavhengig av hva informasjonen skal benyttes til.

Bredbandstilgang er avgjørende for at alle berørte interessentgrupper skal få dekket sine kommunikasjonsbehov fullt ut. Bredbandskommunikasjon er ikke stabilt tilgjengelig nord for 72°N. Det prosjektutløsende behovet er derfor definert som vist i figuren under:

¹ (Justis- og beredskapsdepartementet, 2016)

Figur 1: Fire hoveddrivere for behov for bredbånd i nordområdene. Kilde: Menon



Behovene for bedre kommunikasjonsmuligheter i nordområdene kan i all hovedsak knyttes opp mot fire overordnede drivere: sikkerhet, forsvar, effektiv drift og velferdstilbud.

Behov for bredbåndskommunikasjon av sikkerhetshensyn

Behov for bredbåndskommunikasjon av sikkerhetshensyn kan knyttes til tre ønskede virkninger; redusere sannsynligheten for at det inntreffer en ulykke, begrense konsekvensene når en ulykke inntreffer og være i stand til å imøtekomme framtidige standarder for lufttrafikkstyring.

For det første er det behov for informasjon ved planlegging og gjennomføring av seilaser og andre operasjoner for å minimere sannsynlighet for ulykker. Dette kan dreie seg om tilgang til sanntidsinformasjon om is, vær og vind, eller identifisering av andre risikoelementer som nærgående trafikk. Bedre muligheter for toveiskommunikasjon med trafikksentralene kan også være med på å avverge farlige situasjoner.

Videre er det også behov for kommunikasjon ved planlegging og gjennomføring av søk- og redningsoppdrag dersom en uønsket hendelse oppstår. Identifisering av og varsling om nødsituasjoner er selvfølgelig kritisk for at en redningsaksjon kan iverksettes. Tett kommunikasjon mellom operasjonssentral, operative enheter og de som er utsatt for eller i nærheten av en ulykkehendelse er også sentralt for å få en presis situasjonsforståelse og effektiv gjennomføring av redningsaksjonen. Bredbåndstilgang gir også mulighet for å tilby mer presis telemedisinsk assistanse i en nødsituasjon.

I tillegg er systemene for lufttrafikkstyring i ferd med å endres globalt. Utviklingen går i retning av en overgang fra manuelt styrte operasjoner med bakkebaserte radiosystemer og talekommunikasjon til automatiserte prosesser basert på satellittkommunikasjon. Avinor har derfor gitt uttrykk for at det er behov for tilgang til satellittkommunikasjon og satellittbaserte navigasjons- og posisjonssystemer i nordområdene for å imøtekomme framtidige standarder for lufttrafikkstyring.

Behov for bredbåndskommunikasjon for Forsvaret

Nordområdene er et strategisk viktig område for Norge og det norske Forsvaret. Forsvaret har flere sentrale militærbaser i området og utstrakt patruljering og øvelsesvirksomhet i havområdene lengst nord. For Forsvaret er det behov for stabil og sikker kommunikasjon for operasjoner i og overvåkning av norske farvann. Militære operasjoner involverer mange operative enheter i samspill med hverandre både på land, i lufta og på havet. Bedre kommunikasjonsforbindelser og informasjonsdeling i sanntid, særlig i form av bilder og video, legger bedre

grunnlag for planlegging, iverksetting, koordinering og styring av operasjoner og øvelser som kan styrke forsvarsevnen i nordområdene.

Behov for bredbåndskommunikasjon av driftshensyn

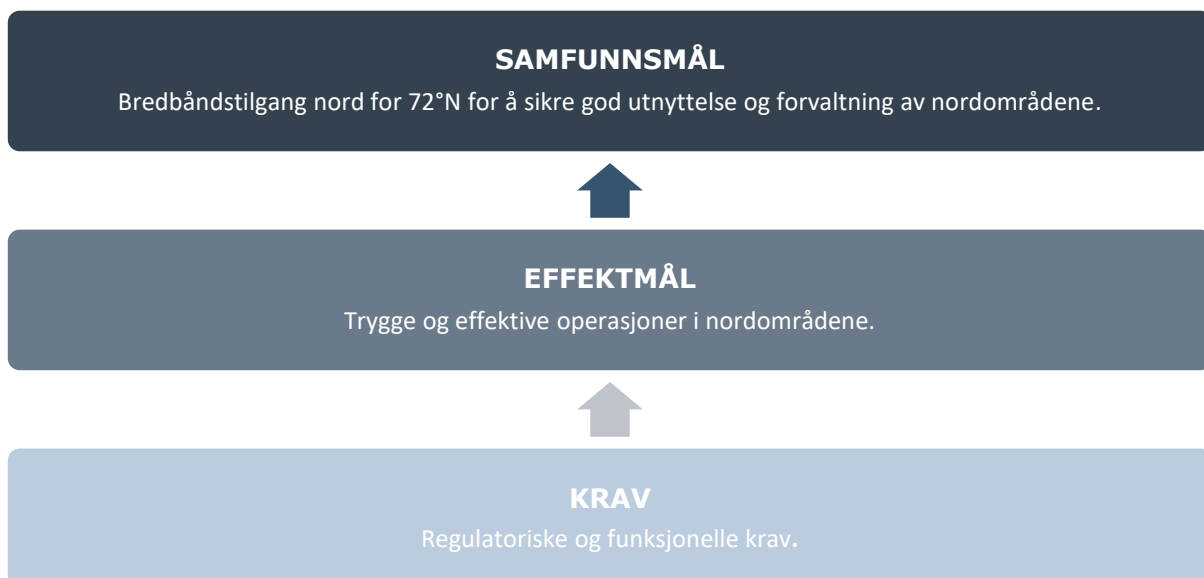
Bredbåndskommunikasjon åpner også for overføring av sanntidsinformasjon som kan effektivisere operasjoner ved normaldrift. Fjernovervåking av driftssystemer ved hjelp av sensordata blir i økende grad brukt til å optimalisere drift av fartøy. For petroleumsnæringen kan sanntidsoverføring av sensor-, brønn- og seismikkdata optimalisere leteaktiviteten. Innenfor forskningssektoren er det behov for sanntidsoverføring av forskningsdata for å effektivere innsamling av data og heve kvaliteten på forskningsarbeidet. Innenfor luftfart er behovet for mer effektive flyvninger en medvirkende årsak til at det jobbes for å gå bort fra manuelt styrte operasjoner med bakkebaserte radiosystemer og talekommunikasjon til mer automatiserte prosesser med avansert informasjons- og datalinkteknologi. For offentlige myndigheter kan bedre kommunikasjonsmuligheter mellom operative enheter og kommandosentraler på land også bidra til å effektivisere ressursovervåking av for eksempel fiskerivirksomhet.

Behov for bredbåndskommunikasjon for velferdstilbud

Behovet for bredbåndskommunikasjon er også drevet av etterspørsel etter bedre velferdstilbud for mannskap og passasjerer. Tilgang til internett for å kommunisere med familie og venner og til bruk for underholdning blir en stadig viktigere del av velferdstilbudet på både skip og fly. Selv om behovet for et godt velferdstilbud ikke kan anses som like kritisk som sikkerhet og forsvarsmessige behov medfører etterspørselen etter internetttilgang for å kommunisere med omverdenen og utnytte underholdningstilbud et stort behov for overføringskapasitet.

Mål og krav

Samfunnsmålet er direkte avledet fra det prosjektutløsende behovet og reflekterer både hovedformålet med tiltaket og hvilken verdi oppfyllelsen av dette formålet vil gi for samfunnet. Effektmålet er avledet fra de mest sentrale driverne for tiltenkte brukeres kommunikasjonsbehov, som også reflekterer hvilke virkninger som ønskes oppnådd. Kravene som er satt skal sikre at tiltakene er gjennomførbare med hensyn til relevante regelverk og at tiltaket sørger for å utløse ønskede virkninger.



Samfunnsmålet er direkte avledet fra det prosjektutløsende behovet. Hovedformålet med tiltaket er å imøtekomme dette behovet på en tilfredsstillende måte. Tilgang til bredbåndskommunikasjon er imidlertid ikke et mål i seg selv. Bredbåndskommunikasjon er et virkemiddel for å sikre samfunnets verdier gjennom god utnyttelse og forvaltning av nordområdene. Med god utnyttelse og forvaltning legger vi til grunn at sentrale samfunnshensyn som helse, miljø, sikkerhet, norsk suverenitetshevdelse og verdiskaping er ivaretatt.

Effekt målet reflekterer interessentenes behov for stabil bredbåndstilgang drevet av hensyn til sikkerhet, effektivitet, velferdstilbud for mannskap og passasjerer i tillegg til forsvarsevne. Første del av effekt målet viser til en tilstand der sikkerhetsaspektet er tilstrekkelig ivaretatt. Mer effektiv drift, enten i form av reduserte kostnader eller økt kvalitet, og bedre velferdstilbud faller begge innunder effektivitetsbegrepet. Tiltakets evne til å øke forsvarsevnen er også drevet av hvordan det bidrar til å effektivisere gjennomføringen av militære operasjoner og overvåkning.

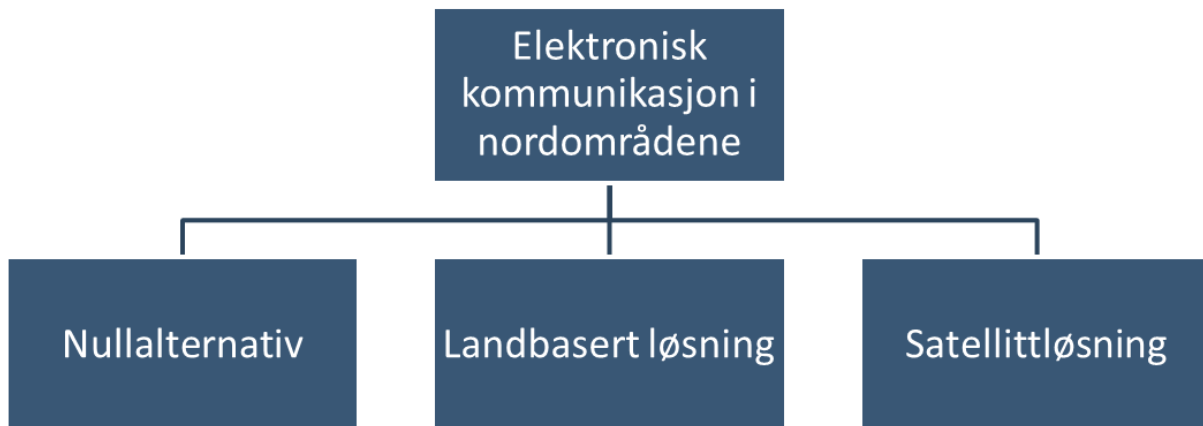
I tillegg til samfunns- og effekt mål er det også etablert overordnede krav til tiltaket. De overordnede kravene er delt i to typer krav; regulatoriske krav som må oppfylles og funksjonelle krav som bør oppfylles dersom samfunns- og effekt målet skal nås. Det er flere nasjonale og internasjonale regelverk og avtaler som må overholdes når et nytt kommunikasjonssystem skal etableres, ikke minst dersom det er et satellittbasert system som vil kretse i bane rundt jorden. De funksjonelle kravene er bør-krav fordi både nyttevirkningene og kostnadene øker med funksjonaliteten hvilket veies opp mot hverandre i alternativanalysen.

Mulighetsstudien

Utbedring av elektronisk kommunikasjonsinfrastruktur kan gjøres på en rekke måter, med forskjellige teknologiske løsninger, kapasitet og dekning. Det relevante tiltaksområdet for denne konseptvalgutredningen domineres imidlertid av åpne havområder som legger klare begrensninger på hvilke teknologiske løsninger som kan benyttes. I utvelgelsen av alternativer er det lagt vekt på å velge alternativer som er grunnleggende forskjellige, både med hensyn til teknologi, kompleksitet, kostnadsnivå, funksjonalitet og nyttepotensial. Løsningene som blir presentert gir forskjellig grad av behovstilfredsstillelse.

I tillegg til nullalternativet kan de relevante løsningene deles i to konseptuelle hovedretninger; landbasert løsning og satellittløsning, illustrert i prinsippskissen nedenfor.

Figur 2: Prinsippskisse av de overordnede konseptuelle løsningene



Nullalternativet

Nullalternativet kan betraktes som en mulig «venteløsning» der graden av behovstilfredstillelse er avhengig av hva som realiseres av markedet. Det er initiert konkrete planer for flere kommersielle globale satellittsystemer som har potensial til å dekke hele eller deler av kommunikasjonsbehovene i nordområdene, hvis og når de realiseres. Flere av disse initiativene har hentet betydelig kapital og drives fram av seriøse kommersielle aktører. Det er imidlertid begrenset med informasjon om når disse systemene kan forventes å være i drift og hvilken funksjonalitet det vil gi i tiltaksområdet. Det er derfor heftet betydelig usikkerhet rundt hvilke behov som kan bli dekket i nullalternativet. For å ha et reelt referansealternativ å sammenlikne med i en situasjon med så stor usikkerhet er det gjort simuleringer av en rekke potensielle realiseringsscenarioer for disse kommersielle alternativene. Gjennomsnittsverdiene fra disse simuleringene danner nullalternativet som alle utbyggingsalternativene måles opp mot.

Alternativ 1: Landbasert løsning

Alternativ 1 er en minimumsutbedring av dagens kommunikasjonssystemer som kan realiseres gjennom investeringer i et landbasert kommunikasjonssystem. Systemet vil gi dekning i kystnære områder der en betydelig del av den maritime aktiviteten foregår. Alternativet tar utgangspunkt i utbyggingen av et LTE-nett² basert på etablering av 12 sendestasjoner som skal gi dekning til så mye som mulig av skipstrafikken mellom fastlandet og Svalbard og havområdene rundt. Sju av sendestasjonene kan plasseres ulike steder langs kysten på Svalbard. Resterende sendestasjoner kan plasseres på Hopen, Bjørnøya og på faste installasjoner på produksjonsfeltene Goliat, Johan Castberg og Wisting-feltet. De forskjellige sendestasjonene kan kobles til øvrige kommunikasjonssystemer via eksisterende fiberkabler, geostasjonære satellitter, eller gjennom å ha overlappende dekningsområde med øvrige master i systemet. Enkelte steder er spesielt utfordrende å koble sammen med annen infrastruktur hvilket kan føre til variasjoner i tjenestekvaliteten for brukerne. Hver sendestasjon vil ha en rekkevidde på opptil 80 kilometer i radius under optimale forhold og kan med dagens teknologi levere brukeropplevd kapasitet på rundt 20 Mbps. Den opplevde brukerkapasiteten vil variere fordi brukerne deler på kapasitet som en sendestasjon har tilgjengelig på et gitt tidspunkt. Brukerne kan derfor oppleve både

² LTE (Long Term Evolution) er høyhastighets-telekommunikasjon gjerne omtalt som 4G.

høyere og lavere datarater enn 20 Mbps. Dekningsområdet vil begrenses til en gitt avstand fra sendestasjonen og dermed ikke nå ut til skip som er langt ute til havs. LTE er heller ikke egnet til kommunikasjon med fly som i dette alternativet må tilfredsstille sine behov på andre måter.

Alternativ 2 (a og b): Satellittløsning med regional dekning

Det er vurdert to satellittbaserte løsninger med dekning begrenset til europeisk sone av nordområdene der skipstrafikken i de norskkontrollerte områdene utgjør det aller meste av aktiviteten. Begge alternativer er basert på et system med satellitter i høy-elliptisk bane (HEO) som er vurdert som den mest kostnadseffektive satellittløsningen for å gi bredbåndskapasitet i et begrenset geografisk område. Brukerutstyret vil være det samme som for geostasjonære systemer med mindre modifikasjoner.

Alternativ 2a innebærer et begrenset satellittsystem med kun én satellitt som gir dekning i hele den europeiske sonen i omtrent 14 timer per dag i 10 år etter oppskyting. Satellitten skal kunne gi brukeropplevd bredbåndskapasitet på opp mot 30 Mbps. Alternativet innebærer en delvis behovstilfredsstillelse for maritime brukere i hele den norske og europeiske delen av nordområdene, men kun i en begrenset del av døgnet.

Alternativ 2b innebærer et fullverdig satellittsystem med to satellitter som gir samme regionale bredbånddekning, men med 24 timers tilgjengelighet og høyere kapasitet enn alternativ 2a. I dette alternativet er det lagt til grunn noe større satellitter med bedre skjerming og mer drivstoff, hvilket forlenger levetiden til 15 år. Satellittene er utstyrt med nyttelaster som både kan betjene maritime kunder med sivile frekvensbånd og Forvarets behov for bredbåndstilgang via det militære frekvensbåndet X-bånd. Begge satellittene vil kunne skytes opp ved bruk av en rakett av samme størrelse som i alternativ 2a. Alternativ 2b vil i stor grad kunne tilfredsstille alle identifiserte behov for norske aktører.

Alternativ 3: Satellittløsning med pan-arktisk dekning

Alternativ 3 er et satellittsystem bestående av to HEO-satellitter tilsvarende alternativ 2b ovenfor. Det pan-arktiske satellittalternativet skiller seg fra alternativene over først og fremst på grunn av dekningsområdet. Alternativet vil gi bredbåndskommunikasjon i hele Arktis, og ikke kun i de norske eller europeiske områdene. Det er også lagt til grunn noe større satellitter enn i de regionale løsningene for å gi plass til flere og større nyttelaster som gjør det mulig å i større grad utnytte markedspotensialet. Det er lagt til grunn Ka-bånd og X-båndnyttelast i tillegg til sivil Ku-kapasitet, og Government-Ka-kapasitet³. Dette innebærer at systemet kan dekke kommunikasjonsbehovene til alle sentrale interessentgrupper i hele nordområdet. Dette utvider markedet for mulige kunder og samarbeid med kommersielle og utenlandske offentlige partnere. Samlet vekt og volum er tilpasset slik at begge satellittene skal kunne skytes opp med én rakett. Alternativ 3 tilfredsstiller både norske og utenlandske aktørers behov til en større kostnad enn øvrige alternativer, men også med større kommersielle muligheter enn alternativene med begrensede dekningsområder.

Alternativanalysen

De samfunnsøkonomiske kostnadene som følger av tiltakene kommer i form av investeringer i og drift av kommunikasjonssystemene. For bakkesystemet innebærer investeringene å sette opp mobilmaster med til-

³ Government-Ka (Gov-Ka eller MIL-Ka) er betegnelse for 1GHz av Ka-båndet som er dedikert til militær bruk; 30 – 31 GHz (uplink), 20.2 – 21.2 GHz (downlink)

hørende infrastruktur. For satellittalternativene kreves investeringer i satellittplattformer med aktuelle nytte-laster, oppskyting av satellittene og forsikring. Deretter følger kostnader til etablering av bakkesystemer og drift av disse. Vi har også beregnet prosjektkostnader for alle alternativene som inkluderer kostnader i en planleggings- og byggeperiode før systemene er operative.

De samfunnsøkonomiske nyttevirkningene av tiltaket kan i all hovedsak tilegnes fire overordnede virkninger: økt sikkerhet, økt forsvarsevne, mer effektiv drift og bedre velferd. Tiltakets innvirkning på mer effektiv drift og økt velferd vil i stor grad reflekteres av de ulike brukernes betalingsvillighet for bredbåndstjenester. Økt sikkerhet kan i all hovedsak anses som en ekstern virkning som i liten grad vil reflekteres i hver enkelt brukers betalingsvillighet for bredbånd. Det er derfor gjort egne beregninger av tiltakenes forventede virkning på sparte kostnader knyttet til tap av liv, helse, miljø og materielle verdier forbundet med risiko for skipsulykker. Virkninger for Forsvaret er basert på Forsvarets egne anslag på deres betalingsvillighet for bredbåndskommunikasjon i nordområdene. I tabellen nedenfor viser vi de beregnede virkningene av de ulike alternativene.

Tabell 1: Prissatte virkninger i nåverdi (forventningsverdi relativt til nullalternativet, MNOK 2017)⁴

Virkning	Alternativ 1	Alternativ 2a	Alternativ 2b	Alternativ 3
Investeringer	-85	-1164	-2075	-2643
Driftskostnader	-95	-117	-347	-379
Administrative kostnader	-13	-54	-65	-77
Skattekostnader (netto)	-6	-187	-107	257
Samlede kostnader	-200	-1 522	-2 595	-2 842
Sjøsikkerhet	51	46	131	131
Betalingsvillighet maritim	115	358	1412	2017
Betalingsvillighet luftfart	0	0	0	1580
Betalingsvillighet Gov-Ka	0	0	0	248
Forsvaret	0	0	429	429
Samlede Nytttevirkinger	166	404	1 972	4 405
Netto Nåverdi	-34	-1 118	-623	1 563

Som tabellen viser er det stor forskjell i både kostnader og nyttevirkinger for de ulike alternativene. Alternativ 1 med et landbasert LTE-nett er det rimeligste tiltaket, men også det som gir lavest nyttevirkinger. Årsaken er at tiltaket kun dekker en mindre del av skipstrafikken, hvilket begrenser markedsverdi og brukernytten og effektene som følger av økt sjøsikkerhet. Alternativ 2a har vesentlig høyere kostnader, men uten at nyttevirkningene øker i tilsvarende grad. Årsaken er at selv om alternativet dekker et langt større område geografisk gir det bare dekning i deler av døgnet, hvilket trekker både markedsverdi, brukernytte og virkninger på sjøsikkerhet betraktelig ned. I tillegg har satellitten en levetid på kun 10 år, som er 5 år kortere enn de resterende satellittalternativene. Alternativ 2b utløser derimot betydelig større nyttevirkinger og bidrar til at stort sett alle norske aktørers kommunikasjonsbehov i nordområdene er dekket. Kostnadene er imidlertid også betraktelig høyere, først og fremst fordi tiltaket innebærer investering i en ekstra satellitt, men også fordi det her legges opp til en større satellitt-plattform for å dekke Forsvarets behov for X-bånd i tillegg til at det forlenger levetiden. Kostnadsøkningen begrenses noe av stordriftsfordeler knyttet til oppskyting og bakkeinfrastruktur, men ikke tilstrekkelig til at tiltaket framstår med positiv netto nåverdi. For alternativ 3 vil imidlertid den pan-arktiske dekningen øke markedsverdien i så stor grad at nytten overgår kostnadene med betydelig margin.

⁴ Det er et avvik på 1 i summeringen av samlede kostnader på alternativ 1 og alternativ 2b på grunn av avrundning.

Årsaken er at pan-arktisk dekning gjør tiltaket betydelig mer interessant for kommersielle aktører som ønsker å utnytte bredbåndsmarkedet for luftfart mellom Asia/Europa og Nord-Amerika i tillegg til at det maritime markedet også øker. Et HEO-system med pan-arktisk dekning kompletterer også de geostasjonære satellittsystemene slik at de kan gi tilnærmet global dekning hvilket vil øke markedsverdien.

I tillegg til de prissatte virkningene er det også andre virkninger som det ikke har vært mulig å prissette. Den viktigste av disse er den strategiske verdien et norskkontrollert kommunikasjonssystem i nordområdene kan gi, men også andre effekter knyttet til sikkerhet og beredskap. Hvilken betydning og omfang disse virkningene har er svært vanskelig å vurdere, men for de fleste av disse virkningene vil forventningsverdien være relativt marginal i forhold til de prissatte virkningene. Unntaket er nyttepotensialet som ligger i at de satellittbaserte løsningene kan utrustes med funksjonalitet som kan imøtekomme framtidige standarder for lufttrafikkstyring hvilket kan gi betydelige kostnadsbesparelser i framtiden. Forskjellene i ikke-prissatte virkninger mellom de ulike alternativene følger i stor grad de prissatte nyttevirkningene, der alternativene som gir størst prissatt nytte også vil ha de største ikke-prissatte nyttevirkningene.

Basert på de prissatte virkningene er alternativ 3 klart mest lønnsomt med over 1500 MNOK i forventet netto nåverdi. Dette alternativet forventes også å gi de største ikke-prissatte nyttevirkningene, hvilket styrker konklusjonen om at dette er det mest samfunnsøkonomisk lønnsomme alternativet. Konklusjonen framstår også som robust overfor den betydelige usikkerheten som er forbundet med beregningene.

Drøfting og anbefaling

Med utgangspunkt i resultatene fra alternativanalysen og de mål og krav som er satt i denne KVUen anbefaler vi at det settes i gang videre planlegging av et satellittsystem med pan-arktisk bredbåndsdekning i nordområdene. Et satellittsystem med pan-arktisk bredbåndsdekning framstår som det klart mest samfunnsøkonomisk lønnsomme alternativet og oppfyller alle mål og krav fullt ut. I tillegg til å ha store positive prissatte nyttevirkninger vil tiltaket også kunne være av betydelig strategisk verdi for Norge. Videre har den anbefalte løsningen også potensial for å løse utfordringer med å imøtekomme framtidige standarder for lufttrafikkstyring i de nordligste delene av norsk luftrom. Tiltaket vil i det store og hele fullt ut kunne oppfylle alle norske kommunikasjonsbehov i nordområdene. I tillegg kan tiltaket også utløse betydelige kommersielle inntekter som kan mer enn overgå kostnadene forbundet med å etablere systemet.

Hvor lønnsomt tiltaket vil være er imidlertid usikkert. Årsaken er at deler av nytteverdien av bredbåndskommunikasjon i nordområdene potensielt kan utløses i nullalternativet. Dersom det realiseres et globalt satellittsystem som tilbyr bredbåndskommunikasjon i nordområdene til konkurransedyktige priser vil det redusere nytteverdien av tiltaket betraktelig. Hvorvidt dette vil inntreffe, når og med hvilken funksjonalitet er imidlertid uvisst. Det er likevel grunn til å tro at et fullgodt kommunikasjonstilbud i nordområdene ligger et godt stykke fram i tid dersom det utelukkende skal realiseres basert på kommersielle interesser. Følsomhetsanalysene som er gjennomført viser også at det anbefalte tiltaket med stor sannsynlighet vil være samfunnsøkonomisk lønnsomt selv om et av de kommersielle initiativene blir realisert i tråd med de tidsplaner som foreligger i dag. Vår vurdering er derfor at anbefalingen om å iverksette videre planlegging av et nytt kommunikasjonssystem er robust.

Det er imidlertid flere elementer som må undersøkes nærmere i det videre planleggingsarbeidet før en endelig løsning kan etableres. Blant annet bør det gjøres en nærmere vurdering av hvordan et eventuelt satellittsystem kan optimaliseres med hensyn til hvilke frekvensbånd og andre nyttelaster som bør inkluderes. Her er det spesielt viktig at behovene knyttet til endringer i systemene for lufttrafikkstyring blir nøye vurdert og tilstrekkelig tatt

hensyn til. Videre må det vurderes nærmere hvordan et eventuelt satellittsystem best kan realiseres med tanke på offentlig involvering, eierskap og mulig samarbeid med private og/eller internasjonale aktører. Dersom arbeidet med frekvenskoordinering legger begrensinger på hvordan systemet kan utformes bør det også vurderes og synliggjøres hvordan dette påvirker verdien av systemet før en endelig beslutning gjøres.

Dersom disse elementene blir håndtert på en hensiktsmessig måte viser resultatene fra denne KVUen at et satellittsystem med pan-arktisk bredbåndsdekning kan være av stor verdi for samfunnet.

1. Innledning, bakgrunn og mandat

Elektronisk kommunikasjon i områdene nord for 75°N er i dag utfordrende. Eksisterende systemer for kommunikasjon er ikke tilpasset hverken nordområdenes geografiske beliggenhet eller økende etterspørsel etter kapasitet og ytelse. Som en følge av disse kommunikasjonsutfordringene har Menon og DNV GL gjennomført en tilpasset konseptvalgutredning (KVU) for elektronisk kommunikasjon i nordområdene på oppdrag for Nærings- og fiskeridepartementet.

Nordområdene er et viktig strategisk område for Norge. Området ble i Regjeringens nordområdestrategi fra 2006⁵ definert som følger: «Geografisk omfatter dette land- og havområder, inkludert øyer og øygrupper, som strekker seg nordover fra Sør-Helgeland og østover fra Grønlandshavet til Barentshavet og Petsjorahavet. I politisk forstand inkluderer nordområdene de administrative enheter i Norge, Sverige, Finland og Russland som er omfattet av Barentssamarbeidet. Nordområdepolitikken omfatter videre det nordiske samarbeidet, forholdet til USA og Canada gjennom Arktisk råd og EU gjennom Den nordlige dimensjon.»

Nordområdene er Norges viktigste utenrikspolitiske interesseområde, og nåværende regjering er opptatt av at «Norges interesser og ansvar i nordområdene betyr at vi må ivareta både rettigheter og plikter i regionen»⁶. I dette ligger en innsats på flere prioriterte områder som internasjonalt samarbeid, næringsliv, kunnskap, infrastruktur og miljøvern, sikkerhet og beredskap. Aktiviteter knyttet til disse områdene foregår langt nord, også lenger nord enn 75°N. Flere av aktivitetene har behov for bedre kommunikasjonsløsninger enn det eksisterende kommunikasjonsystemer har kapasitet til å dekke.

I mandatet for utredningen pekes det på Regjeringens tiltak i Svalbardmeldingen⁷ der kommunikasjonsutfordringer i nordområdene trekkes frem. I meldingen fremhever regjeringen blant annet følgende satsinger:

- Arbeide for å få på plass gode kommunikasjonsmuligheter for havområdene i nord
- Vurdere behov og muligheter for et satellittbasert kommunikasjonsystem i nordområdene

Det understrekes også i mandatet at en eventuell statlig investering i satellittbasert kommunikasjon i områdene nord for 75°N må begrunnes i en samlet vurdering av de norske brukersektorenes behov. Tidligere har blant annet Norsk Romsenter gjennomført et prosjekt rettet inn mot satellittbasert kommunikasjon i nordområdene⁸ samt utarbeidet og levert inn et satsingsforslag⁹ på bakgrunn av dette prosjektet.

Med bakgrunn i dette fikk DNV GL og Menon Economics, med Nexia Management Consulting som underleverandør, høsten 2016 i oppdrag fra Nærings- og fiskeridepartementet å foreta en konseptvalgutredning for satellittbasert kommunikasjon i nordområdene. KVUen skal utarbeides som en totalleveranse i overensstemmelse med Finansdepartementets ordning for kvalitetssikring av store statlige investeringer. Videre skal KVUen gjennomføres i tråd med forutsetninger og kapitalstruktur for KS1 som følge av Finansdepartementets rammeavtale av september 2015 (Kvalitetssikring av konseptvalg, samt styringsunderlag og kostnadsoverslag for valgt prosjektalternativ).

⁵ (Utenriksriksdepartementet, 2006)

⁶ (Utenriksdepartementet, 2014)

⁷ (Justis- og beredskapsdepartementet, 2016)

⁸ (Norsk Romsenter, 2015)

⁹ (Norsk Romsenter, 2014)

Ressursbegrensninger og tidsrammen for utredningen har gjort det nødvendig å gjøre noen avgrensninger og forenklinger for å tilpasse omfanget av utredningen. Det innebærer at det er et begrenset utvalg av alternativer som tas med videre til alternativanalysen. Vi har også lagt vekt på å bygge videre på informasjon som foreligger fra tidligere utredninger og mulighetsstudier fra blant annet Norsk Romsenter og Space Norway. Videre har det også vært nødvendig å gjøre enkelte forenklinger og mer overordnede vurderinger av de samfunnsøkonomiske virkningene av alternativene. Totalleveransen er likevel fullt ut i henhold til gjeldende veiledere for utforming av konseptvalgutredninger i tråd med Finansdepartementets ordning for kvalitetssikring av store statlige investeringer.

2. Situasjonsbeskrivelse

Kommunikasjonsmulighetene i nordområdene er mangelfulle. Nordområdene består for det meste av havområder langt fra kysten, hvilket gir begrenset tilgang til landbaserte kommunikasjonssystemer. Dekningen fra satellittbaserte systemer i geostasjonær¹⁰ bane avtar nord for ca. 72°N, og er svært begrenset og ustabil nord for 75°N¹¹. Lavbanesystemet Iridium¹² gir global dekning, men har begrenset kapasitet og kan kun tilby smalbandkapasitet¹³. VHF, MF og HF¹⁴-radiokommunikasjon er tilgjengelig, men har liten kapasitet og benyttes primært til talekommunikasjon.

Alle former for menneskelig aktivitet er i økende grad avhengig av elektronisk kommunikasjon, både til bruk ved ordinære operasjoner og ikke minst når nødsituasjoner oppstår. Det meste av aktiviteten i nordområdene er knyttet til fiskeri, cruisetrafikk, forskning og generell skipstrafikk. I tillegg har Forsvaret betydelig aktivitet i området og det er i tillegg en del flytrafikk. Ulike typer aktiviteter har behov for kommunikasjon til forskjellige formål. Muligheten for å sende og motta informasjon mer eller mindre kontinuerlig er imidlertid sentralt for alle aktørene, uavhengig av hva informasjonen skal benyttes til. I motsetning til områdene lenger sør er tilgangen til elektroniske kommunikasjonssystemer begrenset nord for 72°N. Dette gjelder særlig for mobile brukere som ikke kan benytte seg av faste kommunikasjonskanaler som for eksempel fiberkabler¹⁵.

Det er hovedsakelig fire eksisterende alternativer som leverer kommunikasjon i nordområdene. Dette inkluderer følgende:

- Landbasert radio-kommunikasjon (VHF, MF og HF)
- Landbasert mobilkommunikasjon
- Geostasjonære satellitter
- Lavbanesystemet Iridium

Kommunikasjonssystemene benytter ulike frekvensbånd, som har forskjellige egenskaper og er allokert til forskjellig type bruk. Figuren nedenfor viser frekvensbåndene som blir brukt i maritim kommunikasjon og sivil luftfart. Forsvaret benytter i tillegg X-bånd¹⁶ samt egne frekvenser på Ka-, Ku- og UHF-båndene.

¹⁰ Geostasjonære satellitter er satellitter som går i geostasjonær bane i en høyde på 35 786 km over ekvator. En satellitt i en geostasjonær bane gir tidskontinuerlig dekning av et bestemt område på jordkloden. For en bruker på landjorda betyr det at satellitten står i tilnærmet samme posisjon hele tiden.

¹¹ Telenor og Norsk Romsenter gjorde i perioden 2012-2014 en studie av brukerbehov og systemløsninger for bredbandkapasitet i Arktis. Studien konkluderte med at ytelsen fra satellitter i geostasjonær bane gradvis vil bli dårligere fra 72°N, og at satellitten ikke vil være tilgjengelig for skip nord for 75°N. Dette er nyansert i intervjuer med enkelte av interessentene som har dekning noe lenger nord, men dette er avhengig av værforhold og topografi. Kilde: (Norsk Romsenter, 2015).

¹² Lavbanesystemet Iridium er et system bestående av 66 satellitter i 781 km høyde. Iridium er primært etablert for talekommunikasjon og har begrenset og delvis kostbar datakommunikasjonskapasitet.

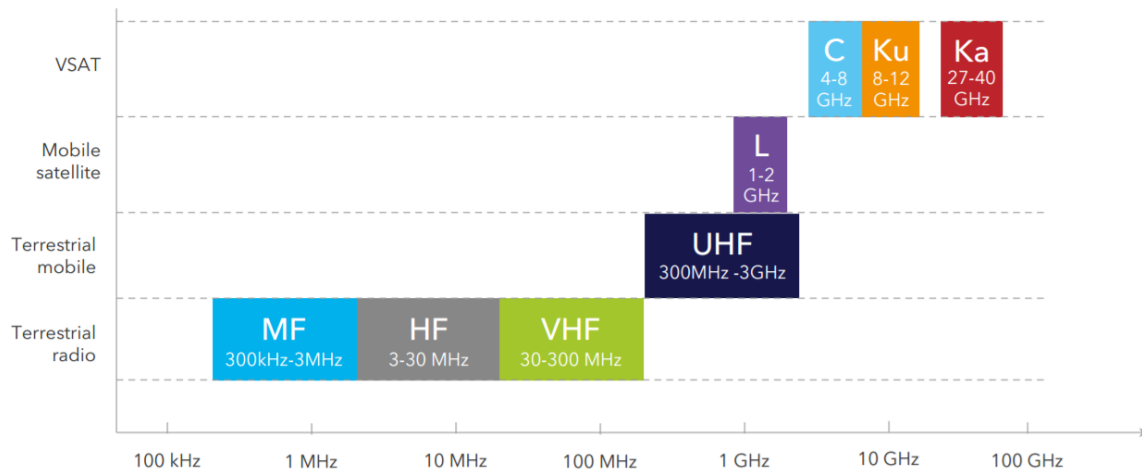
¹³ Smalbandkapasitet er definert som aksesser med under 2 Mbps nedstrøm og 250 kbps oppstrøm.

¹⁴ VHF står for very high frequency, MF for medium frequency og HF for high frequency.

¹⁵ Svalbard har tilgang på bredbandkommunikasjon via fiberforbindelse fra fastlandet.

¹⁶ Frekvensbånd allokert for militær satellittkommunikasjon 7.25-8.4 GHz.

Figur 3: Frekvensbånd brukt i sivil maritim kommunikasjon¹⁷. Kilde: DNV GL¹⁸



De ulike frekvensbåndene har forskjellig kapasitet og rekkevidde og krever forskjellig brukerutstyr. I de høy-frekvente båndene finnes det mye tilgjengelig båndbredde, som gjør det mulig å lage kommunikasjonssystemer med stor total overføringskapasitet og betjene mange samtidige brukere med høye datarater.¹⁹ På den annen side vil høye frekvenser ha dårligere rekkevidde på grunn av høy frittromsdeмпing av signalet, og er derfor mer avhengig av direktive antenner, som gjør dem større og dyrere, og direkte sikt mellom sender og mottager for å opprettholde stabil kommunikasjon. Lavfrekvente bånd har bedre forplantingsegenskaper som gjør det mulig å oppnå god rekkevidde selv med mindre og rundstrålende antenner og dermed billigere brukerutstyr. På den annen side fører knappe frekvensressurser til begrenset samlet overføringskapasitet i systemer som benytter disse frekvensbåndene. Lengre rekkevidde gir mindre overføringskapasitet. I tabellen nedenfor gir vi en grov oversikt over de ulike kommunikasjonssystemene som er tilgjengelige i nordområdene, hva som karakteriserer dem, hvem som benytter dem og til hva.

¹⁷ Begrepet VSAT (Very Small Aperture Terminal) brukes vanligvis om terminaler som bruker av frekvensbåndene C-, Ku- og Ka-bånd mot geostasjonære satellitter.

¹⁸ (DNV GL, 2014)

¹⁹ Hastigheten en informasjonsmengde overføres i fra brukeren over et kommunikasjonsnett. Angis i bits/sekund, f.eks. kbps eller Mbps. Vil i praksis være begrenset av abonnement, brukerutstyr (f.eks. antennestørrelse) og nettets totale kapasitet.

Tabell 2: Oversikt over elektroniske kommunikasjonssystemer som er tilgjengelige i nordområdene.

	Geostasjonære satellittsystemer	Lavbanesystemet Iridium	Landbasert radiokommunikasjon	Mobil-kommunikasjon
Type system	Satellitt	Satellitt	Landbasert	Landbasert
Frekvensbånd	L, C, Ku, Ka, X	L	VHF, MF, HF	UHF
Datarater	<50Mbps (HTS) < 500kbps (L)	<128 kbps <1.4 Mbps (Next)	<10 kbps < 50 kbps (wideband HF)	< 50 Mbps (LTE)
Dekning	Opptil 70-75°N	Global	Kystnær (MF/VHF), Global (HF)	Kystnær (10-80 km), flekvis
Oppetid/ tjenestekvalitet	Høy	Moderat, variabel	Lav, variabel (HF)	Høy
Brukergrupper	Maritim, Luftfart, Forsvar, Land	Maritim, Luftfart, Forsvar, Land	Maritim, Luftfart (HF)	Land, Maritimt
Tjenester	Meldinger, Tale, Smalbånd (L), Bredbånd (C/Ku/Ka)	Tale, Smalbånd	Tale, Meldinger, Ultra-smalbånd(HF)	Meldinger, Tale, Smalbånd, Bredbånd
Brukerutstyr	Stor stabilisert direktiv antenne (VSAT)	Rundstrålende antenne, mindre enn VSAT	Pisk-antenne <10m	Kompakt og rimelig

Som tabellen viser har de eksisterende alternativene svært forskjellige egenskaper, men alle har til felles at de har fundamentale begrensninger i forhold til å levere effektiv og pålitelig kommunikasjon i nordområdene.

Iridium gir global dekning men har klare begrensninger i datarater, systemkapasitet²⁰ og tjenestekvalitet²¹. Landbasert radiokommunikasjon er gratis og mye brukt maritimt, men kan i beste fall levere noen titalls kilobits per sekund med en variabel og til dels uforutsigbar tjenestekvalitet. Landbasert mobilkommunikasjon gir potente bredbåndstjenester men kun noen mil fra kysten, og kun i de områdene der mobiloperatørene finner kommersielt grunnlag for å bygge sendestasjoner.

Geostasjonære satellitter er det eneste systemet som kan levere bredbånd²² over større dekningsområder mer enn noen mil fra land. De geostasjonære satellittenes plassering over ekvator og jordens krumning gir imidlertid avtagende elevasjonsvinkel (vinkel mellom brukerterminalens pekeretning mot satellitten og mot horisonten – «satellittens høyde over horisonten») jo lenger nord og sør man kommer fra ekvator. Det innebærer at tjenestekvaliteten faller og gir gradvis mer ustabil og etter hvert helt fraværende dekning lengst nord. I dag er det i praksis ikke mulig å få stabil bredbåndsdekning nord for omkring 75°N.

²⁰ Et kommunikasjonsnetts (systems) totale evne til å overføre trafikk fra flere brukere samtidig. Angis i bits/s, f.eks. Gbps.

²¹ Angir i hvilken grad en kommunikasjonstjeneste oppleves tilgjengelig, robust og stabil for brukerne.

²² Denne rapporten benytter begrepet bredbånd om aksesser med minst 2 Mbps nedstrøm og 250 kbps oppstrøm og med mulighet for permanent oppkopling mot internett. Dette er den samme definisjonen som ble brukt av Norsk Romsenter i (Norsk Romsenter, 2015). Med smalbånd menes aksesser som ikke tilfredsstillter nevnte definisjon av bredbånd.

I delkapitlene nedenfor gir vi en nærmere beskrivelse av de mest relevante radiobaserte elektroniske kommunikasjonssystemene som er tilgjengelige i nordområdene i dag, hva slags type kommunikasjon de ulike systemene benyttes til og deres respektive dekningsområde.

2.1. Landbasert radiokommunikasjon (VHF, MF og HF)

De landbaserte radio-systemene VHF, MF og HF har lang historie og er fortsatt mye brukt av maritime aktører og innen luftfart. De maritime radiosystemene driftes typisk av nasjonale maritime myndigheter på en ikke-kommersiell basis, og kommunikasjonen er gratis for brukerne.

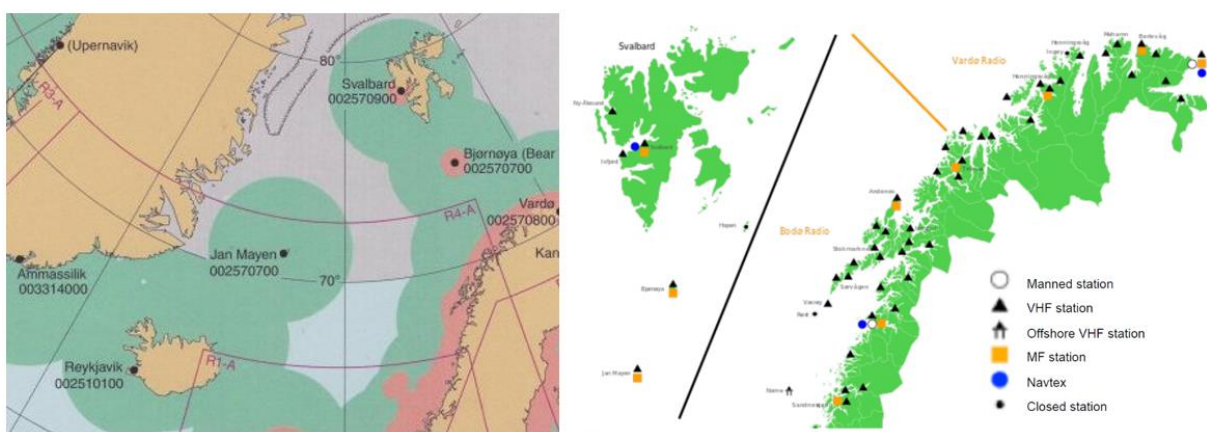
Denne formen for kommunikasjon er viktige elementer i Global Maritime Distress Safety System (GMDSS). GMDSS²³ er et sett med internasjonalt godkjente prosedyrer for sikkerhet, utstyrstyper og kommunikasjonsprotokoller for å øke sikkerheten og gjøre det lettere å utføre redningsaksjoner med fartøy og fly.

Tjenestene som tilbys over radiosystemene inkluderer²⁴:

- Toveis tale for samband skip-til-skip og skip-til-land
- "Digital Selective Calling" (DSC): Dette er et automatisk kallesystem. Systemet komponerer en kort melding som blir sendt direkte til mottakerstasjonen(e). Dersom den som kaller er i nød, vil skipets posisjon og typen «nød» (distress) bli vist i meldingen. DSC-alarmer som mottas av landstasjoner blir direkte videresendt til nærmeste redningssentral.
- Maritimt sikkerhetsinformasjonssystem (MSI): Maritim sikkerhetsinformasjon (MSI) inkluderer værvarslinger og varslinger av navigasjonsmessig informasjon, som defekte fyrlykter og liknende som er viktig for navigasjon av fartøy.

VHF, MF og HF-nettene har forskjellige dekningsområder, som er definert av signalutbredelsen for de forskjellige frekvensbåndene, illustrert i figurene under.

Figur 4: Typisk dekning fra VHF, MF og HF-bakkestasjoner. Figuren til venstre viser GMDSS Sea Areas, der A1 er definert av VHF-dekning (rødt) og A2 av MF-dekning (grønt). Figuren til høyre viser Telenor Maritim Radios VHF- og MF-nettverk i nord. Kilder: egmdss.com og (Norsk Romsenter, 2014) Figur 16.



²³ GMDSS-kravene er internasjonalt lovpålagt gjennom SOLAS for passasjerskip og fraktskip over 300 bruttotonn, i tillegg til at nasjonale reguleringer også pålegger noen av GMDSS-kravene for mindre skip inklusive fiskefartøy under 15m. SOLAS er IMOs Safety of Life at Sea convention. Dette er et internasjonalt regelverk som gjelder for alle skip over 500 bruttotonn og alle passasjerskip i internasjonal ferdsel.

²⁴Forskrift om fiske- og fangstfartøy under 15 meter største lengde (Nærings- og fiskeridepartementet, 2013).

Kommunikasjon på VHF og MF-nettet foregår ved en direkte linje fra sender til mottager, noe som krever høy plassering av antennene på båt og på land. Rekkevidden for VHF-nettet er typisk mellom 40-60 nautiske mil fra bakkestasjon, mens MF-nettet gir en dekning på mellom 150-200 nautiske mil fra bakkestasjon. Kommunikasjon på HF-nettet er annerledes og har svært stor rekkevidde som gir tilnærmet global dekning. Rekkevidden er imidlertid avhengig av flere forhold som vær, frekvens, posisjon, tid på året, tid på døgnet og ionosfæriske forhold. Dette gjør at sambandskvalitet og datarater kan være variabel og uforutsigbar. Ifølge GMDSS-regelverket skal SOLAS-skip²⁵ som seiler utenfor MF-dekning være utstyrt med to HF-terminaler. I nordområdene er det imidlertid få operative HF-stasjoner som lytter etter nødmeldinger døgnet rundt, og Telenor Kystradio har derfor foreslått etablering av nye HF-bakkestasjoner på Svalbard og på det norske fastlandet.

Utover de meldingsbaserte tjenestene nevnt over blir VHF, MF og HF i liten grad benyttet til annen dataoverføring. De siste årene er det imidlertid utviklet nye standarder for såkalt «wideband HF» eller «4G HF» som teoretisk skal kunne oppnå opp til 120 kbps. I praktisk bruk viser det seg imidlertid at dataratene typisk blir begrenset til 10-50 kbps i nordområdene²⁶.

2.2. Landbasert mobilkommunikasjon

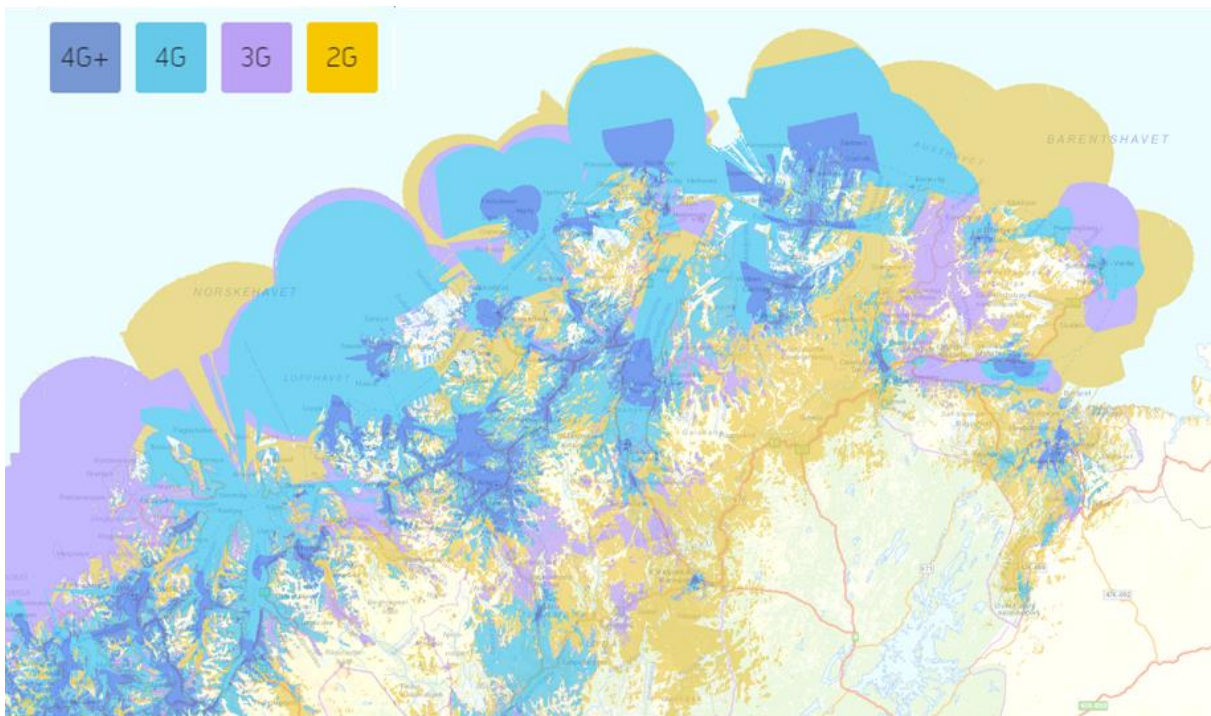
Det har vært en enorm vekst i landbasert mobilkommunikasjon de siste tjue årene, og sendestasjoner som er plassert langs kysten kan også tilby tjenester til maritime aktører. 3G-dekningen går 10 nautiske mil utenfor kysten, mens 2G-dekningen går 20 nautiske mil utenfor kysten. 4G (LTE) kan med visse tilpasninger gå så langt som 50 nautiske mil. Dekningsområdet for deler av Finnmark (fra Alta og nordover) er vist i figuren under. Dataratene som kan oppnås avhenger av flere forhold, for eksempel tilgjengelig kapasitet mellom sendestasjonene og nærmeste kommunikasjonsnode som sendestasjonene er koblet sammen med, antallet brukere som er tilkoblet sendestasjonen, hvilken antenne som benyttes, avstand til sendestasjonen der brukeren befinner seg, og om det fins blokkeringer mellom bruker og sendestasjon.

Selv om den landbaserte mobildekningen har et noe mindre dekningsområde enn VHF-nettet, kan mobildekningen være et godt alternativ for mindre fartøyer som yachter og fiskefartøyer. Det kan også være et alternativ for større fartøyer dersom fartøyet ligger i skyggen av fjell, bygninger eller lignende, og er forhindret fra å benytte VSAT-terminalen ombord.

²⁵ Skipene som SOLAS-regelverket gjelder for (se definisjon i fotnote 18). Dette er ca. 60 000-70 000 skip globalt.

²⁶ (Jodalen & Mjelde, 2016)

Figur 5: Telenors dekningskart for deler av Finnmark. Kilde: Telenor²⁷



I tillegg til deknningen langs kysten av fastlandet vist i figuren over, er det også noe dekning på enkelte deler av Svalbard.

Det er også andre mobile bredbåndskonsepter som kan benyttes av maritime aktører. Et kjent eksempel er ICE, som kan gi dekning og bredbåndstilgang så langt som 120 km fra land. Andre systemer som kan gi bredbånddekning på sjøen er utplasseringen av mobile picoceller²⁸ på fartøyer, som i praksis fungerer som sendestasjoner for 2G/3G/4G-tilkobling, slik at passasjerer og mannskap kan bruke sine egne telefoner og mobile enheter til å benytte nettet. Konseptet krever imidlertid en forbindelse fra båten tilbake til land, som typisk er satellittkommunikasjon og reflekteres i et roaming²⁹-påslag i sluttbrukerprisen.

2.3. Geostasjonære satellitter

Geostasjonære satellitter er satellitter som går i geostasjonær bane i en høyde på 35 786 km over ekvator. En satellitt i en geostasjonær bane gir tidskontinuerlig dekning av et bestemt område på jordkloden. Geostasjonære satellitter har en rekke bruksområder som for eksempel meteorologi, jordobservasjon og TV-distribusjon, og er fortsatt den dominerende satellitt-typen brukt for kommunikasjon. Det er flere ulike systemer for kommunikasjon, der de viktigste er mobil satellittkommunikasjon og kommunikasjon via VSAT-terminal. Man får typisk kontakt med en geostasjonær satellitt via en retningsbestemt antenne. Satellittene går i bane rundt jorda

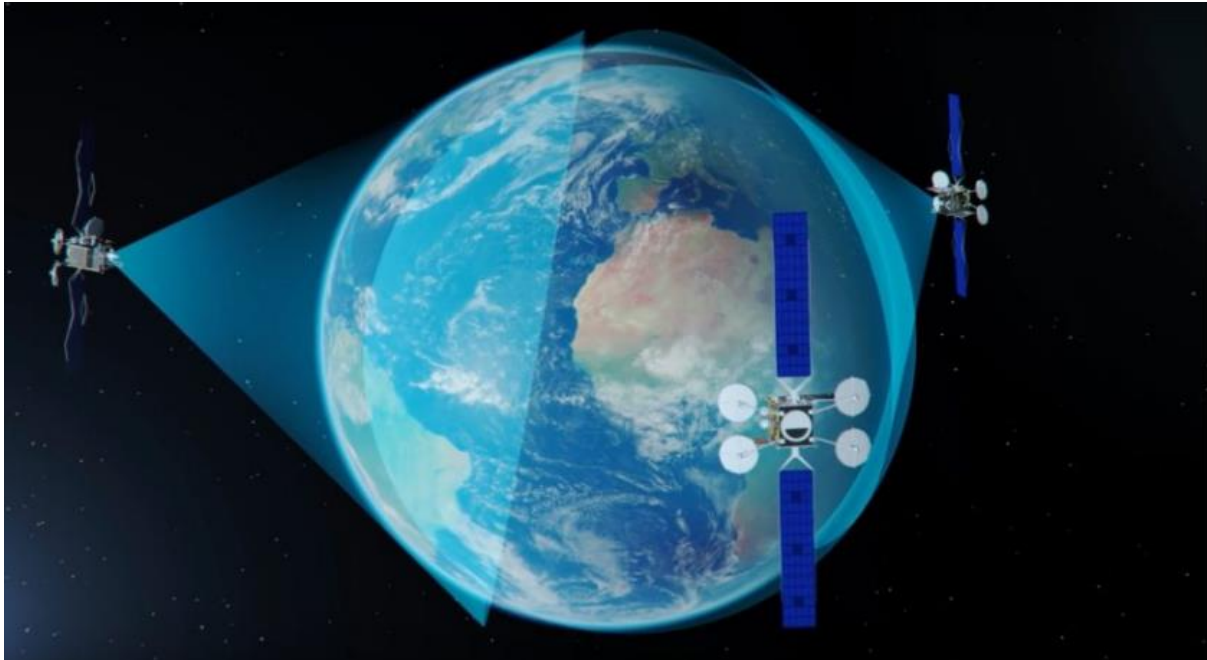
²⁷ <https://www.telenor.no/privat/dekning>

²⁸ En picocelle er et lite dekningsområde definert av en liten sendestasjon for mobilkommunikasjon for eksempel innenfor bygninger, på togstasjoner, fly og skip. Picoceller benyttes typisk til å utvide mobildekningen til områder der signaler fra nettverket ikke når fram, men brukes også til å øke kapasitet i trafikk-intensive områder.

²⁹ Gjesting eller roaming er et uttrykk som betegner at sluttbruker av mobiltelefon (eller mobil satellittutstyr) med kundeforhold til et spesifikt mobilnett («hjemmenett») kan benytte et annet mobilnett (det besøkte nettet), utenfor hjemmenettets geografiske dekningsområde, for å få tilgang til mobiltenester, som for eksempel tale, meldinger og data.

i samme retning som jordrotasjonen, og med en omløpstid som er lik jordens egen på tilnærmet 24 timer, noe som gjør at man kan peke antennen mot ett punkt på himmelen og unngå bytte av satellitter. Dette er illustrert i figuren nedenfor.

Figur 6: Geostasjonært satellittsystem. Kilde: Spacenews³⁰



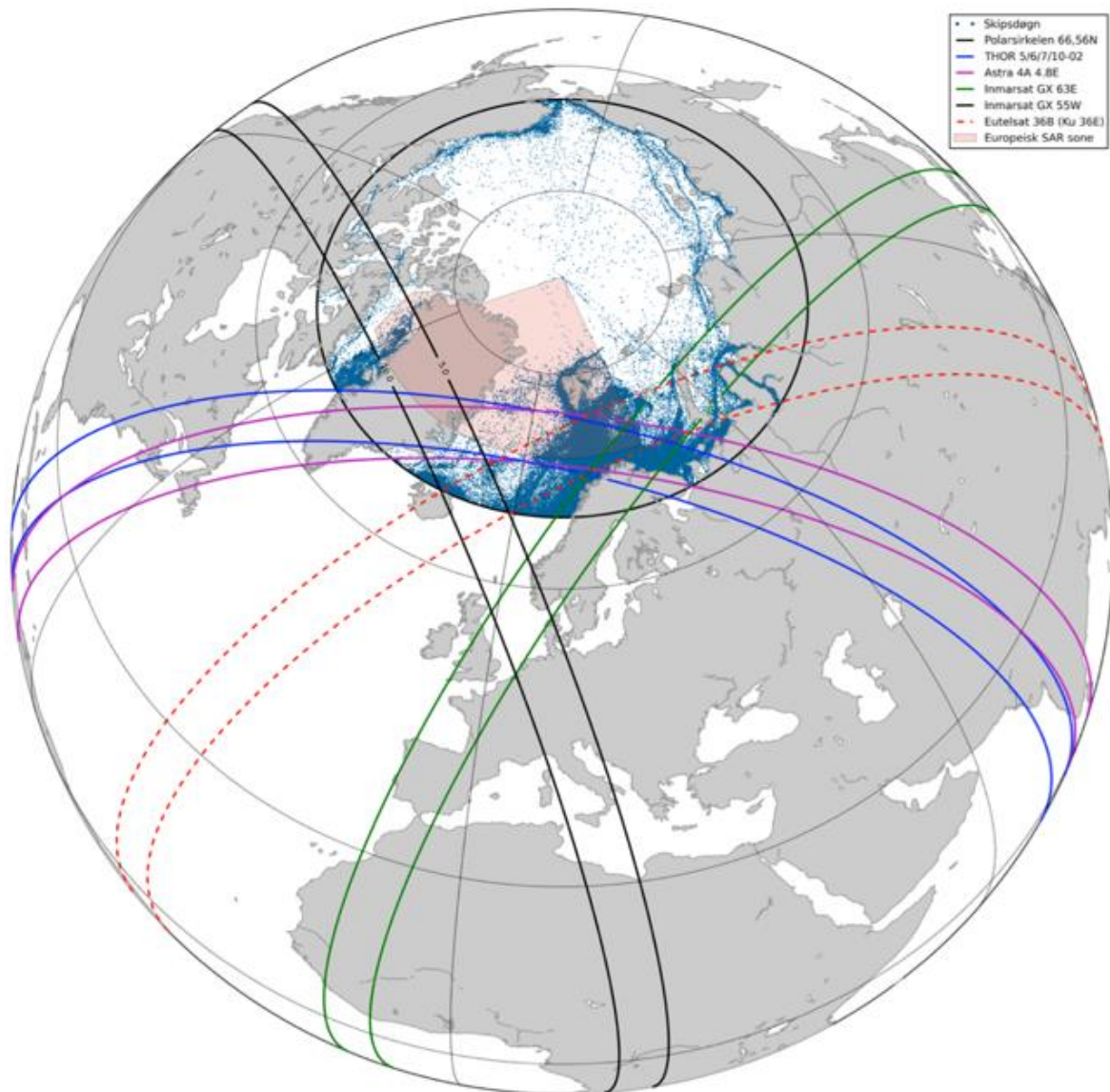
En geostasjonær satellitt dekker ca. 40 prosent av jordens overflate, og med tre satellitter separert med 120 lengdegrader har man tilnærmet global dekning. Unntaket er områder rundt polpunktene da satellittene må ligge i ekvatorplanet og derfor ikke vil se helt til polpunktene. Siden den geostasjonære satellitten alltid vil stå på samme punktet i forhold til jorden vil elevasjonsvinkelen³¹ fra et gitt sted til en geostasjonær satellitt være konstant. Denne vinkelen blir mindre jo lenger nord man kommer. I Oslo (60,0°N) er elevasjonsvinkelen ca. 22° og i Tromsø (69,6°N) ca. 8°³². Den teoretiske grensen for dekning fra en geostasjonær satellitt går ved 81,3°N der elevasjonsvinkelen er lik 0°. I praksis vil signalet fra geostasjonære satellitter være varierende og nærmest ikke-eksisterende også ved lavere breddegrader, avhengig av blant annet terrenget i området, brukers posisjon mot satellitten og værforhold. Operatører og tjenesteleverandører vil typisk ikke garantere tjeneste ved lavere elevasjonsvinkel enn 5° eller 7° som tilsvarer 75°N eller 72°N. Ettersom brukerne for det meste ikke vil finne en tilgjengelig satellitt på samme lengdegrad som de selv er (rett sør for seg selv), vil elevasjonsvinkelen i praksis være lavere enn i de ovenfor nevnte eksemplene. Figuren under viser banene til et utvalg geostasjonære satellitter.

³⁰ <http://spacenews.com/viasat-wants-to-go-small-on-gateways-not-on-satellites/>

³¹ Vinkel mellom brukerterminalens pekerretning mot satellitten og mot horisonten – «Satellittens høyde over horisonten».

³² Store norske leksikon: <https://snl.no/parabolantenne>

Figur 7: Nordområdene der dekning fra geostasjonære satellitter vil være varierende og mangelfull. Kilde: Norsk Romsenter



De to linjene i samme farge viser hver satellitts grenselinje for dekning ved henholdsvis 5° eller 10° elevasjonsvinkel som illustrerer hvordan en stadig lavere elevasjonsvinkel begrenser dekningen mot nordområdene. Under gir vi en kort beskrivelse av ulike tjenester som leveres av geostasjonære kommunikasjonssatellitter.

2.3.1. Mobil satellittkommunikasjon

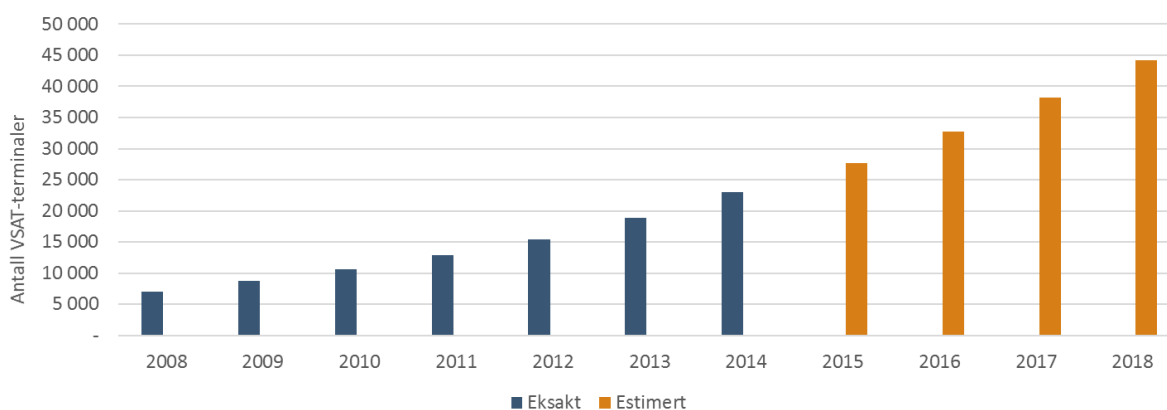
Inmarsat er den dominerende aktøren innenfor mobil satellittkommunikasjon (MSS), og leverer et bredt spekter av tjenester til maritime aktører. Inmarsat C er et smalbåndsprodukt som kan brukes til å sende meldinger og er en del av oppsettet til GMDSS. Dette er altså ikke et bredbåndsprodukt, men Inmarsat leverer også Fleet

Broadband som er flere bredbåndsprodukter som gir 3G-tjenester til mottakeren³³. Det er imidlertid vanskelig å utvide kapasiteten til disse systemene på grunn av lite tilgjengelig båndbredde³⁴.

2.3.2. VSAT

Begrepet VSAT (Very Small Aperture Terminal) brukes vanligvis om terminaler som bruker av frekvensbåndene C-, Ku- og Ka-bånd mot geostasjonære satellitter. Disse terminalene benyttes både av maritime aktører og aeronautiske aktører (luftfart) for å kunne få tilgang til bredbåndskommunikasjon. VSAT kan tilby mye høyere datarater enn mobil satellittkommunikasjon, fordi VSAT-antennene gir høyere ytelse i en bestemt retning, hvilket er hovedårsaken til at mange rederier og flyselskap påtar seg kostnadene med installasjon av VSAT-utstyr. På grunn av avansert elektronikk og en stor plattform for stabilisering av antennen har installasjonskostnadene for en maritim VSAT-terminal vært mellom 50 000 og 100 000 USD. VSAT har derfor tradisjonelt vært benyttet av aktører med et stort behov for datakommunikasjon. Denne situasjonen er imidlertid i ferd med å forandre seg. Elektronikken blir stadig billigere og antennene mer kompakte, og nye Ka-båndsantennene er helt ned mot størrelser på 60 cm i diameter. Figuren under viser hvordan antall maritime VSAT-installasjoner globalt har skutt i været de siste årene og forventes å utvikle seg framover.

Figur 8: Økning i maritime VSAT-installasjoner 2008-2014. Kilde: (COMSYS, 2015)



2.3.3. HTS (High Throughput Satellite)-systemer

De siste årene har det vært en rivende utvikling innen satellitt-teknologi, som har frembragt en ny generasjon av satellittplattformer som kalles HTS. HTS-satellittene har flere og sterkere signalstråler (spot beams) og mange ganger (typisk 2-10x) større samlet trafikk-kapasitet enn tradisjonelle kommunikasjonssatellitter.

Mange store satellittoperatører i det geostasjonære markedet har investert i HTS-satellitter, blant annet Inmarsat med sitt Global Xpress-system og Intelsat med sine Epic-satellitter. Telenor Satellite tilbyr, ved hjelp av sin Thor-satellitt, VSAT-tilkobling i Nordsjøen, Rødehavet, det Baltiske hav, Middelhavet og det Nordatlantiske hav. Det finnes også HTS-system som ikke er basert på geostasjonære satellitter som for eksempel O3b. O3b er et mellombanesystem (MEO)³⁵ som kjennetegnes av satellitter som går i ca. 10 000 km høyde. Hver MEO-satellitt er synlig for brukeren i 3-8 timer, som betyr at man trenger vesentlig færre satellitter for å dekke et gitt

³³ Inntil 432 kbps

³⁴ Tjenestene benytter L-bånd.

³⁵ MEO: Medium Earth Orbit

dekningsområde sammenlignet med lavbanesystemer (LEO)³⁶. O3b's system består av 12 satellitter, hver med 10 styrbare antenner til å følge brukere/fartøyer og på denne måten gi bredbåndstilkobling.

Figur 9: O3b leverer bredbånd til cruisebåter i Det Karibiske Hav. Kilde: O3b



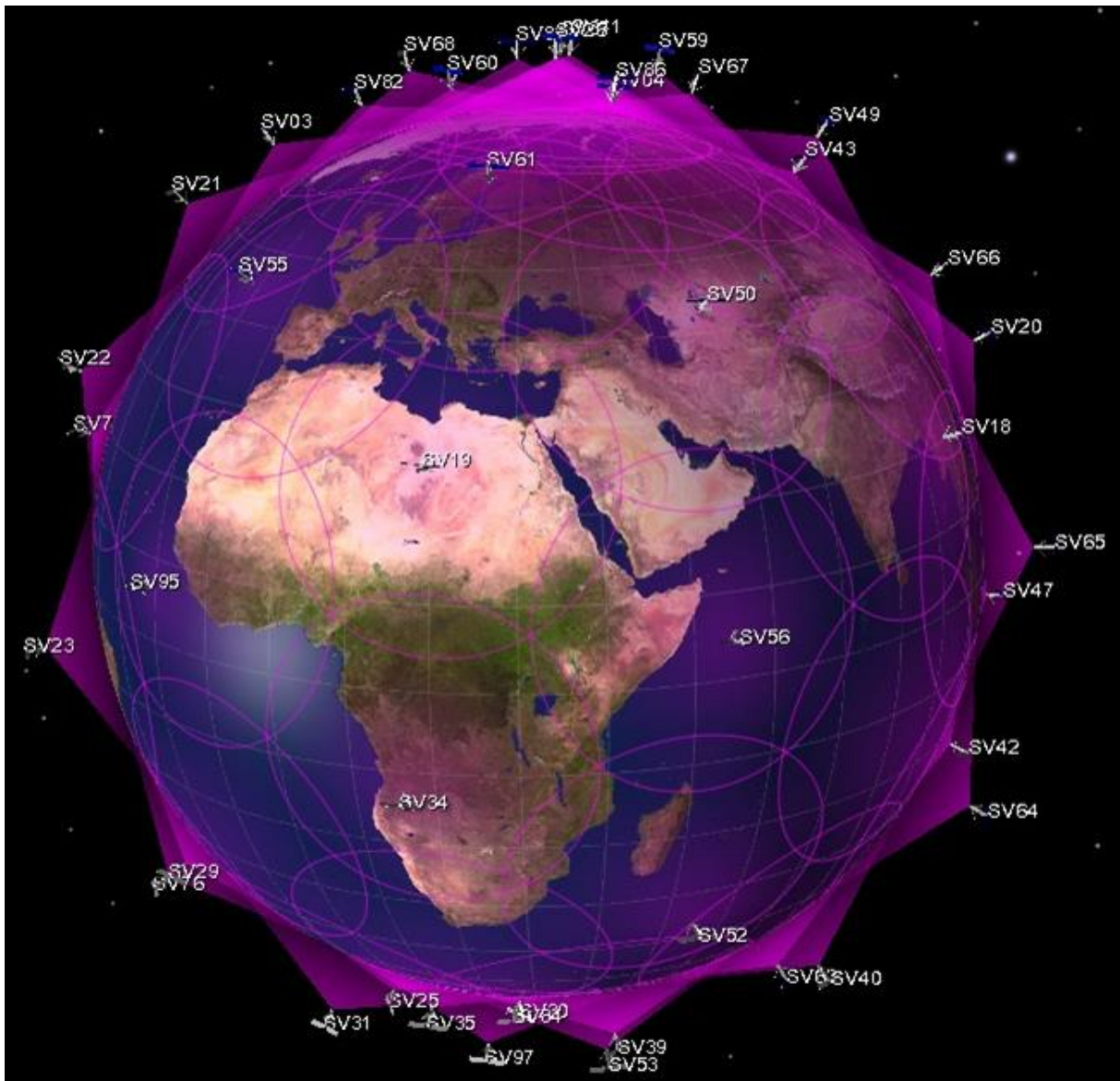
Dette systemet har kontinuerlig dekning opp til ca. 45°N, men er ikke tilgjengelig nord for 62°N. Imidlertid har O3b nylig avslørt planer om et nytt, inklinert MEO-system som vil gi dekning lenger nord, inkludert Arktis. Dette diskuteres nærmere i kapittel **Feil! Fant ikke referanse-kilden.** under beskrivelsen av Nullalternativet.

2.4. Lavbanesystemet Iridium

Iridium er en annen operatør for mobil satellittkommunikasjon (MSS), men deres satellitter går i lavbane. Lavbanesystemer er systemer av satellitter som går i bane nærmere jorden, med en høyde på mellom 160 og 2000 km. Lavbanesystemet Iridium består av 66 satellitter i 781 km høyde. Iridium er primært etablert for talekommunikasjon, men tilbyr også begrenset og kostbar datakommunikasjonskapasitet. Iridium Pilot omtales som bredbånd dataaksess, men har en maksimal hastighet for datatrafikk på 128 kbps («best effort» – ikke garantert kapasitet). Selv om dette ikke er bredbånd, dekker det et behov for smalbands data-applikasjoner i polare områder. Iridium markedsfører selv produktet som egnet til kritiske applikasjoner, nødkommunikasjon og som «backup» til annen kommunikasjon. Iridiums nåværende satellittsegment går mot slutten av levetiden, og Iridium har nettopp begynt å skyte opp nye satellitter. Det nye satellittsegmentet kalles Iridium Next og presenteres nærmere i kapittel **Feil! Fant ikke referanse-kilden.** om Nullalternativet.

³⁶ LEO: Low Earth Orbit

Figur 10: Iridiums konstellasjon av 66 LEO-satellitter. Kilde: Iridium Satellite LLC



Iridium har global dekning og kan brukes i Arktis, men brukererfaringer og tester har påvist høy tidsforsinkelse i systemet og varierende tjenestekvalitet i nordområdene³⁷³⁸. Iridiums system-kompleksitet er vesentlig høyere enn et geostasjonært system. Systemet baserer seg på Inter-Satellite-Links (ISLs)³⁹ slik at et samband vil kunne innebære hopp mellom to eller flere av Iridiumsattellittene. Systemet krever også bakkestasjoner, for å knytte Iridium-brukerne til og fra andre nett. Men siden det finnes kun et fåtall operative (under 10) bakkestasjoner, betyr det at Iridiumsamtaler og samtaler mellom brukere av andre nett og en Iridiumbruker i Arktis må kobles via en Iridiumbakkestasjon i Russland eller på Hawaii, noe som innebærer en betydelig ekstra signalvei hvis sambandsdestinasjonen er i Norge. På grunn av at LEO-satellittene flyr over horisonten i løpet av få minutter må

³⁷ (Rødseth, Kvamstad, & Ho, 2015)

³⁸ (Aronsen, 2017)

³⁹ ISLs er kommunikasjonsforbindelser mellom satellittene, som benyttes til nettverkskonfigurasjon og/eller trafikk-håndtering. ISLene er ofte basert på optisk kommunikasjon, men direkte (retningsbestemte) radioforbindelser benyttes også. Det er vanlig å benytte ISLer i lavbanesatellittsystemer for å redusere antall bakkestasjoner.

også Iridium-systemet håndtere «handover» til en annen satellitt i løpet av samtalen eller datasesjonen. For å unngå krevende antennestyring har Iridium valgt brukerterminaler med rundtrålende antenne, noe som gjør brukerstyret enklere og billigere, men vesentlig mindre ressurseffektivt enn med en direktiv antenne. Den rundstrålende Iridiumantennen stråler og mottar i alle retninger (azimuth) – i en lobe som peker opp (mot satellitten).

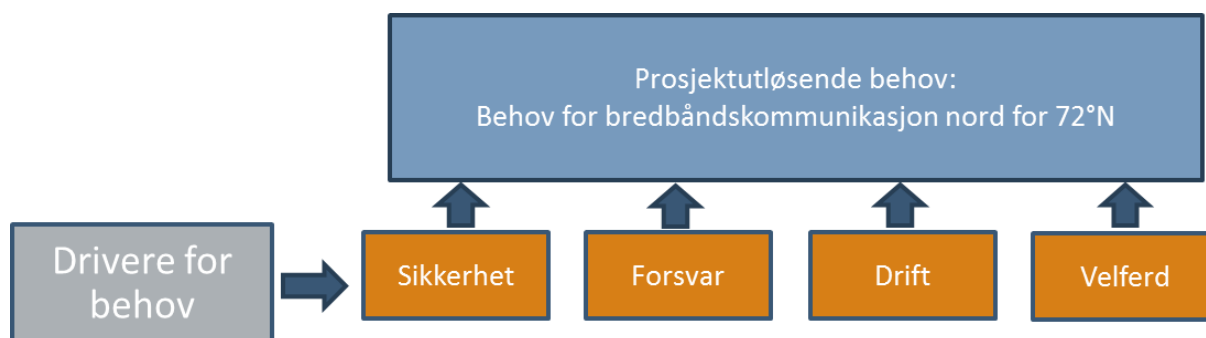
3. Behovsanalysen

Behovene for bedre kommunikasjonsmuligheter i nordområdene kan i all hovedsak knyttes opp mot fire overordnede drivere: sikkerhet, forsvar, effektiv drift og velferdstilbud. For det første er det et behov for utveksling av informasjon ved planlegging og gjennomføring av seilaser, søk- og redningsoppdrag og andre operasjoner. Den andre driveren er knyttet til Forsvarets behov for stabil og sikker kommunikasjon ved operasjoner i og overvåkning av norske farvann. For det tredje er det et økende behov for overføring av sanntidsinformasjon for effektiv normaldrift som maskinell utveksling av teknisk informasjon. For det fjerde er det behov for kommunikasjonstjenester for å bedre velferdstilbudet for passasjerer og mannskap. Alle disse behovene kan bare tilfredsstilles fullt ut ved hjelp av bredbåndskommunikasjon hvilket ikke er stabilt tilgjengelig nord for 72°N. Det prosjektutløsende behovet er derfor definert som:

Behov for bredbåndskommunikasjon nord for 72°N.

Behovet for bedre kommunikasjonsmuligheter i nordområdene har vært framhevet i en rekke stortingsmeldinger og offentlige utredninger. Det er særlig kommunikasjonsbehovene innenfor maritime næringer som fiskeri, cruiseturisme og skipsfart som framheves i tillegg til offentlig sektors behov for kommunikasjon knyttet til søk og redning, overvåkning, forsvar og forskning. Men også petroleumsnæringen og luftfart har behov for bedre kommunikasjonssystemer i nordområdene. Alle interessentgruppene har et overordnet felles behov for bredbåndskommunikasjon som er reflektert i det prosjektutløsende behovet. Som nevnt over er dagens tilgang på bredbånd utenfor fastlandet primært levert av geostasjonære satellitter som gradvis mister sin effekt jo lenger nord man kommer. Særlig ustabil blir tilgangen nord for 75°N, men problemene oppstår allerede på 72°N. I enkelte områder med fjell og tett skog og under utfordrende atmosfæriske forhold, for eksempel regn eller spesielt høy luftfuktighet, kan det være vanskelig å oppnå stabile forbindelser så langt sør som 65°N.

Figur 11: Fire drivere for behov for bredbånd i nordområdene



Behov for bredbåndskommunikasjon av sikkerhetshensyn kan knyttes til tre ønskede virkninger; redusere sannsynligheten for at det inntreffer en ulykke, begrense konsekvensene når en ulykke inntreffer og være i stand til å imøtekomme framtidige standarder for lufttrafikkstyring. For det første er det behov for informasjon ved planlegging og gjennomføring av seilaser og andre operasjoner for å minimere sannsynlighet for ulykker. Dette kan dreie seg om tilgang til sanntidsinformasjon om is, vær og vind, eller identifisering av andre risikoelementer som nærgående trafikk. Bedre muligheter for toveiskommunikasjon med trafikkentralene kan også være med på å avverge farlige situasjoner. Videre er det også behov for kommunikasjon ved planlegging og gjennomføring av søk- og redningsoppdrag dersom en uønsket hendelse oppstår. Identifisering av og varsling om nødsituasjoner er selvfølgelig kritisk for at en redningsaksjon kan iverksettes. Tett kommunikasjon mellom operasjonssentral, operative enheter og de som er utsatt for eller i nærheten av en ulykkeshendelse er også sentralt for å få en

presis situasjonsforståelse og effektiv gjennomføring av redningsaksjonen. Bredbåndstilgang gir også mulighet for å tilby mer presis telemedisinsk assistanse i en nødsituasjon. I tillegg er systemene for lufttrafikkstyring i ferd med å endres globalt. Utviklingen går i retning av en overgang fra manuelt styrte operasjoner med bakkebaserte radiosystemer og talekommunikasjon til automatiserte prosesser basert på satellittkommunikasjon. Avinor har derfor gitt uttrykk for at det er behov for tilgang til satellittkommunikasjon og satellittbaserte navigasjons- og posisjonssystemer i nordområdene for å imøtekomme framtidige standarder for lufttrafikkstyring.

For Forsvaret er det behov for stabil og sikker kommunikasjon for operasjoner i og overvåkning av norske farvann. Bedre kommunikasjonsforbindelser og informasjonsdeling i sanntid, særlig i form av bilder og video, legger bedre grunnlag for planlegging, iverksetting, koordinering og styring av operasjoner og øvelser som kan styrke forsvarsevnen i nordområdene.

Bredbåndskommunikasjon åpner også for overføring av sanntidsinformasjon som kan effektivisere operasjoner ved normaldrift. Fjernovervåkning av driftssystemer ved hjelp av sensordata blir i økende grad brukt til å optimalisere drift av fartøy. For petroleumsnæringen kan sanntidsoverføring av sensor-, brønn- og seismikkdata optimalisere leteaktiviteten. Innenfor forskningssektoren er det behov for sanntidsoverføring av forskningsdata for å effektivere innsamling av data og heve kvaliteten på forskningsarbeidet. Innenfor luftfart er behovet for mer effektive flyvninger en medvirkende årsak til at det jobbes for å gå bort fra manuelt styrte operasjoner med bakkebaserte radiosystemer og talekommunikasjon til mer automatiserte prosesser med avansert informasjons- og datalinkteknologi. For offentlige myndigheter kan bedre kommunikasjonsmuligheter mellom operative enheter og kommandosentraler på land også bidra til å effektivisere ressursovervåkning av for eksempel fiskerivirksomhet.

Behovet for bredbåndskommunikasjon er også drevet av etterspørsel etter bedre velferdstilbud for mannskap og passasjerer. Tilgang til internett for å kommunisere med familie og venner og til bruk for underholdning blir en stadig viktigere del av velferdstilbudet på både skip og fly.

En nærmere beskrivelse av overordnede markedstrender for maritim og aeronautisk bredbåndskommunikasjon og de ulike interessentgruppene behov er gjengitt i delkapitlene nedenfor. For ytterligere detaljer rundt interessentanalysen henviser vi til vedlegg 1 Dokumentasjon av interessentanalysen.

3.1. Overordnet utvikling i etterspørsel etter bredbåndskommunikasjon i nordområdene

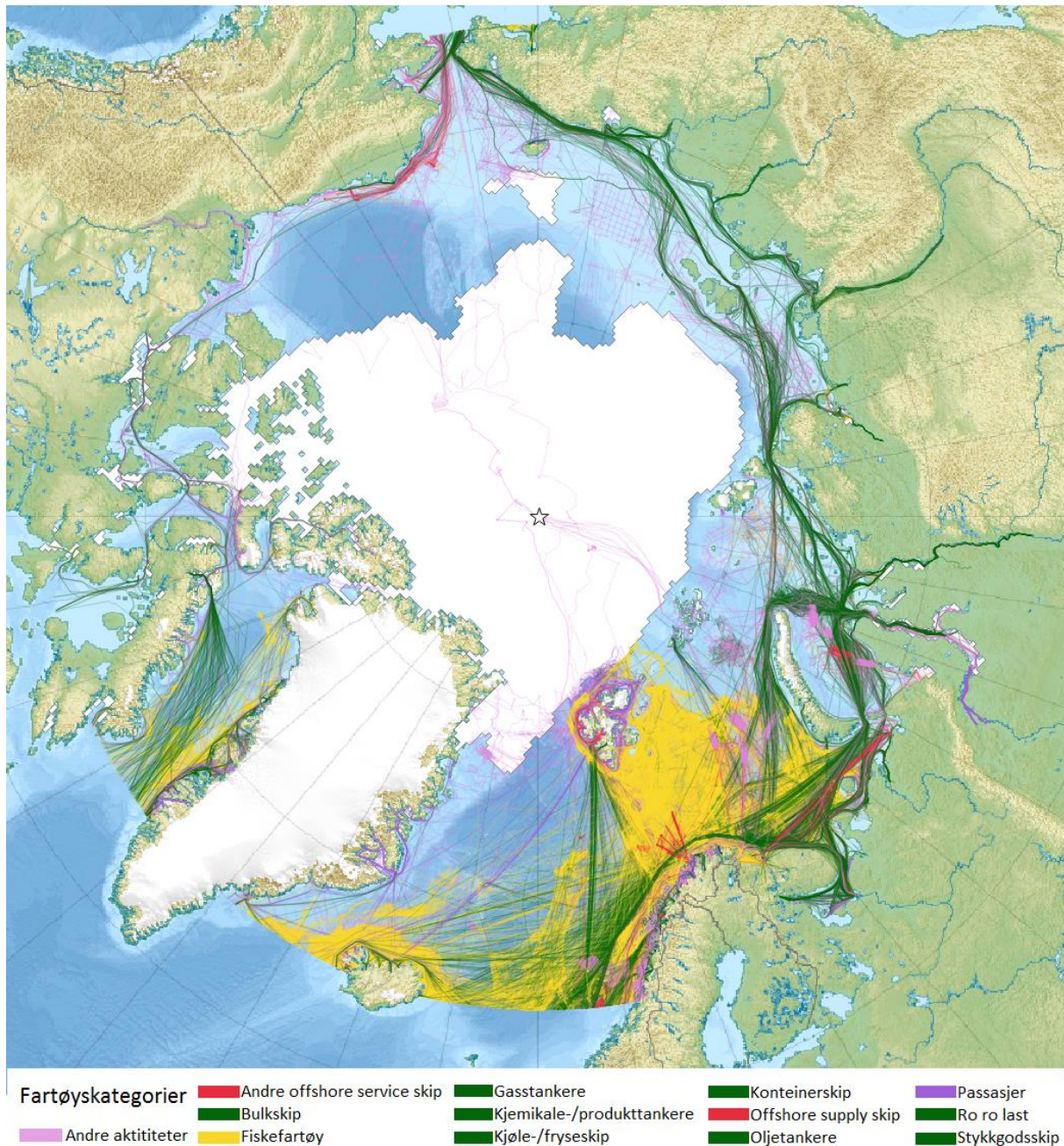
Behovet for bredbåndskapasitet i nordområdene er nært knyttet til aktiviteten i området og utviklingen i bruk av kommunikasjonstjenester i tilsvarende markeder globalt. Selv om det aktuelle tiltaksområdet utgjør en avgrenset del av verden er mye av aktiviteten som foregår lite stedbundet og påvirkes derfor av globale markedstrender. Ettersom bredbåndstilgang blir en stadig viktigere innsatsfaktor i økonomien generelt øker også etterspørselen etter bredbåndstilgang i nordområdene. I avsnittene nedenfor gis en kort gjennomgang av overordnede utviklingstrekk for aktiviteten i området og relevante markeder for bredbåndskommunikasjon.

3.1.1. Aktivitet i nordområdene

Behovet for en eventuell investering i bedre kommunikasjonsinfrastruktur i nordområdene drives i stor grad av aktiviteten som foregår i norsk-kontrollerte områder nord for 72°N. Med unntak av Svalbard og Bjørnøya består dette området i all hovedsak av åpent hav. De største kommunikasjonsbehovene er derfor knyttet til maritim

virksomhet som fiskeri, cruisetrafikk og forskningsfartøy, i tillegg til kommersiell skipsfart og forsvarsaktivitet. Figuren nedenfor gir et oversiktsbilde over maritim aktivitet i nordområdene i 2016.

Figur 12: Fartøystrafikk fordelt på skipstype ned til 65°N (2016)

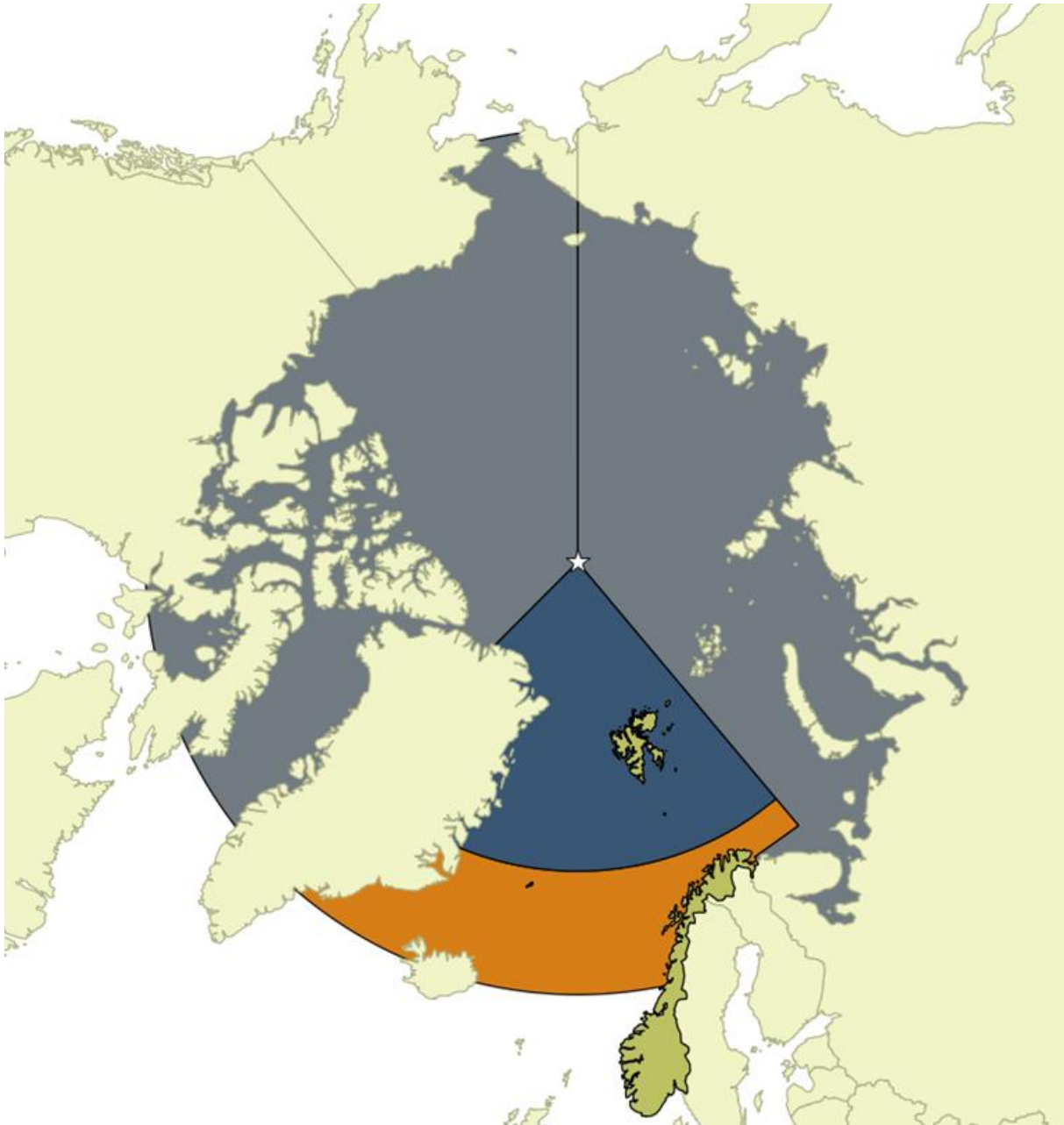


Selv om det primært er kommunikasjonsbehovene i den norske økonomiske sonen nord for 72°N og det norske SAR-området som er av interesse for denne utredningen, møter utenlandske interessenter mange av de samme problemstillingene i øvrige deler av nordområdene. Et eventuelt tiltak som rettes inn mot å dekke norske aktørers behov kan derfor også gi nyttevirkninger for utenlandske aktører som både kan være av strategisk og økonomisk interesse for Norge.

Selv om landbaserte kommunikasjonssystemer og geostasjonære satellitter i utgangspunktet dekker de fleste kommunikasjonsbehovene sør for 72°N har enkelte interessenter også uttrykt behov for bedre dekning så langt

sør som 60-65°N. For å vurdere alle relevante behov har vi derfor kartlagt den maritime aktiviteten i tre ulike soner: europeisk sone nord for 72°N, europeisk sone mellom 65-72°N og aktivitet i øvrige deler av nordområdene (pan-arktisk sone) nord for 65°N. Se figuren under for en oversikt over soneinndelingen.

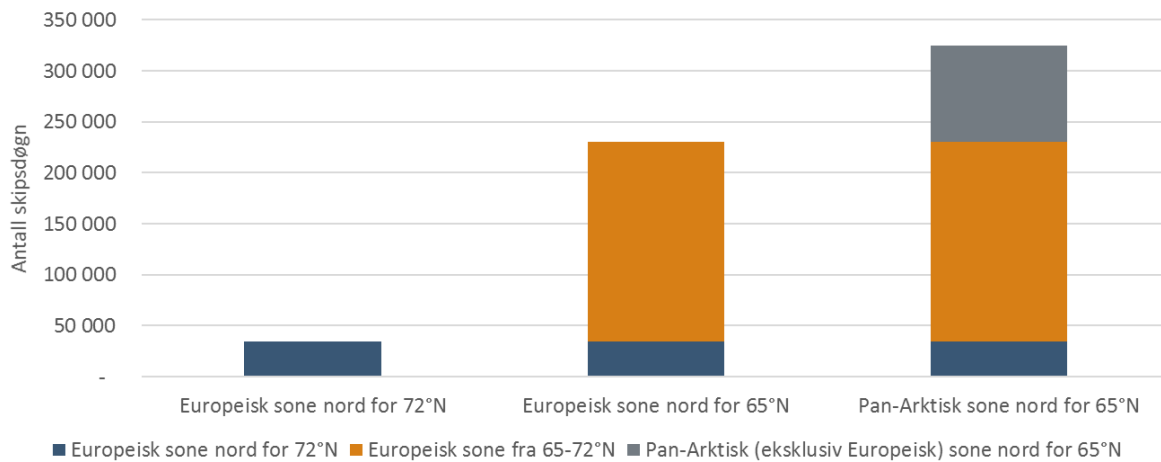
Figur 13: Illustrasjon av soner⁴⁰ for uttrekk av maritim trafikk i nordområdene. Kilde: DNV GL



⁴⁰ Europeisk område nord for 72°N: vestre grense på 45°W, østre grense på 40°E, søndre grense på 72°N og nordover til Nordpolen. Europeisk sone fra 65°N til 72°N: venstre grense på 45°W, østre grense nordfra på 40°E sør til 70°N, derfra vest til 31°E, så sør til 65°N. Derfra rett vest til 45°W med en bøy nordover mellom 21°E og 26°E for å unngå nordre del av Bottenvika. Pan-arktisk sone nord for 65°N: alt nord for 65°N som ikke omfattes av de to andre områdene, minus området i Krestabukten helt øst i Russland, pluss området sør i Kvitsjøen sør for Kolahalvøya. Langs 65°N-parallellen og

Figuren under viser antall skipsdøgn i 2016 fordelt på de ulike sonene.

Figur 14: Antall skipsdøgn⁴¹ fordelt på soner 2016. Kilde AIS-data fra Kystverket m. fl. Bearbeidet av DNV GL



Som figuren over viser, foregår det aller meste av aktiviteten i den europeiske sonen mellom 65°N og 72°N. Trafikken består av norske og utenlandske skip som opererer i både norske og utenlandske ansvarsområder. Selv om trafikken i disse delene av nordområdene er betydelig, er de fleste kommunikasjonsbehov dekket av eksisterende kommunikasjonsystemer, blant annet som følge av at en stor del av trafikken opererer i kystnære områder. I øvrige deler av nordområdene (pan-arktisk sone) er det betydelig mindre trafikk, til tross for et langt større definisjonsområde. Men selv om det meste av aktiviteten her foregår i områder som i utgangspunktet er innenfor dekningsområdet for geostasjonære satellitter er det flere deler av området som ligger i radioskygge på grunn av fjellformasjoner, særlig på nordsiden av Canada. De største behovene for bedre kommunikasjonsystemer er imidlertid knyttet til trafikken i den europeiske sonen nord for 72°N som i all hovedsak består av norske aktører eller utenlandske skip som opererer i norske ansvarsområder. Det meste av aktiviteten er knyttet til fiskeriaktivitet, cruise og transportskip og andre aktiviteter, der forskning utgjør en stor andel. Trafikkdataene inkluderer også offshore supply skip og andre flytende innretninger knyttet til leteaktivitet og seismikkskyting. I avsnittene nedenfor gir vi en nærmere beskrivelse av den maritime aktiviteten i de ulike sonene.

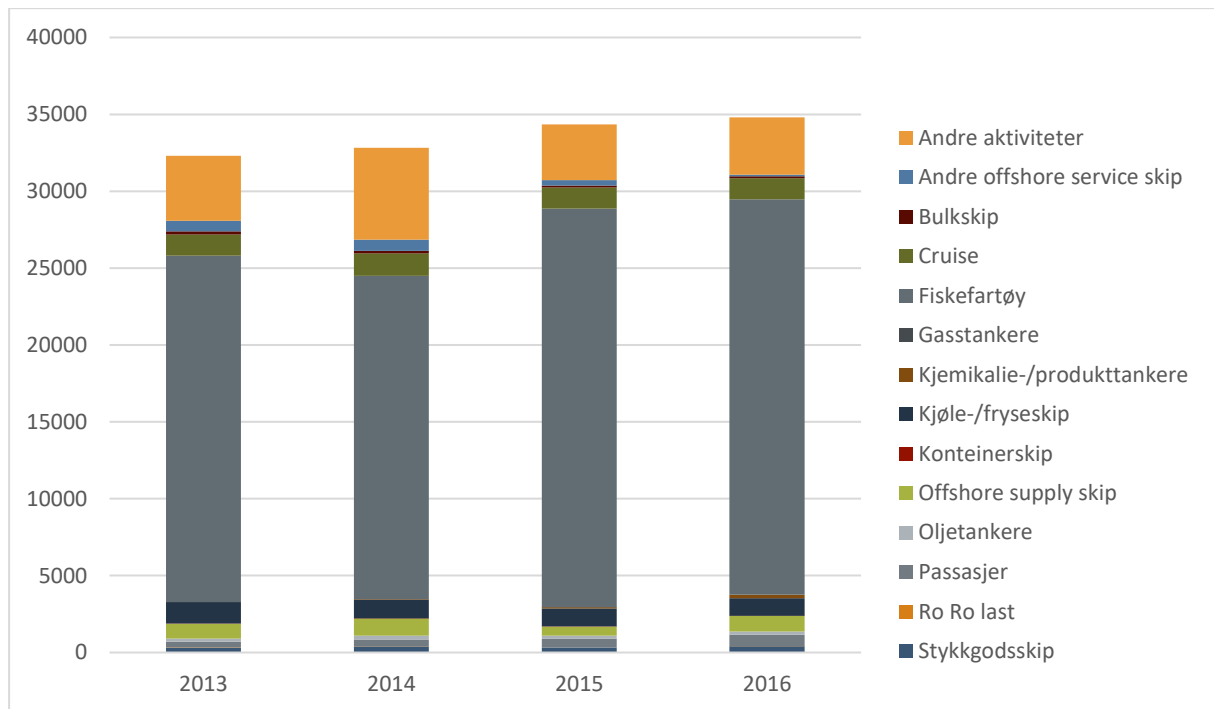
Europeisk område nord for 72°N

Figuren nedenfor viser utviklingen i antall skipsdøgn fordelt på forskjellige fartøyskategorier de siste fire årene.

rett vest fra 45°W til 175,6°W, derfra nord til 66.85°N, vest til 180°W, så sør til 65°N og rett vest til 41°E, derfra sør til 63,3°N og vest til 31°E.

⁴¹ Et skipsdøgn er at et skip for eksempel er i området ett døgn, eller at to skip er i området et halvt døgn hver, og så videre. Antall skipsdøgn er brukt som den definerende måleenheten for behovet for satellittkommunikasjon. Det er vanlig å bruke utseilt distanse eller antall skip som mål på skipstrafikk i et område, men behovet for kommunikasjon avhenger direkte av hvor lenge et skip er i et gitt område, og ikke hvor langt det har seilt.

Figur 15: Antall skipsdøgn per år i europeisk sone nord for 72°N. Kilde AIS-data fra Kystverket m. fl. Bearbeidet av DNV GL

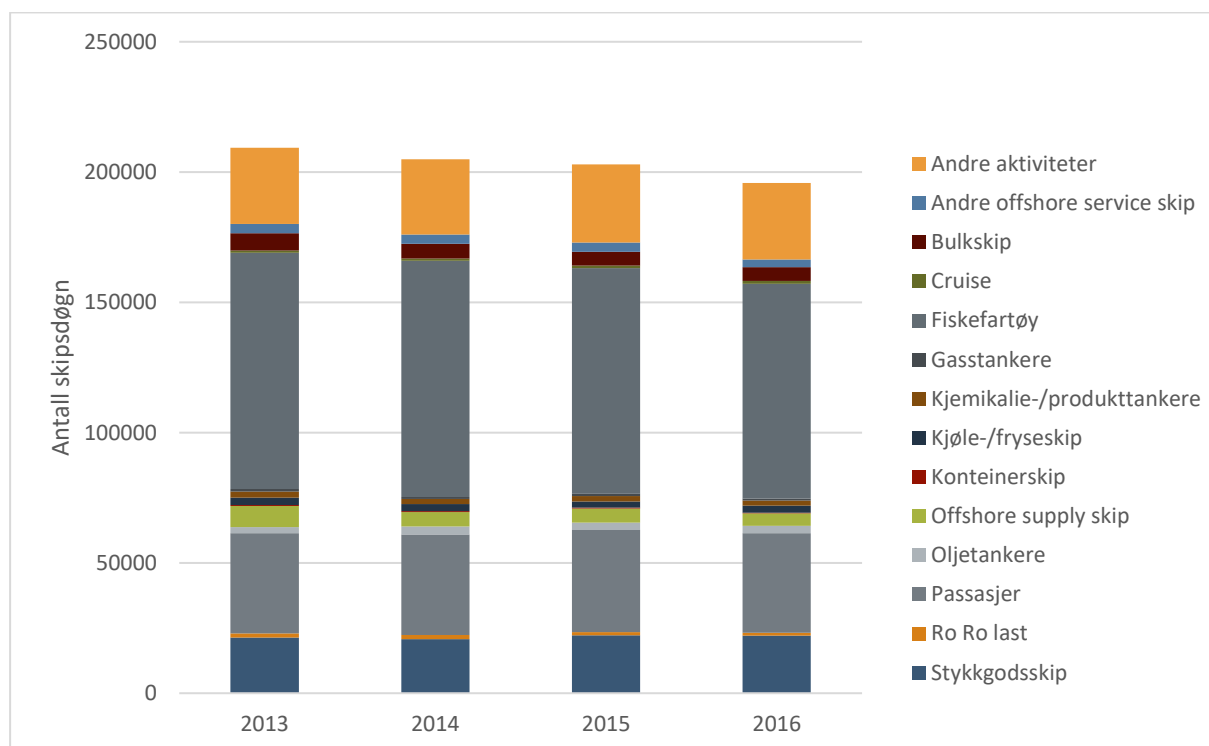


Dataene viser en trend med økende trafikkmengde, og at skipstrafikken her er sterkt dominert av fiskefartøy, som totalt sett står for omtrent 70 prosent av antall skipsdøgn i europeisk område nord for 72°N de fire siste årene. Dette skyldes både at det er mange ulike fiskefartøy som opererer i området og fordi de i gjennomsnitt oppholder seg i området i lengre perioder av gangen enn de fleste øvrige fartøyskategorier. Trafikken fra fraktefartøy som bulkskip, oljetankere og stykkogodsskip er for eksempel primært preget av gjennomfartstrafikk med flere ulike skip som passerer igjennom området i en kort periode. Trafikkomfanget er videre preget av store sesongvariasjoner innenfor dette området med svært lite trafikk fra januar til april når isutbredelsen er på sitt høyeste.

Europeisk område mellom 65°N og 72°N

Figuren nedenfor viser utviklingen over antall skipsdøgn de siste fire år i det europeiske analyseområdet mellom 65°N og 72°N.

Figur 16: Antall skipsdøgn per år i europeisk område mellom 65°N og 72°N. Kilde: AIS-data fra Kystverket m. fl. Bearbejdet av DNV GL

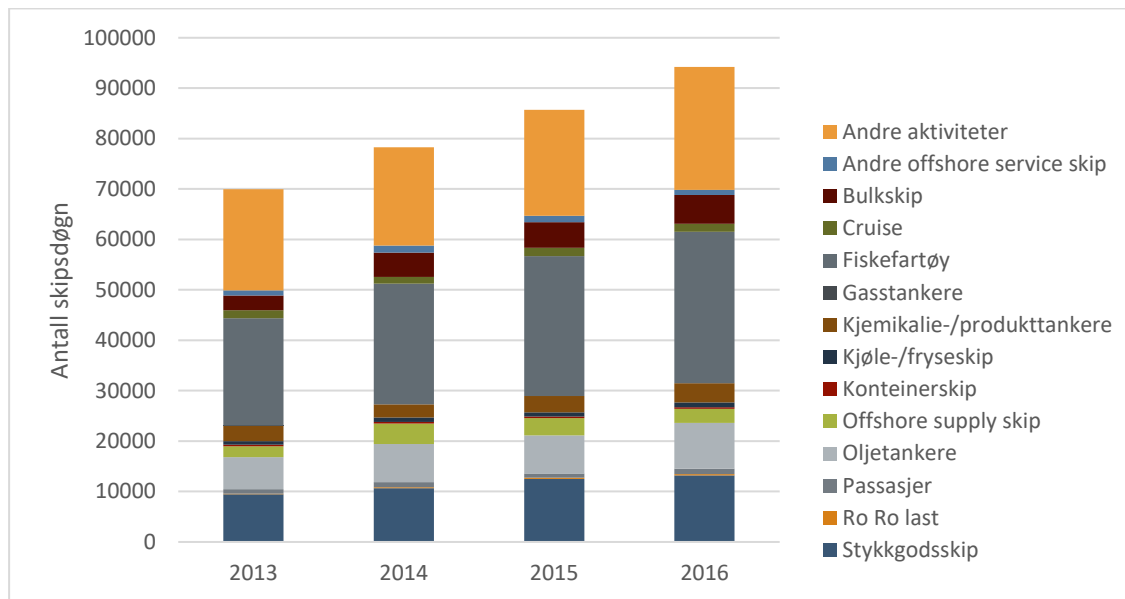


Her er det, som i det nordligste europeiske området, et betydelig innslag av fiskefartøy. Andelen cruise er ubetydelig sammenliknet med den øvrige trafikken, men det er langt høyere andel skipsdøgn for kategorien passasjerskip enn i området lenger nord. Dette skyldes mange fergesamband langs kysten i Nord-Norge. Det er også verdt å merke seg en betydelig andel stykkgodstrafikk. Den overordnede aktivitetsutviklingen er svakt nedadgående, hovedsakelig grunnet en nedgang i skipsdøgn for fiskefartøy og offshore supply skip.

Pan-arktisk område nord for 65°N

Figuren Figur 17 nedenfor viser antall skipsdøgn siden 2013 for det tredje og siste analyseområdet, det pan-arktiske området nord for 65°N.

Figur 17: Antall skipsdøgn per år i pan-arktisk område nord for 65°N. Kilde: AIS-data fra Kystverket m. fl. Bearbeidet av DNV GL



Det har vært en sterk vekst i trafikken mellom 2013 og 2016, fra 70 000 skipsdøgn i 2013 til omtrent 94 000 skipsdøgn i 2016, en økning på nesten 35 prosent. Trafikkveksten i dette området er høyere enn i de to andre områdene, målt i relativ vekst. Dette skyldes en kombinasjon av faktorer, blant annet – men ikke begrenset til – økende issmelting, høyere grad av isforsterkede skip med mulighet for å bevege seg i utsatte farvann, økt fiskeri i nordområdene, flere utbygde petroleumfelt i nord-Russland, Canada og Alaska, samt økt gruvedrift i disse områdene. Dette området står likevel bare for omtrent 25 prosent av totalt antall skipsdøgn i nordområdene (nord for 65°N) de fire siste årene, til tross for at området utgjør omtrent 75 prosent av det kombinerte arealet for analyseområdene.

Interessentgrupper ikke definert av AIS-data

Andre viktige interessentgrupper som har betydelig aktivitet i området, men som ikke i like stor grad fanges opp av AIS-dataene, er Forsvaret, faste konstruksjoner for petroleumproduksjon i tillegg til luftfart. Det offentlige har også behov knyttet til myndighetenes generelle forvaltningsansvar utover det som reflekteres i offentlige aktørers direkte aktivitet i området.

Forsvarets aktivitet i nordområdene er betydelig, men er av sikkerhetshensyn vanskelig å kvantifisere konkret. Eksempelvis er det sannsynlig at både Kystvakten og Kysteskadren til tider vil ha behov for å skru av sine AIS-sendere. Deres registrerte aktivitet er plassert i fartøyskategorien «Andre aktiviteter», som kan antas å være underrapportert. Offentlig sektors behov er i stor grad knyttet opp mot sikkerhet og beredskap som i all hovedsak drives av det samlede trafikkomfanget vist ovenfor i tillegg til offentlige fartøys egne behov. Petroleumsnæringens tilstedeværelse i nordområdene er relativt beskjeden sammenlignet med andre områder, men det er likevel en betydelig aktivitet. Petroleumsakiviteten består foreløpig i stor grad av seismikkundersøkelser og lete- og prøveboring. Det er etablert noen produksjonsfelter som blant annet Snøhvit og Goliat, men til disse er det lagt fiberkabler. Fiberkabler vil også med stor sannsynlighet bli lagt til andre eventuelle faste, fremtidige petroleumsinstallasjoner.

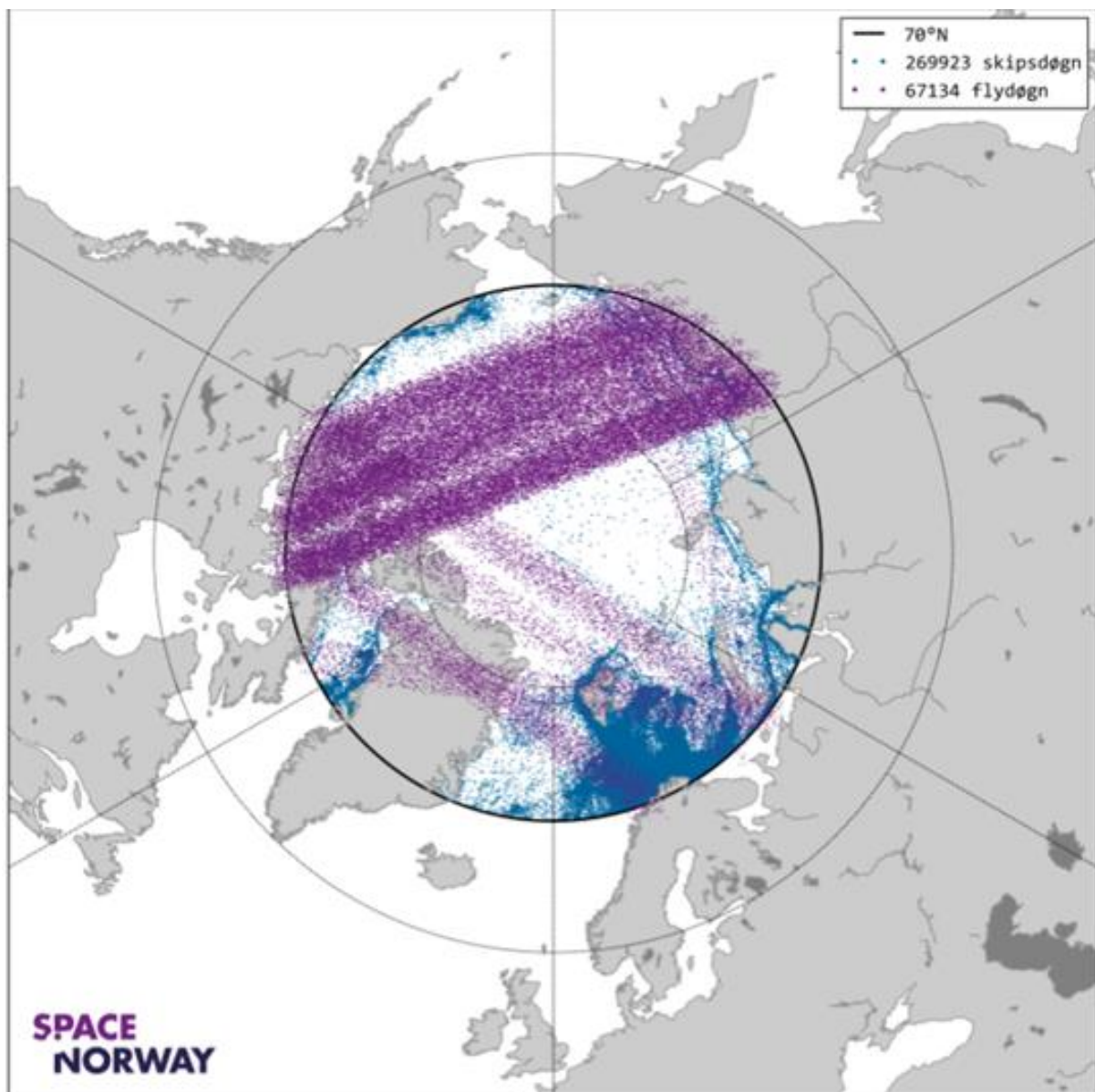
Det er gitt utvinningstillatelser i Barentshavet opptil 74,5°N. Dette er i ytterkanten av det faktiske dekningsområdet til geostasjonære satellitter. Selv om ikke petroleumsnæringen utgjør den største andelen av hverken

skipstrafikk eller tilstedeværelse på nåværende tidspunkt, er det et stort verdiskapingspotensial knyttet til næringen. Dette kan indikere en større betalingsvillighet for de behovene som denne næringen har relatert til andre næringsaktører som opererer i nordområdene.

Luftfart

Luftfart har også behov for bedre kommunikasjonsmuligheter i nordområdene. Figuren nedenfor viser antall flyvninger gjennom nordområdene fra oktober 2010-juni 2013.

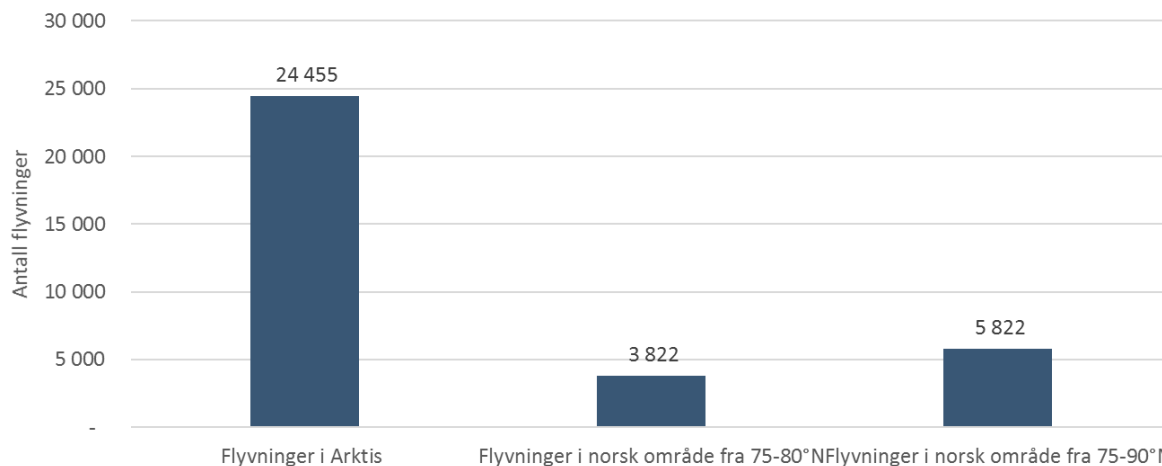
Figur 18: Antall flydøgn (lilla prikker) i nordområdene og oversikt over hvor trafikken går. Flydøgn fra oktober 2010-juni 2013. Kilde: Space Norway



Som figuren viser går det meste av flytrafikken i nordområdene mellom Asia og Nord-Amerika utenfor norske ansvarsområder. Denne trafikken har imidlertid også behov for bedre bredbåndskommunikasjon som kan være av økonomisk interesse for et potensielt norsk initiert kommunikasjonssystem. Aktører i markedet har gjort det klart at flytrafikken vil ha behov for et forbedret bredbåndstilbud ned mot 55°N og at det er betalingsvilje tilstede. Denne mer sydligere trafikken er ikke vist i figuren.

Space Norway har beregnet at det er 67 flyvninger daglig nord for 75°N, noe som gir 24 455 årlige flyvninger. Av dette passerte ca. 16 prosent innenfor området til Bodø Oceanic Flight Information Region (Bodø OFIR) nord for 75°N. Norge har ansvaret for søk- og redningsaksjoner helt opp til polpunktet, og dersom man følger Bodø OFIR sin østlige og vestlige grense til polpunktet helt opp til 90°N passerte ca. 24 prosent av flyvningene i dette området⁴². Dette er illustrert i figuren under.

Figur 19: Flyvninger i Arktis og i norske ansvarssoner (2015). Kilde: Space Norway og ICAO

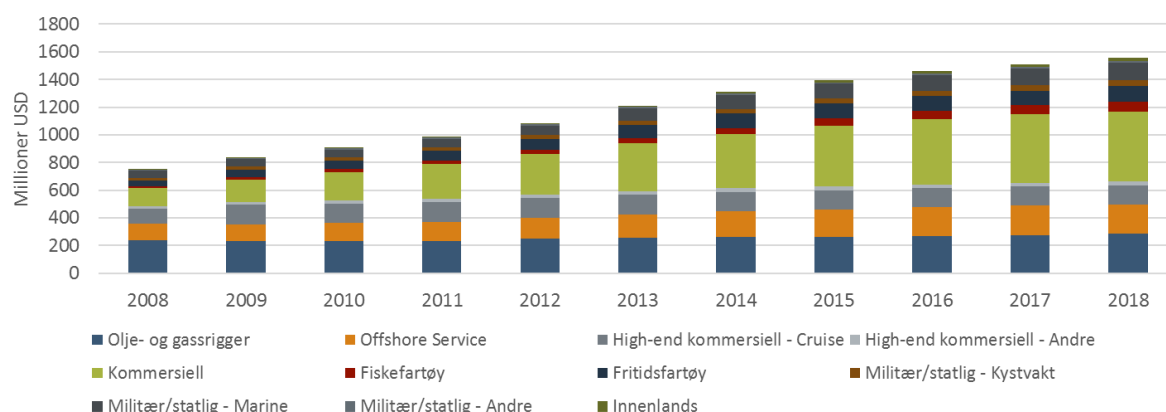


ICAO Cross Polar Working Group estimerer årlig økning på 3,5 prosent i arktiske strøk. Dette fører til at antall årlige flyvninger i 2040 vil være omtrent 60 000.

3.1.2. Utvikling i etterspørsel etter bredbåndskapasitet

Etterspørselen etter bredbåndskommunikasjon fra maritime aktører globalt er i stadig vekst og markedet er dominert av satellittbasert bredbånd. Figuren nedenfor viser den historiske utviklingen i markedet og forventet utvikling fram mot 2018 fordelt på ulike fartøyssegmenter hentet fra (COMSYS, 2015).

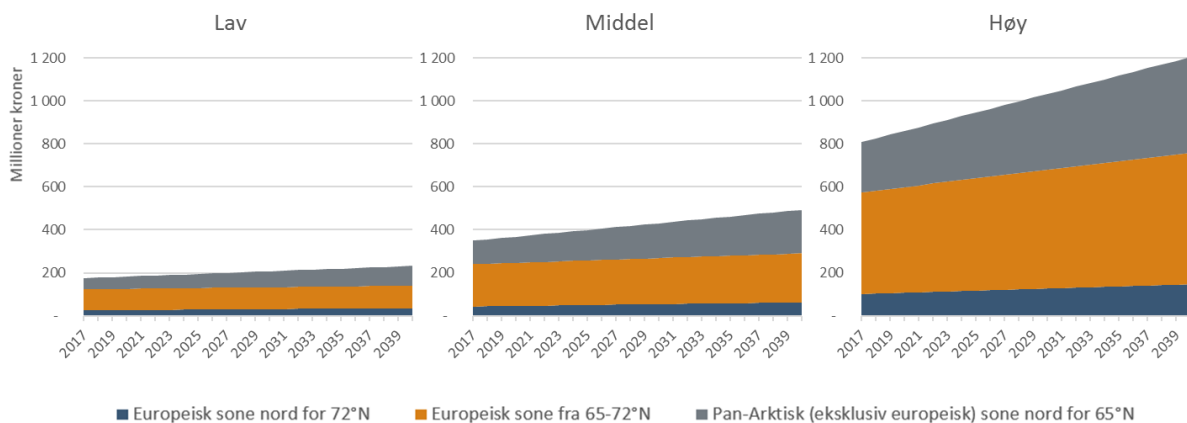
Figur 20: Historisk og forventet omsetning av satellittbasert bredbånd til maritime brukere. Kilde: (COMSYS, 2015)



⁴² Flyvninger i Arktis er fra Space Norway og er beregnet i januar 2015, mens tallene for de norske områdene fra ICAO GIS sin database for 2015.

Med økende etterspørsel etter bredbånd internasjonalt er det nærliggende å forvente at etterspørselen også vil øke i nordområdene. Hvor stor denne etterspørselen vil være er imidlertid utfordrende å vurdere ettersom det ikke finnes et komplett marked der i dag som vi kan ta utgangspunkt i. Videre er det også en utfordrende å vurdere framtidig etterspørsel etter bredbåndskapasitet generelt fordi utviklingen i det geostasjonære markedet er preget av økt forbruk, men fallende priser, delvis som følge av en stadig utvidet totalkapasitet. For likevel å kunne gi en indikasjon på hvor stor etterspørselen etter bredbåndstilgang i nordområdene kan være har vi gjort noen forenklete beregninger basert på trafikkomfang og forskjellige anslag på månedspriser for ulike fartøyssegmenter i det geostasjonære markedet. Priser på månedsabonnement er brukt fordi de historisk sett har vist seg å være mer stabile over tid enn enhetspriser. Anslagene er vist i figurene nedenfor.

Figur 21: Ulike grovanslag på potensielle markedsstørrelser i ulike deler av tiltaksområdet. Kilde: Menon/DNV GL



Som figuren viser er det det europeiske området mellom 65-72°N som utgjør det største markedspotensialet ettersom det er her trafikken er størst. Det pan-arktiske markedet er imidlertid der en kan forvente den største veksten drevet av forventet økning i trafikken. Markedet i den europeiske sonen nord for 72°N utgjør det minste markedet, men det er også her bredbånddekningen er dårligst. Som figurene indikerer er det imidlertid stor usikkerhet rundt hvor store markedene for bredbåndstjenester i nordområdene vil være i framtiden. Dette er både som følge av stor variasjon i prisene på månedsabonnement innenfor ulike skips kategorier i det geostasjonære markedet og fordi det er store sesongvariasjoner i trafikkomfanget. Det laveste anslaget i figuren til venstre er basert på laveste oppgitte prisanslag fra intervjuede markedsaktører brutt ned på pris per dag og ganget med framskrivninger av antall skipsdøgn for alle fartøyskategorier. Middelanslaget er beregnet på samme måte, men med gjennomsnittet mellom høy og lav pris for hvert segment. Det høye anslaget er basert på høye månedspriser i tillegg til at det er tatt hensyn til at halvparten av aktørene potensielt må kjøpe fulle månedsabonnementer selv om de oppholder seg i området i kortere perioder.

I tillegg til usikkerheten illustrert i figuren over er det også stor usikkerhet knyttet til hvor god indikasjon markedspriser fra det geostasjonære markedet gir på betalingsvilligheten for bredbånd i nordområdene. Årsaken er at det geostasjonære markedet er preget av sterk konkurranse og stor kapasitet, mens det i dag ikke finnes et tilbud av bredbåndskapasitet i de nordligste havområdene. Det kan innebære at betalingsvilligheten er betydelig høyere enn det markedsprisene fra det geostasjonære markedet indikerer.

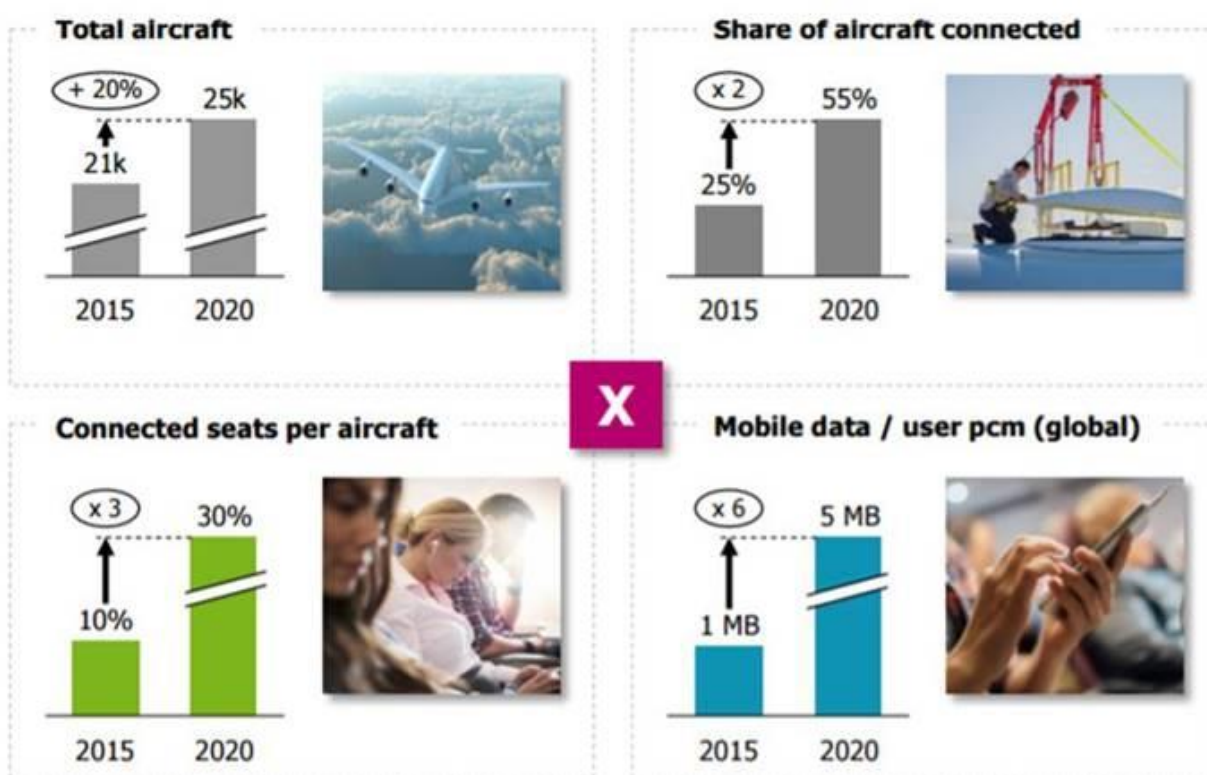
Prognosene for skipstrafikk frem mot 2040 er også forbundet med usikkerhet baserer seg på flere kilder, der den omfattende sjøsikkerhetsanalysen DNV GL gjorde for Kystverket har vært den viktigste. En detaljert dokumentasjon på trafikkprognosene er beskrevet i vedlegg 2 Dokumentasjon av dagens skipstrafikk og

trafikkprognoser. En mer detaljert beskrivelse av beregningen av maritime bredbåndsinntekter er vist i vedlegg 3 Dokumentasjon av prognoser for maritime bredbåndsinntekter.

Utvikling i flytrafikken over polpunktet

Den interkontinentale flytrafikken har problemer med bredbånddekning helt ned mot 55-60°N. Det forventes en økende utvikling både i antall flyvninger og antall fly som har bredbåndstilgang. Dessuten forventes det en økning i antall passasjerer som er tilknyttet bredbåndet i flyet og en økning i datamengden som hver passasjer bruker. Alle disse faktorene er med på å trekke opp behovet for bredbånd i den aeronautiske næringen. Figuren noen trender som forventes å drive etterspørselen etter bredbånd fra luftfart framover.

Figur 22: Forventet utvikling i ulike faktorer for bredbåndstilknytning på fly. Kilde: IATA, Valour 2016 og Cisco VNI 2016 (Global)⁴³



3.2. Underliggende etterspørselsdrivere etter kommunikasjon i nordområdene

Oversikten over aktiviteten i nordområdene og markedsutviklingen globalt gir indikasjoner på hvem som kan ha et udekket kommunikasjonsbehov og i hvilket omfang. Hvor stort behovet for å utbedre kommunikasjons-systemene i nordområdene er, styres imidlertid av hvilket kommunikasjonsbehov de ulike interessentgruppene har, hva som skal kommuniseres og hvorfor. Dette vil være styrende hvor stor betalingsvilligheten er for å få disse behovene dekket. Som nevnt innledningsvis i dette kapittelet kan behovet for bredbåndskommunikasjon i stor grad knyttes til fire sentrale etterspørselsdrivere, hensyn til sikkerhet, forsvarsevne, effektiv drift og

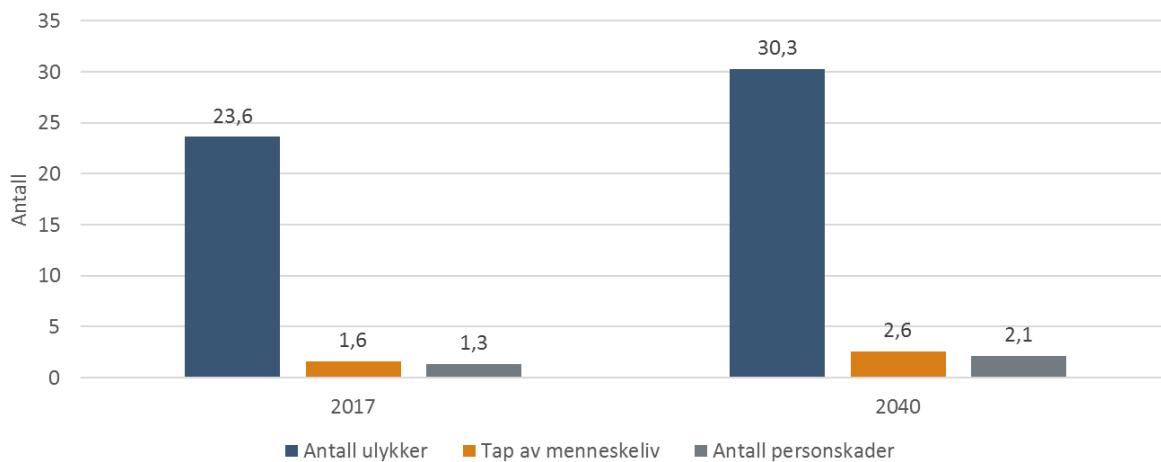
⁴³. <http://www.inmarsat.com/wp-content/uploads/2016/10/Capital-Markets-Day-2016.pdf>

velferdstilbud for mannskap og passasjerer. En nærmere beskrivelse av disse underliggende behovene er beskrevet nedenfor.

3.2.1. Kommunikasjonsbehov knyttet til sikkerhet

Sikkerhet er en viktig driver for behovene, og særlig maritime sikkerhetsbehov er hyppig trukket frem som en begrunnelse for å etablere bredbåndskommunikasjon i nordområdene. I figuren under viser vi forventet antall skipsulykker med påfølgende tap av menneskeliv og antall personskader relatert til disse ulykkene for det norske ansvarsområdet for søk og redning nord for 72°N. Dette er beregnet i DNV GLs analysemodell NavRisk, utarbeidet i forbindelse med sjøsikkerhetsanalyser for Kystverket. Modellen tar utgangspunkt i utseilt distanse og ulike ulykkesfrekvenser og -konsekvenser for forskjellige skipssegmenter. Dette kombineres med trafikkdata for de siste år og fremskrives med prognoser for hvert enkelt segment. Med skipsulykker menes hendelser som grunnstøting, kollisjon, brann, eksplosjon og stabilitetsrelaterte hendelser, med mer.

Figur 23: Forventede antall skipsulykker med tilhørende tap av menneskeliv og personskader for det norske SAR-området nord for 72 grader i 2017 og 2040. Kilde: DNV GL



Som figuren viser er det forventet at antall ulykker som vil inntreffe i det aktuelle området vil øke framover som følge av vekst i skipstrafikken. Søylene «Tap av menneskeliv» og «Antall personskader» er antall forventede forulykkede som konsekvens av ulykker i området. I 2017 forventes ulykkene å være 29 prosent grunnstøtinger, 23 prosent kollisjoner, 13 prosent strukturfeil og 35 prosent brann/eksplosjoner. Til 2040 forventes små endringer i denne fordelingen, med noe høyere andel grunnstøtinger (34 prosent). Ettersom trafikken i farvannet domineres av fiskefartøy, er den største andelen forventede skipsulykker knyttet til denne fartøygruppen. Arbeidsulykker om bord i fartøyene som klemskader, fallskader og andre personulykker som ikke er knyttet til en skipsulykke omfattes ikke av oversikten over. Se vedlegg 5 om dokumentasjon av sjøsikkerhetanalysen for mer detaljer om beregning av skipsulykker og tilhørende konsekvenser.

Behovet for bedre kommunikasjonsmuligheter for å øke sikkerheten i nordområdene kan deles inn i tre:

- Behov for bedre tilgang på informasjon for å redusere sannsynlighet for at ulykker oppstår
- Behov for bedre kommunikasjon for å redusere konsekvensene dersom en ulykke oppstår
- Behov for å imøtekomme framtidige standarder for lufttrafikkstyring

Det er særlig hensynet til sjøsikkerhet som er den sentrale driveren for sikkerhetsrelaterte kommunikasjonsbehov, men tilgjengeligheten av gode kommunikasjonssystemer er også viktig for flysikkerhet.

Behov for bredbåndstilgang for å redusere sannsynligheten for skipsulykker

Den sannsynlighetsreduserende effekten bredbåndskommunikasjon kan ha for den maritime næringen er først og fremst knyttet til muligheten det gir for bedre planlegging og informasjon ved gjennomføring av seilaser. Det er særlig tilgang til kontinuerlig oppdatert informasjon om vær- og isvarsling som framheves som viktig. Bedre informasjon kan bidra til valg av bedre og risikoreduserende rutevalg som kan justeres underveis når informasjonen oppdateres. Dette berører alle aktører og undergrupper i næringen. Relatert til dette har Meteorologisk institutt understreket et behov for å spre METAREAXIX⁴⁴-varsler og sanntids-isinformasjon. Instituttet trekker frem at NRK de senere årene har kuttet ned på antall varsler som sendes ut daglig. I tillegg har NAVTEX⁴⁵ og SafetyNET⁴⁶ begrensninger i dekningsområdene, og det finnes også eksempler på isinformasjon som ikke kan distribueres i sin helhet grunnet dataoverføringsrater i andre deler av nordområdene.

Andre sannsynlighetsreduserende effekter er knyttet til muligheten til en kontinuerlig kontakt med trafikk-sentraler og andre operasjonssentre på land som kan varsle om mulige hendelser og andre risikoelementer. Videre kan også økt fjernovervåking av tekniske systemer tenkes å bidra til noe redusert sannsynlighet for ulykker.

En annen mulig driver for sikkerhetsrelaterte kommunikasjonsbehov er utviklingen i bruk av e-navigasjon. E-navigasjon er et globalt konsept utviklet av FNs sjøfartsorganisasjon IMO (International Maritime Organization). Dette skal øke sjøsikkerheten ved bedre utveksling og kommunikasjon av elektronisk informasjon mellom skip og mellom skip og land. E-navigasjon er et sentralt verktøy for å sikre at informasjon om farleder gjøres tilgjengelig på en enkel og effektiv måte. For Kystverket kan e-navigasjon på sikt være aktuelt i arbeidet med å digitalisere blant annet navigasjonsvarsler og informasjon om vær, bølger og strømforhold. For e-navigasjon er kontinuerlig tilkobling viktig, fremfor høy dataoverføringskapasitet, slik at man har uavbrutt tilgang på deknningen i alle aktuelle områder.

Jo mer informasjon navigatører og skip har tilgang på, desto lettere blir det å planlegge effektive og tryggere seilaser. Det er sannsynlig at utviklingen vil gå stadig mer i retning av elektroniske oppdateringer av nødvendig informasjon, overvåking, navigasjonsstøtte, informasjonsutveksling og varsler. Alle underkategoriene med skip som oppholder seg i nordområdene er avhengig av denne typen informasjon for å kunne ferdes trygt. Dette fordrer tilgang på stabil bredbåndskommunikasjon. Den viktigste sjøsikkerhetseffekten er knyttet til sparte menneskeliv, ved unngåtte forlis og andre ulykker. Imidlertid kan konsekvensene også bli store dersom en oljetanker forliser i et sårbart område, for eksempel nær Svalbard.

Behov for bredbåndstilgang for å bedre søk- og redningstjenestene

Når det gjelder den konsekvensreduserende effekten på skipsulykker er dette særlig knyttet til selve søk- og redningsaksjonen (SAR). I tillegg er det et stort behov for mer sanntidsinformasjon under pågående redningsoppdrag. Direkte overføring av bilder og video fra et ulykkessted vil gi redningsetatene bedre forutsetninger for å planlegge og gjennomføre en redningsaksjon tilpasset den hendelsen som har oppstått. Her påpeker flere interessenter at særlig bilder gir betydelig bedre situasjonsforståelse enn det ren tale- og tekstinformasjon kan formidle. I slike situasjoner er man avhengig av dekning der ulykken inntreffer, samt der eventuelle redningsskip

⁴⁴ Dette er et varsel som meteorologisk institutt er forpliktet til å levere daglig for områder som går helt opp til Nordpolen (eller alt åpent vann).

⁴⁵ Informasjonen kan nås ca. 370 km fra kysten.

⁴⁶ Del av Inmarsats GMDSS-system med tilhørende dekningsområde som gjelder for Inmarsats geostasjonære satellitter.

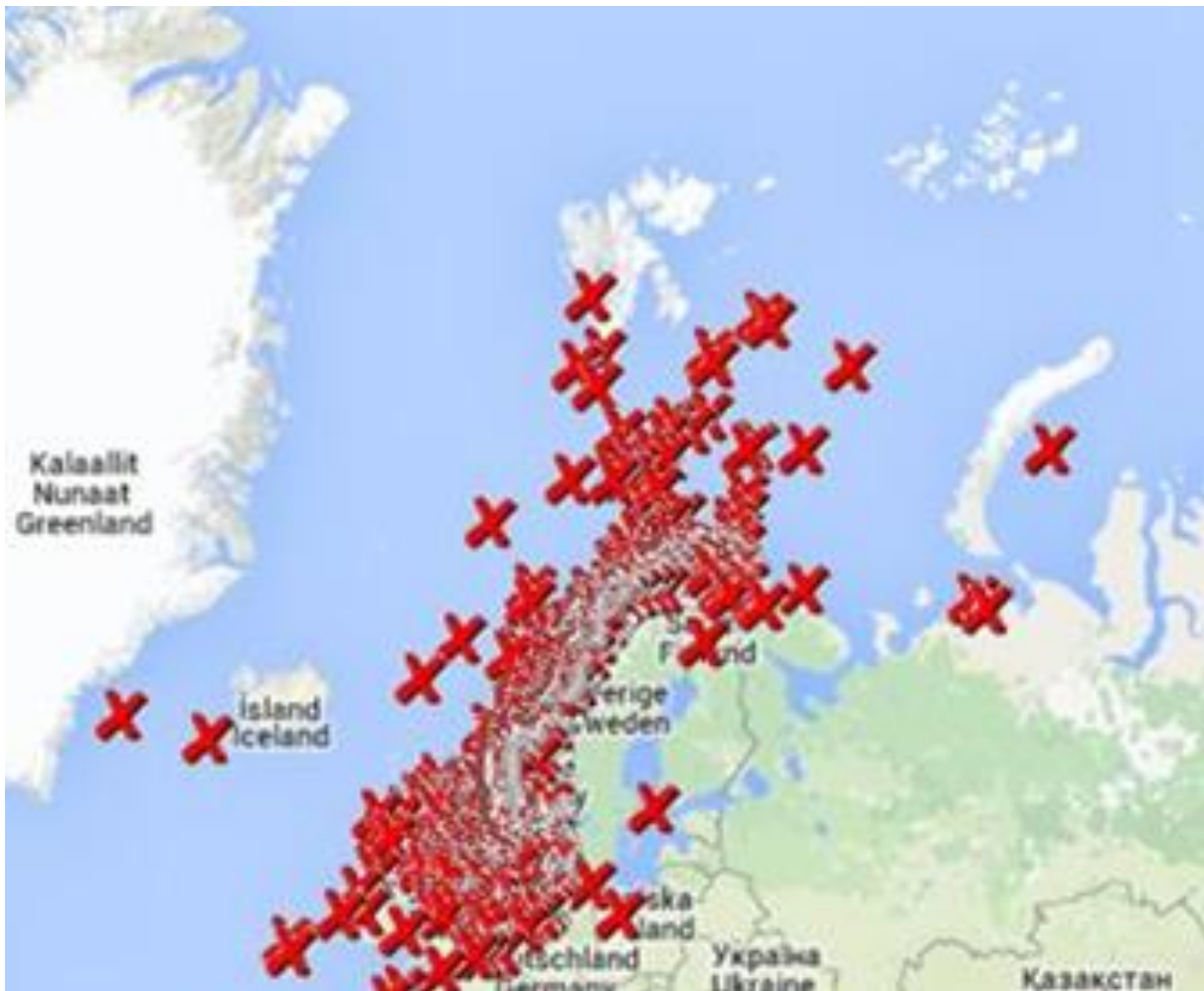
eller -helikoptre befinner seg dersom de ikke er i nærheten av et landområde med tilfredsstillende bredbåndsdekning.

Dette er også aktuelt for å få kontakt med eventuelle andre kommersielle eller private skip som er nærmere ulykkesstedet enn offisielle søk- og redningsfartøy. I tillegg trengs det en stor kapasitet tilgjengelig for å kunne koordinere alle involverte parter i redningsaksjonen. Aktørene har poengtert at det er behov for kommunikasjon mellom enheter som er i luften, i sjøen eller på land. Det kritiske er å kunne overføre sanntidsinformasjon for å få en god oversikt over situasjonsbildet slik at redningsaksjoner kan innrettes og dimensjoneres riktig.

Stabil kommunikasjon med bedre bredbåndsdekning vil også føre til raskere varsling av enheter i området som vil redusere responstiden. Det finnes eksempler på situasjoner der et skip har problemer, men der de hverken selv eller ved hjelp av Hovedredningsentralen får varslet nærmeste fartøy grunnet mangel på stabile kommunikasjonsmidler. Det kan også tenkes at ressurser i en redningsaksjon i nordområdene vil i større grad enn langs norskekysten være «vanlige» fartøy og ikke dedikerte redningsressurser, og at det dermed vil kunne være et større behov for kommunikasjon inklusiv deling av bilder og video mellom redningsressurser og redningsleder underveis i operasjonen. Bedre koordinering, stabil og mer detaljert kommunikasjon og raskere varsling vil gi økt sannsynlighet for overlevelse og mindre miljøpåvirkning når ulykkeshendelser oppstår.

I tillegg til å kunne redusere konsekvensene av skipsulykker, skjer det en rekke arbeidsulykker og andre situasjoner om bord i skip som krever bistand fra medisinsk personell der kommunikasjon kan være avgjørende. Radio Medico ved Haukeland Sykehus leverer legevaktstjeneste til skip via telemedisin, både i norsk farvann og i andre områder. Figuren under er et utdrag fra deres presentasjon om hvor skipene som trenger assistanse befinner seg.

Figur 24: Bistand fra Radio Medico til skip. Hvert kryss viser et antall hendelser. Kilde: Radio Medico / Kystradioen



I 2016 er det registret 70 tilfeller av medisinsk assistanse i nordområdene, herunder 34 tilfeller nord for 75 grader⁴⁷. Ved kontakt med Radio Medico er tale første kommunikasjonsform. Deretter vurderes behovet for andre former, eksempelvis skriftlig via e-post eller videokommunikasjon. Basert på det som formidles gjøres det en medisinsk vurdering av om pasienten står i fare for å miste livet eller få varige men, eller om legene er usikker på alvorlighet i pasientens tilstand. I så tilfellet besluttes «Medevac», og pasienten evakueres enten via at skipet endrer rute, ved hjelp av helikopter eller ved hjelp av andre fartøy. Evakueringens kostnad vil variere sterkt avhengig av form for evakuering. Bruk av video i slike situasjoner øker, og Radio Medico opplyser at de har sammen med Kystradiotjenesten utviklet løsninger for å forenkle videokonferansemulighetene slik at man ikke lenger er avhengig av dedikert videokonferanseutstyr på skipssiden. Båndbredde er imidlertid fortsatt en utfordring. Økt bruk av videokonferanse bidrar til redusert usikkerhet i vurdering og behandling av pasienter, noe som både øker kvaliteten på hjelpen som kan gis, og som reduserer legens usikkerhet i pasientens tilstand. Dette vil kunne bidra til redusert bruk av evakuering.

Oppsummert vil tilgang til bredbåndskommunikasjon føre til bedre utnyttelse av ressurser og samlet sett gi en bedre redningstjeneste ved skipsulykker og ved behov for medisinsk hjelp i nordområdene.

⁴⁷ Kilde: Kystradiotjenesten/Radio Medico.

Sikkerhetsmessige behov (luftfart)

Luftfarttrafikksikringsystemet består av mange delfunksjoner og tjenester som flyene bruker. Eksempler på slike tjenester inkluderer kommunikasjon (det vil si overføring av operativ informasjon), navigasjon og overvåking i form av adskillelse av flyene. Som følge av et behov for mer effektive flygninger med redusert utslipp av klimagasser, mindre støy, lavere kostnader, større kapasitet og økt sikkerhet er systemene for lufttrafikkstyring i ferd med å endres globalt. Utviklingen går i retning av en overgang fra manuelt styrte operasjoner med bakkebaserte radiosystemer og talekommunikasjon (for eksempel HF) til et konsept som baserer seg på automatiserte prosesser (4D trajectory). Konseptet inkluderer et internett for luftfart (SWIM), avansert informasjonsteknologi, datalinkteknologi (kommunikasjon) og satellittbaserte navigasjons- og posisjonssystemer. Dette er delfunksjoner og tjenester som alle er nødvendige for at konseptet skal fungere og flyene skal kunne fly.

Hittil har det ikke lyktes norske luftfartsmyndigheter å overtale aktørene i internasjonal luftfart til å sette krav til at lufttrafikkstyringssystemet som er under utvikling må ha dekning utover dekningsområdet til GEO-satellittene. Årsaken er at aktørene primært vil betale for å dekke egne behov, og flyging i norske nordområder er i globalt perspektiv av begrenset betydning. Investeringskostnadene for å oppnå dette blir derfor høye i forhold til trafikkvolumet. Uten en løsning på dette dekningsproblemet vil de deler av norsk luftrom som er utenfor tilstrekkelig dekning fra GEO-satellittene, i framtiden havne utenfor det internasjonale lufttrafikkstyringssystemet. Standard utrustede fly vil ikke være i stand til å fly utenfor dekningsområdet til det globale lufttrafikkstyringssystemet, og det er ikke realistisk å utvikle et eget norsk lokalt lufttrafikksystem med egne konsepter, standarder, teknologier og fly.

Et satellittsystem med dekning i nordområdene i kombinasjon med de etablerte GEO-løsningene vil kunne løse kommende og allerede eksisterende problemer med dekning og sikre muligheten for fremtidig norsk lufttransport i hele luftrommet til nord for Svalbard. Allerede i dag gir lav satellittelevasjon fra GEO-satellittene dekningsproblemer også lenger sør (i de nordligste delene av dekningsområdet) grunnet terrengskygge (eksempelvis helikopter-ruter i lav høyde) og skygge fra flykropp. Den eneste kjente løsning på disse problemene er satellittdekning fra et system basert på HEO- eller MEO-satellitter.

Grunnet blant annet lav trafikk tetthet, stor geografisk utbredelse, fjellrik topografi, vær- og lysforhold, tynt befolkede områder, øyer og store havområder er satellittløsninger spesielt gunstig i forhold til utbygging og forvaltning av bakkebaserte løsninger. At fly opererer i et trafikkstyringssystem gir også gevinst innenfor søk og redning grunnet hyppig posisjonsrapportering fra flyene. Redningshelikoptre vil også kunne benytte lufttrafikkstyringssystemet for egen flyging. I tillegg kan kommunikasjon mellom redningshelikoptre og redningsentral være et mulig bruksområde for en ny satellittlink.

3.2.2. Behov knyttet til forsvar

Nordområdene er et strategisk viktig område for Norge og det norske forsvaret. Forsvaret har flere sentrale militærbaser i Nord-Norge og utstrakt patruljering og øvelsesvirksomhet i havområdene lengst nord.

Figur 25: Illustrasjon av forsvarets baser og aktiviteter i nordområdene. Kilde: Forsvaret⁴⁸



Forvaret har et stort behov for effektive kommunikasjonssystemer som det ikke får dekket i nordområdene i dag. Dette behovet har også en internasjonal dimensjon, siden mye av den norske aktiviteten er knyttet til NATO-operasjoner der andre nasjoner er involvert. Dessuten har samarbeidende lands forsvar tilsvarende behov i sine respektive nordlige nærrområder.

Kommunikasjonsbehovene har mange likheter med de andre behovsgruppene, men robusthet og tilgjengelighet er spesielt viktig, og i noen tilfeller vil de militære plattformene kreve spesialtilpasning av brukerstyr. Dessuten har behovene en egen strategisk og militær karakter som skiller seg fra de sivile behovene.

Forsvaret har behov for en sikker og stabil kommunikasjonskanal for effektiv planlegging og gjennomføring av øvelser og operasjoner i fred, krise og krig. Forsvaret deltar også i søk- og redningsaksjoner innenfor Norges ansvarsområde i Arktis og har ansvar for suverenitetshevdelse med sine fregatter, korvetter og kystvaktskip. I dag benytter Forsvaret både militær satellittkommunikasjon (UHF, X og Ka-bånd) og kommersiell satellittkommunikasjon (L, C, Ku og Ka-bånd) via geostasjonære satellitter samt HF-kommunikasjon og lavbanesystemet Iridium. Forsvaret bruker også VLF-kommunikasjon til ubåter i nordområdene og VHF-kommunikasjon i kystnære områder. De geostasjonære satellittene gir ingen eller dårlig dekning i nordlige operasjonsområder og har også utfordringer lenger syd der krevende topografi kan skygge for satellitten på grunn av lav elevasjonsvinkel. Iridium brukes til tale- og smalbåndsdatakommunikasjon i de nordligste områdene, men Iridiums datakanal har begrenset båndbredde og utfordringer med tjenestekvalitet. Bruk av HF-kommunikasjon benyttes både til kringkasting og til punkt-til-punkt samband mellom fartøy og land. Norge er forpliktet til å yte spesielle sambandstjenester til NATO, som innebærer å kringkaste meldinger til fartøyer i norske farvann og å lytte på frekvenser som fartøy kan ta kontakt med land på. HF er et kostnadseffektivt kommunikasjonsmiddel for slike smalbånds-anvendelser, men tilsvarende uegnet for anvendelser som krever robust og stabil bredbåndskommunikasjon.

I likhet med de andre brukergruppene er det mange typer informasjon det er behov for å overføre; tale, tekstmeldinger, e-post og støtte av forskjellige datasystemer. I tillegg vil konsepter med nettverksbasert forsvar ha behov for utveksling av informasjon mellom ulike styrkeelementer og operasjonsledelse. Med dette menes økte muligheter for innsamling av informasjon gjennom forbedret sensorteknologi som dermed gir bedret

⁴⁸ <https://forsvaret.no/innsats.nordomraadene>

situasjonsforståelse, kommunikasjonsløsninger for å distribuere informasjonen og skape et felles situasjonsbilde for alle involverte styrker, samt forbedret styring og kontroll av avstandsleverte våpen⁴⁹.

Samlet gir dette økende avhengighet av og behov for båndbredde, spesielt for sanntidsoverføring av video og bilder, både som en del av overvåking av norske områder og i konkrete situasjoner der man har behov for en presis situasjonsforståelse. Sanntidsoverføring av video og bilder vil gi korrekt informasjon og et bedre beslutningsgrunnlag under operasjoner.

Forsvaret vil være avhengig av flere systemer for å kunne ivareta sine behov, men et nytt kommunikasjonssystem for nordområdene vil være et viktig bidrag. Det er ikke et krav fra Forsvarets side at systemet er dedikert for militært bruk eller at det må drives av Forsvaret. Kommersiell satellittkommunikasjon benyttes mer enn tidligere. Dels brukes det til kommunikasjon som ikke er sikkerhetskritisk, dels kan man gjøre sikkerhetstilpasninger i enden av signalkjeden.

Sett fra et sikkerhetsperspektiv er det en fordel med flere alternative kommunikasjonsbærere, slik at man er mindre sårbar hvis en eller flere faller bort. Fra et økonomisk perspektiv er det imidlertid viktig å begrense antall varianter for å redusere investerings- og driftskostnader.

Forsvaret er opptatt av samarbeid med både sivile aktører og andre nasjoner. Den internasjonale dimensjonen er spesielt viktig for Forsvaret. For å oppnå et best mulig samarbeid med andre allierte har Forsvaret behov for å kunne tilby noe til andre allierte, for eksempel satellittkommunikasjon. For Forsvaret er det viktig både å følge NATO-standard og å kunne bruke det amerikanske WGS-systemet, og da er det X-bånd og Ka-bånd som er aktuelle frekvensbånd.

Oppsummert kan Forsvarets behov beskrives som et stadig økende behov for en stabil kommunikasjonsløsning i nordområdene, med høy båndbredde til bruk i et stadig mer integrert operasjonskonsept i øvelser, krise og krig.

3.2.3. Behov knyttet til effektiv drift

I tillegg til behov for bredbåndskapasitet til sikkerhetsformål og forsvar medfører digitalisering av driftssystemer et økende behov for bredbåndskapasitet for flere av de relevante interessentgruppene.

Behov knyttet til effektiv drift (maritim)

Utviklingen innenfor maritim teknologi går i retning av en høyere grad av digitalisering. Dette skjer gjennom sensorteknologi der ulike sensorer fanger opp og rapporterer på ulike parametere knyttet til skipets utrustning, instrumenter og teknologi. Sanntidsovervåking av tilstand på skipet er i sterk utvikling, der driftsdata samles til analysesenter på land og sammenlignes med andre data for å forstå trender, oppdage mulige kommende driftsavbrudd eller gi råd ved tekniske problemer.

Slike systemer kan bidra til optimalisering av driftssystemer og varsle dersom noe ikke er fullt ut fungerende eller trenger tilsyn eller vedlikehold. Behovene for bredbåndskommunikasjon til denne typen overvåking kan være varierende. Grunnet «maskin-til-maskin»-kommunikasjon vil slik sensorovervåking i utgangspunktet kreve relativt liten kapasitet, men er avhengig av stabil dekning for direkteoverføring. Imidlertid øker muligheter og dermed også behov for hvilke systemer og komponenter som overvåkes samt *hvordan* de overvåkes.

⁴⁹ (Beadle & Diesen, 2015)

Ved tekniske problemer vil servicepersonell fra leverandørindustrien stadig oftere logge seg på fartøyet via internett for fjerndiagnostisering, oppdatering av programvare og planlegging av reparasjoner. Dette vil redusere behovet for å sende servicepersonell om bord, og de som sendes om bord vil være bedre forberedt for å løse problemene⁵⁰.

Kapasitetsbehovet for driftsdata vil avhenge av mengden data som skal overføres, og det er et særlig stort kapasitetsbehov dersom man beveger seg mer i retning av en overvåkning via direkteoverføring av bilder og video enn en mer registrerings- eller tekstbasert informasjonsflyt. Grad av prosessering om bord vil også påvirke behovet for overføringskapasitet. Dersom man lenger inn i fremtiden ønsker videooverføring fra maskinrom, last og andre viktige funksjoner vil kapasitetsbehovet øke.

Vedlikehold av skip har tradisjonelt vært rettet inn mot intervaller basert på kalender- og timetall for komponenter, basert på en antagelse om en gitt levetid for en komponent, og at feilraten øker i slutten av denne. Sammenhengen er imidlertid usikkert, og studier antyder et mer tilfeldig heller enn alders-relatert mønster for feil. Digitalisering, utvikling i sensorteknologi og kommunikasjonsteknologi gir stadig større muligheter for tilstandsbasert vedlikehold, med tilstandsanalyser og -overvåkning fra leverandører, med mulig redusert nedetid og lavere vedlikeholdskostnader som effekt. Manglende stabilitet og kapasitet i dataoverføring er omtalt som en stor barriere for effektivt tilstandsbasert vedlikehold⁵¹.

Overvåkning av driftsdata kan være aktuelt for alle typer skip, men er viktigere for enkelte fartøygrupper enn andre. Jo mer høyteknologiske skipene er, desto større er behovet. Direkteoverføring av sensordata og bilder og video av for eksempel utsiden av skrog, lasterom og motorrom vil være særlig aktuelt dersom autonome skip blir en realitet. Det er sannsynlig at et eller flere autonome skip vil bevege seg nord for 65°N innen 2040, men et eventuelt omfang og om det vil være i åpne farvann eller kun i kystnære områder er per i dag svært usikkert.

For fiskerinæringen og tilhørende forsknings- og forvaltningsregime kan det også kommunikasjonsbehov for å oppnå bedre ressurovervåkning. Dette er knyttet til overvåkning av bestandene når de trekker lenger nord. Her kan man også se for seg bruk av ubemannede droner eller småfly, såkalte UAVer (*Unmanned Aerial Vehicle*), som i fremtiden kan være et aktuelt hjelpemiddel for dette formålet. Dette krever stabile kommunikasjonssystemer med relativt høy dataoverføringskapasitet for bilder og video for å kunne benyttes effektivt.

Behov knyttet til effektiv drift (offentlig)

Drift vil for de maritime offentlige aktørene være sammenfallende med de (kommersielle) maritime aktørene. Behov knyttet til drift er imidlertid ikke kun rettet mot drift av skip. For universitets- og høyskolesektoren og instituttsektoren er drift også relatert til overføring av forskningsdata. Dette kan for eksempel være is- og værddata, men også jordsystemforskning og jordovervåkning. Ved forskning der mikrosensorer, som gjerne er plassert i øde områder, benyttes, kan man bruke satellitter til overføring av data. Dette kan føre til reduserte kostnader for innsamling av data, og at man unngår unødvendige inngrep i sårbare områder. Det vil også bedre muligheten for å gjøre prosjekter der fjernmåling i Arktis er essensielt. Sanntidsoverføring av informasjon kan også bedre kvaliteten på forskningen fordi det gjør det mulig å analysere data og oppdatere hypoteser kontinuerlig mens forskere er i felten. Kravene til kapasitet for denne typen overføring er likevel relativt beskjedne.

⁵⁰ (DNV GL, 2014)

⁵¹ (DNV GL, 2014)

Behov knyttet til effektiv drift (petroleum)

For petroleumsnæringen er behovet for bredbåndskommunikasjon via satellitt særlig relevant i lete- og prøveboringsfasen. Ved etablering av en produksjonsplattform vil man (foreløpig) trolig foretrekke å etablere en fiberkabel ut til produksjonsplattformen for å sikre stabil kommunikasjon, men med satellittkommunikasjon som redundans⁵².

I en lete- og prøveboringsfase er det viktig å hele tiden ha oppdatert informasjon i form av bilder og video for beslutningstakerne på land. De prosessene og operasjonene som foregår i en slik fase er så kostbare at man hele tiden må ha oppdatert informasjon for å kunne ta stilling til hva som til enhver tid er optimalt å gjøre. I en slik driftsfase er det derfor behov for god kommunikasjon med beslutningstakere som befinner seg på land. Dersom man er usikker på dekning og oppetid på den kommunikasjonen som eksisterer vil man heller velge å ha beslutningstakere med på skipet eller riggen enn på land.

Ved seismikkoperasjoner hentes det inn store mengder data. Seismikkskipene opererer gjerne i flere måneder av gangen, og har behov for å overføre data til land underveis i operasjonene. Overføring av data skjer både ved flytting av fysiske lagringsmedier og via satellitt. Tidsbehovet varierer mellom type operasjoner. I enkelte tilfeller kan tidsaspektet være kritisk, og da vil mer bruk av satellitt være et naturlig valg. Dersom man ved prosessering underveis i operasjonen finner interessante områder, kan seilingsplanene justeres slik at nye linjer kan «skytes» med det samme istedenfor å sette opp ny operasjon og sende seismikkskip til samme området på nytt. Dette kan bidra til store effektivitetsgevinster.

Behov knyttet til effektiv drift (luftfart)

Innenfor luftfart er behovet for mer effektive flyvninger en medvirkende årsak til at det jobbes for å gå bort fra manuelt styrte operasjoner med bakkebaserte radiosystemer og talekommunikasjon til mer automatiserte prosesser. Utviklingen går mot et konsept som inkluderer et internett for luftfart, avansert informasjonsteknologi, datalinkteknologi og satellittbaserte navigasjons- og posisjonssystemer. Disse systemene er basert på geostasjonære satellitter, og er avhengige av at det etableres satellittdekning lenger nord for å kunne være operative i nordområdene.

3.2.4. Behov knyttet til velferdstilbud

Internetttilgang med stor overføringskapasitet blir en stadig viktigere del av velferdstilbudet på både skip og fly. Selv om behovet for et godt velferdstilbud ikke kan anses som like kritisk som sikkerhet og forsvarsmessige behov medfører etterspørselen etter internetttilgang for å kommunisere med omverdenen og utnytte underholdningstilbud et stort behov for overføringskapasitet.

Velferdsbehov (maritim)

Muligheten for å tilby et godt velferdstilbud blir en stadig viktigere konkurranseparameter for å tiltrekke seg både arbeidskraft og betalende passasjerer. Et typisk yrkesfartøy som fiskefartøy, forsyningskip eller tankskip, har gjerne et mannskap på 15-25 personer. Større og mer avanserte offshoreskip kan, avhengig av type operasjon, ha over 100 personer om bord, mens cruise- og passasjerfartøy kan ha 200-5000 personer om bord, avhengig av størrelse og konsept. I takt med at bruken av sosiale medier og underholdningstilbud utvikler seg på land øker etterspørselen etter den samme tilgangen for de som oppholder seg på skip. Dette er særlig viktig for

⁵² *Reserveløsning ved bortfall av annen kommunikasjon*

cruisenæringen, som har høyt betalende kunder og forventer et godt servicetilbud. Det kan dreie seg om alt fra muligheten til å følge med på direkteoppdateringer av ulik type, for eksempel sportsarrangementer og nyheter, eller muligheten for å være oppdatert på sosiale medier. Den virkelig store kapasitetsdriveren for disse behovene er likevel muligheten til å strøme video og bilder. Behovet er også tilstede for mannskap på alle typer skip, særlig mannskap som oppholder seg på sjøen i lengre tidsperioder av gangen, som for eksempel havfiskere.

Velferdsbehov (luftfart)

Muligheten for å kunne tilby bredbåndstilgang til sine passasjerer er blitt en viktig konkurranseparameter for de kommersielle flyselskapene. Velferdsbehovet er, som for maritime aktører, primært knyttet til etterspørselen etter bredbåndskommunikasjon til underholdningstilbud. Men det knyttes også til å bedre muligheten for at forretningsreisende kan arbeide underveis på flyturen. Eksisterende systemer for å kunne tilby dette baserer seg på geostasjonære satellitter, blant annet Inmarsats Global Xpress-system. Markedet for bredbånd til luftfartsnæringen er likevel relativt begrenset i dag, men sentrale leverandører av denne typen tjenester globalt forventer en kraftig vekst i dette markedet framover.

3.3. Behov knyttet til overordnede politiske målsettinger, lover og forskrifter

Behovet for bredbåndskommunikasjon i nordområdene er også omtalt i en rekke stortingsmeldinger og offentlige strategidokumenter som **Meld. St. 7 (2011-2012) Nordområdene**⁵³. I meldingen fremhever Regjeringen at den vil arbeide for å legge til rette for bredbånd med tilstrekkelig kapasitet til å møte fremtidige behov innen skole, helse, næringsliv og husholdninger over hele landet. Målsettingen var i stor grad rettet inn mot bredbåndskapasiteten på fastlandet, men Regjeringen erkjenner allerede i denne meldingen mangelen på bredbåndskommunikasjon for skip i området mellom Svalbard og Nordpolen.

De overordnede målene for norsk romvirksomhet er beskrevet i **Meld. St. 32 (2012-2013) Mellom himmel og jord: Norsk romvirksomhet for næring og nytte**⁵⁴. I meldingen påpekes det at Regjeringen vil jobbe for at romvirksomhet fortsatt skal være et verktøy for norske interesser. Det ble satt fire mål for dette arbeidet:

- Lønnsomme bedrifter, vekst og sysselsetting
- Dekning av viktige samfunns- og brukerbehov
- Bedre utnyttelse av internasjonalt samarbeid om romvirksomhet
- God nasjonal forvaltning av norsk romvirksomhet

Det er særlig målet rettet inn mot dekning av samfunns- og brukerbehov som er relevant for denne utredningen. Regjeringen påpeker selv at den største gjenstående utfordringen er knyttet til behovet for kommunikasjonsløsninger, særlig med hensyn til bredbåndstjenester til skip. Regjeringen legger i meldingen vekt på at Norge vil være en ansvarlig forvalter av nordområdene. Dette innebærer «å legge til rette for at norske myndigheter og brukere kan få tilgang til den rombaserte infrastrukturen som er nødvendig for en sikker, effektiv og bærekraftig bruk av nordområdene. Regjeringen vil konkret gjennomgå hvordan norske behov for satellittkommunikasjon i nordområdene best kan ivaretas»⁵⁵.

Regjeringen har gjennom flere strategidokumenter satt fokus på kommunikasjonsutfordringene i nordområdene. Både i Regjeringens maritime strategi **Maritime muligheter – blå vekst for en grønn fremtid**

⁵³ (Utenriksdepartementet, 2011)

⁵⁴ (Nærings- og handelsdepartementet, 2013)

⁵⁵ (Nærings- og handelsdepartementet, 2013)

(2015)⁵⁶ og Regjeringens nordområdestrategi **Nordkloden (2014)**⁵⁷ fremheves viktigheten av gode kommunikasjonssystemer, og mangelen på slike i nordområdene. Her legges det spesielt vekt på betydningen for sikker navigasjon, søk- og redningshensyn og nødkommunikasjon. Fokuset rettes særlig mot behovene til maritime aktører. Regjeringen påpeker i sin maritime satsing at den ønsker å arbeide for å få på plass gode kommunikasjonsløsninger for havområdene i nord, særlig med tanke på bredbåndstjenester til skip. Her trekkes det også frem at Regjeringen vil vurdere behov for utvikling av en satellitt som dekker bredbåndsbehovet i polare farvann.

I begge strategiene henvises det til en utredning som Norsk Romsenter fikk i oppdrag å gjennomføre i 2013. Dette prosjektet ble gitt navnet «Prosjektbasert satellittkommunikasjon» og oppdraget ble gitt Norsk Romsenter av Nærings- og handelsdepartementet i desember 2013. På bakgrunn av dårlig dekning fra geostasjonære satellitter nord for 75°N og annen landbasert infrastruktur, en høy andel maritim trafikk i norske havområder og viktige strategiske interesser ble Norsk Romsenter bedt om å utrede mulige konsepter for å sikre etablering av robuste systemer for kommunikasjon via satellitt for skipsfart.

Utfordringene knyttet til bredbåndskommunikasjon i nordområdene er også påpekt i **Norsk Romstrategi 2020 Strategiske satsinger og prioriteringer utarbeidet av Norsk Romsenter for perioden 2014-2020**⁵⁸. I strategien pekes det på de manglende mulighetene for bredbåndskommunikasjon nord for 72°N. Her ble det presisert at Norsk Romsenter skal, sammen med andre norske aktører, kartlegge behov og løsninger, avklare muligheter for offentligprivat og internasjonalt samarbeid og ta initiativ til tiltak for å dekke fremtidige brukerbehov i nordområdene.

Kommunikasjonsutfordringene i nordområdene er også et tema i Svalbardmeldingen (**Meld. St. 32 (2015-2016) Svalbard**)⁵⁹. Også her pekes det på at dekningen fra eksisterende kommunikasjonssystemer som VHF-radio og geostasjonær bane er begrenset nord for 75°N. Svalbard og områdene rundt er spesielt utsatt på grunn av det øde landskapet og den nordlige bebyggelsen. Selve øygruppen har tilgang på bredbånd gjennom en fiberkabel som går fra fastlands-Norge. De maritime brukergruppene og andre aktørgrupper som operer i nærområdene er derimot dårlig dekket hva gjelder tilgangen på bredbåndskommunikasjon. Regjeringen tydeliggjør i denne stortingsmelding at den vil vurdere behov og muligheter for et satellittbasert kommunikasjonssystem i nordområdene.

Så sent som i juni 2016 ble problemstillingen tatt opp i Stortinget gjennom et representantforslag⁶⁰ der representantene ber Regjeringen legge frem forslag til hvordan bredbåndstelekommunikasjon kan sikres i norsk del av nordområdene. Det er særlig behov knyttet til situasjonshåndtering i en nødsituasjon, for eksempel flyhavari, grunnstøting eller oljeutslipp, som trekkes frem. Her trekkes det også frem at man bør vurdere den strategiske fordelene norsk kontroll av slik infrastruktur kan gi. En god norsk evne til overvåkning, situasjonsforståelse, kontroll, suverenitetshevdelse og myndighetsutøvelse gjennom et kommunikasjonssystem under norsk kontroll og med bakkestasjon på norsk jord, vil for Norge representere en betydelig strategisk fordel.

I representantforslaget pekes det også på at det i 2015 ble satt ned en Task Force for å kartlegge behovet for telekommunikasjon i Arktis. **The Task Force on Telecommunications in the Arctic (TFTIA)** ble etablert av ministerne til de Arktiske landene i 2015 og har som mandat å "coordinate a circumpolar assessment of

⁵⁶ (Nærings- og fiskeridepartementet, 2015)

⁵⁷ (Utenriksdepartementet, 2014)

⁵⁸ (Norsk Romsenter, 2014)

⁵⁹ (Justis- og beredskapsdepartementet, 2016)

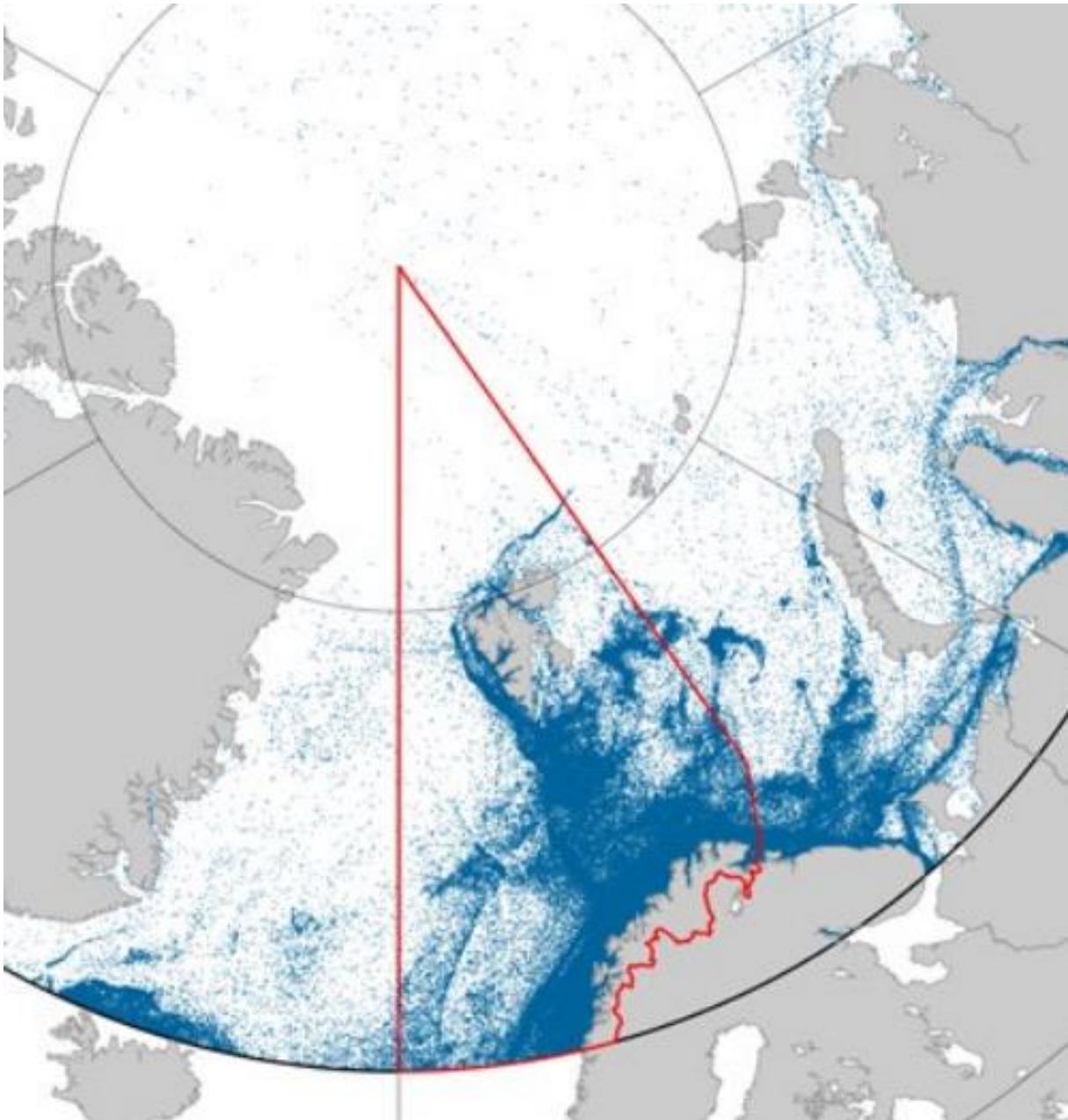
⁶⁰ Representantforslag 76S (2015-2016)

telecommunications infrastructure and networks. The Task Force would deliver a completed assessment to include, among other things, recommendations for public-private partnerships to enhance telecommunications access and service in the Arctic". TFTIA ledes av Norge og Danmark. TFTIA har sett på kommunikasjonsbehovene i Arktis og tilgjengelige/kommende systemer for arktisk dekning. Rapporten dekker et pan-arktisk område, og både lokalbefolkning samt turisme og bedriftsrelaterte aktiviteter er dekket. For mobile brukere er det helt klart at man trenger satellittbaserte løsninger. TFTIA skiller også på regioner med velutviklet infrastruktur på bakken og regioner uten tilsvarende infrastruktur.

I Arktisk råd har man også blitt enig om en felles søk- og redningsavtale⁶¹. Det norske området, som er det mest trafikkerte, er vist i figuren under. Avtalen er den første juridisk bindende avtalen som er forhandlet frem i regi av Arktisk råd.

⁶¹ *Agreement on cooperation on aeronautical and maritime search and rescue in the Arctic*

Figur 26: Norsk sone for søk- og redning etter internasjonal avtale i Arktisk råd⁶². Kilde: Norsk Romsenter

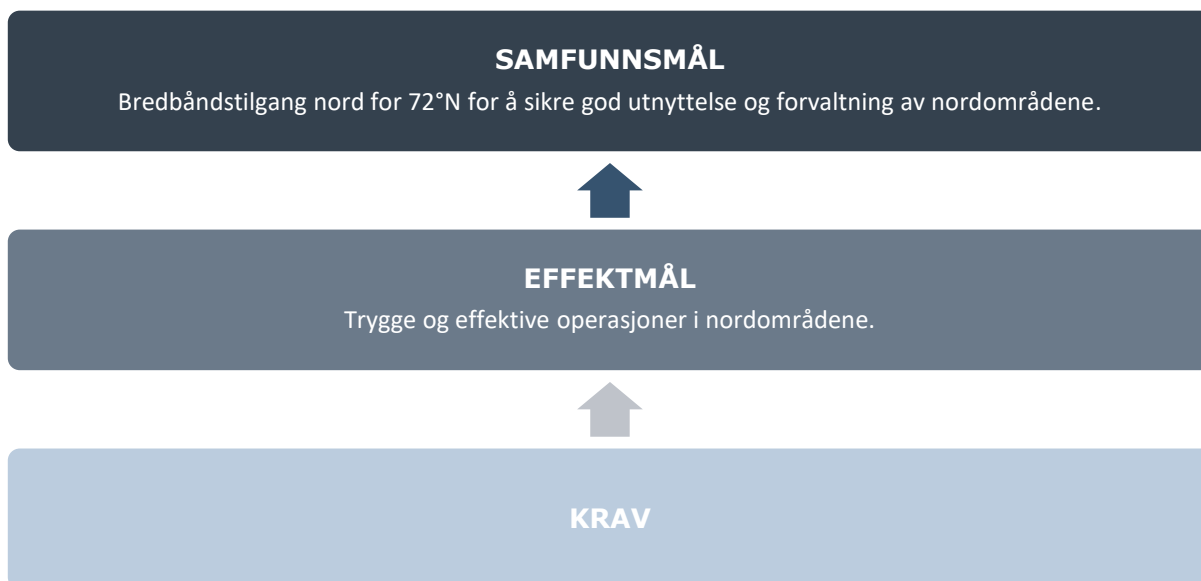


⁶² De blå prikkene representerer skipstetthet i Arktis i 2010-2013. En prikk representerer ett skip i et døgn. Skipstrafikken er basert på AIS-data.

4. Mål og krav

Samfunnsmålet er direkte avledet fra det prosjektutløsende behovet og reflekterer både hovedformålet med tiltaket og hvilken verdi oppfyllelsen av dette formålet vil gi for samfunnet som helhet. Effektmålet er avledet fra de mest sentrale driverne for tiltenkte brukeres kommunikasjonsbehov som også reflekterer hvilke virkninger som ønskes oppnådd. Kravene som er satt skal sikre at tiltakene er gjennomførbare med hensyn til relevante regelverk og at tiltaket sørger for å utløse ønskede virkninger.

Figur 27: Målhierarki



Årsaks-virkningsforholdet i målhierarkiet er som følger: Dersom de funksjonelle kravene oppfylles fullt ut vil tiltaket gi tryggere, mer effektive og verdiskapende operasjoner som sikrer en god utnyttelse og forvaltning av nordområdene.

4.1. Samfunnsmål

Samfunnsmålet skal reflektere den verdiskapingen tiltaket er tenkt å skape for samfunnet som helhet. Det skal også gi en tydelig retning for identifisering av mulige løsninger. For å synliggjøre hovedformålet med tiltaket og samtidig reflektere hvilke virkninger det vil gi for samfunnet er det fastsatte samfunnsmålet for tiltaket:

Bredbåndstilgang nord for 72°N for å sikre god utnyttelse og forvaltning av nordområdene.

Samfunnsmålet er direkte avledet fra det prosjektutløsende behovet identifisert som *behov for stabil bredbåndskommunikasjon nord for 72°N*. Hovedformålet med tiltakene er derfor å imøtekomme dette behovet på en hensiktsmessig måte. Tilgang til bredbåndskommunikasjon er imidlertid ikke et mål i seg selv. Bredbåndstilgang er et virkemiddel for å sikre samfunnets verdier gjennom god utnyttelse og forvaltning av nordområdene. Med god utnyttelse og forvaltning legger vi til grunn at sentrale samfunnshensyn som helse, miljø, sikkerhet, norsk suverenitetshevdelse og økonomiske verdier er ivaretatt. Ettersom samfunnsmålet skal reflektere den verdiskapingen tiltaket er tenkt å skape for samfunnet som helhet, styres graden av måloppnåelse av hvilket alternativ som gir høyest samfunnsøkonomisk nytte relativt til kostnadene.

4.2. Effektmål

I hvilken grad bedre tilgang til bredbåndskommunikasjon bidrar til god utnyttelse og forvaltning av nord-områdene er avhengig av virkningene det gir for brukerne av systemet. Som det framgår av behovsanalysen er interessentenes behov for stabil bredbåndstilgang drevet av hensyn til sikkerhet, effektivitet, velferdstilbud for mannskap og passasjerer og forsvarsevne. Med utgangspunkt i disse underliggende etterspørselsdriverne kan effektene som ønskes oppnådd for brukerne av tiltaket oppsummeres i følgende effektmål:

Trygge og effektive operasjoner i nordområdene.

Med operasjoner mener vi all aktivitet som for eksempel skips- og flytrafikk, fiske, petroleumsvirksomhet, forsknings-, overvåknings-, og forsvarsaktiviteter. Første del av effektmålet viser til en tilstand der sikkerhetsaspektet er tilstrekkelig ivaretatt. Mer effektiv drift og bedre velferdstilbud faller begge innunder effektivitetsbegrepet. Tiltakets evne til å øke forsvarsevnen er også drevet av hvordan det bidrar til å effektivisere gjennomføringen av militære operasjoner og overvåkning.

I hvilken grad tiltaket evner å forbedre sikkerheten og effektiviteten til operasjonene som foregår i nord-områdene vil avgjøre i hvilken grad de ulike hensynene beskrevet under samfunnsmålet er ivaretatt. Trygghet og effektivitet må derfor tolkes i en samfunnsøkonomisk forstand der hensynet til helse, miljø og sikkerhet i tillegg til kostnadseffektivitet, kvalitet, verdiskaping og velferd ivaretas. Effektmålet oppsummerer den tilstanden en vil være i dersom tiltaket oppfyller disse brukerhensynene.

4.3. Overordnede krav

De overordnede kravene er delt i to typer krav; regulatoriske krav som må oppfylles og funksjonelle krav som bør oppfylles dersom samfunns- og effektmålet skal nås.

4.3.1. Regulatoriske krav

Det er flere nasjonale og internasjonale regelverk og avtaler som må overholdes når et nytt kommunikasjonssystem skal etableres, ikke minst dersom det er et satellittsystem som vil kretse i bane rundt jorden. De mest relevante reguleringsene som må tas hensyn til i utformingen av tiltak er:

Lov om elektronisk kommunikasjon (ekomloven)

Lov om elektronisk kommunikasjon (ekomloven) har som formål å sikre brukerne i hele landet gode, rimelige og fremtidsrettede elektroniske kommunikasjonstjenester, gjennom effektiv bruk av samfunnets ressurser. Lovens geografiske virkeområde er avgrenset til norsk territorium, og det bør derfor vurderes nærmere hva dette innebærer med hensyn til rettigheter og plikter etter ekomloven for et mobilnett som eventuelt også dekker internasjonalt farvann. Bruk av frekvensressurser/spektrum til mobilkommunikasjon vil uansett kreve godkjennelse fra mobiloperatører som eier frekvensressurser/spektrum i dag, eventuelt kjøp av egne frekvensressurser/spektrum gjennom auksjoner som myndighetene gjennomfører etter bestemte prosedyrer.

Lov om Svalbard (Svalbardloven)

Svalbardloven regulerer Norges myndighetsutøvelse og andre forhold knyttet til Svalbard. I forhold til et landbaserte alternativ, bør det undersøkes nærmere hvilke rettigheter og plikter som er relevante i denne sammenheng, herunder om det finnes juridiske/regulatoriske hindringer for utbygning på Svalbard (f.eks. pga. verneområder).

Andre reguleringer og retningslinjer

Kommunale vedtak og reguleringsplaner, samt bransjespesifikke regler og retningslinjer, må også undersøkes nærmere. Eksempelvis kan det være nødvendig å plassere utstyr på infrastruktur til havs i landbaserte alternativer. Dette fordrer koordinering og avklaring med involverte aktører i oljeindustrien.

Registrering av frekvenser og baneparametere og gjennomføring av internasjonal frekvenskoordinering

Posisjoner i den geostasjonære bane og frekvenser for sending og mottak er en begrenset naturressurs, og registrering og internasjonal koordinering av bruk er en forutsetning for å sikre sameksistens mellom systemer (både satellittbaserte og jordbundne) og unngå skadelig interferens. FN-organisasjonen ITU (International Telecommunication Union) administrerer disse aktivitetene, primært gjennom reglementet Radio Regulations og Master International Frequency Register (MIFR). Den enkelte lands regulatoriske myndighet, ved Nasjonal kommunikasjonsmyndighet (Nkom) i Norge, representerer landet i ITU og er også kontaktpunkt for all slik aktivitet.

For å etablere et satellittkommunikasjonssystem må man være registrert som operatør i ITU og forholde seg til ITUs definerte prosedyrer for registrering og koordinering. Dette kan være en tidkrevende prosess, hvor målet er enighet med alle berørte nasjoner og operatører, registrering i MIFR og dermed krav på beskyttelse for sitt eget system. Det er også en satellittoperatørs ansvar å følge med på senere innmeldinger fra andre/nye operatører og evt. gjøre henvendelser dersom disse innmeldingene kan berøre ens eget system.

Innhenting av nasjonale tillatelser for etablering av jordstasjoner (gateways) og evt. internasjonal frekvenskoordinering av disse

For etablering av jordstasjon/gateway kreves det tillatelse av nasjonale myndigheter. I Norge må det søkes Nkom om slik tillatelse hvor lokasjon, senderfrekvenser og assosierte satellitter er blant de tekniske parametere som må oppgis. Det vurderes i hvert tilfelle om frekvenskoordinering med naboland er nødvendig og Nkom foretar da dette på vegne av operatøren. Man kan også registrere og koordinere jordstasjoner i ITU for å oppnå internasjonal beskyttelse. Dette gjøres kun i enkelte tilfeller.

Innhenting av nasjonale tillatelser for tilbud av tjenester i det enkelte lands territorium

Hvert land har sine nasjonale regler for tillatelse til å operere terminalutstyr og markedstilgang til eget territorium. Kriteriene for dette kan være ulike og også ikke-tekniske (eks. samfunnsnytte, konkurranse). En satellittoperatør må undersøke om dette er et krav for de markedene man ønsker å operere i innenfor dekningsområdet. Et eksempel er USA, hvor Federal Communication Committee (FCC) utsteder slike tillatelser. Andre land kan gjennom koordineringsprosessen beskrevet i pkt.1 ovenfor be om ekskludering fra systemets tjenesteområde. Eksempler på land som praktiserer dette er Iran og Pakistan.

Registrering av satellittsystemet i nasjonalt og internasjonalt romregister

Norge har signert fire av FNs fem romtraktater. Dette betyr at alle norske satellitter skal registreres i et nasjonalt register. Det er Norsk Romsenter som per i dag håndterer dette ansvaret og videreformidler informasjonen til FNs internasjonale register.

Lisensiering av romaktivitet/oppskytning

I henhold med FNs romtraktater skal stater autorisere og kontinuerlig overvåke all ikke-statlig romvirksomhet. Skulle programmet eller noen av satellittene eies av kommersielle aktører, kan det være nødvendig å søke diverse lisenser og kreve koordinering med norske og utenlandske myndigheter. Skal satellittene skytes opp fra

Norge eller internasjonale områder faller de under Oppskytningsloven fra 1969. Oppskytningsloven krever at den som ønsker å skyte opp en gjenstand til verdensrommet må søke Nærings- og fiskeridepartementet om lov.

Er programmet eid av den norske stat kan andre stater pålegge Norge å gjennomgå en lisensieringsprosess for å benytte oppskytnings tjenester under deres jurisdiksjon.

4.3.2. Funksjonelle krav

De funksjonsrettede kravene er utformet som bør-krav avledet fra effektmålene. Kravene kan oppfylles helt, delvis eller fravikes fullstendig. Utformingen av kravene tar sikte på at jo flere krav som er oppfylt jo større blir nyttevirkningene av tiltaket. Det er de ulike alternativenes oppfyllelse av kravene som avgjør hvilke virkninger en kan forvente. Kravene er rettet inn mot ulike elementer som påvirker systemets samlede nyttevirkinger.

Krav rettet mot å sikre verdi for brukerne av systemet

- Tiltaket bør muliggjøre sanntidsoverføring av informasjon.
- Tiltaket bør gi god tjenestekvalitet og høy tilgjengelighet (dekning, «oppetid» og stabilitet)

Oppfyllelse av disse kravene avgjør hvilke sikkerhets- og effektiviseringsgevinster tiltaket kan gi til de som bruker systemet. Et nytt kommunikasjonssystem med mer stabil dekning i større deler av området enn eksisterende kommunikasjonssystemer kan tilby er en nødvendig forutsetning for at tiltaket skal utløse nyttevirkinger. Hvor store nyttevirkningene blir vil imidlertid avgjøres av den brukeropplevde overføringskapasiteten tiltaket kan tilby og systemets dekningsområde.

Krav rettet mot å sikre at flest mulig kan ta systemet i bruk

- Tiltaket bør kunne utnyttes med standard brukerutstyr
- Tiltaket bør kunne komplementere systemer som blir brukt til bredbåndskommunikasjon i andre områder (enn Arktis).

Oppfyllelse av disse kravene er avgjørende for omfanget av brukere og med det hvor store de samlede nyttevirkningene blir. Jo billigere og mer standardisert brukerutstyret er jo flere aktører vil benytte seg av systemet. Komplementaritet med øvrige kommunikasjonssystemer som benyttes i tilgrensende områder reduserer brukerkostnadene og kan gi systemet merverdi utover tiltakets primære virkningsområde, for eksempel gjennom å tilby kapasitet lenger sør enn 72°N.

Krav rettet mot å opprettholde systemets relevans og sikre at norske hensyn ivaretas over tid

- Tiltaket bør være under norsk kontroll (prioritet, integritet, regelverk)
- Tiltaket bør kunne GMDSS-godkjennes

Oppfyllelse av disse kravene er avgjørende for å opprettholde systemets virkninger over tid. Ved å underlegge tiltaket norsk kontroll vil det være mulig å sikre at norske interesser ivaretas og at systemets integritet er tilstrekkelig god til å tilfredsstille alle brukeres behov, inkludert Forsvaret. En GMDSS-godkjenning av tiltaket vil sørge for at tiltaket forblir relevant med hensyn til sikkerhetsrelaterte kommunikasjonsbehov og reduserer nødvendigheten av tilgang på parallelle kommunikasjonssystemer.

5. Mulighetsstudie

Utbedring av kommunikasjonsinfrastruktur kan gjøres på en rekke ulike måter, med forskjellige teknologiske løsninger, kapasitet og dekning. Det relevante tiltaksområdet for denne KVUen domineres imidlertid av åpne havområder som legger klare begrensninger på hvilke teknologiske løsninger som kan benyttes. I utvelgelsen av alternativer er det lagt vekt på å velge løsninger som er grunnleggende forskjellige, både med hensyn til teknologi, kompleksitet, kostnadsnivå, funksjonalitet og inntekspotensial. Nullalternativet kan betraktes som en mulig «venteløsning» der graden av behovstilfredstillelse er avhengig av hva som realiseres av markedet. For investeringsalternativene er det vurdert et landbasert system og tre satellittbaserte løsninger med ulik funksjonalitet og dimensjonering.

Med utgangspunkt i samfunns målet avgrenses mulighetsrommet til vurderinger av kommunikasjonsløsninger som kan gi bredbåndstilgang nord for 72°N. Løsningene bør i størst mulig grad tilfredsstillende definerte mål og krav spesifisert i foregående kapittel. Mens effektmålene retter seg inn mot å utløse nytteeffekter for brukerne reflekterer samfunns målets eierperspektiv et behov for å se brukergruppens behovstilfredstillelse opp mot kostnadene det medfører for samfunnet som helhet. De funksjonsrettede kravene er avledet av effektmålene, og bør i størst mulig grad tilfredsstillende av løsningen for at ønskede virkninger skal utløses fullt ut. Regulatoriske krav må også overholdes, men dette avhenger primært av juridisk og operativ gjennomføring av tiltaket, snarere enn den tekniske løsningen.

Hvilken løsning som i størst mulig grad oppfyller samfunns målet, knytter seg derfor til en avveining mellom tiltakskostnad og størst mulig oppnåelse av effektmålene og tilhørende funksjonelle krav. Vi har derfor lagt vekt på å velge alternativer som er grunnleggende forskjellige, både med hensyn til teknologi, kompleksitet, kostnadsnivå, funksjonalitet og inntekspotensial. Det innebærer at løsninger som tas med videre til alternativ-analysen gir forskjellig grad av behovstilfredstillelse.

5.1. Mulige løsninger

Utbedring av kommunikasjonsinfrastruktur kan gjøres på en rekke måter, med forskjellige teknologiske løsninger, kapasitet, dekning og frekvenser med mer. De fleste utbygginger av kommunikasjonsinfrastruktur i Norge benytter landbaserte løsninger som fiber og radiomaster. Det relevante tiltaksområdet for denne KVUen domineres imidlertid av åpne havområder som legger klare begrensninger på hvilke teknologiske løsninger som kan benyttes. I avsnittene nedenfor gir vi en kort beskrivelse av hvilke mulige løsninger som kan benyttes.

5.1.1. Landbaserte løsninger

Landbaserte systemer har naturlige begrensninger i forhold til dekning, som betyr at de ikke vil kunne betjene fly eller fartøy som opererer mer enn noen mil fra land. For fly og fartøy som opererer i nærheten av land vil landbaserte løsninger imidlertid kunne spille en viktig rolle. Selv om det meste av tiltaksområdet er havområder, vil landbaserte løsninger med et nettverk av sendestasjoner kunne gi dekning i områdene langs kysten av fastlandet og Svalbard der mye av skipstrafikken befinner seg. Det kan også monteres master på for eksempel oljeplattformer eller andre faste konstruksjoner for å øke dekningsområdet og gi et mest mulig sammenhengende kommunikasjonsnett. Tre av de mest aktuelle løsningene for et landbasert system er drøftet kort nedenfor.

LTE (Long Term Evolution)-nett

LTE er høyhastighets-telekommunikasjon gjerne omtalt som 4G. Et LTE-nett bygges ut ved å etablere flere sendestasjoner med dekning på opptil 80 km i radius (under optimale forhold) fra sendestasjon med fastmonterte antenner. Sendestasjonene kobles sammen i et nettverk med overlappende dekning som knyttes til eksisterende fibernett på fastlandet. De sørligste sendestasjonene kan også kobles til øvrige nett via eksisterende geostasjonære kommunikasjonssatellitter. Dette er imidlertid en løsning som både er kostbar og fører til forsinkelse for mobilbrukerne. Sendestasjoner som er plassert i øde områder kan kobles sammen med nærmeste kommunikasjonsnode via radiolink. LTE-løsninger er velkjent teknologi som per i dag kan gi brukeropplevd kapasitet på ca. 20 Mbps, men over tid er det sannsynlig at kapasiteten kan økes betraktelig. Opplevd kapasitet for brukerne er avhengig av flere faktorer, for eksempel antallet brukere som er tilkoblet sendestasjonen, avstand til sendestasjonen fra der brukeren befinner seg, og om det finnes blokkeringer mellom bruker og sendestasjonen. LTE er spesifisert for bruk i en rekke frekvensbånd – også lave bånd med lang rekkevidde. En slik løsning kan gi god dekning i områder nær kysten og benyttes ved hjelp av eksisterende brukerutstyr for mobilt bredbånd. Brukerutstyret vil i så måte bli både rimelig og standardisert i den forstand at det også kan brukes alle andre steder det fins LTE-dekning. Videre vil et slikt system ha potensial for å gi lave trafikk-kostnader i forhold til for eksempel et satellittsystem. Det vil imidlertid være avhengig av hvilken kommersiell modell som legges til grunn, abonnemestyper og om infrastrukturen blir en del av det norske mobilnettet eller et eget nett. I det siste tilfellet kan håndtert trafikk ses på som internasjonal roaming, som kan bli dyrt for brukerne.

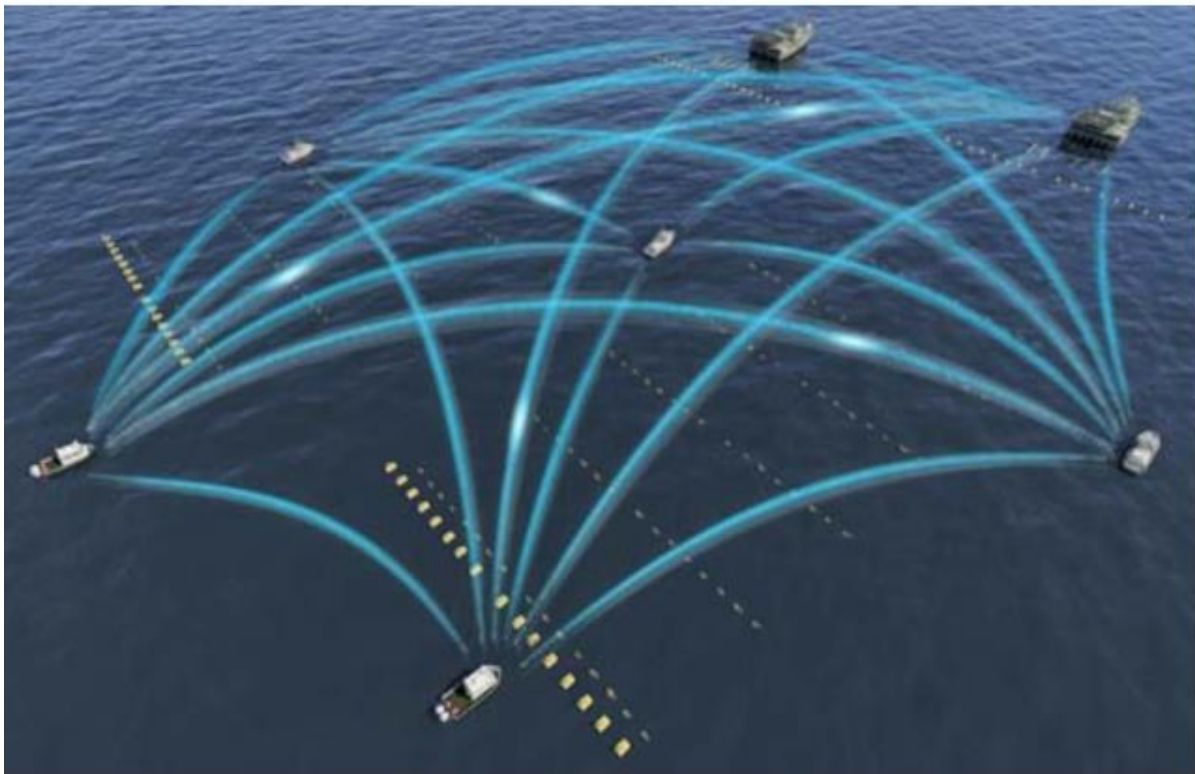
Ulempen med et LTE-nett er at det i liten grad vil støtte kommunikasjon til fly, og at dekningen vil være begrenset til områder nær land eller faste konstruksjoner som oljeplattformer. I prinsippet kan det også etableres flytende master (bøyer) for å øke rekkevidden, men det er lite utprøvd og vil være relativt kostnadskrevende.

Land/sjøbasert maskenett

Landbaserte nettverk kan også kombineres med sjøbaserte maskenett der sendestasjoner montert på skip kan øke dekningsområdet betraktelig. Et eksempel på et slikt system er Kongsberg MBR (Maritime Broadband Radio) som benytter det ulisensierte 5 GHz-båndet til å gi bredbånd med opptil 50 km rekkevidde. Løsningen passer til ad-hoc-nettverk for lukkede brukergrupper som for eksempel offshore support-fartøy i nærheten av en plattform. Kystverkets utprøving av MBR på Svalbard viser imidlertid at teknologien også kan brukes til å lage et bakkebasert nett med dekning både til fly og fartøy over og rundt øygruppen.

Man kan tenke seg en løsning der dette konseptet skaleres opp og tilbys til flere brukergrupper. Det er imidlertid usikkert hvor stort den samlede kapasiteten vil være og hvor mange samtidige brukere som kan håndteres på en gang. Dekningen kan økes med å installere MBR-sendestasjoner langs deler av norskekysten, på øyer og offshore-installasjoner mellom fastlandet og Svalbard, på samme måten som LTE-alternativet diskutert over. En illustrasjon av et slikt multi-punkt kommunikasjonsnett er vist i figuren under.

Figur 28: Illustrasjon av multi-punkt kommunikasjon basert på mikrobølgelinker. Kilde: Norsk Romsenter⁶³



Bruken av ulisensiert frekvensbånd har store kostnadsfordeler for både operatør og brukere, og bredbåndet vil kunne tilbys gratis eller til svært lave priser. 5 GHz-båndet gir imidlertid ikke like god rekkevidde som LTE på lavere frekvensbånd, slik at det vil kunne bli utfordrende å gi bred og kontinuerlig dekning over større områder. For å øke rekkevidden kan man i prinsippet bruke fartøy og fly som relesjoner, på samme måte som for KNLs⁶⁴ HF-maskenett. Et slikt nett blir riktignok noe mer komplekst enn et tradisjonelt stjernenett, og enkelte brukere vil ha sikkerhetsmessige betenkeligheter ved å la sin trafikk bli rutet via andre kunder. Dessuten vil bruk av et ulisensiert bånd ha utfordringer knyttet til støy og tjenestekvalitet, siden man ikke kan garantere at ikke samme frekvenser benyttes av andre brukere til andre formål. Dessuten kreves det at noen påtar seg operatør-rollen og sørger for god dekning i tillegg til nødvendig håndtering av adgangskontroll og nettverkets øvrige integritet.

En slik løsning vil også kreve betydelige investeringer i nytt brukerutstyr på skip og fly. Løsninger som krever spesielt og proprietært brukerutstyr er også en ulempe for brukere (skip og fly) som bare er på gjennomfart, besøk eller er i området på sesongbetont basis. For å nå flere brukergrupper er det viktig at det legges til rette for mer standard brukerutstyr som også kan brukes andre steder. For skip og fly i offentlig tjeneste som jevnlig oppholder seg i området kan dette likevel være en løsning som gir bedre kommunikasjonsmuligheter enn i dag.

HF Data-nett

De landbaserte radio-systemene VHF, MF og HF har betydelige begrensninger med hensyn til å kunne levere kommunikasjon til nordområdene. Mens VHF og MF har begrensede dekningsområder, er HF langtrekkende slik at landbasert HF-teknologi har potensiale til å forbedre kommunikasjonsmulighetene i nordområdene om enn

⁶³ (Norsk Romsenter, 2015)

⁶⁴ KNL er et finsk selskap som har utviklet et nytt «bredbånd»-HF-produkt.

med begrenset økning i overføringskapasitet. For eksempel kunne en slik løsning baseres på en oppgradering av Telenor Kystradios eksisterende HF-infrastruktur. Alternativt kan løsningen realiseres gjennom etablering eller investering i en annen type HF-nett, for eksempel et maskenett av typen KNL, som er i ferd med å etableres.

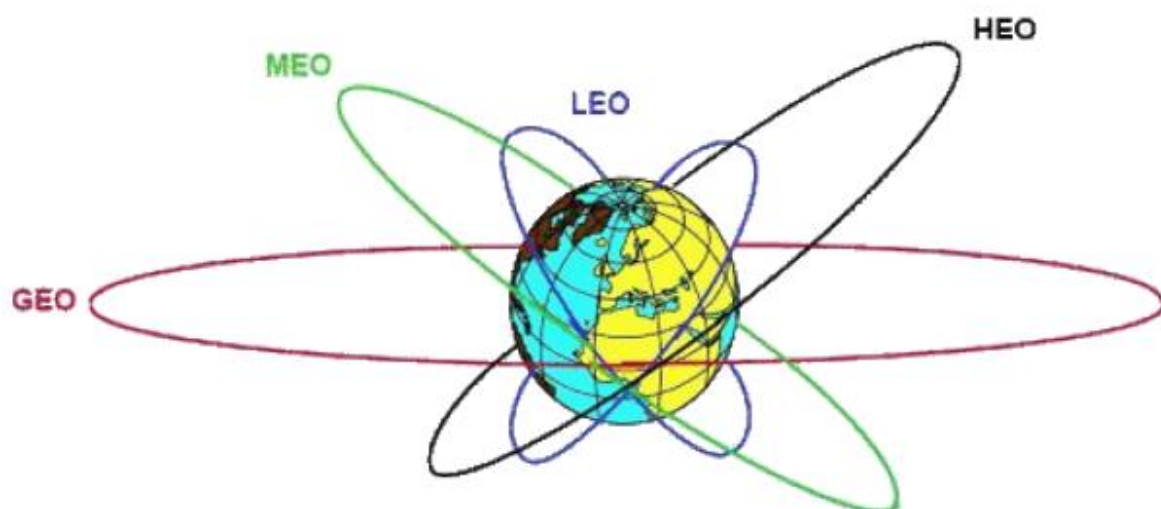
Uansett må store investeringer i brukerutstyr påregnes, siden ny HF-modemteknologi må implementeres for å oppnå høyest mulig datarate. Selv med et state-of-the-art wideband-HF modem vil det uansett være lite sannsynlig at brukere skal kunne forvente datahastigheter høyere enn 100 kbps. En fordel med HF er at det kan brukes globalt, men de fleste brukere vil nok uansett betrakte nytt HF-utstyr som en spesielløsning som kommer i tillegg til mer standard kommunikasjonsutstyr som er i stand til å levere bredbånd på en mer effektiv måte i andre områder. I tillegg vil total systemkapasitet i et HF-nett være begrenset og det vil være utfordringer knyttet til tjenestekvalitet.

Ingen eksisterende eller kommende HF-teknologier eller HF-nett fremstår som egnet til å levere datarater og systemkapasitet som svarer på fremtidens behov. HF vurderes derfor som et lite egnet realiseringsalternativ.

5.1.2. Satellittbaserte løsninger

Kommunikasjonssatellitter er velkjent teknologi, og kan utformes på en rekke måter som alle har sine fordeler og ulemper. Prinsippskissen nedenfor illustrerer hovedtrekkene i hvordan ulike satellittsystemer er innrettet.

Figur 29: Prinsippskisse med ulike type satellittsystemer som lavbanesystemer (LEO), mellombanesystemer (MEO), geostasjonære systemer (GEO) og systemer med høy elliptisk bane (HEO). Kilde: Norsk Romsenter⁶⁵



Den vanligste formen for satellittsystemer som tilbyr kommunikasjonstjenester er geostasjonære satellitter som gir en teoretisk dekning opp til 81,3°N. Som beskrevet i situasjonsbeskrivelsen innledningsvis reduseres imidlertid tjenestekvaliteten nord for 72°N og ordinære geostasjonære satellitter er derfor lite egnede løsninger for å bedre kommunikasjonen i nordområdene. Det finnes imidlertid flere andre satellittbaserte løsninger som kan gi bedre dekning i det aktuelle tiltaksområdet. De mest aktuelle løsningene er drøftet kort nedenfor.

⁶⁵ (Norsk Romsenter, 2014)

Inklinerte geostasjonære satellitter (IGSO)

Som diskutert i (Norsk Romsenter, 2015) kapittel 5.2.1. kan satellitter i inklinert geosynkron bane gi dekning lenger nord enn ordinære geostasjonære satellitter. Slike satellitter vil ha en omløpstid lik jordens rotasjonstid på samme måte som geostasjonære satellitter generelt. Forskjellen ligger i at istedenfor å ligge konstant i ekvatorplanet slik ordinære geostasjonære satellitter gjør vil IGSO-satellitter (Inclined Geosynchronous Satellite Orbit) stå i en viss vinkel til ekvator som gjør at den halvparten av omløpstiden vil kunne gi dekning lenger nord, mens den i andre halvpart av døgnet vil gi dekning lenger sør. Det er ikke uvanlig at en geostasjonær satellitt på slutten av sin levetid tillates økt inklinasjon for å spare drivstoff og dermed forlenge levetiden lengst mulig. For eksempel er tre av de eldste satellittene i Airbus Defense and Space's militære Skynet-konstellasjon (X-bånd) inklinerte, og dette blir utnyttet til å betjene områder lenger nord. Som beskrevet i TU-artikkel⁶⁶ og intervju, har disse satellittene gitt tjeneste helt opp til 82°N; 44 prosent av døgnet med 1 satellitt, 57 prosent av døgnet med 2 satellitter. For å gi kontinuerlig dekning i nordområdene utover det geostasjonære satellitter gir, vil det derfor være behov for et system med tre satellitter i IGSO-bane.

Inklinerte GEO-satellitter er et enkelt konsept som gir gode muligheter for teknologi-gjenbruk siden både satellitter og brukerutstyr i all hovedsak kan være som i GEO-systemer. Den store ulempen med konseptet er at elevasjonsvinkler mot satellitten fortsatt blir svært lave i nordlige områder. Satellittforbindelsen vil derfor være følsom både for lang signalvei, vær og blokkeringer, som vil gi utfordringer for tjenestekvalitet og stabilitet. Dette gjelder spesielt for fly, der antennen er fastmontert utenpå flykroppen og ikke kan pekes mekanisk.

Lavbanesatellitter (Low Earth Orbit, LEO)

Lavbanesatellitter er satellitter som går i bane rundt jorda med en avstand/høyde på mellom 160 og 2000 km. På grunn av den lave høyden dekker satellitten bare et lite område som flytter seg med satellittens bevegelse. Avhengig av høyden vil omløpstiden for en lavbanesatellitt typisk variere mellom 90-120 minutter, hvilket innebærer at satellitten kun er synlig for brukeren i en kort periode ((Norsk Romsenter, 2015) kapittel 5.2.3.). Gjennom et nettverk av flere satellitter kan et lavbanesystem gi kontinuerlig dekning i et gitt område. Basert på arbeidet til Norsk Romsenter kan et lavbanesystem på 15-30 polare satellitter i 2 baneplan gi kontinuerlig dekning i nordområdene. Et større system med mange satellitter kan gi global dekning.

At hver satellitt kun dekker et område i en kort periode byr imidlertid på utfordringer for mottakerterminalen som hele tiden må bytte fra en satellitt til en annen for å gi en sømløs dekning. Med mange satellitter og flere oppskytninger blir kostnaden på satellittsegmentet vesentlig høyere. Kompleksiteten av satellitt- og bakke-segment blir også større. For å begrense bakkestasjon-infrastrukturen, er det sannsynlig at et LEO-system må ha Inter-Satellite-Links (ISLer), som kan gi tidsforsinkelser og utfordringer på tjenestekvalitet hvis det ikke fungerer optimalt. Siden det ikke fins lavbanesystemer som tilbyr bredbånd i dag vil en realisering med lavbanesatellitter heller ikke gi noen åpenbare muligheter for teknologigjenbruk. Dette betyr at utvikling av nytt brukerutstyr må påregnes, og det vil i utgangspunktet ikke være mulig å benytte dette brukerutstyret i andre satellittsystemer (med dekning andre områder).

En annen utfordring med lavbanesatellitter er friksjon i atmosfæren, som gjør at satellittene mister høyde. Denne oppbremsingen er ikke konstant, men varierer med tettheten i den ytre atmosfæren, som igjen er bestemt av solaktivitetene. For å motvirke høydetapet må en lavbanesatellitt regelmessig bruke rakettmotorer, som innebærer bruk av drivstoff og dermed reduserer levetiden til satellitten. Dette er hovedgrunnen til at levetiden

⁶⁶ Artikkel fra Teknisk Ukeblad: <https://www.tu.no/artikler/na-har-forsvaret-fatt-bredbandsdekning-i-arktisk/347616>

for en lavbanesatellitt er vesentlig kortere enn de andre banene. Typisk levetid for en lavbanesatellitt er 5-10 år, mot 10-15 år for andre baner.

Mellombane satellitter (Medium Earth Orbit, MEO)

Mellombanesatellitter er satellitter som går i bane rundt jorda med en avstand/høyde på mellom 8000 og 10 000 km over jordoverflaten. Det finnes eksempler på kommunikasjonssatellitter i mellombane, men de fleste MEO-satellittene benyttes til PNT (Posisjon, Navigasjon, og Tid). Basert på (Norsk Romsenter, 2015) kan et system med mellom 6-10 satellitter i inklinert mellombane gi kontinuerlig dekning i nordområdene der hver satellitt er synlig for brukeren i mellom 3-8 timer. Et mellombanesystem innebærer færre satellitter og oppskytninger enn et LEO-system, men fortsatt må både kompleksitet og kostnad for satellittsegmentet forventes å være utfordrende. Siden det finnes et eksisterende mellombanesystem som tilbyr bredbånd i andre områder (O3b), eksisterer det imidlertid et potensiale for teknologigjenbruk gjennom samarbeid med operatørene av dette systemet.

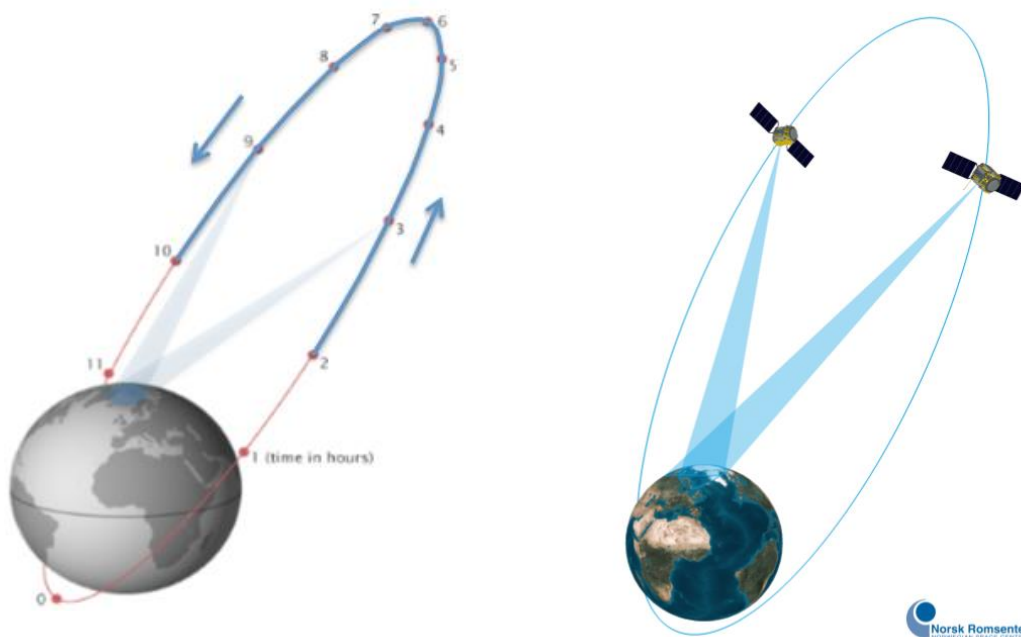
Mellombanesatellittene går så høyt at de ikke er utsatt for de samme friksjonskreftene som lavbanesatellitter, og har derfor vesentlig lengre levetid. For eksempel er forventet levetid for O3bs satellitter 10 år⁶⁷, noe som er i samme størrelsesorden som mange geostasjonære satellitter.

Satellitter i høy elliptisk bane (High Elliptical Orbit, HEO)

Satellitter i høy elliptisk bane (HEO) er satellitter som beveger seg i en bane med varierende avstand fra jorden. Hvilke avstander satellitten beveger seg mellom er avhengig av hvilke baneplan som velges. Baneplanet påvirker også omløpstiden. De mest brukte baneplanene er Molniya, TAP (three apogees) og Tundra som gir en omløpstid på henholdsvis 12, 16 og 24 timer. En høy elliptisk bane gir store fordeler når systemet er rettet inn mot å gi dekning i et spesifikt område. Årsaken er at systemet kan innrettes slik at satellittenes avstand til jorden er størst der en ønsker best dekning, hvilket innebærer at satellitten er synlig i dette området en betydelig del av omløpstiden. Bruk av høyelliptiske baner (HEO) vil på denne måten kunne gi fullverdig dekning i hele nordområdet ved hjelp av to satellitter slik illustrert i figurene nedenfor.

⁶⁷ <https://spaceflightnow.com/2014/12/29/o3b-networks-plans-satellite-fleet-expansion/>

Figur 30: Bane og banespor til en HEO-satellitt i Molniyabane. Kilde: Norsk Romsenter⁶⁸



Siden satellittene skal gå i samme bane kan også de skytes opp samtidig. Dermed kan investeringskostnaden i satellittsegmentet begrenses til kun to satellitter og en oppskytning.

Satellittene i et HEO-system vil også ha store likhetstrekk med vanlige geostasjonære kommunikasjonssatellitter. Dette innebærer at et slikt system kan etableres ved hjelp av velkjent teknologi med relativt lav kompleksitet. Likhetene med geostasjonære kommunikasjonssatellitter gjør også at et HEO-system er komplementært til GEO, som er det mest brukte systemet for satellitt-basert bredbånd i andre områder i dag. Det innebærer at det er lite behov for å investere i nytt brukerstyr. Det kan også gjøre systemet mer kommersielt interessant for potensielle samarbeidspartnere som operatører av geostasjonære systemer og tjenesteleverandører.

Bakkeinfrastruktur for satellittkontroll og grafikkhåndtering kan også realiseres på en enklere og mer effektiv måte enn for LEO og MEO, og det blir ikke behov for kommunikasjon mellom satellittene (ISL). Derfor fremstår HEO som det mest kostnadseffektive alternativet for et satellittkommunikasjonssystem som ene og alene skal dekke nordområdene.

En HEO-satellitt vil passere gjennom de såkalte Van Allen-beltene fire ganger i døgnet. Van Allen-beltene er to «skall» som jordens magnetfelt har fanget elektroner og protoner i, og som befinner seg mellom omtrent 1000 og 20 000 kilometers høyde over jordoverflaten. De fangede elektronene og protonene er skadelige, og forkorter levetiden til en HEO-satellitt. Løsningen for å opprettholde levetiden er å bruke komponenter som i seg selv tåler mer stråling, skjermes komponentene med tykkere aluminium – eller begge deler. Med slik beskyttelse kan man oppnå levetid opp mot det som er vanlig for GEO-satellitter, det vil si 10-15 år.

⁶⁸ (Norsk Romsenter, 2015)

5.1.3. Andre løsninger

Det eksisterer også andre mulige lokale kommunikasjonsløsninger. Ulike ad-hoc teknologier for lokal kommunikasjon er behandlet i Norsk Romsenters rapport *Prosjekt satellittbasert kommunikasjon*⁶⁹. Det beskrives at droner (UAV - Unmanned Aerial Vehicle) eller andre HAPer (High Altitude Platforms) i fremtiden kan bli et alternativ for lokal kommunikasjon innenfor et begrenset område dersom andre løsninger ikke strekker til.

Rent teknisk kan ubemannede fly bli benyttet som reléstasjoner som binder sammen signalene i en sambandskjede. De ubemannede flyene vil ha med seg en kommunikasjonsnode med et trådløst aksessnett, og kan fly opp til 18 kilometers høyde i inntil to døgn. Også andre typer plattformer som eksempelvis ubemannede ballonger og luftskip (HAPer) kan brukes til å bære en kommunikasjonsnode. Det er likevel noen utfordringer ved bruk av HAPer i Arktisk. Disse er oppsummert i tabellen under.

Tabell 3: Ulike utfordringer med HAP i Arktis⁷⁰. Kilde: Norsk Romsenter

	Løsning	Utfordring
Energikilde	Solceller Batteri for bruk ved skygge/natt	Lite sollys i vinterhalvåret. Krever stor batterikapasitet
Retnings- og posisjonskontroll	Luftskip trenger påfylling a drivstoff mins en gang i året Droner trenger påfylling ca. en gang i døgnet	Luftskip/Droner har problemer med landing i Arktis
Dekningsområde	100-200 km dekningsområde	Bare for lokal kommunikasjon
Mating av data mot internett	Via satellitt Via radiolink til bakkestasjon i dekningsområdet	Ingen bredbånds satellittdekning i Arktis Radiolinkavstand for stor

I tillegg til utfordringene og usikkerhetene nevnt over, fins det ingen etablerte kommersielle realiseringer av disse konseptene, så det eksisterer ingen åpenbare muligheter for teknologigjenbruk eller samarbeid. Dessuten virker det mest sannsynlig at eventuelle fremtidige kommersielle realiseringer av kommunikasjonsnett basert på droner og HAPer vil fokusere på tett befolkede landområder. Vår konklusjon er derfor at disse teknologiene foreløpig er for umodne og uegnede for realisering av tiltaket.

I tillegg til teknologiene nevnt over er det også muligheter for å skyte opp mikrosatellitter i elliptiske baner. Ifølge FFI⁷¹ vil et system med 2-3 mikrosatellitter kunne gi dekning i Norge og Arktis med begrenset systemkapasitet til en potensielt lav investeringskostnad. Beregninger viser at en systemkapasitet i størrelsesorden 50 Mbit/s kan oppnås på ett frekvensbånd med enkle mikrosatellitter. Kapasiteten kan økes ved å benytte mer avansert teknologi eller økt størrelse på solcellepanelene. Utfordringen med mikrosatellitter er at det per i dag ikke finnes dedikerte oppskytingsfartøy eller fremdriftsteknologi som gjør det mulig å samkjøre oppskyting med LEO eller GEO-satellitter. Det eneste realistiske alternativet for oppskyting på kort sikt er derfor som sekundær nyttelast direkte til elliptisk bane, som krever koordinering og avtale med andre som skal skyte opp HEO-satellitter i samme bane. En slik avhengighet innebærer en betydelig risiko for kostnader og tidsplan. I tillegg er både teknologi og

⁶⁹ (Norsk Romsenter, 2015)

⁷⁰ (Norsk Romsenter, 2015)

⁷¹ (Bråten, Skauen, & Yusuf, 2016)

leverandørindustri vesentlig mindre moden enn for større satellitt-plattformer, der det finnes større utvalg av «hyllevare».

5.2. Utvalgte alternativer

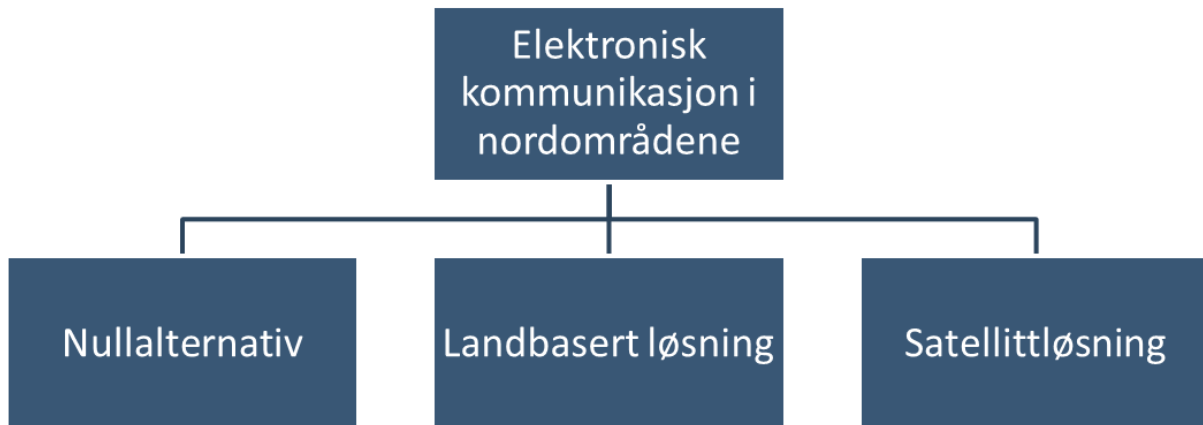
I dette delkapittelet presenteres løsningene som tas med videre til alternativanalysen, med en begrunnelse for hvorfor de er tatt med videre. Hvert av alternativene blir drøftet med hensyn til fordeler og ulemper, og i hvilken grad de vil oppnå målene, tilfredsstille de definerte krav og møte behovene som er identifisert.

Vi har lagt vekt på å velge alternativer som er grunnleggende forskjellige, både med hensyn til teknologi, kompleksitet, kostnadsnivå, funksjonalitet og inntekspotensialet. Løsninger som blir presentert gir derfor forskjellig grad av måloppnåelse og behovstilfredsstillelse, og de viktigste differensieringsparameterne er:

- Dekning (geografisk og over døgnet)
- Basisfunksjonalitet og tjenester
- Systemkapasitet og datahastighet for brukeren
- Brukerutstyr – kostnad, størrelse og bruksverdi (kan det brukes andre steder?)
- Tilleggsfunksjonalitet (muligheten for valgbare add-ons som kan gi økte inntekter eller nytte)

I tillegg til nullalternativet kan de relevante løsningene deles i to konseptuelle hovedretninger; landbasert løsning og satellittløsning, illustrert i prinsippskissen nedenfor.

Figur 31: Prinsippskisse av alternativene



Nullalternativet kan betraktes som en mulig «venteløsning» der graden av behovstilfredsstillelse er avhengig av hva som realiseres av markedet. Påbegynte og planlagte realiseringer av andre kommunikasjonssystemer er kartlagt og det er vurdert hvilken behovstilfredsstillelse de kan bidra til. Siden det foreløpig ikke foreligger detaljerte realiseringsplaner for mange av disse initiativene, hefter det betydelig usikkerhet ved nullalternativet. For investeringsalternativene er det vurdert et landbasert system og tre satellittbaserte løsninger med ulik funksjonalitet og dimensjonering.

5.2.1. Nullalternativet

Det har vært utfordrende å definere et konkret nullalternativ i denne KVUen. Det foreligger ingen vedtatte offentlige investeringsplaner for utbedring av kommunikasjonsinfrastrukturen i tiltaksområdet. I tråd med vanlig praksis har vi derfor tatt utgangspunkt i at dagens kommunikasjonstilgang opprettholdes med mindre det kommersielle markedet finner det lønnsomt å investere i nye systemer på eget initiativ. Fram til nå er imidlertid markedet nord for den geostasjonære dekningen ansett som for lite til at slike investeringer har vært kommersielt interessante. Markedet for elektronisk kommunikasjon er imidlertid i stadig utvikling og det er nylig skissert flere initiativer fra både private og utenlandske offentlige aktører som kan påvirke bredbåndsdekningen i nordområdene.

Det er særlig tre kommunikasjonsløsninger som potensielt kan dekke noe eller hele behovet for bedre kommunikasjonsmuligheter i nordområdene:

- Iridium Next
- Et nytt globalt LEO- eller MEO-system som gir arktisk dekning
- Et nytt HEO-system som gir arktisk dekning

Hvilke initiativ som vil realiseres, når og hvilken funksjonalitet de vil gi nord for 72°N er imidlertid høyst usikkert, men samtidig av stor betydning for verdien av de tiltakene som vurderes i denne KVUen. Iridium Next er allerede i ferd med å realiseres, men vil ikke gi full bredbåndskapasitet. De andre initiativene retter seg mot å tilby bredbåndskapasitet globalt, inkludert dekning i nordområdene. Flere av disse systemene kommer fra seriøse kommersielle aktører som har hentet inn betydelig kapital for å realisere planene. Selv om systemene fortsatt er under utvikling, og frekvenskoordinering og flere tekniske utfordringer må løses før de er operative, anser vi det som sannsynlig at minst ett av dem vil lykkes i løpet av den aktuelle analyseperioden fram mot 2040. Det store spørsmålet er imidlertid om, når og i hvilken grad disse systemene vil kunne tilfredsstillende kommunikasjonsbehovene i nordområdene.

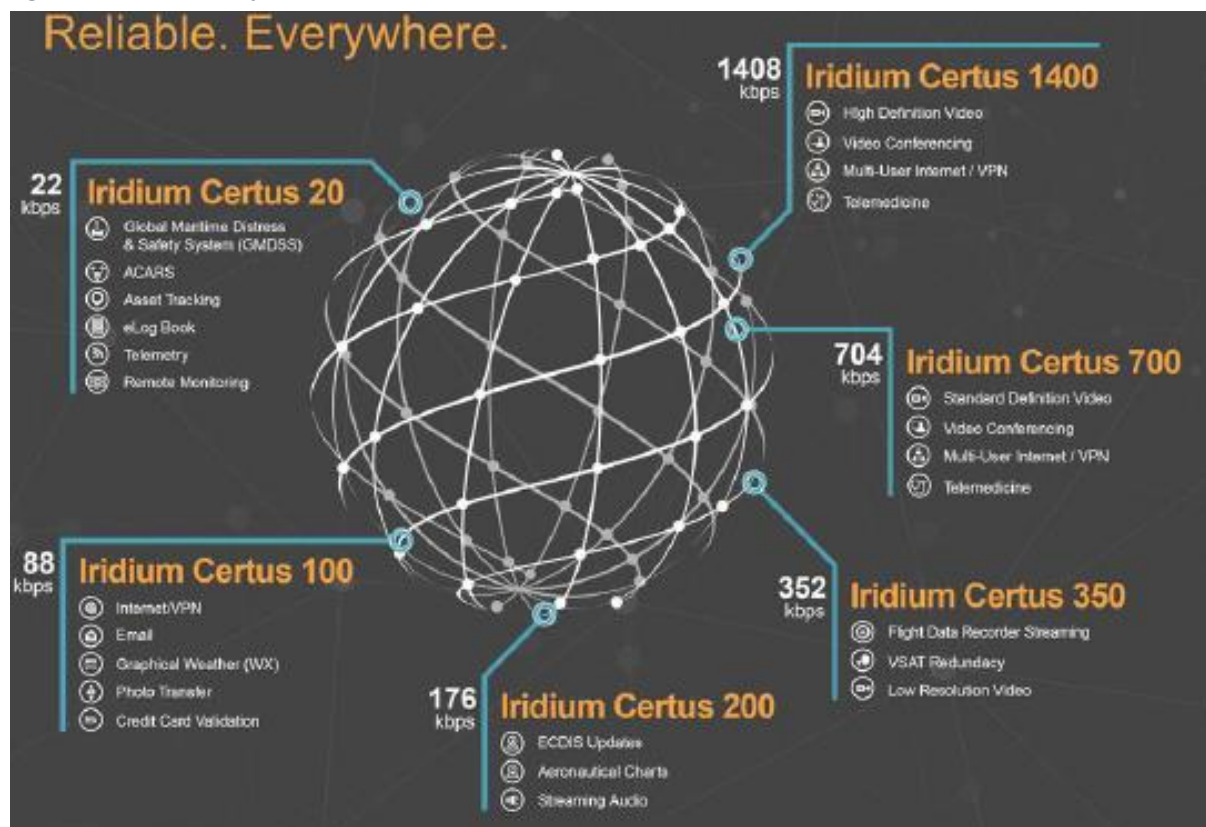
I avsnittene nedenfor går vi igjennom og diskuterer hvilke løsninger som kan komme, og drøfter hvilken behovstilfredstillelse de kan gi.

Iridium Next

Iridium Next er en ny satellittkonstellasjon som skal lanseres i løpet av 2017-2018. Det nye satellittsegmentet er fullfinansiert og oppskyting er i gang. Som Iridiums nåværende konstellasjon, vil Iridium NEXT være basert på et maskenett av 66 LEO-satellitter som gir kontinuerlig global dekning, inkludert polområdene. De 10 første satellittene ble skutt opp 14. januar 2017, og Iridium anslår at det vil ta 12-15 måneder å skyte opp resten av satellittene.

De nye satellittene vil støtte alle eksisterende Iridium-produkter, men også kunne tilby nye produkter og tjenester som streaming (garantert bitrate) og høykvalitets tale. Systemet forventes å kunne gi høyere datahastigheter umiddelbart etter oppskyting med kapasitet på opptil 352 kbps (opp/ned). Med en programvareoppdatering av Certus 350-produktet vil det i 2018 være mulig å få nedlastingshastighet opp til 704 kbps. Fra 2020 er det planlagt en oppgradering i nettet som med nytt brukerstyr vil kunne gi datarater opp til 512 kbps/1,4 Mbps (opp/ned).

Figur 32 Iridium Certus-tjenester: Kilde: Iridium LLC



Fullt utbygget og med alle planlagte oppdateringer vil det nye systemet innebære nedlastingshastigheter på mer enn 10 ganger max-hastigheten som er tilgjengelig i dagens system. Selv om dette er en betydelig forbedring av funksjonaliteten vil ikke Iridium Next gi vesentlig økt totalkapasitet ettersom systemet fortsatt vil være begrenset til 10 MHz på L-bånd. Dette innebærer at selv om nye produkter vil tilby høyere datahastigheter for brukeren, vil det være svært begrenset hvor mange samtidige forbindelser systemet kan håndtere, og prisen for slike samband vil sannsynligvis bli høy. Iridium posisjonerer derfor sine produkter til å være et lavkost-alternativ for tale, backup-kommunikasjon og sikkerhetskritiske applikasjoner som ikke krever mye båndbredde, men som kan betjene mange kunder samtidig.

Iridium Next vurderes derfor ikke å kunne dekke et fremtidig behov for bredbånd i nordområdene, og vi legger til grunn at Iridiums produkter i svært liten grad vil bli brukt til å betjene behov som sanntidsoverføring av video eller internett til mannskap og passasjerer. I mangel av andre alternativer vil Iridium inntil videre likevel fortsette å spille en viktig rolle i nordområdene, men da primært med taletjenester og smalbånds data-applikasjoner til båter og fly. I tiden fram til et effektivt bredbåndstilbud eventuelt blir tilgjengelig vil Iridium også kunne støtte sporadisk bredbåndsbruk i området.

Nytt LEO- eller MEO-system som gir arktisk dekning

Det som imidlertid kan gi full bredbåndsdekning i nordområdene er et eller flere lav- eller mellombane satellittsystemer som er under utvikling. Det er flere slike initiativer fra seriøse kommersielle aktører som jobber med å realisere globale satellittsystemer som kan levere bredbåndskapasitet. Noen av de mest interessante av disse initiativene er OneWeb, SpaceX og O3bi.

OneWeb er et av de initiativene som har kommet lengst i planleggingen. Systemet vil bestå av mellom 700-900 lavbane-satellitter som kan gi global dekning med en overføringskapasitet på 8 Gbps. Den samlede kostnaden for å realisere hele systemet er estimert til å være rundt 3 milliarder USD, men mye av finansieringen er allerede på plass gjennom investorer og lånefinansiering. Selskapet som står bak initiativet har ambisjoner om at systemet skal være operasjonelt så tidlig som i 2020, men full global funksjonalitet er ikke forventet å være tilgjengelig før 2027. Systemet retter seg inn mot å tilby tjenester til både husholdninger og mobile plattformer, men det er usikkert hvorvidt dekning til maritime aktiviteter og luftfart i nordområdene vil prioriteres blant annet grunnet investeringsbehov i bakkeinfrastruktur og det utfordringene det fører med seg i nord.

Figur 33: Illustrasjon av OneWeb lavbanesystem. Kilde: OneWeb



SpaceX planlegger også å lansere et globalt lavbanesystem med bredbåndskapasitet, men dette systemet er ikke kommet like langt i planleggingen. Systemet er tenkt å bestå av 4000 lavbane-mikrosatellitter som skal kunne gi verdensomspennende høyhastighets internettdækning. Det er ambisjoner om å ha deler av systemet i drift fra 2020, men det er foreløpig ikke hentet inn tilstrekkelig kapital til å realisere systemet fullt ut. Det er derfor stor usikkerhet knyttet til når systemet kan forventes å gi full funksjonalitet globalt og hvorvidt det vil inkludere nordområdene gitt blant annet samme utfordringer knyttet til bakkeinfrastruktur som for OneWeb.

Både OneWeb og SpaceX er basert på å tilby bredbåndskapasitet fra lavbanesystemer bestående av et stort antall satellitter som hver vil dekke et begrenset område av gangen. Dette medfører at systemene blir svært komplekse og krever utvikling av ny teknologi. Det er blant annet behov for å løse utfordringer knyttet til at mottakerantenne hele tiden må bytte fra en satellitt til en annen for å gi en sømløs dekning. Dette er spesielt utfordrende for brukere i bevegelse, særlig i høy hastighet som for eksempel flytrafikk. Det finnes også andre initiativer basert på lavbanesatellitter som kan gi global bredbåndsdækning som for eksempel LeoSat og TeleSat med liknende kapasitet og planlagt tidsløp som OneWeb og SpaceX.

Et annet initiativ som i større grad baserer seg på gjenbruk av eksisterende teknologi er O3bi. O3b har et eksisterende MEO-system som kan levere opptil 500 Mbps og er primært rettet inn mot cruisemarkedet i

Karibien. I desember 2016 søkte imidlertid O3b den amerikanske regulatoren Federal Communications Commission (FCC)⁷² om lisens til å belyse nordlige deler av USA med et nytt polart system, O3bi. Dette systemet vil ha 16 inklinerte MEO-satellitter og skal gi skal dekning nord/sør for 63°N/S. Som dagens O3b-konstellasjon vil O3bi også bruke Ka-bånd. Det er sannsynlig at det legges opp til teknologigjenbruk både i satellittplattform og for brukerutstyr. Muligheten for teknologigjenbruk og det faktum at O3b allerede har en eksisterende operasjon gjør at O3bi framstår som et initiativ med lavere risiko og kostnadsprofil enn de ovennevnte lavbanesystemene. På direkte henvendelse opplyser O3b (ref. epost fra Christian Olsson, O3b) at O3bi vil gi et tilsvarende eller bedre tjenestetilbud enn dagens ekvatorielle system, til både luftfart, land-brukere og maritime markeder. Det gis imidlertid ingen informasjon om når systemet forventes å kunne være i drift eller om hvor mye finansiering som er på plass.

Nytt HEO-system som gir arktisk dekning

Russland lanserte i 2008 planer for å utvikle satellittprogrammet Arktika. Ifølge Russian Spaceweb består det russiske Arktika-initiativet av 4 forskjellige Satellitt-systemer:

Tabell 4 Russiske arktiske satellittsystemer. Kilde: Russian Spaceweb

Satellittbetegnelse	Oppdrag	Bane	Antall satellitter
Arktika-M	Meteorologi, nødkommunikasjon	Høy-elliptisk	2
Arktika-MS1	Mobil kommunikasjon	Høy-elliptisk	3
Arktika-MS2	Lufttrafikk, navigation	Høy-elliptisk	3
Arktika-R	Radar fjernmåling	Lavbane	2

Av disse er det Arktika-MS1 som er mest aktuell i forhold til behovet for bredbåndskommunikasjon i nord-områdene. Ifølge Russian SpaceWeb var det Gazprom Space Systems som fikk ansvaret for å utvikle Arktika-MS1 videre, som en del av et nett kalt Polyarnaya Zvezda (Polarstjernen). Status på dette initiativet er imidlertid ukjent, og det fins ingen fersk informasjon om det på Gazprom Space Systems web-sider⁷³.

Canada har i lengre tid jobbet med et HEO-initiativ, tidligere Polar Communications and Weather – PCW⁷⁴. PCW-systemet skulle bestå av 2 HEO-satellitter og benyttes til bredbåndskommunikasjon og værobservasjon. Det canadiske romsenteret (CSA) hadde ikke råd til å finansiere prosjektet⁷⁵ og etter flere års forsøk på å skaffe samarbeidspartnere er prosjektet nå skrinlagt. Imidlertid er nå Canadas forsvarsdepartement i gang med et eget prosjekt med ambisjon om et rent militært satellittkommunikasjonssystem kalt «Enhanced Satcom Project»⁷⁶, med militære bredbåndskapasiteter på X-bånd, Ka-bånd samt smalbandskommunikasjon på UHF. Prosjektet har mål om beslutning i 2017, og en operativ kontinuerlig tjeneste i 2023.

⁷² Den amerikanske myndigheten/regulatoren innen kommunikasjon. USAs svar på Nkom.

“The Federal Communications Commission regulates interstate and international communications by radio, television, wire, satellite, and cable in all 50 states, the District of Columbia and U.S. territories. An independent U.S. government agency overseen by Congress, the commission is the United States' primary authority for communications laws, regulation and technological innovation. “

⁷³ <http://www.gazprom-spacesystems.ru/en/infrastructure/>

⁷⁴ <http://www.asc-csa.gc.ca/eng/satellites/pcw/>

⁷⁵ <http://spacenews.com/33526canada-seeking-partners-for-polar-satellite-system/>

⁷⁶ <http://spacenews.com/canada-eyes-2-4-billion-arctic-satellite-communications-constellation/>

Hvis «Enhanced Satcom»-prosjektet realiseres med pan-arktisk dekning kan det potensielt dekke deler av det norske Forsvarets behov for bredbånd på militært X- og Ka-bånd. Likevel vil ikke systemet fullt ut tilfredsstillende kravet om norsk kontroll, og heller ikke dekke behov for kommersiell bredbåndskapasitet på Ku-, Ka- eller L-bånd.

Samlet vurdering av potensialet for realisering av bredbåndsdekning i nordområdene i nullalternativet

Alle systemene nevnt ovenfor, og eventuelle nye initiativer som kan komme i tiden framover, kan i teorien fullt ut tilfredsstillende behovene for bredbåndskommunikasjon i nordområdene i framtiden. Hvorvidt det faktisk kommer til å skje eller ikke er mer usikkert. Tilstrekkelig finansiering er første hinder. De nevnte lavbanesystemene er primært rettet mot de store kontinentale markedene og krever store investeringer i bakkeinfrastruktur. Dette kan bli spesielt dyrt og vanskelig i nordområdene sett opp mot markedspotensialet, hvilket gjør det lite sannsynlig at disse investeringene vil prioriteres først. Tilgang på nødvendige frekvensressurser er også en essensiell forutsetning. Dette avgjøres gjennom internasjonale lisensieringsprosesser der de nye systemene må bevise at de kan sameksistere teknisk med eksisterende kommunikasjonssystemer. Selv etter å ha passert disse hindrene, har de nye systemene flere tekniske utfordringer. Det ligger betydelig teknisk risiko både i nye satellitt-plattformer, oppskytingsteknologi og terminal-utvikling. Terminalene baserer seg på nye typer antenner, og kompleksitet knyttet til digital antennestyling, handover og Inter-satellite-links må håndteres. Til slutt må det påregnes betydelig integrasjonstesting og optimalisering av nettene, før man til slutt kan markedsføre og rulle ut terminaler til brukere. Også i den fasen vil et nytt system ha en ulempe i forhold til eksisterende kommunikasjonssystemer, som allerede har en base av antenner og brukerstyr installert ute i felten, på båter og fly. Driftsutgiftene til et lavbanesystem vil normalt være høyere enn til et GEO- eller HEO-system som følge av kompleksitet i bakke- og satellittsegment. Det blir derfor ekstra viktig for et nytt lavbanesystem å skape trafikkinntekter raskt, for å dekke driftskostnadene og finansiere utskifting av satellittene.

Siden nykommerne må løse alle ovennevnte utfordringer hersker det stor usikkerhet om og når de vil bli realisert. Den som skiller seg mest ut er O3bi, som vil kunne spille på teknologigjenbruk fra sitt eksisterende system, hvilket kan redusere kostnadene og gjøre det enklere å få gjennomslag i markedet enn de andre initiativene

En tilleggsusikkerhet er i hvilken grad de nye systemene vil tilfredsstillende behov og brukergrupper som er i fokus i denne KVUen. Basert på offentlig informasjon og medieoppslag fremstår OneWeb som lengst framme i realiseringen av sitt system, men i deres egen markedskommunikasjon fokuseres det mest på landbaserte anvendelser. I en uttalelse fra styreformann Greg Wyler i Desember 2016⁷⁷, fremgår det at satellittoppskyting starter i 2018, men mobile anvendelser (til fly og biler) blir ikke nevnt før 2027. Så selv om OneWeb blir realisert, er det usikkert hvorvidt og når maritime brukere i Arktis vil få tilgang til tjenesten.

Til tross for alle usikkerhetene, er det sterke og seriøse aktører som står bak de forskjellige initiativene, og det finnes både politiske og kommersielle krefter som vil støtte og bidra til realisering. Dersom minst et av disse systemene realiseres vil et globalt bredbåndssystem basert på lavbane- eller mellombanesatellitter ha en betydelig evne til å betjene Arktis med bredbåndskommunikasjon til en rimelig pris for brukerne.

Vi legger derfor til grunn at minst et globalt bredbåndssystem vil bli realisert og vil tilby tjenester til brukere i nordområdene, men at det hersker stor usikkerhet om hvem og når.

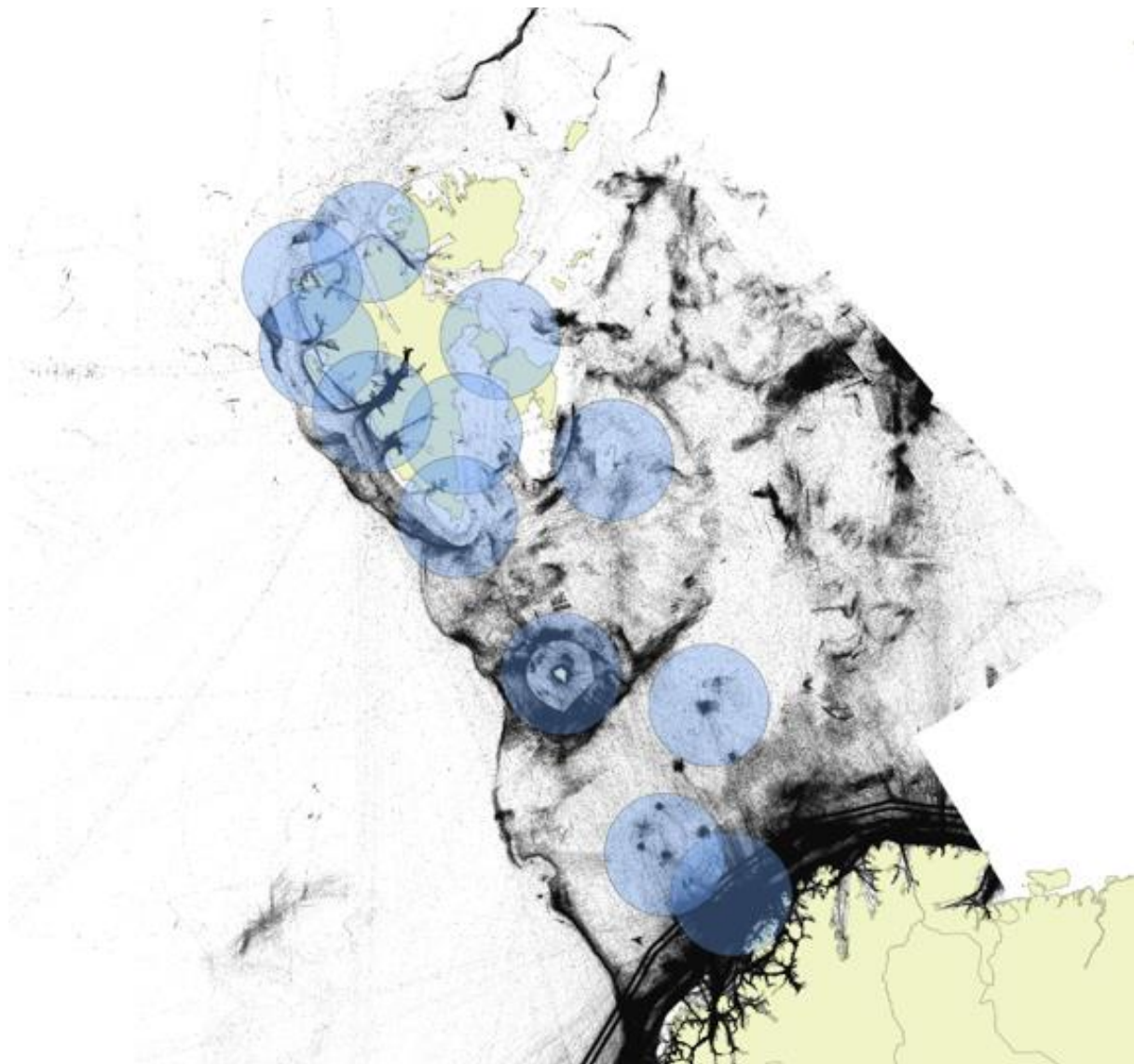
⁷⁷ <http://oneweb.world/#need>

5.2.2. Landbasert løsning (alternativ 1)

En minimumsutbedring av dagens kommunikasjonssystemer kan realiseres gjennom investeringer i et landbasert kommunikasjonssystem som gir dekning i kystnære områder der en betydelig del av den maritime aktiviteten foregår. Som beskrevet innledningsvis i dette kapittelet finnes det flere ulike landbaserte løsninger som kan gi bredbåndsdekning til maritime aktører. Selv om de forskjellige alternative løsningene har noe ulik utforming, basisteknologi og detalj-funksjonalitet vil utbyggingskostnader og brukernytte i størrelsesorden være sammenliknbare på tvers av teknisk løsning. For å konkretisere en potensiell landbasert kommunikasjonsløsning i nordområdene har vi tatt utgangspunkt i utbygging av et LTE-nett, som er basert på en standard teknologi og som er lett tilgjengelig for store brukerbaser. Dette er også en løsning som baseres på lisensierte frekvenser som gir kontrollert ressursbruk og mer forutsigbar tjenestekvalitet. Virkningene av en slik utbygging vil imidlertid også være representativt for tilsvarende systemer som for eksempel land-/sjøbaserte maskenett. Det er i denne KVUen ikke gjort en detaljert vurdering av hvordan en eventuell landbasert løsning bør utformes. Dersom det besluttes å gå videre med en landbasert løsning bør det gjøres en nærmere vurdering av hvilke tekniske løsninger som er mest hensiktsmessig.

Alternativ 1 innebærer utbygging av et LTE-nett som dekker deler av kystområdene rundt Svalbard og i Barentshavet. Alternativet består av etablering av 12 sendestasjoner som skal gi dekning til så mye som mulig av skipstrafikken mellom fastlandet og Svalbard og havområdene rundt. Sju av sendestasjonene kan plasseres ulike steder langs kysten på Svalbard. Resterende sendestasjoner kan plasseres på Hopen, Bjørnøya og på faste installasjoner på produksjonsfeltene Goliat, Johan Castberg og Wisting-feltet illustrert i prinsippkissen nedenfor.

Figur 34: Skisse av mulig realisering av LTE-nett for nordområdene og skipstrafikken (sorte prikker) i 2016. Kilde: DNV GL og Nexia

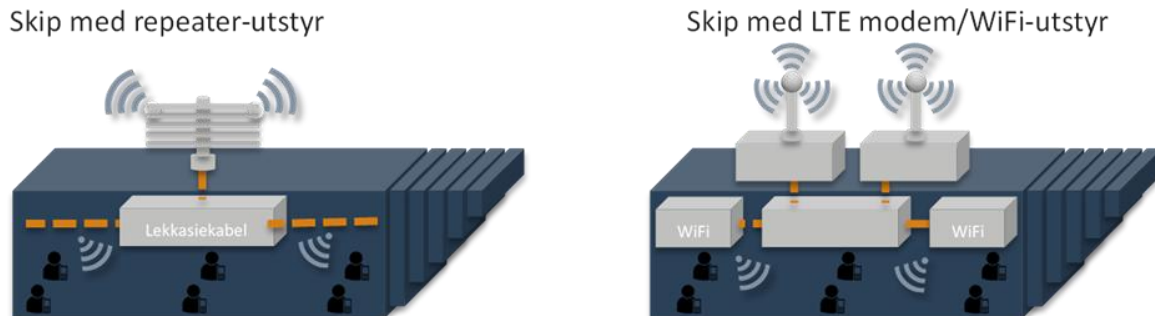


De forskjellige sendestasjonene kan kobles til øvrige kommunikasjonssystemer via fiberkabler, geostasjonære satellitter (en løsning som imidlertid er kostbar, gir opphav til forsinkelse og har begrenset tilgjengelighet) eller gjennom å ha overlappende dekningsområde med øvrige master i systemet (radiolink). Enkelte steder (for eksempel Bjørnøya) er spesielt utfordrende å koble sammen med annen infrastruktur, som kan føre til variasjoner i tjenestekvaliteten for brukerne. Hver sendestasjon vil ha en rekkevidde på opptil 80 kilometer i radius under optimale forhold og kan med dagens teknologi levere brukeropplevd kapasitet rundt ca. 20 Mbps. Den opplevde brukerkapasiteten vil variere fordi brukerne deler på kapasitet som en sendestasjon har tilgjengelig på et gitt tidspunkt. Brukerne kan derfor oppleve både høyere og lavere datarater enn 20 Mbps.

For at systemet skal fungere optimalt og gi best mulig dekning for maritime brukere er man avhengig av å installere noe ekstrautstyr på skipene. Dette kan gjøres i form av signalforsterkere (repeaters) som styrker signalet mellom brukerens enhet og sendestasjonen, eller ved bruk av LTE-modemer som plukker opp signalet

fra sendestasjonen og kobler opp brukerne via lokale WiFi-nettverk på skipene. De to alternative løsningene er illustrert i figuren under.

Figur 35: Illustrasjon av ulike tilkoblinger til LTE-nettet fra skip. Kilde: Nexia



Brukerne har to alternativer for å koble seg opp til LTE-nettet. De kan enten kjøpe en datapakke (via SMS eller fra sin eksisterende mobiloperatør) eller de kan koble seg til WiFi-nettet som tilbys på enkelte skip. Uavhengig av tilkobling vil brukerne betale for en gitt mengde datatrafikk. Størrelsen på denne mengden bestemmes av mobiloperatørene som driver systemet. Prinsippskissen nedenfor illustrerer hvordan systemet kan fungere.

Figur 36: Prosessen for tilkobling til LTE-nettverket. Kilde: Nexia



Med utgangspunkt i videre beslutningsprosesser, planleggingsløp og utbyggingstakt anses det som realistisk at et slikt system kan tas i bruk fra 2020. Levetiden som er lagt til grunn for systemet er 17 år. Alternativet vil kun dekke en begrenset del av den maritime trafikken i området som i dag har behov for bedre kommunikasjonssystemer, men de som oppholder seg innenfor dekningsområdet vil i stor grad få alle sine sentrale kommunikasjonsbehov dekket. En illustrasjon av hvor mye av skipstrafikken i 2016 som kunne nyttiggjort seg et likt system er illustrert i Figur 34 over (sorte prikker i kartet med LTE-stasjonene).

Den største fordelen med en landbasert løsning er at man unngår en dyr og risikabel investering i satellittbasert dekning over områder med lite trafikk. Tiltaket vil også kunne realiseres enklere med utelukkende nasjonale ressurser, uten kompliserende prosesser knyttet til lisenskoordinering og internasjonalt samarbeid. Videre vil en landbasert løsning gi bredbånddekning på en kostnadseffektiv måte i sonen utenfor kysten der mesteparten av den maritime trafikken går. Siden det er langs kysten den største ulykkesrisikoen er, kan løsningen også gi

betydelig virkning på sjøsikkerhet. En realisering ved hjelp av LTE-teknologi, standardisert av 3GPP⁷⁸, utnytter eksisterende teknologi og brukerutstyr, som er lett tilgjengelig til en rimelig kostnad – både for operatør og brukere. Repeater-utstyret som foreslås brukt på båtene er benyttet i stor skala for løsninger på tog. En annen fordel med LTE er at man kan benytte etablerte forretningsmodeller og et klart definert operatøransvar. I Norge har vi flere mobil-operatører med nødvendig kompetanse og erfaring til å gjennomføre en implementering. Fordelen med å bruke et lisensiert frekvensbånd er at man oppnår kontrollert ressursåndtering og en mer forutsigbar tjenestekvalitet. Ulempen med løsningen er at den kun dekker en begrenset del av de identifiserte behovene.

Dekningsområdet vil begrenses til en gitt avstand fra sendestasjonen og dermed ikke nå ut til skip som er langt ute til havs. Dekningsområdet til LTE-nettet kan i teorien utvides ved at man plasserer master på bøyer eller ved hjelp av et maskenett (eksempelvis MBR) som beskrevet over. Flytende radiomaster er en lite utprøvd løsning med utfordringer knyttet til blant annet forankring på dypt vann og infrastruktur som strømforsyning og aksessnett. Dekningen som oppnås gjennom maskenett er avhengig av hvor mange som bruker nettet til enhver tid og dekningsområdet vil derfor variere. Vi har derfor ikke gjort en nærmere vurdering av nytten og kostnadene av slike utvidelser av den landbaserte løsningen.

LTE er heller ikke egnet til kommunikasjon med fly, som må tilfredsstille sine behov på annen måte. Selv i leden mellom det norske fastlandet og Svalbard vil det ikke være kontinuerlig dekning, slik at tjenesten vil kunne oppfattes som «flekvis» og ustabil selv for fartøyer som ferdes i området. Behovstilfredstillelse vil avhenge av hvor mange skip som installerer signalforsterkere, og hvor stor del av passasjerer og mannskap som kjøper abonnement, og det er en risiko for at enkelte brukersegmenter ikke vil gjøre nødvendige investeringer for å utnytte løsningen på grunn av manglende betalingsvillighet eller praktiske barrierer.

5.2.3. Satellittbaserte løsninger

For å kunne tilby full bredbåndsdekning i hele nordområdet er det nødvendig å etablere et satellittbasert kommunikasjonssystem. Som diskutert i (Norsk Romsenter, 2015) kapittel 5 er satellittbasert kommunikasjon velegnet i områder med begrensede muligheter for etablering av bakkeinfrastruktur. Bortsett fra på Svalbard er aktivitetene i nord primært relatert til maritime aktiviteter og luftfart i åpne havområder. Landbaserte løsninger er ikke stand til å gi bredbåndsdekning over et slikt område. For å få en effektiv dekning av maritim og aeronautisk aktivitet rundt Svalbard og i det nordlige Barentshavet trengs det derfor satellittbasert kommunikasjon.

Som nevnt innledningsvis i dette kapittelet er det flere ulike måter å utforme et slikt satellittsystem på, men ikke alle alternativer er like godt egnet. Med utgangspunkt i at det er bredbåndsdekning i et avgrenset geografisk område nord for 72°N, som er hovedformålet med tiltaket, er det satellitter i høy elliptisk bane (HEO) eller inklinerte geostasjonære satellitter (IGSO) som framstår som mest hensiktsmessige.

Hvis vi sammenligner HEO med IGSO, vil de dele mange av fordelene med komplementaritet og mulighet for teknologigjenbruk med GEO. Men den store forskjellen er at den arktiske dekningen blir betydelig bedre med HEO på grunn av høyere elevasjonsvinkler, som igjen vil gi bedre og mer stabil tjenestekvalitet. I tillegg bør HEO kunne bli noe mer kostnadseffektivt fordi et fullverdig system kan baseres på færre satellitter. IGSO blir også vanligvis realisert ved bruk av GEO-satellitter som har kort gjenværende levetid. Tilgangen på slike satellitter er

⁷⁸ Det internasjonale standardiseringsorganet for mobilkommunikasjon.

uforutsigbar hvilket også gjør at løsningen fremstår som mindre aktuell. En sammenlikning av de ulike alternativene er oppsummert i tabellen nedenfor.

Tabell 5: Grov sammenligning av satellittkonstellasjoner (basert på forespørsler fra leverandører utført av Space Norway)

Konstellasjon	Lav LEO	Høy LEO	MEO	IGSO	HEO
Antall satellitter	30	16	6	3	2
Høyde	900km	1688km	7000km	36000km	<43000km
Investering (*)	~800 MUSD	~600 MUSD	~500MUSD	>>400MUSD	~400MUSD
Driftskostnader/år(*)	>> 5MUSD	>> 5MUSD	> 5MUSD	~5MUSD	~5MUSD
Levetid	5-7 år	5-7 år	10 år	15år	15år
Kompleksitet	Høy	Høy-	Medium	Medium	Lav+
Round-trip delay	6ms	11ms	46ms	240ms	287ms
Teknologigjenbruk	Ingen	Ingen	O3B	Høy (GEO)	Høy (GEO)

Tabellen over gir en grov sammenligning av egenskaper ved ulike satellittalternativer med hensyn til å kunne gi kontinuerlig bredbåndsdekning i nordområdene. Som informasjonene over viser framstår HEO-satellitter som det klart beste satellittbaserte alternativet til å realisere tiltaket. Vår vurdering er at et lavbanesystem egner seg best for å realisere et globalt system, men at det blir unødvendig komplekst og dyrt for å tilby effektiv kommunikasjon i et avgrenset område, som er formålet med dette tiltaket. Et HEO-system vil være et mer kostnadseffektivt alternativ som i stor grad kan baseres på gjenbruk av velkjent teknologi. Videre vil systemet være mindre komplekst og mer komplementært med markedsledende løsninger innenfor relevante brukergrupper og gi tilnærmet lik funksjonalitet som øvrige alternativer.

Et alternativ til å investere i et eget satellittsystem for nordområdene kan være å inngå et finansielt partnerskap med noen av de kommersielle initiativene som er under utvikling globalt. Et slikt partnerskap eller investering kan være hensiktsmessig hvis det kan sikre at det aktuelle systemet faktisk vil dekke nordområdene med relevante tjenester eller stimulere til akselerert implementering eller prioritet av nordområdene. Som nevnt ovenfor er det imidlertid svært usikkert når et eventuelt nytt system med potensialet til å dekke nordområdene vil være operative og om de vil kunne møte de behovene som er identifisert. Det er også usikkert hvor aktuelt det vil være for disse kommersielle aktørene å inngå et partnerskap med en offentlig nasjonal aktør og hvorvidt et slikt partnerskap vil kunne sikre norske nasjonale interesser.

For å vurdere hvilken satellittbasert løsning som i størst mulig grad oppfyller samfunns målet har vi vurdert tre alternativer:

- Alternativ 2a: Et system med en satellitt i høyelliptisk bane som gir bredbåndstilgang i den europeiske delen av nordområdene i 14 timer av døgnet.
- Alternativ 2b: Et system med to satellitter i høyelliptisk bane som gir 24-timers dekning i den europeiske delen av nordområdene.
- Alternativ 3: Et system med to satellitter i høyelliptisk bane som gir 24-timers dekning i hele nordområdet (pan-Arktis dekning).

Alternativ 2a innebærer en delvis behovstilfredsstillelse til en begrenset kostnad. Alternativ 2b vil i stor grad tilfredsstille alle identifiserte behov for norske aktører, men til en betydelig kostnad. Disse to alternativene er satellittalternativer med en regional dekning, altså at de dekker norske og til en viss grad europeiske områder. Den tredje løsningen (alternativ 3) innebærer et større system som tilfredsstiller både norske og utenlandske aktørers behov til en større kostnad, men også med større kommersielle muligheter enn alternativene med begrensede dekningsområder. De forskjellige alternativene er nærmere beskrevet i avsnittene nedenfor.

5.2.4. Satellittbaserte løsninger med et regionalt dekningsområde (alternativ 2a og 2b)

De regionale satellittalternativene (2a og 2b) er basert på Norsk Romsenters satsingsforslag fra 2014⁷⁹. Et satellittbasert kommunikasjonssystem vil, som nevnt over, kunne tilby bredbåndskommunikasjon over et stort område uten vesentlige investeringer i bakkeinfrastruktur. Systemet er derfor godt egnet i nordområdene der store havområder dominerer. For nordområdene har man konkludert med at et regionalt HEO-system vil være optimalt. For alle alternativene er det valgt TAP-bane for satellittene. En TAP-bane har 16-timers omløpstid, som betyr at det kreves 2 satellitter for å gi 24-timers dekning⁸⁰. Når det gjelder mulige sammensetninger av frekvensbånd på satellittene har vi tatt utgangspunkt i de båndene som var spesifisert i konseptene som er utviklet av Space Norway og Norsk Romsenter og som er rettet inn mot å kunne tilfredsstille kommunikasjonsbehovene til de viktigste interessentene. Det er fra KVVU-teamets side ikke gjort en detaljert vurdering av hvilke frekvensbånd som bør være med på satellitten, men mer overordnede vurderinger av hvordan nyttevirkingene kan maksimeres ut i fra hvilke brukerbehov de ulike frekvensbåndene kan støtte og hvor mye plass som er tilgjengelig på satellittplattformene som er lagt til grunn.

Regionalt satellittsystem med 1 satellitt – alternativ 2a

Det første satellittalternativet er en minimumsløsning der vi har et satellittsystem med kun én satellitt. Det betyr at satellitten kun vil gi dekning i nordområdene ca. 16 timer per dag. På grunn av at satellitten går i en 16-timersbane vil tidspunktet for dekning, på et gitt sted, variere fra dag til dag. Satellitten kan skytes opp og være i drift fra 2021/2022 og har i utgangspunktet en beregnet levetid på 10 år. Alternativt kan en velge andre baneplan, men det kan påvirke oppskytingskostnader og levetid. Alternativet er basert på satellittplattformen "stor" UTIAS, det vil si en veldig liten plattform. Dette er et nedstrippet satellittalternativ der man kun har plass til ett frekvensbånd (Ka-bånd). Når det gjelder oppskyting av satellitten har vi lagt til grunn bruk av Falcon 9-rakett fra SpaceX. Norsk Romsenter foreslo i sitt satsningsforslag andre mulige raketter, men Space Norway har lagt til grunn at en Falcon 9-rakett er den mest kostnadseffektive løsningen dersom en satellitt skal skytes ut i en HEO-bane.

For alle satellittalternativene må det i tillegg til romsegmentet også etableres bakkestruktur for å kunne benytte satellittene. Dette består av blant annet ankersegment med antenner, satellittoperasjonssenter og nettverksoperasjonssenter. Når det gjelder drift av satellitten kan disse tjenestene bli satt ut på anbud, og utføres av en privat satellittoperatør. I tillegg kommer terminalene til brukerne. Brukerutstyret består en VSAT-terminal på Ka-bånd, og Norsk Romsenter fastslo at satellitten kunne betjene brukere som har antenner fra 60 cm til 1 m i diameter. Det vil være mulig for brukerne å gjenbruke terminaler og annet brukerutstyr som i dag benyttes til geostasjonære satellittsystemer. Det er likevel behov for en software-oppgradering som gjør at man kan bytte

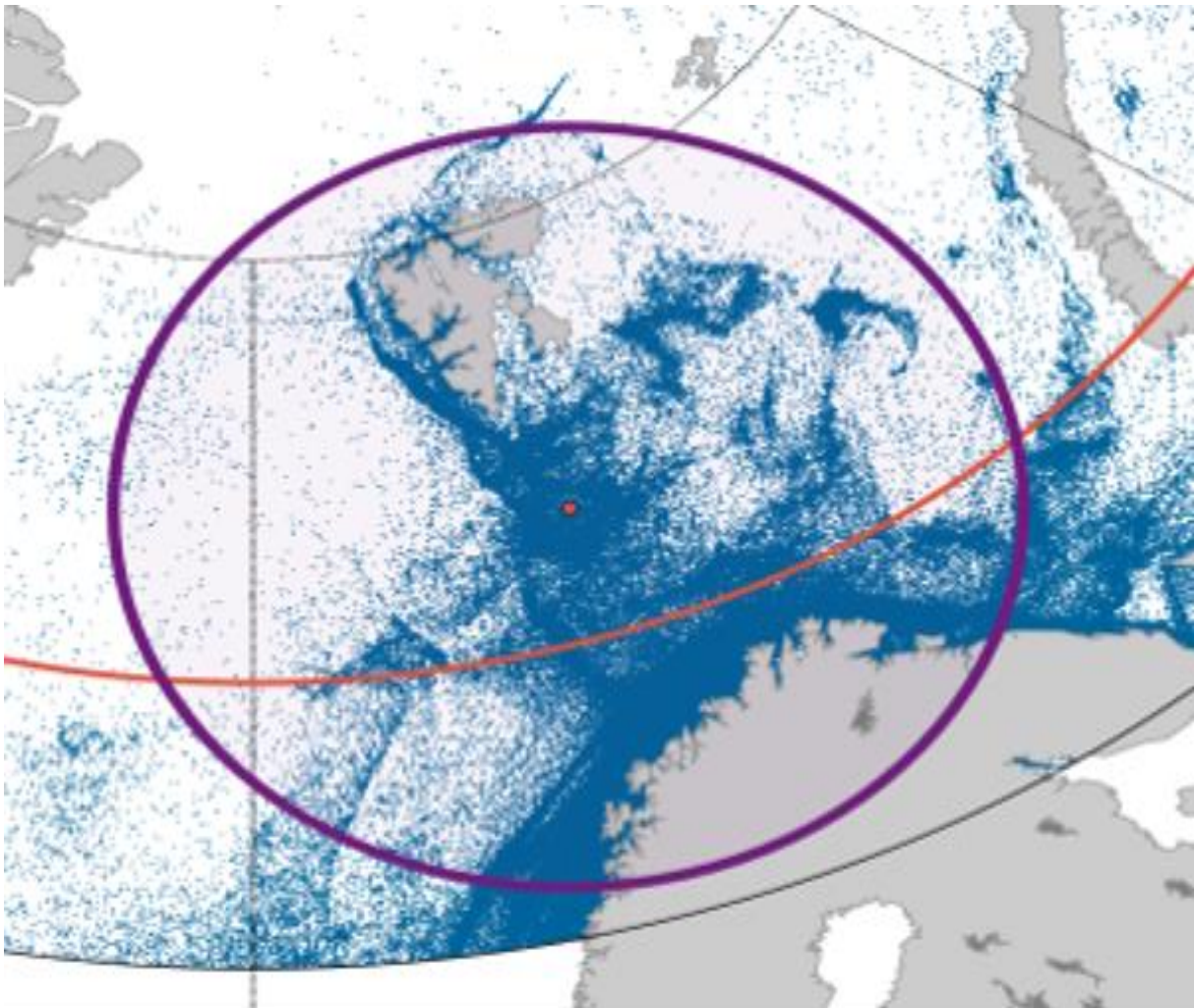
⁷⁹ (Norsk Romsenter, 2014)

⁸⁰ Andre banevalg som er vurdert er Molniya og Tundra. Molniya-bane har 12 timers omløpstid, men er mer utsatt for stråling og dermed kortere levetid. Tundrabane har 24-timers omløpshastighet, men på grunn av banehøyden kan det være utfordringer knyttet til utskyting av to satellitter på samme rakett og elevasjonsvinkelen.

fra et geostasjonært til et HEO-system. Satellitten skal i kunne gi en minimumsbredbåndskapasitet på 500 Mbps, og brukerne skal kunne motta opp mot 30 Mbps, som tilsvarer tilbudet på geostasjonære HTS-satellitter som for eksempel Thor 7 og Inmarsat GX.

Dekningsområdet for en regional satellitt er beregnet å være de norske og europeiske områdene i Arktis. Norsk Romsenter opplyser at primærdekning tok utgangspunkt i minimumsdekning fra en 2,4 graders stråle fra TAP, over hele banen. I dokumentene definerte Norsk Romsenter dekningen som "et område innenfor 800 km radius av Bjørnøya", illustrert i figuren under.

Figur 37: Dekningsområdet for et regionalt satellitalternativ. Kilde: Norsk Romsenter⁸¹



En satellittløsning vil kunne dekke både sikkerhets-, drifts- og velferdsbehov for maritime aktører innenfor det viste dekningsområdet. Også de offentlige sivile aktørene vil få dekket sine behov for bredbånd innenfor det norske ansvarsområdet. Forsvaret vil kunne benytte seg av systemet, men siden det ikke er X-bånd tilgjengelig i denne løsningen vil behovstilfredsstillelsen være betraktelig mindre enn i de andre satellitalternativene beskrevet nedenfor.

⁸¹ (Norsk Romsenter, 2014)

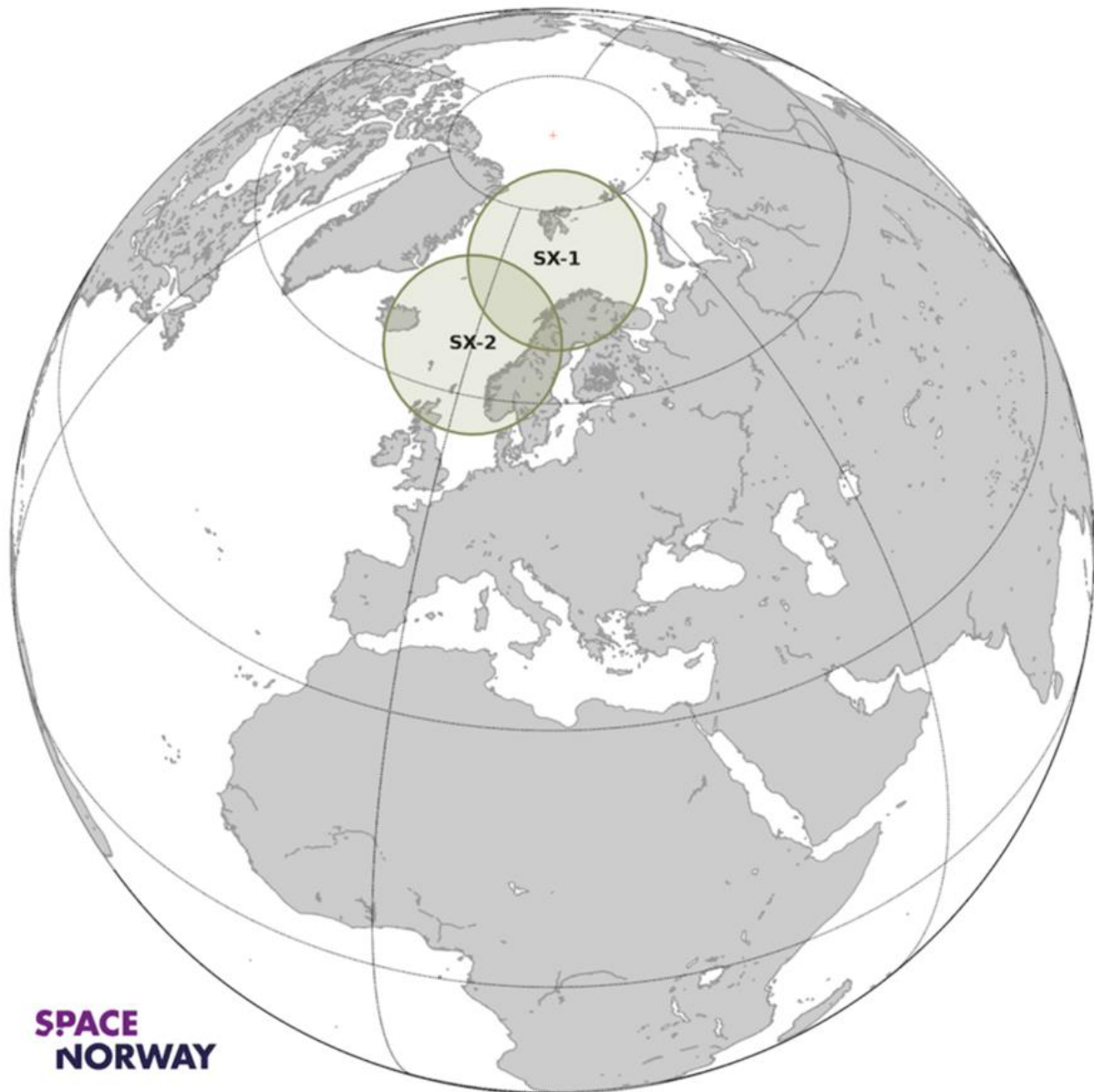
Ulempen med en én-satellittløsning er at aktørene ikke vil få dekket sine behov hele døgnet. Sannsynligheten for at en ulykke inntreffer i de periodene uten dekning er helt klart til stede og alternativet vil derfor gi en lavere nytte enn ved et døgnekontinuerlig system. Mange av aktørene har uttrykt et behov for sanntidsinformasjon, noe som tyder på at nyttetapet er proporsjonalt større enn andelen av døgnet uten dekning (ca. 40 prosent).

I et slikt alternativ vil det kommersielle markedet være begrenset til maritim sektor i det norske dekningsområdet. Det vil også miste betraktelig verdi fordi leverandøren bare vil kunne levere dekning noen deler av døgnet. På grunn av det begrensede dekningsområdet vil det også være få muligheter for samarbeid med andre stater eller kommersielle aktører.

Regionalt satellittalternativ med 2 satellitter – alternativ 2b

Et regionalt satellittalternativ med to satellitter vil gi døgnekontinuerlig dekning i de norske nordområdene. Det er i dette alternativet lagt til grunn noe større satellitter med bedre motstandsdyktighet mot stråling og mer drivstoff. Dette forlenger levetidene til satellittene til 15 år. Det er lagt til grunn at satellittene kan skytes opp og være operative fra 2021/2022. Satellittene har plass til både en større Ka-båndnyttelast og en X-båndnyttelast, begge med 2 styrbare antenner, som dekker hele det norske området. Dette er illustrert i figuren under.

Figur 38: Illustrasjon av dekningsområdet til de to styrbare antennene på Ka- og X-båndnyttelastene. Kilde: Space Norway



Begge satellittene vil kunne skytes opp ved bruk av én rakett. Når det gjelder kravene til infrastruktur i bakkesystemer og drift av dette vil det kreve noe mer utstyr sammenlignet med alternativet med én satellitt, blant annet en ekstra antenne. Brukerutstyret (antennestørrelse) og tjenestetilbud (datarater) vil også være det samme som for satellittalternativet med én satellitt, og på linje med geostasjonære HTS-satellitter. Dekningsområdet er som vist i figuren over, men det vil i dette alternativet være 24-timers dekning.

Den regionale satellittløsningen vil dekke de samme sivile behovene som utdypet over, men i langt større grad enn et system med én satellitt som følge av at satellittsystemet i dette alternativet gir en døgnkontinuerlig dekning. Dette gjør systemet mer robust, og i stand til å respondere på behov særlig knyttet til uforutsette hendelser der man ikke kan planlegge aktivitet etter satellittsystemets dekningsperioder. På grunn av utvidet dekningsstid vil systemet også ha en høyere kommersiell verdi enn et satellittsystem med én satellitt. De kommersielle verdiene er likevel i all hovedsak begrenset til det maritime markedet. Muligheter for samarbeid og deling av kostnader med andre stater og kommersielle aktører begrenses også av at dekningsområdet ikke vil komplementere den geostasjonære dekningen utenfor europeisk sone.

Forsvaret vil også få økt nytte i dette alternativet på grunn av X-båndnyttelasten. X-båndet gir Forsvaret en egen nyttelast med styrbare antenner som gir Forsvaret full kontroll over de norske områdene. I tillegg er X-bånd NATO-standard og det aktuelle båndet for felles øvelser og operasjoner. X-båndet er også mer robust enn Ka-båndet.

5.2.5. Satellittbaserte løsninger med pan-arktisk dekning (alternativ 3)

Det pan-arktiske satellittalternativet skiller seg fra alternativene over først og fremst på grunn av dekningsområdet, men muliggjør også flere nyttelaster. Alternativet (alternativ 3) er basert på Space Norway (SPN) sitt HEO-prosjekt og vil gi bredbåndskommunikasjon til hele Arktis, og ikke kun de norske eller europeiske områdene. Nytteeffektene for norske aktører vil derfor i liten grad påvirkes av utvidelsen av dekningsområdet, men det gir store muligheter innenfor flere kommersielle markeder. Markedet for maritime aktører vil utvides med en pan-arktisk dekning. I tillegg vil det introdusere flere aktører, som for eksempel aeronautiske aktører. Markedet for å kunne tilby internett til passasjerer på nordlige flyvninger mellom Asia/Europa og Nord-Amerika er avhengig av en pan-arktisk dekning. Et pan-arktisk system vil også kunne gi muligheter for internasjonalt samarbeid både om sivile og militære oppgaver. Ved å kunne tilby satellittkommunikasjon til andre arktiske land kan man i Norge oppnå et godt samarbeid og mulige gjenytelser fra disse landene på andre områder.

Utvidelsen av markedet vil ikke påføre proporsjonalt økte kostnader. Kostnadene ved satellittsystemer består av store faste kostnadsposter til blant annet oppskytning og forsikring. Dette gir stordriftsfordeler ved etablering av et pan-arktisk system.

Et pan-arktisk satellittsystem vil bestå av to satellitter for en døgntkontinuerlig dekning og kan være operativt fra 2021/2022. Satellittene vil være av samme type som i det regionale alternativet med to satellitter, men noe større og dyrere plattformer. Dette vil gi en lik levetid på 15 år, men også rom for flere og større nyttelaster. I et pan-arktisk alternativ er det lagt til grunn kapasitet til maritime og aeronautiske aktører som samlet gir større kapasitet enn de to regionale alternativene. Det vil inkludere den samme X-båndnyttelasten med to styrbare antenner, og sivil Ka- og Ku-kapasitet, og Government-Ka-kapasitet⁸². Gov-Ka innebærer noe ekstra «hardware» på satellitten i tillegg til at en andel av den samlede Ka-kapasiteten til Ka-båndet brukes av Gov-Ka. I forhold til brukerutstyr er det egne terminaler dedikert til Gov-Ka, som ikke kan brukes mot det sivile Ka-båndet, og omvendt. Det allierte satellittsystemet WGS⁸³ bruker Gov-Ka i tillegg til X-bånd. Mulige interessenter er derfor alle WGS-land.

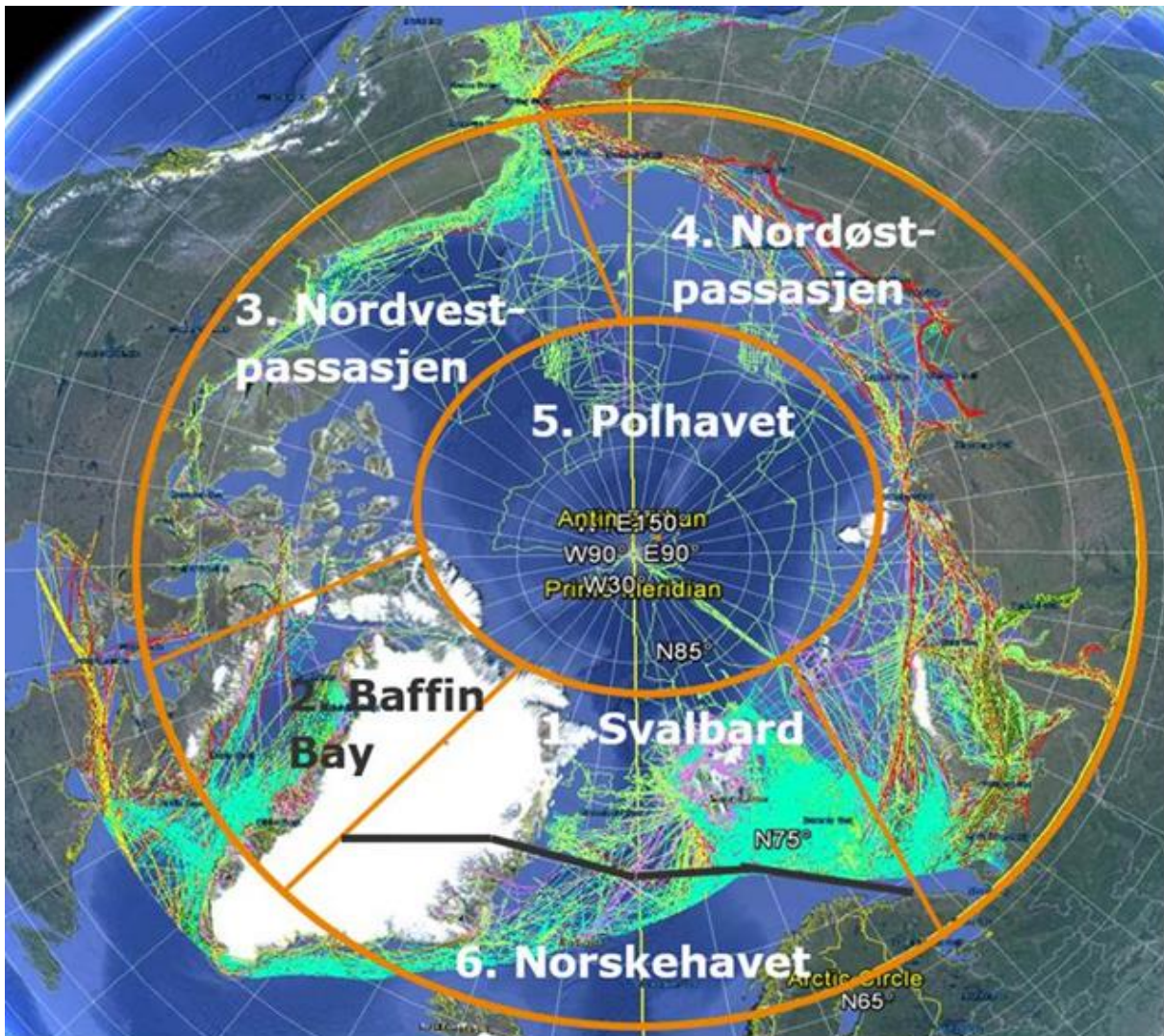
I dette alternativet plasseres det så mange nyttelaster som mulig på satellitten gitt at begge satellittene skal kunne skytes opp med én rakett. Dette utvider markedet for mulige kunder og samarbeidspartnere. På samme måte som i de regionale satellittalternativene vil brukerutstyret være det samme som for geostasjonære systemer med mindre modifikasjoner. Bakkesystemet vil være likt som for alternativ 2b.

Det pan-arktiske dekningsområdet vil dekke både norske og andre lands hav- og landområder og Polhavet. Dekningsområdet er illustrert i figuren under. Tjenestetilbud (datarater) vil også være det samme som for alternativ 2b, og på linje med geostasjonære HTS-satellitter.

⁸² Government-Ka (Gov-Ka eller MIL-Ka) er en betegnelse for 1GHz av Ka-båndet som er dedikert til militær bruk; 30 – 31 GHz (uplink), 20.2 – 21.2 GHz (downlink)

⁸³ Wideband Global SATCOM system

Figur 39: Dekningsområdet for et pan-arktisk satellittsystem. Kilde: DNV GL



Det pan-arktiske satellittsystemet vil dekke både sikkerhetsmessige, drifts- og velferdsbehov for aktørene innenfor hele det pan-arktiske området. For de maritime aktørene vil kommunikasjonssystemet utløse alle nyttebehovene knyttet til sjøsikkerhet i de norske områdene. Dette vil også gi lignende virkninger for maritime aktører i andre land.

Verdien av det kommersielle markedet vil være klart forskjellig fra de regionale alternativene. Flere kommersielle selskaper har påpekt at de regionale markedene ikke er store nok for å være kommersielt interessant, og at det er nødvendig med en pan-arktisk dekning for å få kommersielle partnere med på etableringen og drift av satellittsystemet. Markedet for maritim aktivitet vil bestå av all pan-arktisk skipstrafikk, samtidig som et pan-arktisk system også kan tilby tjenester til både norske og utenlandske offentlige aktører. Flyvninger i nordlige områder utgjør også et nytt stort marked som blir tilgjengelig. Det forventes en kraftig vekst i etterspørselen etter bredbåndstjenester til passasjerer på fly, og et pan-arktisk HEO-system vil ha mulighet til å levere dette, gjennom både Ku- og Ka-båndnyttelastene.

For tilbydere av bredbåndstjenester over geostasjonære satellitter kan det også være en strategisk merverdi, utover den rene kommersielle verdien, å kunne tilby global dekning gjennom kjøp/leie av kapasitet på et HEO-system. Dette kan komme både som følge av at de kan garantere kunder som primært opererer lenger sør dekning hvor enn de ønsker å operere, men også gjennom økt kapasitet og tjenestekvalitet lenger sør som følge

av at et HEO-system vil ha bedre elevasjonsvinkel enn geostasjonære satellitt så langt sør som 55°N store deler av døgnet. Dette er nytteeffekter som i all hovedsak kun oppnås i det pan-arktiske alternativet.

X-båndnyttelasten er lik som i det regionale satellittalternativet med to satellitter. Nyttan for Forsvaret er knyttet til de norske ansvars- og forvaltningsområdene, og blir i utgangspunktet likt som i alternativ 2b. Det vil imidlertid være mulighet for å styre antennene på et større område og dermed gi økt nytte ved gjennomføring av øvelser og operasjoner med andre land i nordområdene.

Et pan-arktisk dekningsområde vil være interessant både kommersielt og for andre stater sammenlignet med en regional løsning. Dette åpner for mulige samarbeidsavtaler og eierskapsmodeller med andre lands myndigheter og kommersielle selskaper. Vi vil ikke gå inn på hvilke løsninger som er mest egnet for realisering av slikt system, men påpeker at det sannsynligvis er mulig å enten dele kostnader og/eller forhåndsselge kapasitet som kan bidra til at realiseringen av et slikt system kan gjøres med lavere kostnader for den norske stat.

6. Alternativanalysen

De samfunnsøkonomiske kostnadene som følger av tiltakene kommer i form av investeringer i og drift av kommunikasjonssystemene. De samfunnsøkonomiske nyttevirkningene av tiltaket kan i all hovedsak tilegnes fire overordnede virkninger; økt sikkerhet, økt forsvarsevne, mer effektiv drift og bedre velferd. Basert på de prissatte virkningene er Alternativ 3, satellittsystem med pan-arktisk dekning, det klart mest lønnsomme alternativet med over 1500 MNOK i forventet netto nåverdi. Dette alternativet forventes også å gi de største ikke-prissatte nyttevirkningene. Rangeringen framstår som robust på tross av betydelig usikkerhet forbundet med beregningene.

Hensikten med alternativanalysen å gi en systematisk vurdering av konseptene med hensyn til samfunnsøkonomiske virkninger. Dette danner det faglige grunnlaget for anbefaling om hvilket konsept som bør studeres videre i forprosjektfasen. Analysen er gjennomført i henhold til gjeldende retningslinjer for samfunnsøkonomiske analyser; Finansdepartementets rundskriv R-109 og NOU 2012: 16, DFØs veileder i samfunnsøkonomisk analyse og Kystverkets metodegrunnlag for beregning av virkninger på sjøsikkerhet.

I den samfunnsøkonomiske analysen er det sett på virkninger av å etablere en infrastruktur for bredbåndskommunikasjon i nordområdene, enten i form av et bakkenett eller et satellittsystem. De ulike alternativene er nærmere beskrevet i kapittelet som omhandler mulighetsstudien. Kort oppsummert er de fire alternativene:

- Alternativ 1: utbygging av et bakkebasert LTE-nett som dekker deler av kystområdene rundt Svalbard og i Barentshavet.
- Alternativ 2a: Et system med en satellitt i høyelliptisk bane som gir bredbåndstilgang i den europeiske delen av nordområdene i 14 timer av døgnet. Har kun en Ka-båndnyttelast.
- Alternativ 2b: Et system med to satellitter i høyelliptisk bane som gir 24-timers dekning i den europeiske delen av nordområdene. Inkluderer både Ka- og X-båndnyttelaster.
- Alternativ 3: Et system med to satellitter i høyelliptisk bane som gir 24-timers dekning i hele nordområdet (pan-Arktis dekning). Inkluderer både Ka-, Ku- og X-båndnyttelaster.

6.1. Sentrale forutsetninger og metodiske valg

Under gir vi en kort beskrivelse av enkelte sentrale metodiske tilnærminger og hvordan usikkerheten i nullalternativet er håndtert. En mer detaljert beskrivelse av metoder og referanser til kilder er presentert i vedlegg 4 Dokumentasjon på alternativanalysen.

6.1.1. Overordnede forutsetninger

Analyseperioden er satt fra 2017 til 2036 som følge av alternativenes forventede levetid. Alternativ 1, LTE-bakkenett, er det tiltaket som kan realiseres raskest. Med utgangspunkt i videre beslutningsprosesser og planlegging er det lagt til grunn at investeringene gjøres i 2019 og at systemet er operativt fra 2020, med en levetid ut analyseperioden. Det er lagt til grunn at satellittalternativene er operative i 2022⁸⁴. I alternativ 2a er det lagt til grunn en forventet levetid på 10 år. Satellittene i alternativ 2b og 3 er større og mer beskyttet mot ytre elementer og har en forventet levetid på 15 år etter oppskyting. Analysene er delt opp i følgende hovedfaser:

⁸⁴ Space Norway oppgir at satellittene kan skytes opp i 2021/2022. I alternativanalysen har vi valgt å legge til grunn at satellittene skytes opp i 2022.

planlegging, investering og drift. For alternativ 1 vil planlegging foregå i 2018, mens investering skjer i 2019. Drift av systemet går fra 2020-2036. For alle satellittalternativene vil planlegging og investering skje fra henholdsvis 2018 til 2021 og 2019 til 2021. Driften av alternativ 2a vil gå til 2031 (på grunn av kortere levetid), mens driften av alternativ 2b og alternativ 3 vil vare frem til 2036⁸⁵.

6.1.2. Håndtering av nullalternativet

Nullalternativet er referansebanen som alle alternativene vurderes opp mot. Det er i denne KVUen knyttet stor usikkerhet til hvordan nullalternativet vil utvikle seg på grunn av muligheten for at det vil etableres konkurrerende satellittsystemer i analyseperioden. Verdien av tiltakene vil derfor være avhengig av om og når et slikt system vil være operativt og hvilke funksjonaliteter det vil gi i nordområdene. Ved beregning av samfunnsøkonomiske virkninger i de ulike alternativene må vi derfor ta høyde for at hele eller deler av kommunikasjonsbehovet i nordområdene vil kunne bli dekket også i nullalternativet i deler av analyseperioden.

Det er i dag ingen operatører som tilbyr bredbåndskommunikasjon i nordområdene lenger nord enn det geostasjonære satellitter er kapable til. Under forutsetning av at dagens situasjon videreføres vil et statlig initiert kommunikasjonssystem være enetilbyder av bredbånd i nordområdene gjennom analyseperioden. Hvorvidt dette vil være tilfelle eller ikke er imidlertid høyst usikkert. Det er flere selskaper som har planer om etablering av systemer som potensielt kan dekke nordområdene. Dersom et av disse systemene blir realisert med tilsvarende funksjonalitet som de tiltenkte tiltakene vil behovet for og nytteverdien av et eget kommunikasjonssystem i nord reduseres betydelig. En gjennomgang av disse systemene er gitt under presentasjonen av nullalternativet i kapitlet som omhandler mulighetsstudien (kapittel 5).

En av de store usikkerhetsfaktorene i analysen er hvordan konkurransesituasjonen vil bli for et HEO-system og hvordan det vil påvirke resultatene. På bakgrunn av den informasjonen som eksisterer om de ulike planlagte globale systemene har vi modellert forskjellige markedsscenarier som verdien av tiltakene (alternativene) estimeres på bakgrunn av. Det ene ytterpunktet av disse scenariene er en situasjon der tiltaket er enetilbyder av bredbåndskommunikasjon i nordområdene gjennom hele tiltakets levetid. I det andre ytterpunktet vil tiltaket kun bidra med tilleggskapasitet i et eksisterende bredbåndsmarked og dermed være en av flere bredbåndstilbydere i området gjennom hele levetiden. I det første tilfellet vil vi ha et tilnærmet monopolmarked der alle nytteeffekter som følger av bredbåndstilgangen utløses av tiltaket. Det andre ytterpunktet vil i større grad tilsvarende et frikonkurransemarked der kun deler av nytteeffektene kan tilegnes tiltaket. I mellom disse to ytterpunktene ligger det flere markedsscenarier med ulik grad av konkurranse. Siden det er så stor usikkerhet rundt hva som vil skje i nullalternativet har vi simulert et nullalternativ med ulike usikkerhetsspenn på en rekke parametere knyttet til om og når et konkurrerende system kan være operativt i nordområdene, og hvilken innvirkning det vil kunne ha på verdien av tiltaket. Med andre ord vil verdien av tiltakene i stor grad avgjøres av konkurransesituasjonen i markedet for bredbåndskommunikasjon i nordområdene.

⁸⁵ Det forventes ingen restverdi for noen av alternativene. Mobilmastene som etableres i LTE-alternativet har en potensiell levetid utover det som er lagt til grunn som analyseperiode hvilket kunne gitt grunnlag for inkludering av restverdier. Den potensielle restverdien ville imidlertid kommet i form av at mobiloperatører kan leie plass til sine sendere på mastene. I tråd med vurderingene av nullalternativet legger vi imidlertid til grunn at det vil komme et satellittsystem med bredbåndsdekning over nordområdene innen analyseperiodens slutt. Det vil sannsynligvis innebære at et mobilsystem rettet mot det maritime markedet vil bli utkonkurrert slik at restverdien på gjenstående infrastruktur vil være tilnærmet null. Det antas at satellittene holder den levetiden som er gitt fra produsenten, og deretter slutter å fungere. Restverdien i satellittalternativene er derfor også satt lik 0.

For å kunne vurdere hvordan en eventuell realisering av et konkurrerende kommunikasjonssystem påvirker verdien av tiltaket har vi sett på forskjellen i markedsverdien i et monopolmarked versus et tilnærmet frikonkurransemarked (ulike grader av konkurranse mellom disse to ytterpunktene) til å estimere den samfunnsøkonomiske verdien av tiltaket. Vi har imidlertid lagt til grunn at en offentlig bredbåndsaktør vil søke å maksimere samfunnsverdien av tiltaket istedenfor å opptre som en profittmaksimerende monopolist. Forskjellen på markedsverdien mellom et monopolmarked og et frikonkurransemarked benyttes derfor kun som en proxy for å anslå forskjellen i betalingsvillighet for et nytt kommunikasjonstilbud kontra et supplerende tilbud i eksisterende marked, ikke til å simulere hvordan tiltakshaver kommer til å operere.

Hvilken situasjon som vil inntreffe er som nevnt svært usikkert, men vil bestemmes av følgende parametere:

- Når det konkurrerende systemet skytes opp
- Når det konkurrerende systemet er tilgjengelig i nordområdene
- Verdien av markedet ved ulike konkurransesituasjoner
- Adaptsjonsrate for ny aktør
- Graden av konkurranse i nordområdene med flere systemer

Etablering av et satellittsystem er en tidkrevende prosess der blant annet finansiering, teknologi og frekvenskoordinering er mulige hindringer. Det er heller ikke åpenlyst at nordområdene vil være et prioritert område, og at det vil være tilgjengelige tjenester i disse områdene momentant etter oppskytning av systemet. De planlagte LEO- og MEO-systemene vil blant annet kreve en del bakkeinfrastruktur som ikke nødvendigvis vil bygges ut i nordområdene. Det tidligste noen av aktørene har sagt at de kan starte oppskytningen er i løpet av 2018, og dette er derfor den laveste verdien for når et konkurrerende system kan skytes opp. Når det gjelder tilgjengelighet i nordområdene kan dette komme senere enn oppskytningstidspunkt, men en av aktørene har uttalt at de kan skyte opp alle satellittene på et år, og at satellittkonstellasjonen da vil være på plass i 2020. Dette er derfor det tidligste året for tilgjengelige tjenester i nordområdene som vi legger inn i simuleringen.

Det er få markeder som er sammenlignbare med markedet for satellittkommunikasjon i nordområdene. Det kan derfor være vanskelig å fastslå verdien av akkurat dette bredbåndsmarkedet. Et referansepunkt er det geostasjonære markedet, men dette markedet er gjenstand for hard konkurranse mellom flere aktører. Frikonkurransespriser gir en god indikasjon på betalingsvilligheten for en marginal økning i kapasiteten, men er lite beskrivende for betalingsvilligheten for bredbåndstilgang uten bredbånddekning fra før. Dersom det ikke er noe tilbud av bredbåndskommunikasjon fra før vil et nytt kommunikasjonssystem med bredbåndskapasitet innebære en overgang fra ingen til full bredbånddekning. Det er på ingen måte en marginal endring i tilbudet hvilket betyr at betalingsvilligheten kan være langt høyere i nordområdene enn det prisene det opereres med i det geostasjonære markedet reflekterer, som i større grad reflekterer den marginale betalingsvilligheten i et frikonkurransemarked. I et slikt tilfelle vil monopolpriser gi et riktigere bilde av den reelle betalingsvilligheten for tiltaket. Det finnes noen få liknende markeder der det er tilnærmet monopolsituasjoner og prisnivået ligger langt over det som kan observeres i de geostasjonære markedene. Det er derfor stor usikkerhet rundt hva betalingsvilligheten til både operatører, tjenesteleverandører og brukere er for bredbåndskommunikasjon i nordområdene. For å ta høyde for hvordan ulike scenarier for nullalternativet kan påvirke betalingsvilligheten for tiltaket har vi lagt til grunn ulike markedspriser for å verdsette tjenestene de ulike alternativene vil tilby avhengig av konkurransesituasjonen. Dette er gjort ved å simulere følgende scenarier:

1. Monopolpris ved etablering på 5000 USD/MHz/mnd, men at denne faller til 1000 USD/MHz/mnd når en konkurrerende tjeneste er etablert og markedet har tilpasset seg dette.
2. Monopolpris ved etablering på 5000 USD/MHz/mnd og holder seg gjennom hele levetiden.

3. Fri konkurransepris på 1000 USD/MHz/mnd og som holder seg gjennom hele levetiden.
4. Monopolpris ved etablering på 5000 USD/MHz/mnd, men at denne faller til 3000 USD/MHz/mnd når en konkurrerende tjeneste er etablert og markedet har tilpasset seg dette.
5. Monopolpris ved etablering på 3500 USD/MHz/mnd, men at denne faller til 1000 USD/MHz/mnd når en konkurrerende tjeneste er etablert og markedet har tilpasset seg dette.

Det er også et spørsmål rundt hvor kjapt aktørene vil ta i bruk et nytt system. Dette er særlig knyttet til investeringer i brukerstyret. Vi har argumentert for at brukerstyret for de foreslåtte alternativene er kompatibelt med eksisterende brukerstyr som blant annet benyttes til geostasjonære satellitter. Ved oppskyting av et konkurrerende LEO- eller MEO-system vil det kreve investeringer i et helt nytt brukersystem. Dette vil sannsynligvis forsinke adopsjonsraten blant brukerne og redusere konkurransen. Det er heller ikke gitt at et konkurrerende system vil være konkurransedyktig i alle delmarkeder. Det er derfor usikkerhet rundt i hvilken grad et globalt kommersielt system vil konkurrere med tiltakene som foreslås.

Gjennom å simulere 10 000 mulige utfall basert på usikkerheten i hver av parameterne beskrevet ovenfor har vi beregnet en forventningsverdi av hvilke nyttevirksomheter som vil utløses i nullalternativet.

6.1.3. Håndtering av virkninger for utenlandske aktører

En etablering av et kommunikasjonssystem for bredbåndskommunikasjon i nordområdene vil føre til virkninger for en rekke aktører, både norske og utenlandske. I denne analysen har vi valgt å følge vanlig praksis for utredninger innenfor samferdselssektoren og ikke differensiert mellom virkninger som tilfaller norske og utenlandske aktører så lenge de operer på norsk territorium. Dette inkluderer virkninger på konsumentoverskudd som oppstår for aktører som oppholder seg i Norge. Det kan imidlertid diskuteres om for eksempel velferdseffekter for utenlandske maritime aktører som oppholder seg i norske havområder egentlig kan klassifiseres som virkninger for det norske samfunnet. Ved å regne på virkninger for alle aktører som oppholder seg i norske områder, utenlandske som norske, inkluderer vi imidlertid førsteordens virkninger på det markedet som påvirkes direkte, hvilket er i tråd med vanlig praksis i samfunnsøkonomiske analyser. Hvem som drar nytte av og bærer kostnadene ved tiltaket er nærmere drøftet i kapittelet om fordelingsvirkninger.

Satellitalternativene vil føre til virkninger for flere aktører også utenfor Norges grenser. For det regionale satellitalternativet vil dette inkludere sjøsikkerhetseffekter, drifts- og velferdseffekter i den europeiske sonen (utenom norsk sone). For det pan-arktiske satellitalternativet vil dette dekke sjøsikkerhetseffekter, drifts- og velferdseffekter for maritime aktører i hele det pan-arktiske dekningsområdet. Det er også mulige velferdseffekter for flypassasjerer og forsvarseffekter for andre land. Slike virkninger kan imidlertid ikke anses som virkninger for aktører i Norge og er derfor ikke tatt med i vurderingen utover de kommersielle og strategiske verdiene de kan generere for norske aktører.

6.1.4. Håndtering av usikkerhet

Det er stor usikkerhet knyttet til mange av parameterne i denne analysen, blant annet fordi det ikke eksisterer et lignende marked det kan tas utgangspunkt i ved beregning av markedsverdi og betalingsvillighet (som beskrevet over). I tillegg må satellitter og tilhørende utstyr i stor grad skreddersys til gjeldende formål og dermed kan det være vanskelig å sette en eksakt pris gitt at man ikke har eksakte spesifikasjoner for satellitten og tilhørende nyttelaster. Det samme er gjeldende for bakkesegmentet der det er uklart hvor mye nyinvesteringer som må gjøres og hvor mye som kan kontraheres ut til eksisterende tilbydere av slike tjenester.

Det er derfor i alle beregninger, både av kostnads- og nyttevirkninger, brukt Monte Carlo-simuleringer for å estimere forventningsverdier. Her har vi benyttet tripplestimater for å kunne ta høyde for usikkerhet. Det vil si at vi for hver enkelt kostnads- og nyttevirkning anslår et lavt estimat, et mest sannsynlig estimat og et høyt estimat. Deretter trekkes det tilfeldig mellom disse estimatene og det beregnes et snitt ut ifra flere tusen kjøring. Ut fra dette beregnes en forventningsverdi som benyttes i analysene. Usikkerheten i estimatene og hvilke implikasjoner dette har for robustheten i konklusjonene er drøftet i kapittel 6.6 og vedlegg 4 Dokumentasjon på alternativanalysen i tråd med vanlig praksis i samfunnsøkonomiske analyser.

6.2. Prissatte kostnader

De samfunnsøkonomiske kostnadene som følger av tiltakene kommer i form av investeringer i og drift av kommunikasjonssystemene. For bakkesystemet innebærer investeringene å sette opp mobilmaster på Svalbard, Bjørnøya og oljeplattformer på Goliat-, Johan Castberg- og Wisting-feltet. For satellittalternativene kreves investeringer i satellittplattformer og aktuelle nyttelaster, oppskytning av satellittene og forsikring til disse elementene. Deretter følger kostnader til etablering av bakkesystemer og drift av disse. Vi har også beregnet prosjektkostnader for alle alternativene som inkluderer kostnader i en planleggings- og byggeperiode før systemene er operative.

De samfunnsøkonomiske kostnadene knyttet til alternativene er delt inn i følgende kategorier:

- Investeringskostnader
- Driftskostnader
- Prosjektkostnader
- Skattefinansieringskostnadene

En sammenstilling av alle kostnadene er vist i tabellen under:

Tabell 6: Prissatte kostnader (Nåverdi, MNOK 2017)⁸⁶

Virkning	Alternativ 1	Alternativ 2a	Alternativ 2b	Alternativ 3
Investeringer	-85	-1164	-2075	-2643
Driftskostnader	-95	-117	-347	-379
Administrative kostnader	-13	-54	-65	-77
Skattekostnader (netto)	-6	-187	-107	257
Samlede kostnader	-200	-1 522	-2 595	-2 842

6.2.1. Investeringskostnader

Investeringskostnadene for alternativene inkluderer kostnader knyttet til å sette opp kommunikasjonssystemene. For alternativ 1 innebærer dette å sette opp 12 mobilmaster hvorav åtte på Svalbard, én på Bjørnøya og én mast på tre produksjonsplattformer i Barentshavet. Dette inkluderer også tilkobling til telekommunikasjonsnett. For de resterende alternativene omfatter investeringskostnadene selve satellittplattformene og de nyttelastene som er relevante for hvert alternativ knyttet til de ulike frekvensbåndene (Ka-, Ku- og X-bånd). I tillegg følger investeringer i bakkeutstyr for satellittene. Det inkluderer

⁸⁶ Det er et avvik på 1 i summeringen av samlede kostnader på alternativ 1 og alternativ 2b på grunn av avrunding.

blant annet antenner, tilhørende bygninger og utstyr som kreves for å drifte satellittene. Tabellen under viser investeringskostnad for hvert alternativ relativt til nullalternativet.

Tabell 7: Investeringskostnader (Nåverdi, MNOK 2017)

Alternativ 1	Alternativ 2a	Alternativ 2b	Alternativ 3
-85	-1164	-2075	-2643

Det er et spesielt stort sprang i investeringskostnadene fra alternativ 1 (landbasert mobiløsning) sammenlignet med de resterende alternativene. Dette skyldes at man går fra et minimumsalternativ med å sette opp noen mobilmaster til et fullt satellittsystem som inkluderer høye kostnader til satellittplattform og oppskyting.

Investeringskostnadene for det bakkebaserte systemet er høyere enn det man forventer sammenlignet med et lignende system på fastlands-Norge. Mobilmastene må etableres i områder med lite infrastruktur og i vernesoner på Svalbard. Dette vil bidra til å øke kostnadene betraktelig sammenlignet med etablering med et lignende system på fastlands-Norge.

Oppskyting av satellittene vil føre til den samme kostnaden i alle alternativene, uavhengig av om det er én eller to satellitter som skal skytes opp. En HEO-bane ligger relativt langt ut, og oppskytingen av satellittene fordrer derfor en rakett av en viss størrelse for å kunne ta satellittene helt ut til ønsket bane. I alle alternativene er det lagt til grunn anvendelse av den samme raketten⁸⁷. Kostnadsberegningene inkluderer også eventuelle merkostnader forbundet med risikoen for feil ved oppskyting av satellittene utover det som dekkes av forsikringen. Eventuelle uhell ved oppskyting vil også føre til forsinkelser hvilket er tatt hensyn til i beregningen av nyttevirkninger.

Satellittplattformene i de tre satellittalternativene er av ulik størrelse, og har plass til ulikt antall nyttelaster med ulik størrelse. Dette gir også et utslag på investeringskostnadene. Jo større dekningsområde, jo større er satellittplattformen og jo flere og større nyttelaster vil plasseres på satellitten. Dette driver investeringskostnadene opp for de mest omfattende systemene.

I satellittalternativene kreves det også noen investeringer i bakkeutstyr for å kunne nyttiggjøre seg av satellitten. Denne er forutsatt lik i alle alternativ 2b og 3, og noe lavere i alternativ 2a.

6.2.2. Driftskostnader

For det bakkebaserte alternativet er drift- og vedlikeholdskostnader knyttet til de 12 LTE-mastene som etableres for dette alternativet.

For satellittalternativene inkluderer driftskostnadene kostnader til drift og vedlikehold av bakkesegmentet. Dette inkluderer antenner, bygninger og teknisk utstyr knyttet til kontroll- og trafikkovervåkning. I tillegg kommer lønnskostnader til årsverkene tilknyttet døgnkontinuerlig drift av satellittene. Det legges til grunn at disse tjenestene kjøpes fra en allerede eksisterende satellittoperatør.

⁸⁷ SpaceX Falcon 9-rakett.

Tabell 8: Driftskostnader (Nåverdi, MNOK 2017)

Alternativ 1	Alternativ 2a	Alternativ 2b	Alternativ 3
-95	-117	-347	-379

Driftskostnadene er tilnærmet like for alle satellittalternativene der det er store faste kostnader. Likevel er det noe forskjell i driftskostnader, som skyldes ulik levetid, og at alternativ 2b og 3 vil kreve noe mer utstyr fordi det er to satellitter. Forsikringskostnadene øker proporsjonalt med investeringene og er derfor høyere for de mest omfattende systemene. Forskjellen i driftskostnadene for alternativ 2b og alternativ 3 er kun relatert til forsikringskostnaden og at denne øker med antall nyttelaster.

6.2.3. Administrative kostnader

Administrative kostnader inkluderer alle typer kostnader som medfølger planleggingen av prosjektet. Her er det tatt utgangspunkt i Space Norways anslag for gjennomføring av et HEO-prosjekt med et pan-arktisk dekningsområde. Alternativ 1 anses for å være et vesentlig enklere prosjekt å planlegge, mens planleggingskostnadene for satellittalternativene øker med mengden nyttelast på satellittene.

Tabell 9: Administrative kostnader (Nåverdi, MNOK 2017)

Alternativ 1	Alternativ 2a	Alternativ 2b	Alternativ 3
-13	-54	-65	-77

6.2.4. Skattefinansieringskostnader

Skattefinansiering av offentlige tiltak innebærer kostnader for samfunnet fordi det oppstår et effektivitetstap som følge av inndrivelsen av skatt og avgifter. Denne kostnaden betegnes som skattefinansieringskostnad, og er satt til 20 prosent av endring i offentlige inntekter og utgifter, i tråd med Finansdepartementets rundskriv R-109/14. I denne analysen inkluderer dette investeringer og drift av kommunikasjonssystem fratrukket inntekter som tilføres den offentlige operatøren av kommunikasjonssystemet. For alternativ 3 forventes det offentliges inntekter å overgå de samlede kostnadene og derfor gi en netto skattefinansieringsgevinst.

Tabell 10: Skattefinansieringskostnader (Nåverdi, MNOK 2017)

Alternativ 1	Alternativ 2a	Alternativ 2b	Alternativ 3
-6	-187	-107	257

6.3. Prissatte nyttevirkninger

Det er mange aktører, både offentlige og private, som har nytte av et kommunikasjonssystem i nordområdene. Som beskrevet i behovsanalysen kan nytteeffektene i all hovedsak tilegnes fire overordnede virkninger; økt sikkerhet, mer effektiv drift, bedre velferd og økt forsvarsevne. Økt sikkerhet kan i all hovedsak anses som en ekstern virkning som i liten grad vil reflekteres i brukernes betalingsvillighet for bredbånd. Det er derfor gjort egne beregninger av tiltakenes forventede virkning på sparte kostnader knyttet til tap av liv, helse, miljø og materielle verdier. Tiltakets innvirkning på mer effektiv drift og økt velferd vil i stor grad reflekteres av de ulike

brukernes betalingsvillighet for bredbåndstjenester hvilket er reflektert i markedsverdien til tiltakene. Virkninger for forsvaret er basert på Forvarets egne anslag på deres betalingsvillighet for bredbåndskommunikasjon i nordområdene. I avsnittene nedenfor gir vi en nærmere beskrivelse av beregningene av prissatte virkninger. De samlede prissatte nyttevirkningene er vist i tabellen under.

Tabell 11: Prissatte nyttevirkninger (Nåverdi, MNOK 2017)

Virkning	Alternativ 1	Alternativ 2a	Alternativ 2b	Alternativ 3
Sjøsikkerhet	51	46	131	131
Markedsverdi maritim	115	358	1412	2017
Markedsverdi luftfart	0	0	0	1580
Markedsverdi Gov-Ka	0	0	0	248
Forsvaret	0	0	429	429
Samlede nyttevirkninger	166	404	1 972	4 405

6.3.1. Nyttevirkninger i form av økt sjøsikkerhet for maritime aktører

Maritime aktører er en stor brukergruppe som myndighetene, i flere av sine strategier og meldinger, har lagt stor vekt på. Her trekkes særlig sjøsikkerhet frem som en viktig faktor. I behovsanalysen over diskuterte vi hvordan tilgangen på bredbåndskommunikasjon både kan ha en risikoreduserende og en konsekvensreduserende effekt for skipsulykker. Dette er knyttet til bedre planlegging og bedre informasjon ved gjennomføringen av seilaser grunnet bedre tilgang på informasjon om vær- og isforhold. Andre risikoreduserende effekter er knyttet til muligheten for kontinuerlig kontakt med trafikksentraler og andre operasjonssentre på land som kan varsle om mulige hendelser og risikoelementer, samt overvåking av tekniske systemer fra analyseenheter på land. Når det gjelder den konsekvensreduserende effekten er dette særlig knyttet til selve søk- og redningsaksjonen (SAR). Bedre bredbåndstilgang vil gi bedre mulighet for å kunne sende og motta nødmeldinger. De vil også gi en bedre situasjonsforståelse, mer stabil og detaljert kommunikasjon med aktuelle skip og andre ressurser i området, og vil dermed bidra til å tilpasse redningsinnsatsen. Nytteeffektene kommer i form av unngåtte kostnader som følge av:

- Tap av menneskeliv (dødsfall)
- Personskader
- Materielle skader på fartøy (reparasjonskostnader)
- Skade på/tap av last
- Kostnader ved redningsaksjoner
- Kostnader ved akutte oljeutslipp

I beregningene over er det benyttet følgende faktorer for effekt av tiltaket på skipsulykker:

Tabell 12: Forutsetninger for sjøsikkerhetsberegningene

	72-75°N	Nord for 75°N
Sannsynlighetsreduserende effekt	0,5 %	1 %
Konsekvensreduserende effekt for miljøskade og materielle skader	2,5 %	5 %
Konsekvensreduserende effekt for personskader og dødsfall	10 %	20 %
Kostnadsreduksjon for redningsaksjoner	5 %	10 %

Effektene er basert på innspill fra arbeidsmøter, diskusjon med redningsetater samt DNV GLs erfaring med estimering av sjøsikkerhetseffekt for andre sjøsikkerhetstiltak. En mer detaljert beskrivelse av sjøsikkerhetseffektene er presentert i vedlegg 5 Dokumentasjon av sjøsikkerhetsanalyse. Effekt av LTE som alternativ er satt tilsvarende området 72-75°N, som følge av at en betydelig andel av trafikken går relativt nær land eller langt sør der det kan oppnås dekning ved hjelp av landbaserte løsninger eller geostasjonære satellitter.

De beregnede nyttevirkningene av stabil og tilgjengelig bredbåndskommunikasjon for alle alternativene relativt til nullalternativet er vist i tabellen under.

Tabell 13: Nyttevirkinger i form av sjøsikkerhet (Nåverdi MNOK 2017)

Alternativ 1	Alternativ 2a	Alternativ 2b	Alternativ 3
51	46	131	131

Sjøsikkerhetseffektene er størst for Alt. 2b og Alt. 3 som gir full geografisk dekning i hele det aktuelle området 24 timer i døgnet gjennom 15 år etter oppskyting, mens Alt. 2a har både redusert levetid (10 år) og kun tilgjengelighet ca. 14 timer per døgn. Alternativ 1 har ikke full dekning i det aktuelle området, noe som begrenser nyttevirkningene. Likevel gir en bakkeløsning langt bedre dekning langs kysten der en betydelig andel av aktiviteten foregår og hvor risikoen for ulykker er størst.

6.3.2. Kommersialiserbare verdier og brukernytte

Nyttevirkningene for en rekke av aktørene kan verdsettes ved hjelp av markedsverdien av bredbåndskommunikasjonen de ulike alternativene vil kunne generere. Vi har i disse beregningene tatt utgangspunkt i de ulike markeder for bredbåndskommunikasjon som vil etableres og sett på markedspriser som i størst mulig grad kan reflektere betalingsvilligheten innenfor de ulike markedssegmentene. Verdsettingen av disse virkningene tar utgangspunkt i priser for salg av frekvenser⁸⁸ som normalt tilfaller operatøren av systemene ved salg til tjenesteleverandører beskrevet kort innledningsvis i dette kapittelet. Tiltakene vil imidlertid generere verdier utover det som tilfaller operatøren eller eieren av systemet. Tjenesteleverandørene som kjøper kapasitet og videreformidler dette til sluttbruker vil sitte igjen med en andel av denne verdien. Hvor store verdier tjenesteleverandørene vil kunne oppnå vil imidlertid påvirkes av konkurransen i denne delen av verdikjeden, hvilket gjør det vanskelig å anslå verdien av dette. De største tjenesteleverandørene av satellittbaserte bredbåndstjenester er i all hovedsak utenlandske slik at det meste av profitten i dette leddet vil tilfalle utlandet. Brukere med høyere betalingsvillighet enn prisen de må betale vil også kunne få en merverdi utover det som fanges opp i markedsprisen i form av konsumentoverskudd. For tiltak som utgjør en marginal endring i tilbudet av et gode er virkninger i form av endret konsumentoverskudd som regel små. For tiltak som innebærer en vesentlig endring i tilbudet av et gode vil imidlertid konsumentoverskuddet kunne utgjøre en betydelig del av de samlede nyttevirkningene virkningene, hvilket vil være tilfellet for satellittalternativene som vurderes her. Hvor stor andel av totalverdien dette utgjør vil avgjøres av prisen som igjen påvirkes av konkurransen i markedet. Som beskrevet

⁸⁸ Med utgangspunkt i tilgjengelig informasjon om betalingsvillighet for de ulike frekvensbåndene har vi i verdsettelsen av virkninger for de ulike aktørgruppene for enkelthetskyld lagt til grunn at Ka-kapasiteten betjener det maritime markedet mens Ku-kapasiteten betjener luftfartsmarkedet. I praksis vil imidlertid begge frekvensbåndene benyttes til å betjene begge markeder.

innledningsvis i kapittelet er det kjørt en rekke simuleringer med ulike prisscenarier fra monopolpriser til frikonkurranspriser langt under dagens prisenivå for satellittbasert bredbånd. Disse simuleringene vil i stor grad også fange opp mye av de verdiene som potensielt kan tilfalle konsumentene.

Maritime aktører

Virkningene for de maritime aktørene vil som diskutert i behovskapittelet over komme både innenfor sikkerhet, drift og velferd. For å anslå betalingsvilligheten til de maritime brukerne har vi tatt utgangspunkt i markedspriser både ved monopol og under full konkurranse og deretter gjort simuleringer av ulike markedsituasjoner som beskrevet innledningsvis i dette kapittelet og i usikkerhetsanalysen nedenfor. Simuleringene tar hensyn til både usikkerhet rundt betalingsvillighet og andel av kapasitet solgt.

For å skalere totalverdien av kapasiteten mellom de ulike alternativene har vi tatt utgangspunkt i trafikkgrunnlaget (AIS-data). For de regionale alternativene har vi sett på de relevante områdene som en regional satellitt vil dekke og nedjustert totalmarkedet ut ifra AIS-dataene, hvilket tilsvarer en markedsreduksjon på om lag 30 prosent sett opp mot alternativ 3. I alternativet med kun én satellitt er markedsverdien videre redusert med 50 prosent for å ta høyde for verdien av døgnkontinuerlig dekning. Videre er det justert for forskjeller i hvor mye kapasitet som vil være tilgjengelig på de ulike alternativene.

Tabell 14: Kommersialiserbare inntekter og brukernytte for maritime aktører. (Nåverdi MNOK 2017)

Alternativ 1	Alternativ 2a	Alternativ 2b	Alternativ 3
115	358	1412	2017

Nordlige flyvninger

For flyselskaper som flyr over nordområdene, særlig mellom Asia/Europa og Nord-Amerika, vil det være kommersielle verdier knyttet til å kunne tilby passasjerer bredbåndstilgang. Nyttvirkningene er her knyttet til prisen som potensielle tjenesteleverandører er villige til å betale for et slikt produkt. Beregningene av denne nyttvirkningen tar utgangspunkt i informasjon fra Space Norway om hva internasjonale aktører har uttalt om muligheten for å forhåndskjøpe kapasitet for å selge dette videre til flyselskaper. Informasjonen er brukt for å beregne den kommersielle verdien knyttet til nordlige flyvninger og inkluderer inntekter til å dekke en andel av de løpende driftskostnadene.

Det er i beregningene av nyttvirkningene for denne kapasiteten ikke lagt inn forutsetninger om konkurranse eller prisfall i løpet av perioden. Dette er fordi verdsettingen er basert på hva en aktør har indikert at de er villig til å forhåndskjøpe kapasiteten for. Dersom det skulle bli konkurranse ved at et annet LEO- eller MEO-system skytes opp vil dette ikke påvirke inntektene som vil tilfalle operatøren av satellitten og dermed norsk økonomi.

Tabell 15: Kommersialiserbare inntekter fra aeronautiske aktører. (Nåverdi MNOK 2017)

Alternativ 1	Alternativ 2a	Alternativ 2b	Alternativ 3
0	0	0	1580

I tillegg til inntekter for kjøp av kapasiteten, vil denne aktøren også dekke 50 prosent av driftskostnadene. Dette utgjør MNOK 190 i nåverdi.

Det er kun i det pan-arktiske alternativet at disse nyttevirkningene er aktuelle. Siden det meste av flytrafikken går utenfor europeisk sone vil ikke disse nyttevirkningene utløses av et regionalt alternativ. Det vil heller ikke være mulig for et bakkebasert alternativ å tilby bredbåndskommunikasjon til fly. Det er derfor store forskjeller i de kvantifiserte nyttevirkningene.

Inntekter fra andre nyttelaster

I alternativ 3 er det også lagt til grunn en nyttelast med Government-Ka-kapasitet. Inntektsanslagene fra denne nyttelasten er vist under og basert på informasjon fra Space Norway. Denne nyttelasten er kun aktuell i det pan-arktiske alternativet (alternativ 3).

Tabell 16: Kommersialiserbare inntekter fra potensielle aktører. (Nåverdi MNOK 2017)

Alternativ 1	Alternativ 2a	Alternativ 2b	Alternativ 3
0	0	0	248

6.3.3. Nyttevirkinger for Forsvaret

Forsvarets nyttevirkinger av bredbåndskommunikasjon er knyttet til effektivisering av planlegging og gjennomføring av operasjoner i nordområdene. Nyttevirkningene er både av en strategisk karakter (omtalt under ikke-prissatte effekter) og kostnadseffektiviseringseffekter som en følge av bedre kommunikasjonsmuligheter i nordområdene. Det er disse kostnadseffektiviseringseffektene som er kvantifisert her.

Forsvarets strategi i forhold til satellittkommunikasjon går ut på å fordele usikkerheten gjennom å etablere tre nivå med robusthet. Dette er følgende:

1. En nasjonal kjerne som sikrer et minimum garantert tilgang, og som også kan sikre militær sikret satellittkommunikasjon
2. Partnerskapsavtale(r) som sikrer lavest mulig kostnader, for mengde og robusthet
3. Kommersielle avtaler som sikrer kostnadseffektiv åpen kommunikasjon, men som nødvendigvis ikke er operativt kritisk i krise og krig.

Forsvaret er opptatt av å kunne ha noe kapasitet innenfor nasjonal kontroll, fordi det å basere sin tilgang på kommersielle selskaper ikke gir tilstrekkelig sikkerhet for at tjenesten er tilgjengelig i krise og krig. I forhold til strategien over representerer kommersielt kjøp, per i dag, 100 prosent av forsvarets forbruk av satellittkommunikasjon. I beregningene som er gjort her ser vi på kostnadsbesparelser ved at noe av denne kapasiteten flyttes over til et nasjonalt system.

Forsvaret har funnet ut at en partnerskapsavtale typisk er 30-40 prosent billigere enn dagens situasjon med en kommersiell rammeavtale. Dersom Forsvaret antar at en nasjonal kapasitet vil dekke 30 prosent av det totale behovet, vil en samlet løsning med en kommersiell del, en partner og en nasjonal kapasitet koste 45-50 prosent sammenlignet med dagens kostnadsbilde.

Basert på at Forsvaret ønsker å kjøpe mer kapasitet enn det de gjør per i dag, og tatt i betraktning investeringskostnader for materiell knyttet til bakkestasjoner og annen infrastruktur så anslår man en potensiell kostnadseffektivisering på 30 millioner kroner årlig i de alternativene som innebærer investering i et satellittsystem. Forsvaret poengterer også at det er viktig med X-bånd. X-bånd er NATO-standard og det mest effektive frekvensbåndet for Forsvarets bruk.

Tabell 17: Nyttevirksomheter for Forsvaret (Nåverdi MNOK 2017)

Alternativ 1	Alternativ 2a	Alternativ 2b	Alternativ 3
0	0	429	429

6.4. Ikke-prissatte virkninger

Det er svært krevende å prissette noen av virkningene av bredbåndskommunikasjon. Dette er særlig nyttevirksomheter knyttet til den strategiske verdien et norskkontrollert kommunikasjonssystem i nordområdene kan gi, men også andre effekter knyttet til sikkerhet og beredskap. De viktigste av disse virkningene er derfor beskrevet som ikke-prissatte virkninger. Hvilken betydning disse virkningene har og omfanget av dem er svært vanskelig å vurdere. For de fleste av disse virkningene vil forventningsverdien også være relativt marginal. I tillegg vil forskjellene i ikke-prissatte virkninger i stor grad følge forskjeller i prissatt nytte, der alternativene som gir størst prissatte nyttevirksomheter også vil ha de største ikke-prissatte nyttevirksomheter. De ikke-prissatte virkningene har derfor liten innvirkning på rangeringen av alternativer. På bakgrunn av dette har valgt å ikke benytte +/- metoden, men heller fokusert på å gi en grundig beskrivelse og kvalitativ vurdering av virkningene.

6.4.1. Strategiske effekter

Nordområdene er beskrevet som et av Norges mest strategisk viktige områder, både sikkerhetspolitisk og næringspolitisk. Det er derfor lagt vekt på å ha en sterk norsk tilstedeværelse i nordområdet gjennom overvåking og kontinuerlig kontroll over de norske områdene i Arktis. Norske regjeringer har også lagt vekt på å være en vesentlig pådriver og bidragsyter for internasjonalt samarbeid mellom nasjoner med interesse i nordområdene. Et norsk initiativ for å bedre kommunikasjonsinfrastrukturen i nordområdene kan derfor gi flere strategiske fordeler som har en verdi utover mer håndfaste samfunnsøkonomiske effektivitetsgevinster som lar seg kvantifisere.

Det er særlig investeringer i satellittbaserte kommunikasjonssystemer som forventes å ha en strategisk verdi fordi de kan dekke store områder som i dag er uten bredbånddekning. Bedre satellittkommunikasjon vil være en viktig innsatsfaktor under militære operasjoner og øvelser, både i fredstid og mer urolige tider, men også med hensyn til suverenitetshevdelse og kontroll av grenser, særlig i områdene rundt Svalbard.

Norges forsvar er basert på og avhengig av samarbeidet med andre NATO-land. Satellittbasert bredbåndskommunikasjon i nordområdene er i denne sammenhengen strategisk viktig på flere måter. Ved øvelser eller faktiske operasjoner er man avhengig av god kommunikasjon for at allierte styrker skal kunne bidra på en effektiv måte. Bedre kommunikasjonssystemer kan derfor bedre Norges forsvarsevne gjennom å effektivisere allierte nasjoners operasjonsevne i regionen. Et annet argument er at å kunne tilby satellittkommunikasjon til allierte i disse områdene kan gi Norge bedre tilgang til nære alliertes kommunikasjonssystemer i andre deler av verden. Det kan være at Norge da får ta større del i andre lands militære kapasiteter fordi det viser at vi er villige til å bidra med investeringer i infrastruktur i våre nærområder for å styrke forsvarsalliansen.

De strategiske verdiene beskrevet ovenfor er i liten grad reflektert i de prissatte virkningene over og kommer derfor som en tilleggseffekt som potensielt kan være av betydelig sikkerhets- og utenrikspolitisk verdi. Den strategiske verdien øker med dekningsområdet fordi større dekningsområde utløser større verdier for flere nasjoner. Det innebærer at et pan-arktisk kommunikasjonssystem forventes å ha større strategisk verdi enn et system med regional dekning. Hvor stor merverdi det vil gi er det imidlertid vanskelig å gjøre en samfunnsøkonomifaglig vurdering av.

6.4.2. Potensial for å inkludere «Hosted payloads»

Det er flere aktører som har signalisert at de er interessert i å «kjøpe plass» til sin nyttelast på et HEO-system over nordområdene. Det vil si at de ønsker å sende opp sin egen nyttelast på satellittene som inngår i systemet. Dette er ikke nødvendigvis direkte relatert til bredbåndskommunikasjon, og vil i liten grad føre til bedre dekning eller større bredbåndskapasitet i nordområdene. Det er likevel en potensiell nytteeffekt forbundet med disse «hosted payloads» i form av økte inntekter for eieren av satellitten. Aktørene vil selv betale for sine egne nyttelaster, men også for en andel av felleskostnadene knyttet til oppskytning og forsikring, samt driftsutgifter. Derfor kan «hosted payloads» føre til at man kan realisere de tilsiktede nytteeffektene til en lavere nettokostnad. På de satellittplattformene som er lagt til grunn i denne analysen er det ikke plass til å ta med hosted payloads i tillegg til de nyttelastene som er inkludert og prissatt ovenfor. Det er imidlertid fullt mulig å benytte en større satellittplattform for å få plass til flere nyttelaster og det bør gjøres en nærmere vurdering av hvorvidt dette kan være lønnsomt i en forprosjektfase. En aktuell «hosted payload» er en EGNOS-løsning⁸⁹ for nordområdene kalt Arktisk PNT som det er vist interesse for å investere i på et mulig pan-arktisk satellittsystem. Dette er et navigasjonssystem rettet mot luftfart som kan være avgjørende for å imøtekomme framtidige standarder for lufttrafikkstyring i nordlige områder. En slik nyttelast kan derfor ha ytterligere nytteeffekter utover eventuelle inntekter fra inkluderingen av selve nyttelasten. Dette er nærmere beskrevet nedenfor.

6.4.3. Potensielle virkninger for norsk luftfart

Som følge av endringer i det globale lufttrafikkstyringssystemet risikerer man at deler av norsk luftrom som er utenfor tilstrekkelig dekning fra GEO-satellittene vil havne utenfor det internasjonale lufttrafikkstyringssystemet i framtiden. Det kan føre til at standard utrustede fly ikke vil være i stand til å fly utenfor dekningsområdet til det globale lufttrafikkstyringssystemet. Et HEO-satellittsystem med regional eller pan-arktisk dekning over nordområdene med nyttelaster som støtter de GEO-baserte kommunikasjons-, navigasjons- og posisjonssystemene som vil benyttes internasjonalt vil derfor kunne gi store effektivitetsgevinster utover de prissatte virkningene ovenfor. Nytteeffekten av å løse disse utfordringene vil knytte seg til at man slipper å investere i et nytt satellittsystem som løser luftfartens behov senere og kan derfor være betydelige. Det forutsetter imidlertid at det inkluderes nyttelaster med riktig funksjonalitet. Dette må derfor vurderes nøye i den endelige konfigureringen av en eventuell satellittbasert kommunikasjonsløsning for nordområdene.

6.4.4. Ikke-prissatte sikkerhetseffekter

Det er flere sikkerhetseffekter, i tillegg til effektene omtalt under sjøsikkerhet, som kan være gjeldende ved utbygging av et kommunikasjonssystem i nordområdene. De viktigste, slik vi ser det, er:

- Søk- og redningseffekter ved flyulykker
- Oljevern- og beredskapseffekter ved miljøkatastrofer knyttet til produksjonsplattformer
- Tilgang på telemediske tjenester i nødsituasjoner

Søk- og redningseffekter ved flyulykker

Norge har gjennom søk- og redningsavtalen inngått med landene i Arktisk råd et søk- og redningsansvar både ved fly- og maritime ulykker. Den risikoreduserende og konsekvensreduserende effekten for maritime aktører er

⁸⁹ EGNOS står for *European Geostationary Navigation Overlay Service* og er et navigasjonssystem.

verdsatt ved beregning av nyttevirksomheter for sjøsikkerhet under prissatte virkninger. Ved flyulykker er det derimot ikke kvantifisert effekter ved bedre bredbåndskommunikasjon.

De konsekvensreducerende effektene ved flyulykker vil være de samme som ved en maritim ulykke. Det vil være behov for å kunne sende og motta nødmeldinger og overføring av sanntidsinformasjon mellom redningsetatene for å få en best mulig situasjonsforståelse. En slik effekt vil være avhengig av hvor ulykken skjer. Hvis den skjer nær Svalbard vil både det bakkebaserte systemet og alle satellittsystemene kunne dekke dette behovet. Dersom ulykken skjer lenger ute til havs, men fortsatt i den europeiske sonen, vil kun satellittsystemene bidra til å dekke dette behovet. Ved søk- og redningsaksjoner utenfor det europeiske området er det kun det pan-arktiske systemet som er aktuelt for å utløse nyttevirkningene. Her vil det imidlertid høyst sannsynlig være utenlandske aktører som vil påvirkes.

I forventningsverdi er det imidlertid sannsynlig at virkningene knyttet til flysikkerhet vil være relativt lave. Sannsynligheten for slike ulykker er svært liten, særlig innenfor den relativt korte analyseperioden. Det er også begrenset hvor stor konsekvensreducerende effekt bredbåndskommunikasjon kan ha. Gitt de store skadene som ofte inntreffer ved en alvorlig flyulykke, det kalde klimaet i området og de store avstandene søk- og redningsetatene skal dekke vil den skadebegrensende virkningen bedre kommunikasjonssystemer kan gi sannsynligvis være begrenset.

Oljevernberedskap

I sjøsikkerhetsanalysen beregnes tiltakenes effekter av redusert oljesøl i forbindelse med skipsulykker. De konsekvensreducerende virkningene av bedre oljevernberedskap vil imidlertid også gjelde for eventuelle utslipp fra petroleumsvirksomhet som ikke er fanget opp i beregningene. Selv om det potensielle skadeomfanget av en slik ulykke er stort, særlig i de sårbare områdene lengst nord, er risikoen for at en slik ulykke skal inntreffe i løpet av analyseperioden liten. Forventningsverdien av denne ikke-prissatte virkningen er derfor sannsynligvis marginal. Skulle det likevel inntreffe en slik ulykke kan verdien av gode kommunikasjonssystemer for å få en så effektiv oljevernaksjon som mulig være betydelig.

Tilgang på telemedisinske tjenester

I nødssituasjoner kan det oppstå et behov for medisinsk assistanse og kompetanse som ikke finnes i umiddelbar nærhet. Da kan telemedisinske tjenester være et alternativ. For at telemedisin skal fungere tilstrekkelig godt til å utgjøre en forskjell krever det tilgang på stabilt bredbånd som muliggjør videooverføring i sanntid. Denne typen tjenester kan være aktuelle i forbindelse med ulykker på oljeplattformer og i forbindelse med søk- og redningsulykker der man er avhengig av akutt medisinsk hjelp. Som for de øvrige sikkerhets- og beredskapsvirkningene vil virkningen av bedre muligheter for å tilby telemedisin øke med tiltakets dekningsområde med samme relative forhold mellom alternativene som for sjøsikkerhetseffektene.

6.4.5. Mer robust kommunikasjonsinfrastruktur

Et nytt kommunikasjonssystem i nordområdene vil kunne gjøre den samlede kommunikasjonsinfrastrukturen mer robust. Et satellittsystem med regional eller pan-arktisk dekning, eller et LTE-nett som dekker områdene mellom fastlandet og Svalbard gir redundans i forhold til bredbåndsdekningen på Svalbard som i dag er forsynt via en fiberkabel. Videre vil de satellitt-alternativene som vurderes i denne KVUen gi bedre dekning enn geostasjonære satellitter så langt sør som 55°N store deler av døgnet. Det vil kunne gi redundans i forhold til de geostasjonære systemene som øker kommunikasjonsinfrastrukturens samlede robusthet.

6.4.6. Eksterne virkninger ved forskning i Arktis

Utbygging av et kommunikasjonssystem vil legge til rette for at det kan gjennomføres mer forskning i Arktis. Mye av forskningen er knyttet til å samle inn informasjon via sensorer, jordovervåkning og jordsystemforskning. Dersom bedre kommunikasjonssystemer kan legge til rette for enklere fjernavlesning av sensorer kan dette bidra til mer forskning på disse områdene. Dette kan også forbedre kvaliteten på forskningen ved at man hele tiden får oppdatert sanntidsinformasjon og kan tilpasse forskningen etter de løpende resultatene. Deler av denne merverdien vil være fanget opp i de prissatte virkningene knyttet til forskningsfartøyenes etterspørsel etter og betalingsvillighet for bredbåndskapasitet. I den grad bredbåndstilgangen øker omfanget av og kvaliteten på forskningen som gjennomføres kan det imidlertid gi eksterne virkninger utover de kommersielle inntektene forskningsfartøyene genererer.

6.4.7. Næringsutvikling

Flere interessenter har trukket fram betydningen av bredbåndstilgang for den framtidige næringsutviklingen i nordområdene. Flere analyser viser at bedre kommunikasjonssystemer kan legge til rette for økt næringsutvikling. Hvilken betydning bredbåndskommunikasjon har for næringsutviklingen i fremtiden er vanskelig å vurdere. Selv om bredbåndskommunikasjon potensielt kan være en forutsetning for utvikling av ny næringsvirksomhet i nordområdene, er det likevel ikke en tilstrekkelig betingelse for at dette skal inntreffe. Det er mange andre faktorer som er avgjørende for framtidig næringsutvikling, og selv om bredbåndstilgang vil være positivt er det vanskelig å vurdere hvorvidt dette vil gi virkninger av betydning utover det som fanges opp i systemets forventede markedsverdi.

6.4.8. Naturinngrep og miljøskadelige utslipp

Den eneste negative ikke-prissatte virkningen som følger av tiltakene er knyttet til eventuelle skader på natur og miljø. Utbyggingen av det landbaserte alternativet forutsetter at det settes opp mobilmaster rundt Svalbard som vil innebære naturinngrep i sårbare vernede områder. Det vil også være behov for transport av materiale og anleggsarbeid forbundet med byggingen av mastene som kan få negative konsekvenser for natur og miljø. For satellitt-alternativene vil oppskytingen av satellittene medføre noe utslipp av miljøskadelige stoffer som også innebærer en negativ ekstern virkning.

6.5. Vurdering av samfunnsøkonomisk lønnsomhet

I tabellen under presenteres de samlede resultatene for alle alternativene vurdert opp mot nullalternativet.

Tabell 18: Prissatte virkninger i nåverdi (forventningsverdi relativt til nullalternativet, MNOK 2017)⁹⁰

Virkning	Alternativ 1	Alternativ 2a	Alternativ 2b	Alternativ 3
Investeringer	-85	-1164	-2075	-2643
Driftskostnader	-95	-117	-347	-379
Administrative kostnader	-13	-54	-65	-77
Skattekostnader	-6	-187	-107	257
Samlede kostnader	-200	-1 522	-2 595	-2 842
Sjøsikkerhet	51	46	131	131
Betalingsvillighet maritim	115	358	1412	2017
Betalingsvillighet luftfart	0	0	0	1580
Betalingsvillighet Gov-Ka	0	0	0	248
Forsvaret	0	0	429	429
Samlede nyttevirkninger	166	404	1 972	4 405
Netto Nåverdi	-34	-1 118	-623	1 563

Basert på de prissatte virkningene er alternativ 3 klart mest lønnsomt med over 1500 MNOK i forventet netto nåverdi. Dette alternativet forventes også å gi de største ikke-prissatte nyttevirkningene. Alternativet innebærer etablering av et pan-arktisk satellittsystem med døgnkontinuerlig dekning. Det er særlig de kommersialiserbare verdiene og brukernytten som er store i dette alternativet, og som skiller alternativet fra de øvrige. Et regionalt satellittsystem er for lite for å være kommersielt interessant for de store aktørene, til tross for at mye av skipstrafikken befinner seg innenfor systemets dekningsområde. Årsaken er blant annet at et pan-arktisk system vil være kommersielt interessant for tilbydere av bredbånd til det aeronautiske markedet. Etterspørselen etter bredbåndskommunikasjon for flypassasjerer vokser, og ved etablering av et pan-arktisk HEO-system vil det være mulig å tilby bredbåndskommunikasjon til passasjerer på nordlige flyvninger fra Asia/Europa til Nord-Amerika. I tillegg vil et pan-arktisk system fullt ut komplementere de geostasjonære satellittsystemene slik at de kan tilby global dekning hvilket kan gi merverdi utover markedspotensialet som ligger lengst nord.

Kostnadene ved etablering og drift av systemet er også klart høyest for dette alternativet. Det er imidlertid betydelige faste kostnader forbundet med etablering av satellittsystemer blant annet knyttet til oppskyting og bakkeinfrastruktur. I alternativ 3 er potensialet for stordriftsfordeler i stor grad utnyttet ved å inkludere nytte-laster som øker markedspotensialet uten at oppskytningskostnadene stiger hvilket øker lønnsomheten ved alternativet.

Av de andre alternativene er det ingen av alternativene som har en positiv netto nåverdi. Alternativ 1 er marginalt ulønnsomt, men vil kun være relevant for maritime aktører som oppholder seg innenfor dekningsområdet. Alternativet løser ikke kommunikasjonsutfordringene utenfor det relativt begrensede dekningsområdet blant annet knyttet til sjøsikkerhet i øvrige deler av de norske områdene. Det løser heller ikke behovene til Forsvaret eller andre offentlige maritime aktører som opererer utenfor dekningsområdet.

Alternativ 2b som innebærer et fullverdig satellittsystem med regional dekning vil i likhet med en pan-arktisk løsning kunne tilfredsstille disse behovene fullt ut. Alternativet medfører imidlertid betydelige investerings- og driftskostnader, men evner ikke å skape de samme kommersielle verdiene som det pan-arktiske alternativet. Til tross for sjøsikkerhetseffekter i hele det norske området og noe kommersielle inntekter og brukernytte fra maritime aktører er ikke dette tilstrekkelig til å forsvare kostnadene med utgangspunkt i de prissatte virkningene.

⁹⁰ Det er et avvik på 1 i summeringen av samlede kostnader på alternativ 1 og alternativ 2b på grunn av avrunding.

De ikke-prissatte virkningene forventes også å være lavere enn for et pan-arktisk system, men betydelig høyere enn den landbaserte løsningen. Hvorvidt de ikke-prissatte virkningene er tilstrekkelig store til å gjøre alternativet lønnsomt er vanskelig å vurdere, men det vil uansett ikke endre rangeringen i forhold til alternativ 3.

Et regionalt satellittsystem med én satellitt framstår som den minst samfunnsøkonomisk lønnsomme løsningen. Selv om et system med én satellitt er betydelig billigere enn et fullstendig system er nytteeffektene langt lavere enn i de øvrige satellittalternativene, og alternativet innebærer en betydelig andel faste kostnader, særlig knyttet til oppskyting, som gjør at systemet framstår som samfunnsøkonomisk ulønnsomt.

Ettersom en pan-arktisk løsning framstår såpass lønnsomt kan det være grunn til stille spørsmål ved hvorvidt en slik løsning ikke vil realiseres av kommersielle aktører. Det er imidlertid flere grunner til at det framstår som lite realistisk. For det første er noen av nyttevirkningene typiske eksterne virkninger som i liten grad lar seg realisere i et marked. Dette gjelder først og fremst virkninger på sikkerhet og beredskap, men også til en viss grad virkninger for Forsvaret. En kommersiell aktør vil også måtte skatte av profitten fra systemet noe som i en samfunnsøkonomisk forstand primært vil være en fordelingsvinking som ikke reduserer de samlede nyttevirkningene. Det viktigste argumentet knytter seg til forskjellen mellom private aktørers avkastningskrav og kalkulasjonsrenta som legges til grunn i samfunnsøkonomiske analyser. Et satellittsystem innebærer store investeringskostnader ved etablering av systemet og inntekter som fordeler seg over tiltakets levetid. Hvilke avkastningskrav som legges til grunn for diskontering av kontantstrømmene er derfor av stor betydning for lønnsomheten av prosjektet målt i netto nåverdi. I tabellen nedenfor har vi derfor gjort beregninger av den privatøkonomiske lønnsomheten av prosjektet justert for eksterne virkninger, skatt og ulike nivåer på avkastningskrav.

Tabell 19: Beregninger av privatøkonomisk lønnsomhet (forventningsverdi, MNOK 2017)

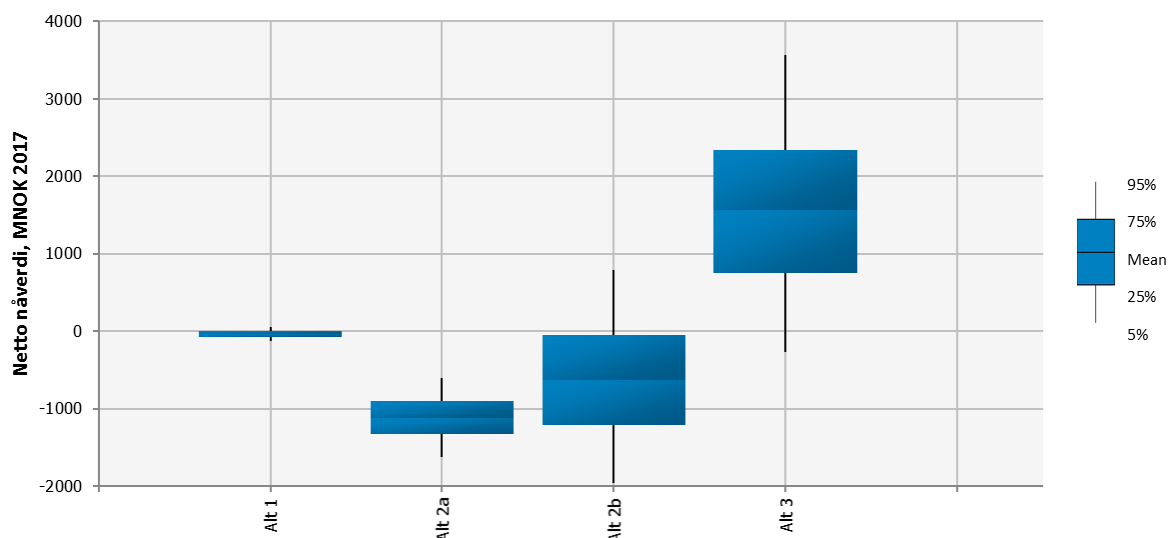
Privatøkonomisk lønnsomhet	Alternativ 1	Alternativ 2a	Alternativ 2b	Alternativ 3
Avkastningskrav 6 %	-74	-1 083	-934	465
Avkastningskrav 15 %	-58	-925	-1 116	-525
IRR				9%

Som tabellen viser er det kun ved avkastningskrav på under 9 prosent at alternativ 3 vil være privatøkonomisk lønnsomt. Basert på indikasjoner fra potensielle private investorer er det for lavt til at det er aktuelt å fullfinansiere et slikt system basert på kommersielle interesser alene.

6.6. Vurdering av usikkerhet

Vurderingen av de samfunnsøkonomiske virkningene baserer seg på en rekke forutsetninger med større eller mindre grad av usikkerhet. Dette kan både være usikkerhet knyttet til enkeltparametere i modellen, men også mer grunnleggende forutsetninger som muligheten for at det etableres nye satellittsystemer med global dekning i nullalternativet. På tross av stor usikkerhet framstår likevel rangeringen av alternativene som relativt robust. Figuren nedenfor viser en samlet vurdering av usikkerheten i de ulike alternativene.

Figur 40: Box-plot (Netto nåverdi relativt til nullalternativet, MNOK 2017)



Som det fremgår av figuren over er de forskjellige alternativene svært ulikt eksponert for usikkerhet. Alternativ 1 har lav usikkerhet (smal boks) sammenlignet med satellittalternativene. Dette er fordi en etablering av et landbasert LTE-system er basert på velkjent teknologi som er bygget ut i stor skala over mange år, hvilket reduserer usikkerheten knyttet til kostnadene. Nytttevirkningene av tiltaket er også relativt lave sett i forhold til øvrige alternativer hvilket også begrenser det mulige utfallsrommet på nyttesiden. Usikkerheten i satellittalternativene øker med mengden nyttebelastning på satellittene. Dette er fordi kostnadene og usikkerheten forbundet med disse naturlig nok øker, men det er i all hovedsak størrelsen på nyttevirkningene som bidrar med mest usikkerhet.

Usikkerheten i beregningene er i stor grad drevet av usikkerheten knyttet til nullalternativet og hvorvidt det etableres globale systemer med konkurrerende dekning eller ikke. Dette har stor innvirkning på hvor store nyttevirkninger de ulike tiltakene kan forventes å utløse. Ettersom usikkerheten knyttet til nullalternativet ikke har noen innvirkning på kostnadene ved tiltaket blir utfallsrommet for netto nåverdiberegningene stort og økende med nyttepotensialet. Denne usikkerhetsfaktoren påvirker imidlertid lønnsomheten til alle alternativer med samme fortegn i form av at høyere konkurranse gir lavere nytte for alle alternativene og har derfor liten innvirkning på rangeringen alternativene i mellom.

På tross av usikkerheten i beregningene framstår rangeringen derfor som robust. Tabellen under viser sannsynligheten for at de ulike alternativene er innbyrdes rangert bedre enn de andre alternativene.

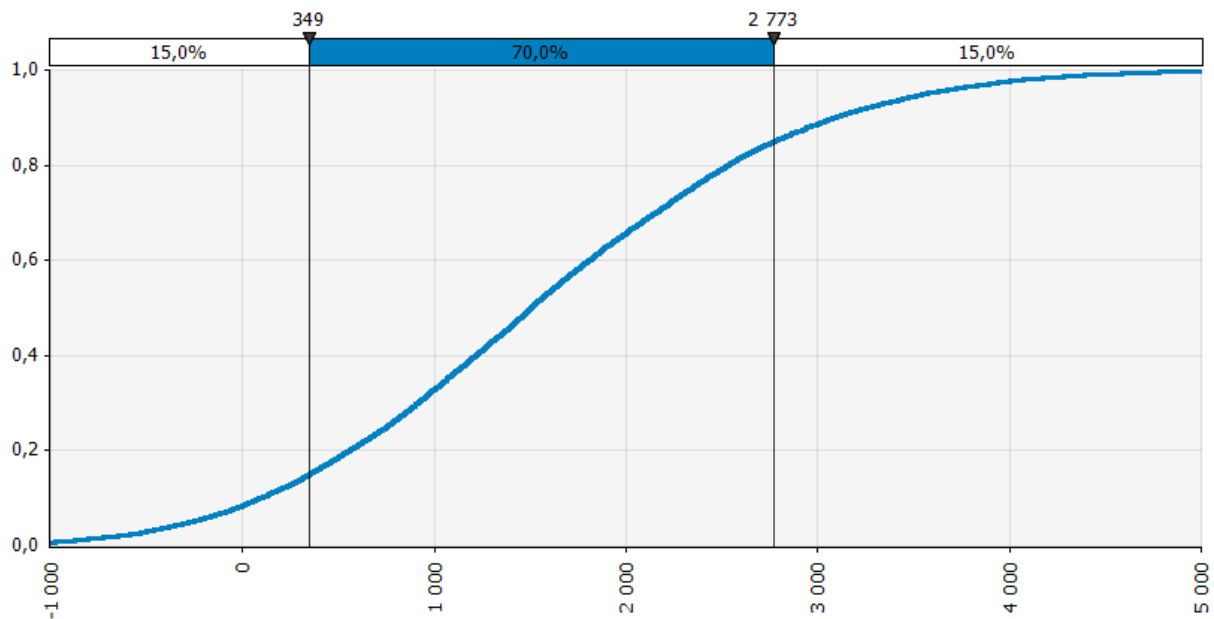
Tabell 20: Innbyrdes rangering mellom alternativene (hvor sannsynlig at alternativene på x-aksen er bedre enn alternativene på y-aksen)

	Alternativ 1	Alternativ 2a	Alternativ 2b	Alternativ 3
Alternativ 1		0 %	25 %	93 %
Alternativ 2a	100 %		78 %	100 %
Alternativ 2b	75 %	22 %		100 %
Alternativ 3	7 %	0 %	0 %	

Som tabellen viser er alternativ 3 (øverst til høyre) bedre enn alternativ 1 i 93 prosent av tilfellene i tillegg til at det alltid er bedre enn de andre satellittalternativene. Dersom en satellittløsning er det foretrukne konseptet er alternativ 3 det klart beste alternativet.

Selv om alternativ 3 fremstår som det beste og mest robuste alternativet er det også størst usikkerhet knyttet til alternativ 3. Det skyldes i all hovedsak at det er dette alternativet som har størst virkninger både på nytte- og kostnadssiden. Samlet usikkerhet for alternativ 3 relativt til nullalternativet er illustrert av S-kurven i figuren nedenfor.

Figur 41: S-kurve alternativ 3 (NNV, MNOK 2017)



Følgende kan leses ut av S-kurven for alternativ 3:

- p50-verdien er MNOK 1503 (forventet NNV er 1563, jf. Tabell 1)
- NNV er med 70 prosent sannsynlig mellom MNOK 349 og MNOK 2773.
- Det er kun 8 prosent sannsynlig for at NNV er negativ, hvilket ville innebære at nullalternativet var mest lønnsomt.
- Det er 15 prosent sannsynlig at NNV er høyere enn MNOK 2773.

Samlet indikerer S-kurven at på tross av stor usikkerhet i beregningene er alternativ 3 med stor sannsynlighet samfunnsøkonomisk lønnsomt.

I delkapitlene nedenfor gir vi en nærmere beskrivelse av de største usikkerhetsfaktorene og hvordan de påvirker resultatene. En mer detaljert beskrivelse av metoder og beregninger er presentert i vedlegg 4 Dokumentasjon på alternativanalysen.

6.6.1. Usikkerhet knyttet til sivile brukeres verdsetting av bredbånd

Det er stor usikkerhet knyttet til brukernes verdsetting av bredbåndskapasitet i nordområdene. Den vanlige måten å verdsette goder på i samfunnsøkonomiske analyser er å bruke markedspriser. En av utfordringene i denne analysen er at det ikke finnes et eksisterende bredbåndsmarked i nordområdene i dag som vi kan ta

utgangspunkt i. Det er heller ingen direkte sammenliknbare markeder andre steder som vi kan ta utgangspunkt i. Det mest nærliggende markedet å sammenlikne de aktuelle tiltakene med er markedet for satellittbasert bredbånd fra geostasjonære satellitter som er det markedsledende systemet brukt til å levere bredbåndstjenester til skip og fly i dag. Det geostasjonære markedet er imidlertid et marked preget av sterk konkurranse der enhetsprisene for salg av kapasitet i form av MHz har vært fallende over tid. Årsaken til prisfallet har ifølge markedsaktørene selv vært et stadig økende tilbud av kapasitet hvilket har presset prisene ned. Prisene i det geostasjonære markedet i dag ligger på rundt 3000-3500 USD per MHz per måned, men enkelte markedsaktører har forventninger om at prisene kan fortsette å falle ned mot 1000 per MHz per måned i 2020. Disse prisene gir en god indikasjon på betalingsvilligheten for en marginal økning i kapasiteten i dag, men er lite beskrivende for betalingsvilligheten for bredbåndstilgang uten bredbånddekning fra før. Det er også stor usikkerhet knyttet til hvordan betalingsvilligheten vil utvikle seg i framtiden.

Samtidig som enhetsprisen har falt har forbruket i form av Mbps økt. Totalt viser den historiske utviklingen for det globale maritime bredbåndsmarkedet at månedsinntektene per sluttbruker har holdt seg relativt fast på tvers av fartøyssegmenter. Dette er i tråd med markedstrendene som kan observeres i øvrige bredbåndsmarkeder på land. Det er imidlertid flere elementer som kan føre til at prisutviklingen på kapasitet i form av MHz fra kommunikasjonssatellitter kan stabilisere seg framover. Markedet for salg av bredbånd til luftfartsmarkedet forventes av flere sentrale markedsaktører å vokse dramatisk framover etter hvert som etterspørselen etter bredbåndstilgang fra passasjerer øker. Dette kan føre til en markant vekst i etterspørselen etter satellittbasert bredbånd som kan presse prisen på frekvenser opp. Videre utvikles det stadig ny teknologi som gjør det mulig å utnytte frekvensene bedre slik at hver MHz kan levere høyere hastighet til sluttbrukerne enn tidligere. Dette kan føre til at prisen per MHz opprettholdes selv om enhetsprisen i Mbps til sluttbruker fortsetter å falle. Det er med andre ord også stor usikkerhet knyttet til prisen på satellittbasert bredbåndskapasitet i det geostasjonære markedet.

Videre kan det stilles store spørsmål ved hvor representative prisene i det geostasjonære markedet er for betalingsvilligheten for bredbåndskapasitet i nordområdene. Ettersom det ikke er noe tilbud av bredbåndskommunikasjon i nordområdene i dag vil et nytt kommunikasjonssystem med bredbåndskapasitet innebære en overgang fra ingen til full bredbånddekning. Det er på ingen måte en marginal endring i tilbudet hvilket betyr at betalingsvilligheten kan være langt høyere i nordområdene enn prisene det opereres med i det geostasjonære markedet, som i større grad reflekterer den marginale betalingsvilligheten i et frikonkurransemarked. Et nytt satellittsystem vil i utgangspunktet også være enetilbyder i markedet hvilket også kan føre til at tjenesteleverandørenes betalingsvillighet for frekvenser er betraktelig høyere i nordområdene enn de er i det geostasjonære markedet som er preget av «overkapasitet». Det er få liknende markeder med tilnærmet monopolpriser å ta utgangspunkt i. I enkelte områder i Canada kan imidlertid bredbåndoperatører med monopol vise til enhetspriser opp mot 5000-6000 USD per MHz per måned, hvilket kan tyde på at betalingsvilligheten er høy når ressursen er knapp og konkurransen er begrenset. Hvorvidt et nytt kommunikasjonssystem i nordområdene vil være enetilbyder med bredbåndskapasitet er imidlertid også høyst usikkert i og med at flere kommersielle aktører jobber med å utvikle nye globale satellittsystemer som har potensial til også å kunne tilby bredbånd i nordområdene. Dersom bredbåndstilbudet øker faller betalingsvilligheten og verdien av den ekstra kapasiteten tiltaket bidrar med betraktelig. Det er med andre ord stor usikkerhet rundt hvilken markedsverdi som bør legges til grunn for å verdsette et nytt kommunikasjonssystem med bredbåndskapasitet i nordområdene.

Selv om det landbaserte alternativet vil være et annerledes kommunikasjonssystem med ulik markedsinnretning enn de satellittbaserte systemene omtalt ovenfor vil verdien av et slikt system være minst like følsomt for konkurranse fra nye satellittbaserte kommunikasjonssystemer med arktisk dekning. Det er derfor lagt til grunn

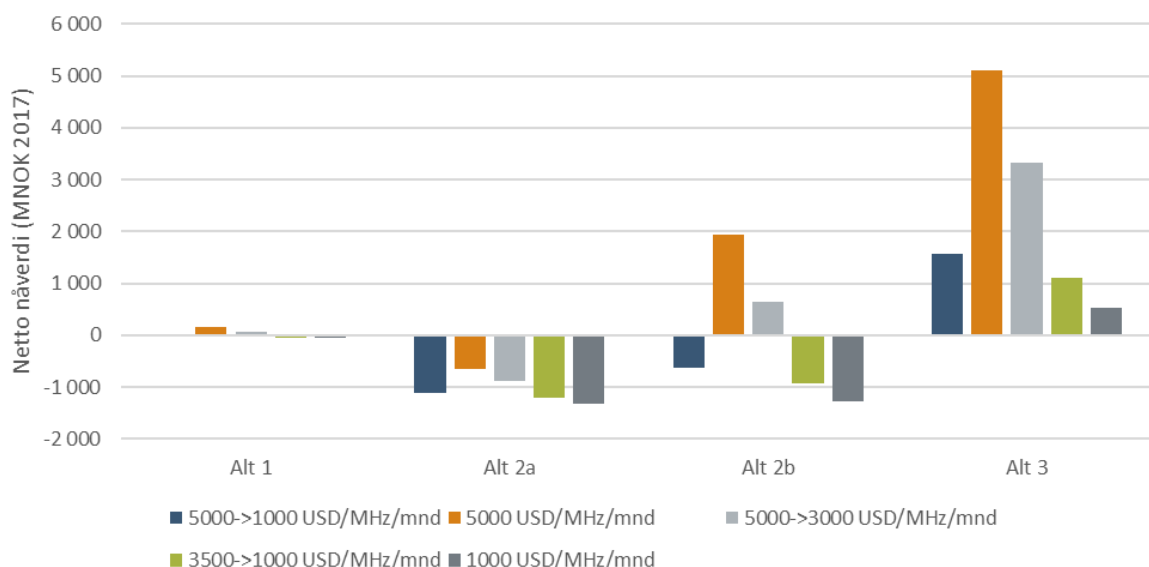
tilsvarende usikkerhet i markedsverdien for dette alternativet selv om enhetsprisene her er beregnet på en annen måte.

For å ta hensyn til den store usikkerheten knyttet til verdsettingen av tiltaket og hvordan det påvirker lønnsomheten til de ulike alternativene har vi gjennomført flere følsomhetsanalyser som legger til grunn ulike gjennomsnittspriser over analyseperioden. Følsomhetsanalysene er kun gjort for verdien av Ka-båndet ettersom det er lagt til grunn forhåndssalg av Ku-, og Gov-Ka-kapasiteten hvilket fjerner usikkerheten knyttet til markedsrisiko. Det er gjennomført en analyse av fem ulike scenarier, der ulike priser (i USD/MHz/mnd) vurderes:

1. Monopolpris ved etablering på 5000 USD/MHz/mnd som faller til 1000 USD/MHz/mnd når en konkurrerende tjeneste er etablert og markedet har tilpasset seg. Dette er det som er lagt til grunn i hovedalternativet i analysen.
2. Monopolpris ved etablering på 5000 USD/MHz/mnd som holder seg gjennom hele levetiden.
3. Frikonkurranspris på 1000 USD/MHz/mnd som holder seg gjennom hele levetiden.
4. Monopolpris ved etablering på 5000 USD/MHz/mnd, men at denne faller til 3000 USD/MHz/mnd når en konkurrerende tjeneste er etablert og markedet har tilpasset seg dette.
5. Monopolpris ved etablering på 3500 USD/MHz/mnd, men at denne faller til 1000 USD/MHz/mnd når en konkurrerende tjeneste er etablert og markedet har tilpasset seg dette.

Resultatene av disse scenariene er vist i figuren nedenfor:

Figur 42: Sensitivitetsanalyse av pris per MHz for Ka-kapasiteten (Netto nåverdi, MNOK 2017)



Som tabellen viser er det kun alternativ 3 som har positiv netto nåverdi i alle de fem scenariene. Alternativ 2a er negativ for alle scenarier, mens Alternativ 1 og 2b er positiv i de scenariene der prisen for kapasitet er høyest.

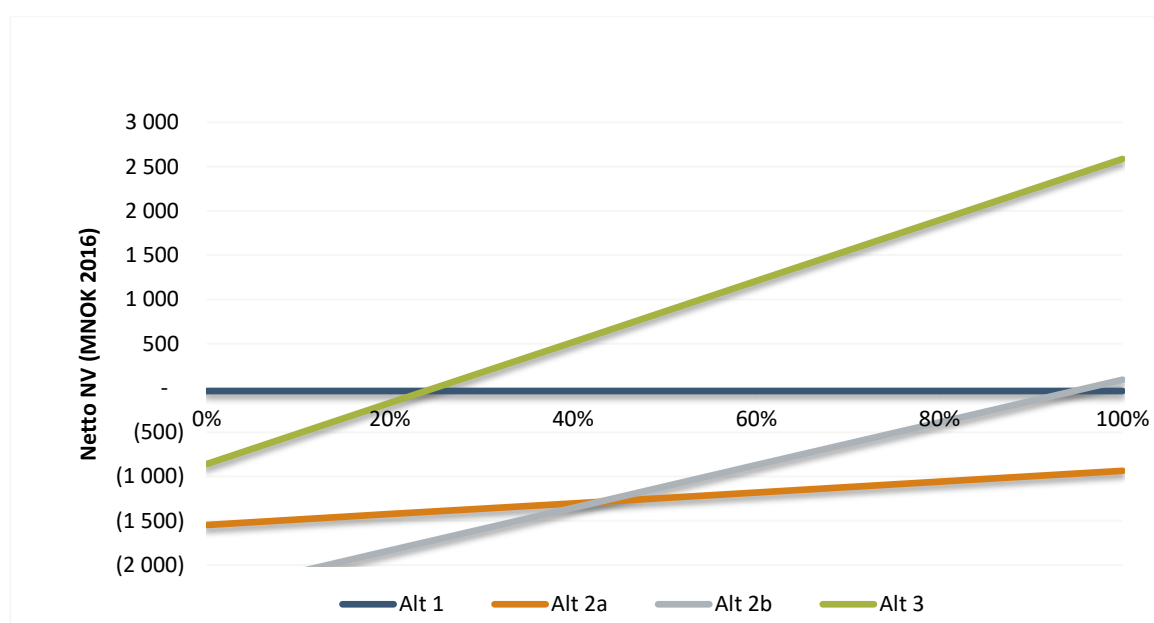
Ytterligere følsomhetsanalyser med konstante priser gjennom analyseperioden viser at dersom prisen er høyere enn ca. 700 USD/MHz/mnd vil Alternativ 3 være det klart beste alternativet. For priser over ca. 2500-3500 USD/MHz/mnd. vil hhv. Alternativ 2b gi høyere netto nåverdi enn Alternativ 1. Alternativ 2a er alltid lavest rangert.

Verdsettingen av Ku-kapasiteten er i liten grad påvirket av usikkerheten rundt et mulig konkurrerende system ettersom Space Norway kan vise til konkret interesse for forhåndkjøp av hele kapasiteten. Hvorvidt et eventuelt forhåndssalg lar seg realisere til forventet verdi er imidlertid også usikkert. Dersom hele forhåndssalget faller bort vil nytteverdien av alternativ 3 reduseres med 1389 MNOK. Kapasiteten vil imidlertid kunne selges til andre aktører hvilket innebærer at det er lite sannsynlig at verdien vil kunne falle ned mot null.

6.6.2. Usikkerhet knyttet til kapasitetsutnyttelse

Markedsusikkerheten kan i tillegg til å påvirke betalingsvilligheten for bredbåndskapasiteten alternativene tilbyr også kunne påvirke hvor stor andel av kapasiteten som til hver tid blir utnyttet. Virkningene av redusert kapasitetsutnyttelse på alternativenes lønnsomhet er i stor grad tilsvarende virkningene av redusert betalingsvillighet. Følsomhetsanalyser av hvordan forskjellig kapasitetsutnyttelse påvirker alternativenes lønnsomhet gitt verdsettingen som er lagt til grunn i hovedalternativet er vist i figuren nedenfor.

Figur 43 Andel salg av Ka-kapasitet



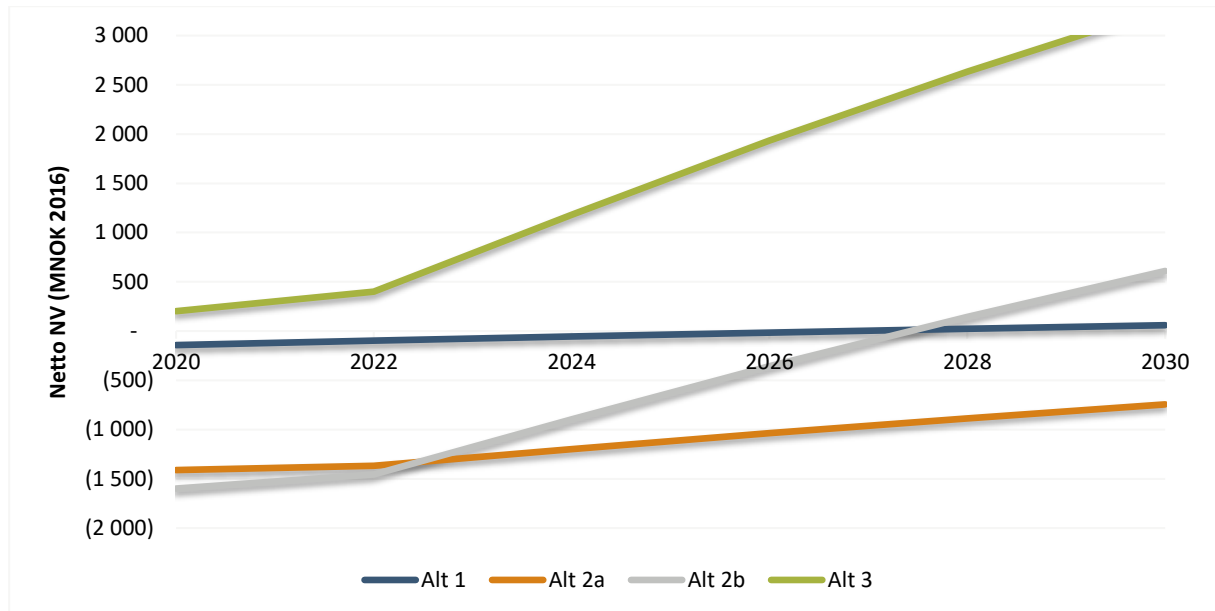
Figuren viser hvordan netto nåverdi endres dersom andel av Ka-kapasiteten endres fra 0 prosent (ikke noe salg) til 100 prosent (all kapasitet selges). Som det fremgår er alternativ 3 beste alternativ så lenge andel salg av Ka-kapasiteten overstiger ca. 25 prosent. I disse beregningene antas det at pris per MHz faller fra 5000 til 1000 USD/MHz/mnd til i løpet av perioden, slik det er lagt til grunn i hovedanalysen. Først ved ca. 100 prosent salg av Ka vil Alternativ 2b ha høyere netto nåverdi enn alternativ 1.

6.6.3. Usikkerhet knyttet til når et eventuelt konkurrerende kommunikasjonssystem vil være etablert i det arktiske markedet

Som følsomhetsanalysen over viser er resultatene svært følsomme for hvilke priser som legges til grunn for verdsettingen av tiltaket. Dette vil i stor grad styres av om det finnes konkurrerende systemer som kan tilby bredbåndskapasitet i nordområdene eller ikke. Tidspunkt for når et eventuelt konkurrerende system vil kunne tas i bruk og presse verdien av alternativene ned vil derfor være av stor betydning for lønnsomheten av tiltakene.

I figuren nedenfor har vi derfor beregnet hvordan tidspunktet for når et konkurrerende system er i drift påvirker resultatene.

Figur 44: Følsomhetsberegning av tidspunkt for når et konkurrerende system er operativt i nordområdene

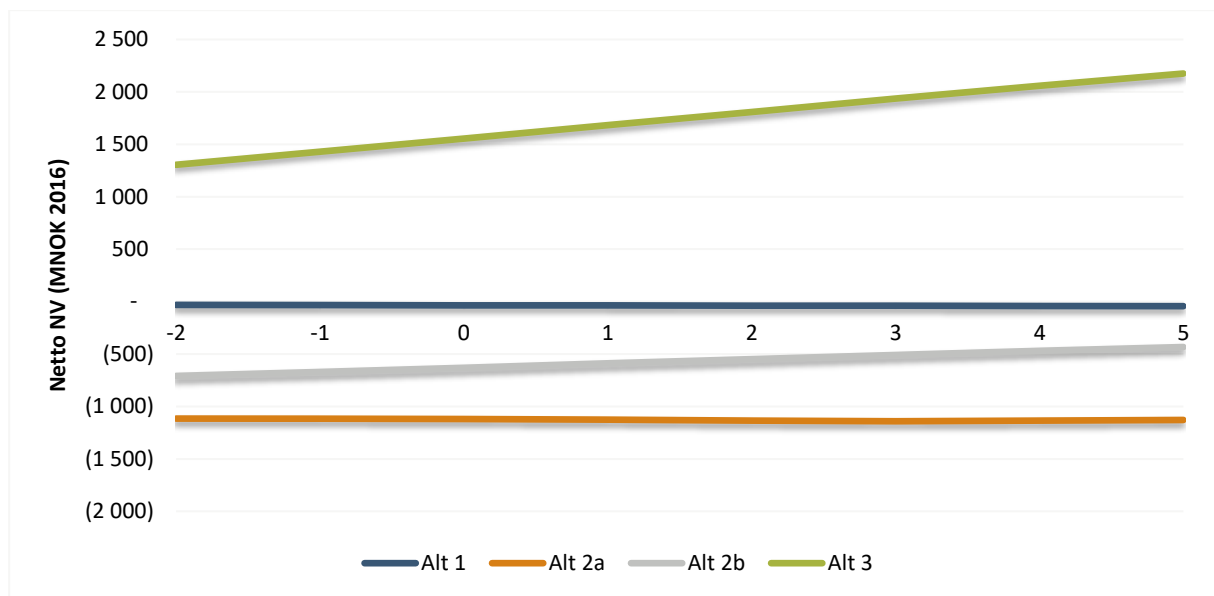


Som figuren viser så er Alternativ 3 det alternativet med høyest forventet netto nåverdi uavhengig av når et konkurrerende system er operativt. En av årsakene til dette er at dette alternativet også innebærer salg av Ku-kapasitet som ikke er like følsomt for konkurrerende systemer siden verdsettingen her er basert på forhåndssalg av kapasitet. Hvilket tiltak som rangeres som nummer to bestemmes imidlertid av hvorvidt konkurransen inntreffer før 2028 eller etter.

6.6.4. Usikkerhet knyttet til tiltakenes levetid

Tiltakenes levetid er også av betydning for lønnsomheten av tiltaket. Erfaringsmessig viser det seg ofte at satellitters levetid er konservativt anslått og at satellittene i praksis kan benyttes lenger enn antatt. Figuren nedenfor illustrerer hvordan tiltakenes levetid påvirker resultatene.

Figur 45: Følsomhetsanalyse knyttet til satellittenes levetid sett opp mot hva som er forventet



Resultatene viser at rangeringen er uavhengig av satellittenes levetid utover hva som er antatt i analysen.

6.7. Fordelingsvirkninger

I det store og hele forventes fordelingsvirkningene av tiltakene å være av beskjeden betydning. Alle tiltakene vil tilby bredbåndskapasitet som kan omsettes i et marked hvilket vil innebære at de som oppnår en nytteverdi av tiltaket også vil være de som bærer mye av kostnadene. Hvordan virkningene vil fordele seg mellom de ulike aktørgruppene vil imidlertid være avhenge av hvilken gjennomføringsmodell som velges og graden av konkurranse i de ulike delene av verdikjeden.

Den mest nærliggende gjennomføringsmodellen vil innebære en systemeier, enten helt eller delvis statseid, som opererer satellitten og selger kapasitet i form av et frekvensspektrum til en eller flere tjenesteleverandører. Tjenesteleverandørene vil videre typisk selge bredbåndstilgang til sluttbruker gjennom abonnementer. Dersom operatøren er en tilbyder i markedet og opptrer som en profittmaksimerende monopolist vil det meste av overskuddet tilfalle eieren av systemet. Ettersom staten sannsynligvis vil ha en betydelig eierandel i systemet kan myndighetene alternativt velge å ta en lavere pris for å gjøre produktet tilgjengelig for flere brukere. Det vil i tilfelle innebære at staten bærer en større del av kostnadene og at nytteeffektene i større grad tilfaller sluttbrukerne eller tjenesteleverandørene avhengig av konkurransesituasjonen i distributørleddet. Dersom kapasiteten i frekvensbåndet fordeles på flere tjenesteleverandører vil det meste av overskuddet i en slik situasjon tilfalle sluttbrukerne. Hvis en tjenesteleverandør får enerett på frekvenser er det sannsynlig at prisen for sluttbruker vil bli høyere slik at det meste av fortjenesten tilfaller distributørleddet.

Dersom det kommer et eller flere globale kommunikasjonssystemer som tilbyr bredbåndskapasitet i nord-områdene vil fordelingen av virkningene i større grad bestemmes av markedet. Blir konkurransen høy vil prisene trolig presses ned slik situasjonen har vært i det geostasjonære markedet og sluttbrukerne vil sitte igjen med det meste av gevinsten.

Dersom disse elementene blir håndtert på en hensiktsmessig måte viser resultatene fra denne KVUen at et satellittsystem med pan-arktisk bredbånddekning kan være av stor verdi for samfunnet.

7. Drøfting og anbefaling

Basert på en samlet vurdering av alternativene anbefaler vi at det igangsettes videre planlegging av alternativ 3, et satellittbasert kommunikasjonssystem med pan-arktisk dekning. Alternativet innebærer investering i og oppskyting av to kommunikasjonssatellitter i høy-elliptisk bane over nordområdene som kan tilby bredbåndskommunikasjon nord for 72°N.

Med utgangspunkt i resultatene fra alternativanalysen og de mål og krav som er satt i denne KVUen anbefaler vi at det settes i gang videre planlegging av et satellittsystem med pan-arktisk bredbåndskdekning i nordområdene. Et satellittsystem med pan-arktisk bredbåndskdekning i nordområdene framstår som det klart mest samfunnsøkonomisk lønnsomme alternativet og oppfyller alle mål og krav fullt ut. I tillegg til å ha store positive prissatte virkninger vil tiltaket også kunne være av betydelig strategisk verdi for Norge. Videre har den anbefalte løsningen også potensial for å løse utfordringer med å imøtekomme framtidige standarder for lufttrafikkstyring i de nordligste delene av norsk luftrom. Tiltaket vil i det store og hele fullt ut kunne oppfylle alle kommunikasjonsbehov i nordområdene. I tillegg til å dekke norske aktørers kommunikasjonsbehov kan tiltaket også utløse betydelige kommersielle inntekter som kan mer enn overgå kostnadene forbundet med å etablere systemet.

Hvor lønnsomt tiltaket vil være er imidlertid svært usikkert. Årsaken er at hele eller deler av nytteverdien av bredbåndskommunikasjon i nordområdene potensielt kan utløses i nullalternativet av kommersielle systemer med global dekning. Dersom det realiseres et globalt satellittsystem som tilbyr bredbåndskommunikasjon i nordområdene til konkurransedyktige priser vil det redusere nytteverdien av tiltaket betraktelig. Hvorvidt dette vil inntreffe, når og med hvilken funksjonalitet er imidlertid uvisst. Det er likevel grunn til å tro at et fullgodt kommunikasjonstilbud i nordområdene ligger et godt stykke fram i tid dersom det utelukkende skal realiseres basert på kommersielle interesser. Følsomhetsanalysene som er gjennomført viser også at det anbefalte tiltaket med stor sannsynlighet vil være samfunnsøkonomisk lønnsomt selv om et av de kommersielle initiativene blir realisert i tråd med de tidsplaner som foreligger i dag. Vår vurdering er derfor at anbefalingen om å iverksette videre planlegging av et nytt kommunikasjonssystem er relativt robust.

Hvilke nyttevirksomheter som utløses vil videre være avhengig av hvilke nyttebelastninger som prioriteres. Ulike frekvensbånd har til dels forskjellige bruksområder og gir nyttevirksomheter for ulike brukergrupper. Satellitten kan bygges ut med flere frekvensbånd for å gi høyere nyttevirksomheter, men dette vil sannsynligvis kreve en større satellittplattform og en større rakett og dermed høyere kostnader. For at nytteeffektene skal kunne realiseres er man også avhengig av å få tilgang til de frekvensene som er lagt til grunn i alternativet. Dette avgjøres gjennom internasjonal frekvenskoordinering og kan være en tidkrevende og vanskelig prosess.

Hvilken driftsmodell som implementeres vil også være avgjørende for hvem som oppnår de største fordelene av tiltaket. I fravær av andre konkurrerende systemer vil operatøren av et nytt kommunikasjonssystem i nordområdene inneha betydelig markedsrett. Dette kan enten brukes til å maksimere inntekspotensialet eller utløse størst mulig verdier for sluttbrukerne. For at det siste skal oppnås kreves det imidlertid at det er tilstrekkelig konkurranse blant tjenesteleverandører som benytter systemet. Fra et samfunnsøkonomisk perspektiv er det derfor sentralt at kapasiteten som blir tilgjengelig i systemet fordeles på flere tjenesteleverandører slik at de samfunnsøkonomiske virkningene blir så høye som mulig.

8. Føringer for forprosjektfasen

Det er flere elementer som må undersøkes nærmere i det videre planleggingsarbeidet før en endelig løsning kan etableres. Blant annet bør det gjøres en nærmere vurdering av hvordan et eventuelt satellittsystem kan optimaliseres med hensyn til hvilke frekvensbånd og andre nyttelaster som bør inkluderes. Videre må det vurderes nærmere hvordan et eventuelt satellittsystem best kan realiseres med tanke på offentlig involvering og eierskap og mulig samarbeid med private og/eller internasjonale aktører. Dersom arbeidet med frekvenskoordinering legger begrensninger på hvordan systemet kan utformes bør det også vurderes og synliggjøres hvordan dette påvirker verdien av systemet før en endelig beslutning gjøres.

Selv om alternativ 3 er relativt detaljert beskrevet i denne KVUen er det flere elementer knyttet til utformingen av systemets spesifikasjoner og driftsmodell som krever en nærmere vurdering i det videre planleggingsarbeidet. Blant annet bør det gjøres en nærmere vurdering av hvordan et eventuelt satellittsystem kan optimaliseres med hensyn til hvilke frekvensbånd og andre nyttelaster som bør inkluderes. I det anbefalte alternativet er det lagt til grunn både Ka- og Ku-bånd i tillegg til X-bånd og Gov-Ka. Både Ka-, og Ku- bånd benyttes til å levere bredbåndstjenester til maritime aktører og luftfart, men krever forskjellig brukerutstyr. Å inkludere begge frekvensbåndene framstår derfor som hensiktsmessig for å sikre at alle sentrale interessenter har mulighet for å dra nytte av systemet uten å investere i nytt brukerutstyr. Det kan også være hensiktsmessig for å sikre tilstrekkelig konkurranse blant tjenesteleverandører. Inkluderingen av X-bånd framstår også som nødvendig for at Forsvaret skal få dekket sine behov fullt ut. Gov-Ka er også rettet mot myndighetenes behov som det er vist interesse og betalingsvilje for.

Det er imidlertid også andre frekvensbånd og mulige nyttelaster som er rettet mot mer spesifikke bruksområder som likevel kan være av stor betydning for enkelte brukergrupper. Her er det spesielt viktig at behovene knyttet til endringer i systemene for lufttrafikkstyring blir nøye vurdert og tilstrekkelig tatt hensyn til i det videre arbeidet. Dette kan blant annet dreie seg om behovet for å inkludere L-bånd og andre satellittbaserte kommunikasjons-, navigasjons- og posisjonsnyttelaster. Det er imidlertid begrenset hvor mange nyttelaster det er plass til på en satellittplattform av en gitt størrelse. Flere nyttelaster kan utløse behov for større satellittplattformer til en høyere kostnad som igjen kan føre til økte oppskytingskostnader. I den videre planleggingen er det derfor viktig at det gjøres en nøye vurdering av hvilke nyttelaster som skal inkluderes slik at systemet utløser størst mulig nytte relativt til kostandene. Slike utfordringer kan til en viss grad løses gjennom å stille krav til at eventuelle primærinteressenter betaler for den merkostnaden en ekstra nyttelast medfører («hosted payloads»). Inkludering av slike «hosted payloads» kan også finansiere deler av de faste kostnadene og øke systemets lønnsomhet.

Hvilke frekvenser som kan benyttes er imidlertid ikke bare opp til operatøren av et satellittsystem. Bruk av de mest ettertraktede frekvensbåndene er underlagt ulike lisensregimer avhengig av hvilke områder som skal dekkes. Dette stiller krav til frekvenskoordinering med andre systemer for å unngå interferens. Jo større områder et satellittsystem skal dekke jo mer utfordrende vil koordineringen bli. For at de forventede nytteeffektene skal kunne utløses er det en forutsetning at systemet får tilgang til de frekvensene som er lagt til grunn i alternativet. Dersom det i det videre planleggingsarbeidet viser seg vanskelig å få tilgang til nødvendige frekvenser kan det være behov for å gjøre en ny vurdering av hvorvidt systemets innretning bør endres og i hvilken grad det vil påvirke tiltakets evne til å utløse ønskede virkninger.

Hvordan et eventuelt satellittsystem best kan realiseres og hvilken driftsmodell som er mest hensiktsmessig må også vurderes nærmere i det videre arbeidet. Dette knytter seg blant annet til spørsmål om grad av offentlig eierskap og samarbeid med private og/eller internasjonale aktører.

9. Referanser

- Aronsen, V. (2017, Januar 19). «Testing av Iridium Pilot i Arktis», Presentasjon gitt i møte med FFI.
- Beadle, A. W., & Diesen, S. (2015). *Globale trender mot 2040 - implikasjoner for Forsvarets rolle og relevans*. FFI-rapport 2015/01452.
- Bråten, L. E., Skauen, A. N., & Yusuf, A. (2016). *Microsatellites in elliptical orbits for satellite communications*. FFI-rapport 16/01896.
- COMSYS. (2015). *The comsys Maritime VSAT Report 4th edition*. COMSYS LLP.
- DNV GL. (2014). *Beyond condition monitoring in the maritime industry*.
- DNV GL. (2014). *Ship Connectivity*.
- Jodalen, V., & Mjelde, T. M. (2016). *HF-kommunikasjon i Arktis analyse basert på målinger*. FFI-Rapport 16/00576.
- Justis- og beredskapsdepartementet. (2016). *Meld. St. 32 (2015-2016) Svalbard*.
- Norsk Romsenter. (2014). *Bredbånd i nordområdene. Satsingsforslag fra Norsk Romsenter*.
- Norsk Romsenter. (2014). *Norsk Romstrategi 2020 Strategiske satsinger og prioriteringer utarbeidet av Norsk Romsenter for perioden 2014-2020*.
- Norsk Romsenter. (2015). *Prosjekt satellittbasert kommunikasjon - bredbånds satellittkommunikasjon i nordområdene med fokus på maritim aktivitet*.
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2013). *Forskrift og fiske- og fangstfartøy under 15 meter største lengde*.
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2015). *Maritime muligheter – blå vekst for en grønn fremtid*.
- Nærings- og handelsdepartementet. (2013). *Meld. St. 32 (2012-2013) Mellom himmel og jord: Norsk romvirksomhet for næring og nytte*.
- Rødseth, Ø. J., Kvamstad, B., & Ho, T. D. (2015). *In-situ Performance Analysis of Satellite Communication in the High North*.
- Utenriksdepartementet. (2011). *Meld. St. 7 (2011-2012) Nordområdene*.
- Utenriksdepartementet. (2014). *Nordkloden. Verdiskaping og ressurser. Klima og kunnskap. Utviklingen nord på kloden angår oss alle*.
- Utenriksdepartementet. (2006). *Regjeringens Nordområdestrategi*.