

# Vedlegg 1-4 til KS1-rapport

## Elektronisk kommunikasjon i nordområdene

### Innhold

Vedlegg 1. Notat 1.....	2
Vedlegg 2. Referansedokumenter .....	9
Vedlegg 3. Møter og samtaler med interessenter i KS1 prosessen .....	10
Vedlegg 4. Stabil elektronisk kommunikasjon i nordområdene .....	13

## Vedlegg 1. Notat 1

### Notat

---

Til : Finansdepartementet v/ Peder Berg  
 Nærings- og fiskeridepartementet v/ Kjetil Kolsrud Jåsund

Kopi : Lars-Erik Østby og Mari Ytrehus Moldestad

Fra : Møreforskning AS og Metier AS

Dato : 31. mai 2017

### Notat nr. 1: KS1 av KVu for elektronisk kommunikasjon i nordområdene

Det vises til oppstartsmøtet 18. april i forbindelse med KS1 av tiltaket Elektronisk kommunikasjon i nordområdene og etterfølgende korrespondanse og møte.

Gjennom dette notatet gir Møreforskning og Metier sin første tilbakemelding til oppdragsgiverne med fokus på følgende punkter i rammeavtalen:

- Dokumentet (KVUen) skal være strukturert med følgende kapitler:
  - Behovsanalyse
  - Strategikapittel
  - Overordnede krav
  - Mulighetsstudie
  - Alternativanalyse
  - Føringer for forprosjektfasen
- KVU/KL skal i henhold til kapiteldisposisjonen være bygget opp i en logisk sekvens. Leverandøren må begynne med å se over behovsanalysen og deretter strategikapitlet osv. Dersom det er grunnleggende mangler eller inkonsistenser i foregående kapitler, vil det ikke være grunnlag for å gå videre i kvalitetssikringen før dette er rettet opp. Eventuelle mangler eller inkonsistenser må påpekes så snart som mulig etter avrop, slik at fagdepartementet kan få mulighet til å sørge for nødvendig oppretting.

Med leverandør i teksten menes ekstern kvalitetssikrer (EKS).

### Foreløpige vurderinger

#### Overordnet om konseptvalgutredningen og sammendrag

KVUen følger i hovedsak den struktur og kapittelinnledning som angis i Finansdepartementets krav og veiledere der følgende kapitler inngår: Innledning, Situasjonsbeskrivelse, Behovsanalyse, Mål og krav, Mulighetsstudie, Alternativanalyse, Drøfting og anbefaling samt Føringer for forprosjektfasen.

Det foreligger ikke noe skriftlig mandat fra eier til utrederne som klargjør sentrale problemstillinger. Utlysningsteksten på Doffin er mer av generell karakter for utarbeidelse av KVU, men inneholder noen føringer som f.eks. at en statlig investering må begrunnes i en samlet vurdering av de norske brukersektorenes behov.

EKS registrerer også følgende i utlysningsteksten på Doffin: «Oppdraget er å utarbeide en konseptvalgutredning (KVU) for satellittbasert kommunikasjon i nordområdene», en tekst utrederne gjengir i sitt mandat (kapittel 1 i KVUen). Dette kan oppfattes som føring for fremtidig kommunikasjonssystem, noe også KVUen bærer preg av. Riktignok har KVUen også inkludert en landbasert løsning.

På mange måter dekker KVUen innholdsmessig hva som forventes i henhold til FIN sine krav og retningslinjer. EKS ser imidlertid grunnleggende svakheter med KVUen; bl.a. en undervurdering av Nullalternativet samt en manglende tydeliggjøring av hva som egentlig er de reelle behovene.

De enkelte behov kan f.eks. ikke henføres til respektive bruker-/interessentgrupper. Det er dermed vanskelig å identifisere hvilke brukere som får innfridd sine behov ved ulike kapasiteter og løsninger for elektronisk kommunikasjon.

Det fremkommer ikke klart om tiltaket skal dekke primærbehovene i norsk økonomisk sone og det norske SAR-området i nordområdet eller om det også skal være et kommersielt anliggende som går langt utenfor det norske området med de muligheter og svært høye risikoer dette medfører.

Basert på prosjektutløsende behov angir KVUen et samfunns mål om bredbåndsdekning i nordområdene uten at det tydelig fremkommer hvordan bredbånd er utledet relatert til brukere/interessenters primære behov. Grensen på 72°N i det prosjektutløsende behov vurderes å være satt for lavt da det i dag er dekning lenger nord.

EKS mener følgelig at Nullalternativet er undervurdert og således ikke gir et reelt bilde av kapasitet og kommunikasjonsmuligheter. Dette gir igjen et inntekspotensial for det dyreste konseptet som er høyt og etter EKS sin vurdering tvilsomt.

På dette grunnlaget er det vanskelig å kunne vurdere selve konseptvalget.

EKS mener følgelig at KVUen med tilhørende dokumentasjon har svakheter og på enkelte områder er til dels mangelfull. Det anbefales at påpekte svakheter og mangler søkes utbedret før KS1-prosessen fortsetter. Nedenfor er noen sentrale områder utdypet nærmere:

### **Behovsanalyse - problemstilling og tiltaksutløsende behov**

KVUen angir at:

*«behovene for bedre kommunikasjonsmuligheter i nordområdene kan i all hovedsak knyttes opp mot fire overordnede drivere: sikkerhet, forsvar, effektiv drift og velferdstilbud (.....) 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.»*

Det er vanskelig å se hvordan det prosjektutløsende behov er utledet av behovsanalysen. I stedetfor å identifisere behov for ulike bruker-/interessentgrupper, har behovsanalysen mer

fokus på å beskrive muligheter for kommunikasjon som bredbåndsdekning kan gi. Bredbånd er i KVUen definert som minimum 2 Mbps nedstrøm og 250 kbps oppstrøm.

Hvilke konsepter med tilhørende løsninger som er aktuelle og hvordan de definerte behovene eventuelt vil bli innfridd innenfor hvert konsept, skal mulighetsstudie og alternativanalysen vise. Bredbånd, slik det her er definert, er etter EKS sin vurdering en av flere mulige løsninger innen elektronisk kommunikasjon og burde derfor først bli drøftet i utforming av konsepter og løsninger i mulighetsstudien.

Som en del av behovsanalysen (interessentanalyse) har utreder gjennomført dybdeintervjuer og et interessentverksted fasilitert av Norsk Romsenter. Det synes som om dybdeintervjuene og interessentverkstedet hadde fokus på hvordan bredbånd via satellittkommunikasjon kan bidra til å ivareta behovet.

EKS savner en oppstilling som viser hvilket behov de ulike interessenter-/brukergrupper har og en prioritering av disse. Det bør klart fremgå hvilke som er norske brukere/interessenters behov.

EKS savner også en konkretisering av forankring og en beskrivelse av verdien gjennom eventuelle behov og mål for et norskkontrollert kommunikasjonssystem i nordområdene, utover at det er blitt nevnt i et representantforslag i Stortinget. Dette er sentralt da norsk kontroll kommer opp som et krav senere i KVUen.

### **Strategi – inkludert samfunns- og effektmål**

Samfunnsmålet er: «Bredbåndstilgang nord for 72°N for å sikre god utnyttelse og forvaltning av nordområdene.»

Målet er utledet av det oppgitte prosjektutløsende behov. Som tidligere nevnt, er imidlertid bredbånd etter EKS sin vurdering en av flere mulige løsninger innen elektronisk kommunikasjon og dermed ikke et mål. Samfunnsmålet kunne f.eks. vært vurdert utformet mer i retning av stabil elektronisk kommunikasjon for å sikre statlige og andre norske behov for god utnyttelse og forvaltning av nordområdene.

Effektmålet er: «Trygge og effektive operasjoner i nordområdene.»

Med operasjoner menes i KVUen all aktivitet som for eksempel skips- og flytrafikk, fiske, petroleumsvirksomhet, forsknings-, overvåknings-, og forsvarsaktiviteter. Med denne definisjonen omfattes det meste av aktivitetene i nordområdene. Det «altomfattende» effektmålet er noe vanskelig å tolke og kunne med fordel vært splittet opp og dermed blitt mer presist og etterprøvbart.

### **Overordnete krav**

I Finansdepartementet sin veileder nr. 9 Utarbeidelse av KVU/KL dokumenter står følgende:

*Det overordnede kravdokumentet skal sammenfatte betingelsene som skal oppfylles ved gjennomføringen. Kravene skal brukes til å avgjøre om løsningsalternativer er gyldige og videre til å drøfte godheten av de gyldige konseptuelle alternativene. Krav som er relatert til effekter som kan omregnes til kroner inkluderes som prissatte konsekvenser i den samfunnsøkonomiske analysen. Krav som helt eller delvis ikke kan innarbeides som prissatte konsekvenser, skal behandles som tiltaksspesifikke ikke-prissatte konsekvenser i den samfunnsøkonomiske analysen*



Det er oppgitt to typer krav i KVUen: Regulatoriske krav som må oppfylles og funksjonelle krav som bør oppfylles dersom samfunns- og effektmålet skal nås. Denne inndelingen er i henhold til FIN sin veileder.

De funksjonelle «bør-kravene» er imidlertid ikke rangert uten at det er forklart hvorfor de dermed sidestilles.

De funksjonelle kravene er i mindre grad målbare. Det mangler bl.a. angivelse av referansen det skal måles mot, samt når og hvordan målinger skal skje.

## Mulighetsstudie

Det er i KVUen gitt en overordnet beskrivelse av mulighetsrommet.

KVUen har lagt vekt på: «Å velge alternativer som er grunnleggende forskjellige, både med hensyn til teknologi, kompleksitet, kostnadsnivå, funksjonalitet og inntekspotensialet.»

Det vurderes som riktig å søke alternativer som er grunnleggende forskjellig. At inntekspotensial er en av faktorene, tyder på at det kommersielle aspektet er vurdert som sentralt. Imidlertid er inntekspotensial ikke drøftet i KVUens tidligere kapitler, heller ikke fremkommet som et behov hos noen av aktørene. EKS mener at inntekspotensial burde vært vurdert og prioritert sammen med øvrige behov, mål og krav samt at forankring av det kommersielle aspektet var tydelig konkretisert.

EKS mener at KVUen undervurderer Nullalternativet, som dermed ikke fanger opp den reelle kapasitet og kommunikasjonsmulighetene som er under realisering og som med stor sannsynlighet vil være tilgjengelig før anbefalt alternativ kan realiseres. KVUens sammendrag illustrerer dette: «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.» EKS er enig i dette, men mener at flere relevante tiltak har kommet lengre og noen er under realisering slik at de bør inngå i Nullalternativet. En «undervurdering» av Nullalternativet evne til å ivareta identifiserte behov får store konsekvenser for resultatet i den påfølgende alternativanalysen.

Til Nullalternativet kan det bl.a. stilles følgende spørsmål:

- Hvor langt nord er det tilfredsstillende dekning i Nullalternativet fra geostasjonære satellitter? EKS mener det er dekning lenger nord enn 72°N med geostasjonære satellitter (GEO), jf. eksempelvis Thor-7. I særskilte tilfeller vil i tillegg også inkluderte geostasjonære satellitter (IGSO – Inclined Geosynchronous Orbit) kunne gi dekning enda lenger nord i enkelte norske interesseområder.
- Hva er reell kapasitet og kommunikasjonsmuligheter fra globale systemer? Iridium NEXT, OneWeb og andre mulige systemer vil gi større kapasitet og kommunikasjonsmuligheter enn hva som fremkommer i KVUen.
- Hvorfor er ikke komprimering og tilsvarende løsninger vurdert? EKS har besøkt en leverandør som i dag tilbyr løsning innen komprimering. Løsningen benyttes bl.a. av Oslo politiet og FN. Løsningen øker overføringsmulighetene betydelig og gjør brukerne mindre avhengig av kapasitetsnivået, f.eks. bredbånd på minst 2 Mbps som KVUen legger til grunn.

KVUen angir et samfunns mål om bredbåndsdekning i nordområdene som avgrensner mulighetsrommet. Som tidligere nevnt er det vanskelig for EKS å se hvordan dette målet og kravet fremkommer og hvordan denne grensen er utledet relatert til primære behov. Dette kravet kan ha betydning for hvilke relevante alternativer som er tatt med videre til alternativanalysen. For øvrig er samfunns målet om bredbånd ikke drøftet i KVUens kapittel

Overordnede krav, men tas direkte inn i mulighetsstudie som et absolutt krav som benyttes til å avgrense mulighetsrommet.

EKS savner en systematisk vurdering og grovsiling av mulige konsepter opp mot relevante absolutte krav som er utledet fra behov, mål og krav.

I større statlige investeringsprosjekter anbefales benyttet en firetrinnsmetodikk for vurdering av tiltak i prioritert rekkefølge:

- Fase 1: Tenke annerledes - Tiltak som påvirker behovet
- Fase 2: Optimalisere - bedre utnyttelse av systemer
- Fase 3: Bygge om - mindre utbedringer og investeringer
- Fase 4: Bygge nytt - større investeringer

EKS kan ikke se at det har vært benyttet en slik tilnærming. KVUen bærer mer preg av å underbygge hvorfor bredbåndløsning må etableres via satellitter, og da primært gjennom et nytt prosjekt med satellitter i høyelliptisk bane (HEO).

EKS har imidlertid ikke noen kommentarer til KVUens valg av konseptuelle hovedretninger:

*«I tillegg til nullalternativet kan de relevante løsningene deles i to konseptuelle hovedretninger; landbasert løsning og satellittløsning.»*

EKS kan imidlertid ikke se at et samarbeidskonsept med andre land eller f.eks. NATO er tilstrekkelig vurdert og utforsket. Avslutningsvis i mulighetsstudien er mulige samarbeidsavtaler berørt uten at dette, etter EKS sin kjennskap, er tatt videre.

## Alternativanalyse

Følgende alternativer er vurdert i den samfunnsøkonomiske analysen:

- 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-bånd nyttelast.
- 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-bånd nyttelaster.
- Alternativ 3a (Alternativ 3 i KVUen): Et system med to satellitter i høyelliptisk bane (HEO-satellitter) som gir 24-timers dekning i hele nordområdet (pan-Arktis dekning). Inkluderer både Ka-, Ku- og X-bånd nyttelaster.

I tillegg er EKS bedt om å analysere:

- Alternativ 3b: Space Norway AS arbeider med et forretningscase med to kommunikasjonssatellitter i høyelliptisk bane, som i alternativ 3a, og som skal levere bredbånd i nordområdene.

Alternativ 3b er en videreutvikling av Alternativ 3a med de samme konseptuelle prinsipper.

EKS anbefaler at de to variantene slås sammen til et oppdatert Alternativ 3.

Nullalternativet som en referanse tiltaksalternativene måles opp imot, er «beregnet» gjennom en simulering av ulike scenarier. Med utgangspunkt i det vi mener er et undervurdert Nullalternativ, som ikke fanger opp reelle kapasiteter og kommunikasjonsmulighetene som er under realisering og som med stor sannsynlighet vil være tilgjengelig før anbefalt alternativ kan realiseres, gir den samfunnsøkonomiske analysen sannsynligvis et for gunstig resultat for tiltaksalternativene.

Det mest kostbare alternativet i KVUen, Alternativ 3, kommer klart best ut med en positiv forventet nåverdi på ca. NOK 1,5 mrd. grunnet anslåtte inntekter på nærmere NOK 4,3 mrd. (nåverdi og eks. sjøsikkerhet). Så langt EKS kan se er det estimerte inntektspotensialet beheftet med svært stor risiko der forhold som bl.a. markedets etterspørsel, teknologisk utvikling, fremtidig kostnadsutvikling, samlet kommunikasjonstilbud i nordområdene i analyseperioden og konkurranseforhold spiller inn. Hoveddelen av denne inntektsstrømmen er forventet å komme fra utenlandske brukere relatert til «velferdsbehovet», som er en av de fire angitte driverne som grunnlag for det prosjektutløsende behovet.

Det synes som tiltaket er dreiet over til å bli et kommersielt initiativ som har beveget seg vekk fra føringene for KVUen: «*En statlig investering må begrunnes i en samlet vurdering av de norske brukersektorenes behov.*» Det er for EKS uklart om tiltaket skal dekke primærbehovene i norsk økonomisk sone, det norske SAR-området i nordområdet, interesseområdet til Forsvaret eller om det også skal være et kommersielt anliggende som går langt utenfor norsk område.

Det behøves utdypende beskrivelser for å kunne gjøre en gjennomgang av de foreliggende alternativene med tilhørende kostnader. Bl.a. har EKS spørsmål knyttet til kostnader innenfor:

- Nettverksoperasjonssenter (Terrestrielt nett)
- Satellittaksessutstyr (Ankersegment)
- Terminalsegment
- Terrestrielt Telenett (PoP)

Det er sentrale områder der EKS har behov for tilleggsinformasjon som utskytingsstrategi, terminalstrategi, frekvensplaner, nyttelast-arkitektur, masse, effekt, rakettytelse, bakkeinfrastruktur (ankerstasjoner, trafikkontrollstasjon, «billing»-systemer).

De ikke-prissatte virkninger er svært overordnet håndtert og det er vanskelig å følge tråden fra behov, mål og krav. EKS savner en systematisk analyse av kollektive goder knyttet til f.eks. forsvarsevne, nasjonal kontroll og sjøsikkerhet, som tydelig viser at de ikke-prissatte effektene faktisk underbygger anbefalt rangering av alternativene.

De enkelte behov er som tidligere nevnt ikke henført til bruker-/interessentgrupper. Det er heller ikke i alternativanalysen gjort noen samlet oppstilling for hvilke behov og for hvem som blir dekket i de ulike alternativer.

Hvis Nullalternativ defineres som en reell referanse med tilhørende kapasitet og kommunikasjonsmuligheter, vil det etter EKS sin vurdering være få primære behov som ikke allerede er innfridd i Nullalternativet når Alternativ 3 realiseres i 2022.

På bakgrunn av foranstående merknader er det vanskelig å kunne vurdere selve konseptvalget.

### **Føringer for forprosjektfasen**

I KVUen er føringer for forprosjektfasen kort beskrevet. Det trekkes her opp en del relevante momenter, dog i stor grad begrenset til problemstillinger knyttet til frekvensbånd og nyttelast.

EKS savner imidlertid aktuelle temaer som overordnet gjennomføringsstrategi, organisering, elementer fra KVU som bør videreføres, alternative kontraktstrategier, suksessfaktorer og fallgruver, styringsmessig fleksibilitet (forenklinger, reduksjoner), gevinstrealiseringsplan, eierstyring etc.

---

Det anbefales at det gjøres en kartlegging og evaluering av gjennomføringsevnen vurdert opp mot hva som er nødvendig for en vellykket realisering av tiltaket.

### Konklusjon

EKS vurderer at KVUen har svakheter og mangler som gjør at KS1-oppgaget ikke kan gjennomføres i henhold til Finansdepartementet rammeavtale og rammeverk. Det anbefales at påpekte svakheter og mangler søkes utbedret før KS1-prosessen fortsetter.

Bl.a. bør prosjektutløsende behov og samfunns mål revurderes. En grunnleggende svakhet i KVUen er et undervurdert Nullalternativ hva angår kapasitet og kommunikasjonsmuligheter. Nullalternativet anbefales utdypet og utredet på nytt. Ny referanse benyttes deretter i den samfunnsøkonomiske analysen.



## Vedlegg 2. Referansedokumenter

- [ 1]    Konseptvalgutredning (KVU) for Elektronisk kommunikasjon i nordområdene
- [ 2]    KVU Vedlegg 1 Dokumentasjon av interessentanalyse
- [ 3]    KVU Vedlegg 2 Dokumentasjon av dagens skipstrafikk og trafikkprognoser
- [ 4]    KVU Vedlegg 3 Dokumentasjon av prognoser for maritime bredbåndsinntekter
- [ 5]    KVU Vedlegg 4 Dokumentasjon av alternativanalysen
- [ 6]    KVU Vedlegg 5 Dokumentasjon av sjøsikkerhetsanalysen
- [ 7]    SARiNOR prosjektet, arbeidspakkerapporter
- [ 8]    Space Norway: Sentralt styringsdokument prosjekt HEO satellitter
- [ 9]    O. Gutteberg: "Low elevation propagation in high latitude regions". Final report. European Space Agency/ESTEC/Contract no 5032/1982
- [10]    Martin Rytir: «Satellite-Earth Propagation Effects at Low Elevation Angles; Measurements and Modelling», PhD thesis, NTNU, 2017

### Vedlegg 3. Møter og samtaler med interessenter i KS1 prosessen

<b>Aktører og interessenter (alfabetisk listet)</b>	<b>Rolle og tema</b>	<b>Hvem</b>
<b>AnsuR</b>	Komprimeringsteknologi bilder og video	Håkon Eggemoen, (managing director) og Magnus Vikstrøm, (senior engineer)
<b>Avinor</b>	ADS-B – planer og utbygging til/på Svalbard	Ulf Røed (senioringeniør)
<b>Cobham</b>	Antenner og terminaler (produsent)	Gjermund Moum (sales manager)
<b>EUROCOM</b>	Store gateway antenner	Kjell Danielsen (adm. direktør)
<b>Finansdepartementet</b>	Oppdragsgiver KS1 sammen med NFD	Peder Andreas Berg og Lars-Erik Østby
<b>Forsvarsdepartementet</b>	Bruker og behov for el. kommunikasjon i nordområdene	Stig-Eivind Nilsson (oberst)
<b>Forsvaret FLO Kolsås og Eggemoen jordstasjon</b>	Frekvenskoordinering. Satellittkapasitet.	Erik Slettengen (teknisk leder satellitt), Tron Henning Johansen, (major) og Jon Røgeberg (senior ingeniør frekvenskoordinering)
<b>Hovedredningssentralen Nord-Norge</b>	HRS erfaringer med kommunikasjon i nordområdene. Behov.	Kåre Øyr (konsulent) og Tore Wangsfjord, (operativ redningsinspektør)
<b>ICE</b>	Dekning på Svalbard	Svein Roger Skaland (senior konsulent)

<b>INMARSAT</b>	S-bånd satellitt. Utrustning på fiskebåter/mindre fartøy	Larry Paul (Inmarsat USA) og NN (Ship Equip/INMARSAT Norge)
<b>Iridium og Radio Holland</b>	Iridium NEXT, erfaringer kapasitet og utvikling.	Dan Mercer (Vice President Sales Iridium)
<b>Jotron</b>	Terminaler	Kjell Nohr (tidligere direktør NERA)
<b>Kystverket</b>	AIS basestasjoner og Maritime Broadband Radio på Svalbard	Kjetil Aasebø, (seniorrådgiver)
<b>Marlink</b>	Marlink sin portefølje og erfaringer med kommunikasjon i nordområdene	Tommy Konkol Dybvad, (Director Sealink Maritime VSAT), Geir Flage (senior engineer Eik Teleport) og Sigmund Virak (Head of Eik Teleport).
<b>Menon og DNVGL</b>	Utredning av KVU	Magnus Gulbrandsen (utredningsleder) Nicolaj Tidemand (estimering)
<b>Nærings- og fiskeridepartementet</b>	Bestiller av KVU og KS1	Kjetil Kolsrud Jåsund og Mari Ytrehus Moldestad
<b>Nødnett</b>	Stabilitet i nettet	NN
<b>Radio Holland</b>	Iridium terminaler	Jan-Erik Skjønsberg (sales manager Radio Holland)
<b>Samferdselsdepartementet</b>	Kystverket AIS/MBR og Avinor ADS-B	Jarl Fjerdingsby (fagdirektør), Øystein Haga Skånland (seniorrådgiver) og Mari Kvaal (rådgiver)
<b>SINTEF</b>	Prosjekt SARINOR arbeids pakke 6	Jan Håvard Skjetne (forsker)
<b>Space Norway</b>	Prosjekt HEO (alt 3 b)	Kjell-Ove Skare (PL), Torolv Bjørnsgaard,

		Birger Johansen, Stein Torvet og Bjørn Roger Andersen
<b>SES Astra/O3b</b>	Terminaler overgang GEO til HEO	Conny Cullman, (styremedlem SES) og Joselyn Reed, O3b
<b>Statistisk sentralbyrå</b>	Stabilitet i telenettet	NN
<b>Telenor Satellite</b>	Business caser for satellittvirksomhet, markedssegmenter, muligheter og utfordringer.	Peter Olsen (Director Space Systems), Hege Lunde (Business Development Director), Per Arne Grotthing (senior engineer), Oddveig Tretterud (senior engineer), Torbjørn Johnsson, (senior Sales Manager) og Stephan Heck (senior engineer).
<b>Telenor Svalbard</b>	Status og planer for telekommunikasjon på Svalbard	Guttorm Albrigt Hansen (adm. direktør)
<b>Telesat Canada</b>	LEO-system og frekvenskoordinering	Tom Eton (Vice President International Sales)
<b>Telia</b>	Mobilutbygging Svalbard	Jon Hillestad (teknisk direktør)

Tabell 1 Aktører og interessenter EKS har hatt møter eller samtaler med i KS1-prosessen.



## Vedlegg 4. Stabil elektronisk kommunikasjon i nordområdene

### Generelt

Begrepet «stabil kommunikasjon» er et komplekst begrep som er vanskelig å gi en entydig teknisk definisjon. Dette er også et populært uttrykk som indikerer hvor bra en bruker oppfatter kommunikasjonen. Generelt forventer brukeren til enhver tid å få satt opp et samband og at sambandet ikke avbrytes av andre årsaker enn at sambandet er avsluttet. Typen av trafikk – tale, bilde, data - vil også ha innvirkning på hva som oppfattes som stabilt.

F.eks. beskriver tilstandsrapporten «Norske mobilnett i 2016» fra Centre for Resilient Networks and Applications, 3 typer stabilitet: Stabilitet i tilkoblingen, stabilitet i dataplanet og stabilitet i ytelse. For å angi stabiliteten i tilkoblingen beregnes nedetiden («outage») som er den totale andelen av måleperioden en tilkobling er utilgjengelig. For radiokommunikasjon er det hovedsakelig begrepet nedetid («outage») som benyttes. Alternativt benyttes begrepet oppetid eller «stabilitet» («reliability») som er «100 minus nedetid i %». Generelt beskrives tilgjengeligheten med en kumulativ fordeling som sier hvor stor andel av tiden de målte verdiene overskrides.

Ingen operatør kan i dag påstå at det kan leveres 100% stabil radiokommunikasjon, være seg med landbaserte radiosystemer eller via satellittsystemer. Det viser seg i praksis at satellittsamband ofte er like bra rent teknisk, om ikke bedre enn noen av de jordbundne systemene.

Det er en vanlig oppfatning av mobilnettene i Norge er stabile. Telenor har f. eks. normalt en oppetid på 99% i sitt mobilnett fordelt over året, dvs. et utfall på ca. 87 timer [1].

### Forhold som påvirker en stabil satellittforbindelse

Det er en rekke forhold som påvirker en satellittforbindelse, så som påliteligheten til:

- satellitten(e)
- bakkeinstallasjoner, inklusive landlinjer
- terminaler

Videre vil følgende forhold også ha innflytelse på stabiliteten:

- plassering av brukerterminalene («line-of-sight»)
- bølgeutbredelsesforhold ved ulike frekvenser (L, C, X, Ku, Ka)
- signalets veilengde gjennom atmosfæren (øker med synkende elevasjonsvinkel)
- regn, snø
- bytte av satellitter, hvis nødvendig
- manglende reserveutstyr som kan kobles inn dersom et primært element svikter, inklusive behovet for to terminalantenner

Generelt vil kravet til hele satellittsambandet spesielt være avhengig av de atmosfæriske forhold, dvs. bølgeutbredelsen på det aktuelle frekvensbånd og elevasjonsvinkel.

Hvilken pålitelighet satellittoperatøren eller «Service provider» tilbyr i sin SLA (Service Level Agreement) er gjenstand for forhandlinger og varierer fra operatør til operatør. For operatørene er dette forretnings- sensitiv informasjon og ikke generelt tilgjengelig.

Normalt i befolkede områder vil tilgjengeligheten ligge i området 99% til 99,9%, dvs. en nedetid på ca. 87 timer synkende til 8,7 timer totalt per år. I nord-områdene/Arktis er det rimelig å forvente en noe lavere tilgjengelighet, f. eks. 98%.

### **Kommentarer til stabiliteten i Space Norway (SPN) sitt HEO satellittsystem**

SPN opplyser at deres foreslåtte HEO-system er designet for en tilgjengelighet 99.7% for kommersielle brukere, dvs. et utfall på ca. 26 timer fordelt over året.

Det HEO-systemet har 16 timers omløpstid og 2 satellitter i samme baneplan. Med bruk av kun en terminalantenne må antennen skifte til en ny satellitt 3 ganger i døgnet, og antennen må hver gang bevege seg ca. 120 grader. Dette skyldes jordrotasjonen. Sømløs overføring mellom satellittene vil kreve to terminalantenner.

Det er i dag ukjent hvor lang tid dette skiftet tar. Marlink sier at satellittskiftet samt synkronisering av signalet mellom geostasjonære satellitter tar mellom 5 til 10 minutter [2].

Antar vi at et skifte mellom de to HEO-satellittene vil ta 2 minutter, vil vi få et utfall i HEO-systemet på 3 skift/døgn x 2 minutter = 6 minutter pr døgn, dvs. ca. 36,5 timer i året.

Tilgjengeligheten pr døgn (1 døgn=1440 minutter) som kun skyldes «handover» mellom satellittene (i tillegg kommer utfall som skyldes utstyr, regn etc.), blir da:  $100\% - (6/1440) \times 100 = 99,6\%$  hvilket er litt dårligere enn den tilgjengelighet spesifisert av SPN. Kun en terminalantenne gir ikke sømløs overføring av trafikk. Ifølge SPN må kundene selv vurdere om dette er akseptabelt.

SPN legger opp til at kundene vil akseptere et brudd hver 8 time. I dette tilfellet vil kundene måtte akseptere en dårligere tilgjengelighet, eller så må kunden investere i en dyrere terminal med to antenner.

### **Stabiliteten i GEO-satellittsystemer ved lave elevasjonsvinkler**

Fra 1975 har det vært stabil kommunikasjon på C-bånd fra GEO satellitter for teletrafikk via Televerkets stasjon på Isfjord Radio, Svalbard, 78°N, som har 3 graders elevasjonsvinkel.



Figur 1 - Satellittstasjonen Isfjord Radio, Svalbard, elevasjon 3 grader

Fra 1983 ble TV-signalene sendt via satellitt til Svalbard på Ku-bånd. Det hadde da allerede vært målt på Ku-bånd over flere år [3].

Det har nå også blitt målt på Ka-bånd i perioden 2013-15 på Isfjord Radio [4], og rapporten av målingene bekrefter det samme som Telenor hevder, at det er mulig med kommunikasjon på Ka-bånd opp til 78°N fra en GEO-satellitt. Satellittlinken mellom Isfjord Radio og fastlandet, er nå erstattet av fiberkabel.

Telenor mener det er tilfredsstillende dekning for geostasjonære satellitter ned til omtrent 5 grader elevasjon i europeisk sone (tilsvarer om lag 75°N, avhengig av satellittposisjon), og at det er mulig å bruke Ku-, Ka- og C-bånd i disse områdene. I praksis sier Telenor at linktilgjengeligheten på Ku- og Ka-bånd høyere enn 99.5%. Telenor tilbyr i dag garanterte tjenester (SLA) på sine satellitter ned til en elevasjonsvinkel på 5 grader, se figurene under. Ved 5 graders elevasjon garanterer Telenor en tjenesteleveranse på Thor 10-02 på Ku-bånd. Ved 4 graders elevasjon mener Telenor å kunne tilby en akseptabel tjeneste ved bruk av adaptiv koding og modulasjon for både Ku- og Ka-bånd.

Ifølge Telenor vil de i fremtiden sannsynligvis levere en garantert tjeneste på Thor 7 på Ka-bånd ved 5 graders elevasjon (i dag kun ned til 7 grader).



Dekning Thor-7 og Thor 10-02 satellittene. 5 grader mellom hver breddegrad og 10 grader mellom hver lengdegrad  
**5 graders elevasjon:** Garantert leveranse på Thor 10-02, Ku-bånd. Sannsynlig fremtidig garantert leveranse på Thor 7 Ka-bånd. (pr dato 7 grader)

**4 graders elevasjon:** Akseptabel ytelse ved bruk av adaptiv koding og modulasjon for både Ku- og Ka-bånd.

Referanse: Telenor Elektronisk Kommunikasjon i Nordområdene. Telenors kombinerte muligheter:

Telenor Svalbard, Telenor Satellite, Kystradioen og Telenor Maritime

Innspill til KS1

Figur 2 - Dekning THOR 7 og Thor 10-02 satellittene

Pågående propagasjonsstudier på Ka-bånd tilsier at forholdene er bedre enn det som er antatt av ITU og det som tidligere har vært forventet. Det betyr at både Ka-bånd og Ku-bånd fungerer bra i disse områdene. Telenor har bl.a. en målestasjon for THOR 7 på Ka bånd på Bjørnøya (74° 26' N og 19° 04' Ø) som viser gode resultater. De atmosfæriske dempningsmålingene på Ka-bånd som er foretatt ved 5 graders elevasjonsvinkel, viser tilsvarende forløp som dempningsfordelingene i fastlands Norge. Dette betyr at tilgjengeligheten ved 5 graders elevasjon bør være like god som en satellittforbindelse i Norge.

Ved elevasjon under 5 grader garanterer i øyeblikket ikke Telenor noen Service Level Agreement (SLA). Imidlertid er målt tilgjengelighet ca. 98 % på Ka-bånd ved Isfjord, Svalbard, 78 N (3 graders elevasjon), og det kan forventes at dette er tilstrekkelig for et stabilt samband i dette området.

Marlink har tilsvarende erfaringer som Telenor, og har i tillegg gode erfaringer med C-bånd som fungerer ned mot 0 grader elevasjon. Her vil det være en større utfordring med blokkeringer fra utstyr om bord, terreng, etc. («line of sight» problematikk) enn elevasjon.

### Konklusjon

Basert på erfaring og målinger på Svalbard er mulig å oppnå en stabil kommunikasjon med geostasjonære satellitter ned til 5 grader (ca. 76 grader nord). Dette er sammenlignbart med det jordbundne nettet i dag.

Både Telenor og Marlink tilbyr i dag en SLA ned til 5 grader.

Imidlertid synes det å være tilfredsstillende dekning med geostasjonære satellitter ned til omtrent 3 graders elevasjon i europeisk sone (tilsvarer om lag 78°N, avhengig av satellittposisjon).

Det vil være mulig å bruke L-, C-, X-, Ku- og Ka-bånd i disse områdene.



## Referanser

1. [https://www.online.no/teknologi/skal\\_kunne\\_stole\\_paa\\_mobilnettet.jsp](https://www.online.no/teknologi/skal_kunne_stole_paa_mobilnettet.jsp)
2. Møte med Marlink, møtereferat 19. juni 2017
3. O. Gutteberg: "Low elevation propagation in high latitude regions". Final report. European Space Agency/ESTEC/Contract no 5032/1982
4. Martin Rytir: «Satellite-Earth Propagation Effects at Low Elevation Angles; Measurements and Modelling», PhD thesis, NTNU, 2017