



Ekominfrastruktur i Trøndelag

Regional risiko- og sårbarhetsvurdering for Trøndelag

5. februar 2024

Sammendrag

Ekomnettene er bærere av stadig større verdier i samfunnet. Sikkerhetstiltakene i den digitale grunnmuren må reflektere denne utviklingen. Både endringer i den sikkerhetspolitiske situasjonen og klimautfordringer understreker behovet for en sikker og robust digital infrastruktur.

Nasjonal kommunikasjonsmyndighet (Nkom) har tidligere gjennomført regionale risiko- og sårbarhetsvurderinger i Finnmark, Troms og Nordland, der man har kartlagt robusthet og sårbarhet i ekomnettene. Denne analysen omhandler Trøndelag fylke.

På et overordnet nivå er ekomnettene i Trøndelag bygd opp med flere sterke tilbydere og redundante føringsveier. Sammenlignet med Nord-Norge har Trøndelags-regionen mer utbygd fiberinfrastruktur med flere alternative fibertraséer og bedre ringstruktur. Det er likefullt svakheter i den sentrale ekominfrastrukturen i Trøndelag som må adresseres.

Viktige deler av ekominfrastrukturen mellom Sør- og Nord-Norge, og sør og nord i Trøndelag fylke, passerer gjennom Trondheimsområdet. Flere samtidige utfall i Trondheimsområdet vil kunne få store konsekvenser for trafikkavviklingen nordover. Spesielt ut fra scenarioer i øvre del av krisespennet, som sabotasje og krig, er dette en alvorlig sårbarhet som må følges opp videre.

I Totalberedskapskommisjonens rapport NOU 2023:17 påpekes det spesielt at «de siste års kriser understreker viktigheten av å bygge motstandsdyktighet for å møte nye og ukjente påkjenninger», og at «robustheten, redundansen og diversiteten i infrastrukturen må videreutvikles og styrkes i forhold til samfunnets og totalforsvarets behov.» Denne regionsanalysen søker å belyse sårbarheter i ekomnettene i Trøndelag også ut fra dette perspektivet.

Et annet sårbarhetsområde som analysen har avdekket er forekomsten av ulike typer nærføringer mellom infrastruktur som fører trafikk for flere tilbydere av ekomtjenester. Eksempler på dette er sjøfiberkabler, landtak for sjøfiberkabler og kabeltraséer på land. En større fysisk hendelse som berører flere nærliggende kabler, eller flere samtidige hendelser vil kunne gi redusert redundans, og potensielt utfall, for et større antall brukere hos flere ekomtilbydere.

Analysen viser potensielle sårbarheter knyttet til at infrastrukturen til flere aktører er konsentrert i samme områder. Selv om den fysiske sikringen er godt ivaretatt mange steder vil det være mulig å redusere konsentrasjonsrisikoen ytterligere gjennom flere tiltak for fysisk sikring og økt redundans via alternative føringsveier.

Nord i fylket er det færre gjennomgående nord/sør-traséer enn sør i fylket. Flere strategiske tverrforbindelser i nord vil kunne bidra til bedre omruting av trafikk dersom en gjennomgående

hovedtrasé skulle falle ut. Av andre strukturelle svakheter pekes det på at enkelte områder i fylket ikke har like god og redundant tilkobling til overordnet infrastruktur som andre steder og er dermed mer sårbare for utfall.

Ekomtilbyderne har gjort store investeringer i utvidelser og forsterkninger i egne nett gjennom mange år, og fortsetter å gjøre det. Flere identifiserte sårbarheter forventes derfor å utbedres av tilbyderne i tiden fremover.

Av de nasjonale, kommersielle aktørene er det Altibox/Lyse Tele, GlobalConnect, Telenor og Telia som disponerer en omfattende infrastruktur i regionen. NTE Telekom er en sterk regional aktør som disponerer egen infrastruktur i store deler av fylket. De er også hovedpartner for Altibox i privatmarkedet i Trøndelag.

Som i andre deler av landet har analysen identifisert et sammenvevd og til dels komplekst aktørbilde der det eksisterer flere avhengighetsforhold mellom ekomtilbyderne. Enkelthendelser vil derfor kunne påvirke flere aktører samtidig, og det kan være utfordrende for den enkelte tilbyder å vurdere risiko og sårbarheter for egne kunder.

Kartleggingen har identifisert flere tiltak som kan redusere risiko og sårbarhet i Trøndelag. Tiltakene knytter seg til etablering av flere og mer spredte nord/sør-forbindelser, flere tverrforbindelser mellom ytre og indre traséer, redundans og omrutingsmuligheter via utlandet, redusert konsentrasjon av aktører og nye vurderinger rundt fysiske sikringstiltak. Disse tiltakene vil bidra til økt robusthet, sikkerhet og beredskap i regionen, og være med å bygge opp under målbildene for den digitale grunnmuren som uttrykt i Nkoms rapport «Robuste transmisjonsnett for Norge mot 2030».

Dette er en offentlig versjon av Nkoms sikkerhetsgraderte og mer utfyllende risiko- og sårbarhetsanalyse for Trøndelag som ble ferdigstilt januar 2024.

Innholdsliste

1	Bakgrunn.....	1
1.1	Viktigheten av ekinfrastruktur og regionale risiko- og sårbarhetsvurderinger	1
2	Formål, kontekst, avgrensning og gjennomføring.....	2
3	Transportnett.....	6
4	Transportnett i Trøndelag.....	9
4.1	Overordnede vurderinger	9
4.2	Telenor	10
4.3	NTE Telekom.....	11
4.4	Telia	12
4.5	Ice	12
4.6	GlobalConnect	12
4.7	Altibox/Signal Bredbånd/Lyse Tele	12
4.8	Statnett.....	13
4.9	Bane NOR	13
4.10	KystTele, Stamfiber og N0r5ke Fibre.....	14
4.11	Ledig fiber i Trøndelag.....	15
4.12	Andre transportnettereiere	16
4.13	Andre aktører	18
4.14	Utenlandsforbindelser.....	20
4.15	Sanering av kobbernett og utfasing av eldre teknologi	20
5	Utvikling av fiberinfrastrukturen.....	21
6	Kraftleveranse til ekinfrastruktur.....	22
6.1	Innledning.....	22
6.2	Sikring av strømforsyning med reservekraft	23
6.3	Prioritering av ekomlokasjoner ved utfall av ekstern kraft.....	24
7	Drøfting av sårbarheter	26
7.1	Innledning.....	26
7.2	Utfallsstatistikk.....	27
7.3	Sårbarheter relatert til den overordnede fiberinfrastrukturen	28
7.4	Sårbarheter i diversitet og redundans på føringsveier og knutepunkter	29
7.5	Sårbarheter relatert til fysisk sikring	31
7.6	Sårbarheter relatert til geografi og værforhold	33

7.7	Sårbarheter knyttet til kraftforsyning og reservestrømkapasitet.....	34
7.8	Sårbarheter og problemstillinger relatert til beredskap for feilretting.....	35
7.9	Andre sårbarheter	37
7.10	Vurdering av sårbarheter og risiko for utfall.....	40
8	Målbilder for Trøndelag.....	44
8.1	Målbilder	44
8.2	Status for målbilde 1	46
8.3	Status for målbilde 2	46
8.4	Status for målbilde 3	47
9	Mulige tiltak.....	48
9.1	Innledning.....	48
9.2	Overordnet vurdering	48
9.3	Oppsummering og prioritering av tiltak.....	49
10	Vedlegg.....	51
	Vedlegg 1: Begrepsforklaring	51
11	Bilder, figurer og kilder	53

Figurliste

Figur 1:	Nivåene i ekomnettene og sammenheng mellom trafikkvolum og risiko for utfall	1
Figur 2:	Kommuner i Trøndelag hvor det gjennomføres «Forsterket ekom»-tiltak.....	4
Figur 3:	Kart over Trøndelag.....	6
Figur 4:	Skjematisk oppbygging av transportnett og aksessnett	7
Figur 5:	Eksempel på typisk landsnett og typisk regionnett.....	8
Figur 6:	Prinsippskisse over Telenors netthierarki med fysiske og logiske forbindelser	11
Figur 7:	Kabel legges langs Nordlandsbanen.....	14
Figur 8:	Sikt sin tilstedeværelse per januar 2024	16
Figur 9:	Fjernstyrt flytårn.....	17
Figur 10:	Oversikt over Avinors utrulling av fjernstyrte flytårn per oktober 2023	18
Figur 11:	Nylig etablert jordstasjon for SpaceX.....	20
Figur 12:	N0r5ke Fibre sine eksisterende og planlagte fiberforbindelser	22
Figur 13:	Innrapporterte utfall i Trøndelag, 2019-2022	28
Figur 14:	Et av landtakene langs Trøndelagskysten	32
Figur 15:	Sjøfiberkabel festet med kjetting nede i kum	32
Figur 16:	Ilandføring av sjøkabel	33

Figur 17: Terminering av sjøkabelen i kum	33
Figur 18: Beredskapsnodebu etablert og stående parat for transport ut i nettet ved behov	36
Figur 19: Norske sjøkart viser mange sjøkabler	39
Figur 20: Hendelser/feil som inntreffer samtidig og får en sammensatt effekt	42
Figur 21: Risikovurdering av utilsiktede hendelser i ekinfrastrukturen i Trøndelag.....	43
Figur 22: Mapping av skadepotensial ut fra verdi- og sårbarhetsvurdering – tilsiktede hendelser	44
Figur 23: Status målbilde 3 kombinert for de største aktørene i Trøndelag.....	47
Figur 24: Illustrasjon av tiltakskategorier	49
Figur 25: Kost/nytte-vurdering av tiltak	50

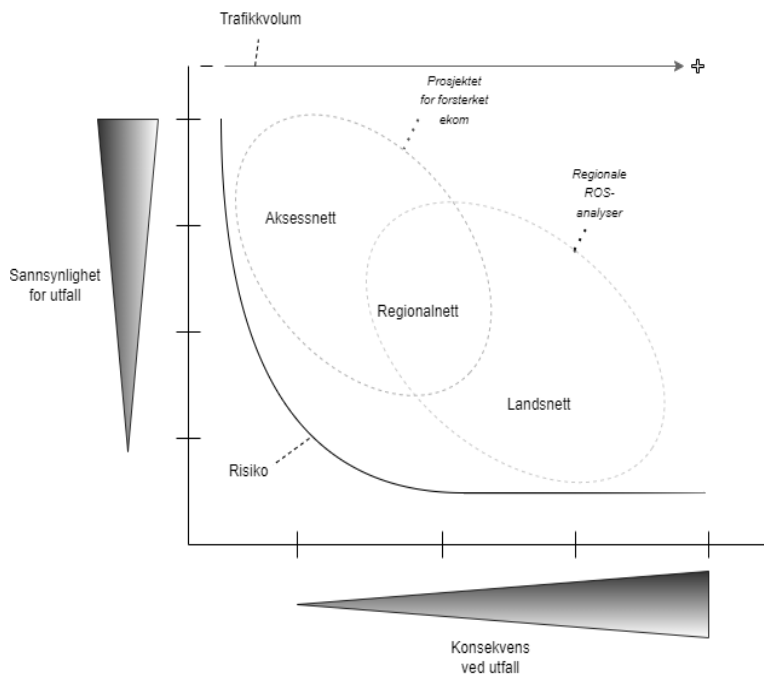
1 Bakgrunn

1.1 Viktigheten av ekominfrastruktur og regionale risiko- og sårbarhetsvurderinger

Ekominfrastrukturen blir stadig viktigere for samfunnet og enkeltindivider. Økt digitalisering stiller krav til at ekomnettene «alltid» er tilgjengelige. Ekomnettene som bærer for disse tjenestene er utsatt for mange risikofaktorer og trusler som kan påvirke stabiliteten og tilgjengeligheten for brukerne, som for eksempel fysiske skader som følge av naturhendelser, graveskader, transportulykker og dårlig vedlikehold. Den endrede sikkerhetspolitiske situasjonen etter Russlands invasjon av Ukraina har endret trussel- og risikobildet, noe som har økt oppmerksomheten rundt samfunnssikkerhet og totalberedskap. Dette påvirker også ekomsektoren med tanke på hvilke tiltak som er nødvendige for å beskytte infrastrukturen.

Selv om ekomnettene har blitt mer motstandsdyktig mot ekstremvær de siste årene så viser nesten årlige ekstremværhendelser både hvor sårbare og samtidig nødvendige ekomnettene er for å sikre liv og helse. Av nyere hendelser nevnes det store regnfallet og den påfølgende flomsituasjonen som oppstod under «Hans» høsten 2023, og som traff Innlandet og Viken, men også deler av Trøndelag. Ser man noen år tilbake kan også disse nevnes: «Dagmar» i 2011, «Hilde» i 2013, «Ylva» i 2017, uværet som traff Telemark og Vestfold i november 2021 og «Gyda» i januar 2022.

Nkom har i ulike risikovurderinger tidligere pekt på at ekominfrastrukturen utsettes for, og må derfor tåle,



mer ekstremvær. I rapporten «Risikovurdering av ekomsektoren 2021 – En sektor i endring»¹ understreker Nkom at spesielt «ytterkanten» av ekomnettene vil ha behov for forsterkninger. Desto lenger inn mot kjernen i transportnettene man kommer jo bedre er nettene sikret for å motstå utfall. Dette er selvsagt viktig ettersom disse «motorveiene» bærer en stor andel av trafikken, og utfall her kan få større konsekvenser i en region eller landsdel.

Figur 1: Nivåene i ekomnettene og sammenheng mellom trafikkvolum og risiko for utfall

¹ <https://www.nkom.no/rapporter-og-dokumenter/ekomros-2021>

Den økende avhengigheten til ekomtjenester medfører behov for økt kunnskap om ekominfrastrukturen på regionalt nivå, blant annet for å kunne rette inn tiltak mot sårbarheter og for å være bedre forberedt på konsekvensene av hendelser.

I Stortingsmelding 28 (2020–2021) fremkommer det at det skal gjennomføres flere regionale risiko- og sårbarhetsanalyser av ekominfrastrukturen, og Nkom fikk i oppdrag fra daværende Kommunal- og moderniseringsdepartementet (KMD), nå Distrikts- og forvaltningsdepartementet (DFD), å gjennomføre slike regionale analyser etter modell fra analysen som ble gjort for Finnmark i 2019/20. Resultatene fra Finnmarks-analysen, og påfølgende analyser i Troms og Nordland, er blitt fulgt opp med statlige midler for å dekke merkostnader for investeringer som bidrar til å øke robustheten i ekomnettene i regionene.

De regionale risiko- og sårbarhetsanalysene utfyller nasjonale og mer overordnede analyser som årlige trusselvurderinger fra NSM, PST og Etterretningstjenesten, samt Nkoms rapport om «Robuste transmisjonsnett for Norge mot 2030»². Analysene kartlegger behovet for konkrete tiltak, både tiltak tilbyderne selv må forventes å igangsette og finansiere etter ekomloven § 2-10 første ledd, samt myndighetsfinansierte tiltak etter andre ledd, for å sikre oppfyllelse av nasjonale behov utover det som følger av første ledd.

Robuste nasjonale ekomnett er en av NATOs syv grunnleggende krav til sivil beredskap i medlemslandene («NATO's baseline requirements»³). Disse er blitt utarbeidet som følge av at den strategiske sikkerhets-situasjonen i NATO er i kontinuerlig endring. Sivile strukturer, ressurser og tjenester er førsteskanen i det moderne samfunnets responsevne. Samarbeid mellom sivilsamfunnet og Forsvaret blir stadig viktigere for samfunnets evne til å reagere på hendelser som truer samfunnssikkerheten, og robuste ekomtjenester inngår her som en svært viktig del av Norges totalforsvar.

2 Formål, kontekst, avgrensning og gjennomføring

Nkoms hovedfokus i denne analysen for Trøndelag fylke har vært å kartlegge robusthet og sårbarheter i transportnettene for ekom av nasjonal betydning (landsnett), regional betydning (regionalnett) og i deler av lokal- og aksessnett ut til tettsteder. Nkom har analysert aktørbildet og vurdert tiltak for utbedring av sårbarheter i fylket.

Ekominfrastrukturen er avhengig av stabil strømforsyning. I denne sårbarhetsanalysen drøftes derfor også utfordringer knyttet til strømforsyning for prioriterte ekom-installasjoner. Det er igangsatt samarbeid på

² <https://www.nkom.no/rapporter-og-dokumenter/robuste-transmisjonsnett-for-norge-mot-2030>

³ <https://www.nato.int/docu/review/articles/2019/02/27/resilience-the-first-line-of-defence/index.html>

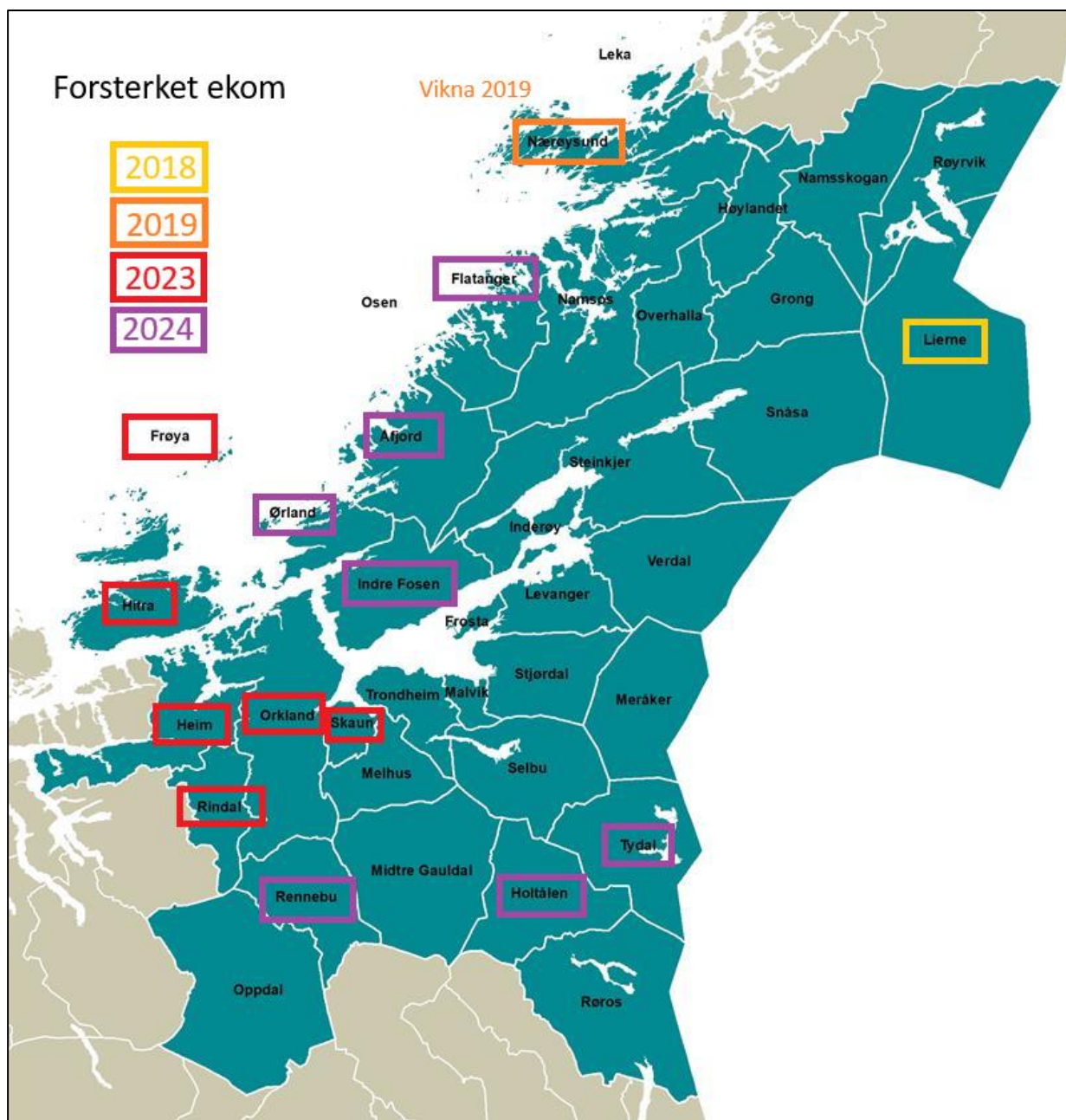
flere områder mellom ekom- og kraftsektorene. Samarbeidet er nærmere beskrevet i Meld. St. 28 (2020–2021) «Vår felles digitale grunnmur».⁴

I sårbarhetsanalysen for Nordland gjennomførte Nkom en pilot i samarbeid med de tre mobiltilbyderne med eget fysisk nett: Ice, Telenor og Telia. Piloten så på kraftforsyningen til viktige ekomlokasjoner. Det ble testet ut en metodikk for kartlegging av ekomlokasjoner som burde prioriteres med tanke på krafttilførsel og gjenoppretting etter kraftutfall. Erfaringene fra denne piloten må evalueres før den eventuelt videreføres i andre regionale analyser. Den utprøvde metodikken fra Nordland er derfor ikke gjentatt i denne analysen for Trøndelag. Funnene vil uansett inngå i det tverrsektorielle arbeidet mellom ekom- og kraftaktørene på landsbasis. Dette inkluderer sektormyndighetene Nkom og NVE og de ulike ekom- og krafttilbyderne. Se mer om forholdet mellom ekom og kraft i kapittel 6.

Hendelser på tjenestelaget kan også medføre alvorlig skade og utfall, enten det dreier seg om utilsiktede programvarefeil og konfigurasjonsfeil, eller tilsiktede cyberangrep. Denne type hendelser påvirkes av sårbarheter knyttet til stadig økende kompleksitet i verdikjedene og avhengighet til andre aktører og sektorer, herunder underleverandører og utstyrskomponenter. Denne sårbarhetsanalysen har hovedfokus på de fysiske og optiske sidene ved ekomnettene i Trøndelag, og omfatter således ikke cyberhendelser og lignende typer digitale sårbarheter.

Nkom har over flere år samarbeidet med tilbydere av ekomnett gjennom programmet «Forsterket ekom» rundt om i landet. Her kartlegger man infrastrukturen i utvalgte kommuner, identifiserer sårbarheter og gjennomfører tiltak for å redusere risikoen for bortfall av mobiltjenester i strategisk viktige dekningsområder. I 2023 og 2024 pågår det aktiviteter rundt «Forsterket ekom» i Trøndelag, se figur 2 under. Mens tiltaksarbeidet gjennom «Forsterket ekom» i hovedsak fokuserer på lokale basestasjoner og forbindelsene til disse, er fokus for *denne* regionale sårbarhetsanalysen i større grad på mer sentral infrastruktur for det underliggende transportnettene. Disse to programmene supplerer hverandre således på en god måte.

⁴ [Meld. St. 28 \(2020–2021\) - regjeringen.no](#)



Figur 2: Kommuner i Trøndelag hvor det gjennomføres «Forsterket ekom»-tiltak

Over mange år er det også bevilget betydelige offentlige midler til utbygging av bredbåndsnett i Trøndelag. Selv om disse utbyggingsprosjektene i stor grad går ut på å bygge bredbåndsnett fra etablerte lokasjoner og hjem til nye kunder (ofte omtalt som 'last mile'), så er disse lokale bredbåndsnettene også avhengig av å være påkoblet regionale og nasjonale transportnett for å kunne kommunisere med omverdenen. I denne analysen fokuserer vi hovedsakelig på nasjonale og regionale transportnett, samt enkelte deler av aksessnettene.

Som en del av analysearbeidet har Nkom invitert til møter med og fått muntlige og skriftlige innspill fra flere ulike typer aktører. De viktigste aktørene kan kategoriseres slik:

- Fiberkabeleiere i regionen: Altibox/Lyse Tele, Bane NOR, GlobalConnect, KystTele, N0r5ke Fibre, NTE Telekom, Signal Bredbånd, Stamfiber, Statnett, Telenor og Telia
- Statlige aktører som er kjøpere eller leietakere av transporttjenester i regionen: Avinor, DSB Nødnett, Kystverket, Norsk helsenett, Sikt, Statens Vegvesen og Statnett
- Tilbydere av offentlige ekomtjenester: Altibox/Signal, Ice, GlobalConnect, NTE Telekom, Telenor og Telia
- Andre representanter for regionen: Statsforvalteren i Trøndelag ved fylkesberedskapssjef, Trøndelag fylkeskommune, Namsos kommune, Namdal Næringsforening, samt private næringsaktører.

Nkom har gjennom informasjonsinnhenting fått nærmere innsyn i og kunnskap om tilbydernes ekominfrastruktur, eie- og leieforhold, pågående og planlagte tiltak, samt sårbarheter som de ulike aktørene har identifisert. I juni og september 2023 gjennomførte Nkom befaringer i store deler av Trøndelag for å se nærmere på infrastruktur og potensielle sårbarheter sammen med relevante aktører.

Risikobasert tilnærming for å styrke ekomnettene

Nkom utfører som nevnt kartlegging av sårbarheter i ekomnettene og tilrettelegging for tiltak i flere parallelle program og prosjekter. I prosjektet «Forsterket ekom» betraktes primært aksessnettene, og aksessnettenes overgang til regionalnettene. Det settes deretter inn tiltak for å sikre tilgjengelighet til mobiltjenester for sentrale punkter i kommuner. I arbeidet med regionale analyser betraktes i hovedsak regional- og landsnettene. Sårbarheter kartlegges og tiltak foreslås for å øke robustheten lengre inn i ekomnettene, som bærer en større andel av trafikken (ref. figur 1).



Figur 3: Kart over Trøndelag. Kilde: Statkart

3 Transportnett

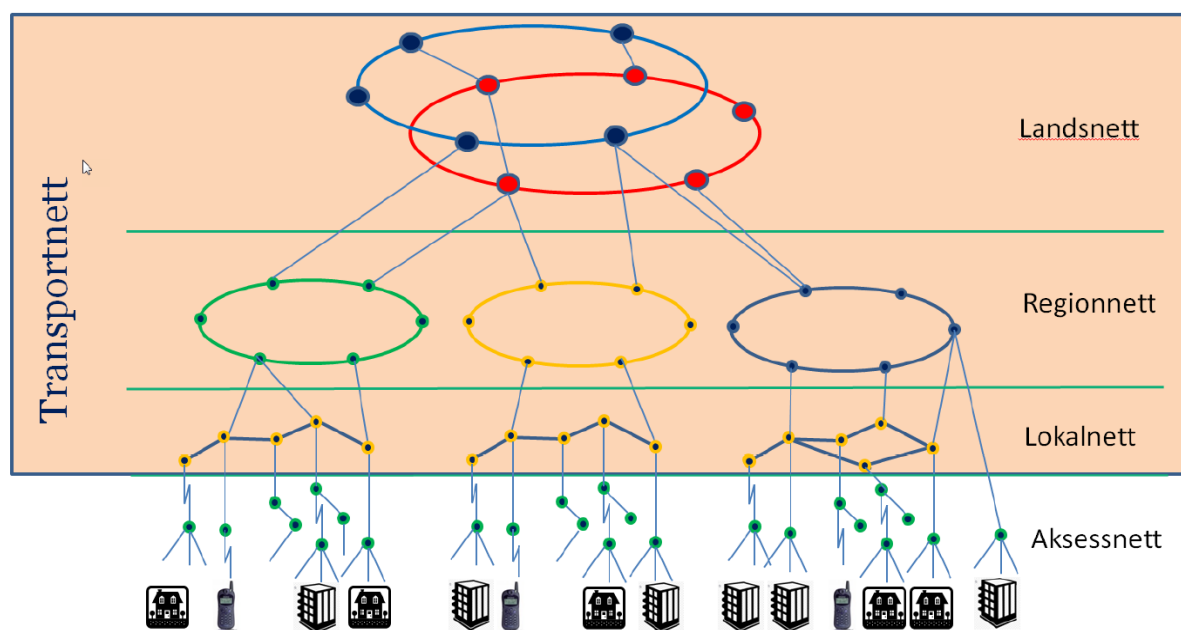
Begrepet *transportnett* benyttes i denne rapporten som en samlebetegnelse for de sammenhengende nasjonale og regionale ekomnettene som alle ekomtjenester er avhengige av og benytter. Ulike ekomtilbydere kan ha sine egne betegnelser på de strukturelle og logiske lagene som bygger på den fysiske infrastrukturen. Andre begrep for å beskrive transportnett er transmisjonsnett, stamnett eller kjernenett. Et transportnett er sammensatt av fysisk infrastruktur som fiberkabler, noder og knutepunkter med nettverksutstyr, og av tjenester som transporterer store trafikkmengder over lengre avstander.

Transportnett kan sammenlignes med bilveiene som går gjennom landsdeler/, fylker og kommuner og sørger for forbindelser over lange avstander. Transportnett er gjerne bygd opp med flere nivåer av kapasitet og redundans. Med redundans menes her i denne rapporten, at det finnes to eller flere alternative transportveier mellom to steder, f.eks. to nodepunkt. Hovedveiene som binder hele landet sammen har svært høy overføringskapasitet og høy grad av redundans. Lenger ut mot aksessnettene blir kapasiteten og graden av redundans lavere. Aksessnett beskrives som det siste leddet mellom en aktørs transportnett og ut til termineringspunkter (som er nærmere og gjerne tilhørende kunder). Komponenter som basestasjoner og bruker plasserte rutere utgjør deler av aksessnettene.

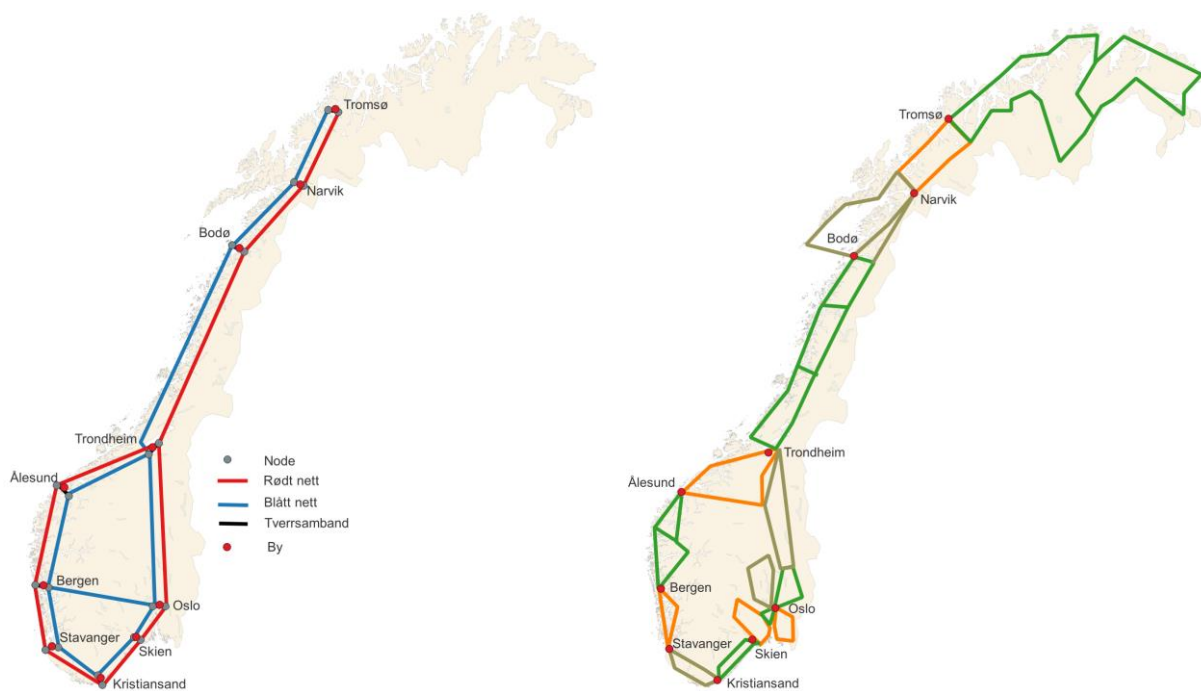
Nasjonale transportnett deles gjerne inn i nivåene *lands-, region- og lokalnett*, se illustrasjon i figurene 4 og 5 under. De landsdekkende aktørene har landsnett som knytter sammen regionnettene og sørger for høykapasitetsforbindelser over de lengste avstandene. For de største transportnettaktørene i Norge går landsnettene opp til Tromsø, hvor de derfra og videre nordover har region- og lokalnett.

Regionnettene til en aktør dekker som regel et fylke eller en stor by, og omtales også som metronett. Som det fremgår av figur 4 og 5 så er regionnettene bygd opp av ringer med høy kapasitet og er normalt forbundet til aktørens landsnett på to steder. I praksis betyr dette at alle nettverkselementer i regionnettene kan nås fysisk fra minst to adskilte føringsveier.

Lokalnettene knytter aksessnettene til regionnettene og dekker som regel et tettsted og nærmeste omegn. Det er flere hundre lokalnett på landsbasis. Disse henger typisk som forgreininger ut fra tilknytningspunkt i regionnett, som vist på figur 4. Utviklingen går mot at også lokalnettene får økt redundans.



Figur 4: Skjematisk oppbygging av transportnett og aksessnett



Figur 5: Eksempel på typisk landsnett (til venstre) og typisk regionnett (til høyre)

Tilbydere av transportnett kan enten eie fiberen selv, ha disposisjonsrett (gjennom kjøp eller bytte) til mørk fiber, eller leie kapasitet i fiberkabler. I all hovedsak bygges transportnett opp av følgende delprodukter:

- **Mørk/sort fiber:** Tilbyder gir kjøper tilgang/disposisjonsrett til fiberpar i en fiberkabel hvor kjøper selv må sette opp alt av eget optisk og elektronisk endeutstyr for å produsere transporttjenester.
- **Optisk samband** (også kalt bølgelengde eller optisk kanal/kapasitet): Tilbyder gir kjøper tilgang til punkt-til-punkt-forbindelse over et eller flere fiberstrekk med en gitt kapasitet hvor tilbyderen drifter det optiske systemet.
- **Lag 2-samband:** Tilbyder gir kjøper punkt-til-punkt eller punkt-til-multipunkt-forbindelse på Ethernet, gjerne over lengre avstander. Det mest vanlige produktet er *carrier ethernet* som brukes av virksomheter for å knytte sammen flere lokasjoner hvor de er til stede med IT-infrastruktur til ett, sammenhengende nett.
- **Lag 3-samband:** Det mest vanlige produktet er IP-VPN som gir en punkt-til-punkt eller punkt-til-multipunkt IP-forbindelse for kunden, uavhengig av den underliggende infrastrukturen.

Ekomtjenestene som sluttbrukerne etterspør krever stadig større datamengder, høyere hastighet og kortere responstid. Forventingene til stabilitet og oppetid er også svært høye. Derfor har ekomtilbyderne behov for større og mer pålitelig overføringskapasitet i transportnettene for å transportere all trafikken

som skjer «i bakgrunnen» mellom tjenestene og brukerne. Det meste av transportnett i Norge i dag går over fiberoptiske kabler på grunn av deres overlegne overføringskapasitet sammenlignet med andre alternativer. Det er fortsatt noe bruk av radiolinjer (radiobølger som sendes mellom stasjoner), spesielt for å løse utfordrende transmisjonsbehov hvor andre løsninger er vanskelig å få til, og i lokalnett nær kunder.

Transportnett kan grovt deles inn i *kommersielle* og *dedikerte* nett. Det kan riktig nok være en glidende overgang, hvor de dedikerte nettene ofte er avhengig av fiberinfrastruktur fra tilbydere av kommersielle nett.

Kommersielle transportnett tilbyr transportnettjenester på det åpne markedet. Altibox/Lyse Tele, Global-Connect og Telenor er de største tilbydere av landsdekkende kommersielle transportnett i Norge, og de tilbyr også transportnettjenester i Trøndelag. På tilbydernivå er det godt utvalg og god diversitet for transportnettjenester i regionen.

Dedikerte transportnett benyttes til spesifikke formål som for eksempel kommunikasjon mellom sykehus, universiteter og til styring av strømmnett, kraftstasjoner, tunnelanlegg og annen infrastruktur. I Trøndelag eier og drifter for eksempel Statnett og Forsvaret en god del egen fiber- og radiolinjeinfrastruktur. Telenor har et dedikert transportnett for kringkasting. Sikt og Norsk helsenett har også dedikerte transportnett i Trøndelag. Avinor bruker transmisjon fra andre tilbydere i tillegg til at de har egen radiolinjeinfrastruktur på noen strekninger. Mange av aktørene som opererer egne, dedikerte transportnett er i stor grad avhengige av underliggende fiberinfrastruktur fra de store nasjonale ekomtilbydere som Telenor, GlobalConnect og Altibox/Lyse Tele, samt NTE Telekom som en betydelig regional ekomaktør i Trøndelag.

4 Transportnett i Trøndelag

Kapittel 4 gir innledningsvis en overordnet beskrivelse av oppbygningen til transportnettene i Trøndelag, med tilhørende vurderinger. I de påfølgende delkapitlene gis en oversikt over og kort beskrivelse av transportnettene til de enkelte aktørene som er til stede i Trøndelag. Delkapittelet 4.11 omtaler ledige fiberstrek og relatert infrastruktur i fylket, mens delkapittel 4.12 og 4.13 adresserer viktige aktører som eier noe infrastruktur, men som ikke har fullverdige transportnett. Avslutningsvis beskrives kort fiberforbindelser i Trøndelag som går til utlandet, og utfasing av eldre teknologi.

4.1 Overordnede vurderinger

Det overordnede bildet av transportnettene i Trøndelag viser at det er flere transportnettveier sør i fylket enn det er i nord. Dette er selvsagt ikke så unaturlig tatt i betraktning befolkningsgrunnlag og

kommersielle muligheter. Det er en relativt finmasket struktur av fibertraséer i ulike retninger sør for Trondheim, mens nordover fra Trondheim er det færre langsgående traséer og tverrforbindelser.

Samlet sett er transportnettene nord i Trøndelag, på tvers av alle aktører, realisert over flere ulike fiberkabler nordover mot Nordland. Disse kablene følger stort sett geografiske adskilte traséer, både på land og i sjøen langs kysten.

En konsekvens av at mange tilbydere både har egen infrastruktur og i tillegg leier/bytter kapasitet hos hverandre er at «trafikkmaskinen» og dens avhengigheter og sårbarheter blir relativt kompleks og uoversiktlig.

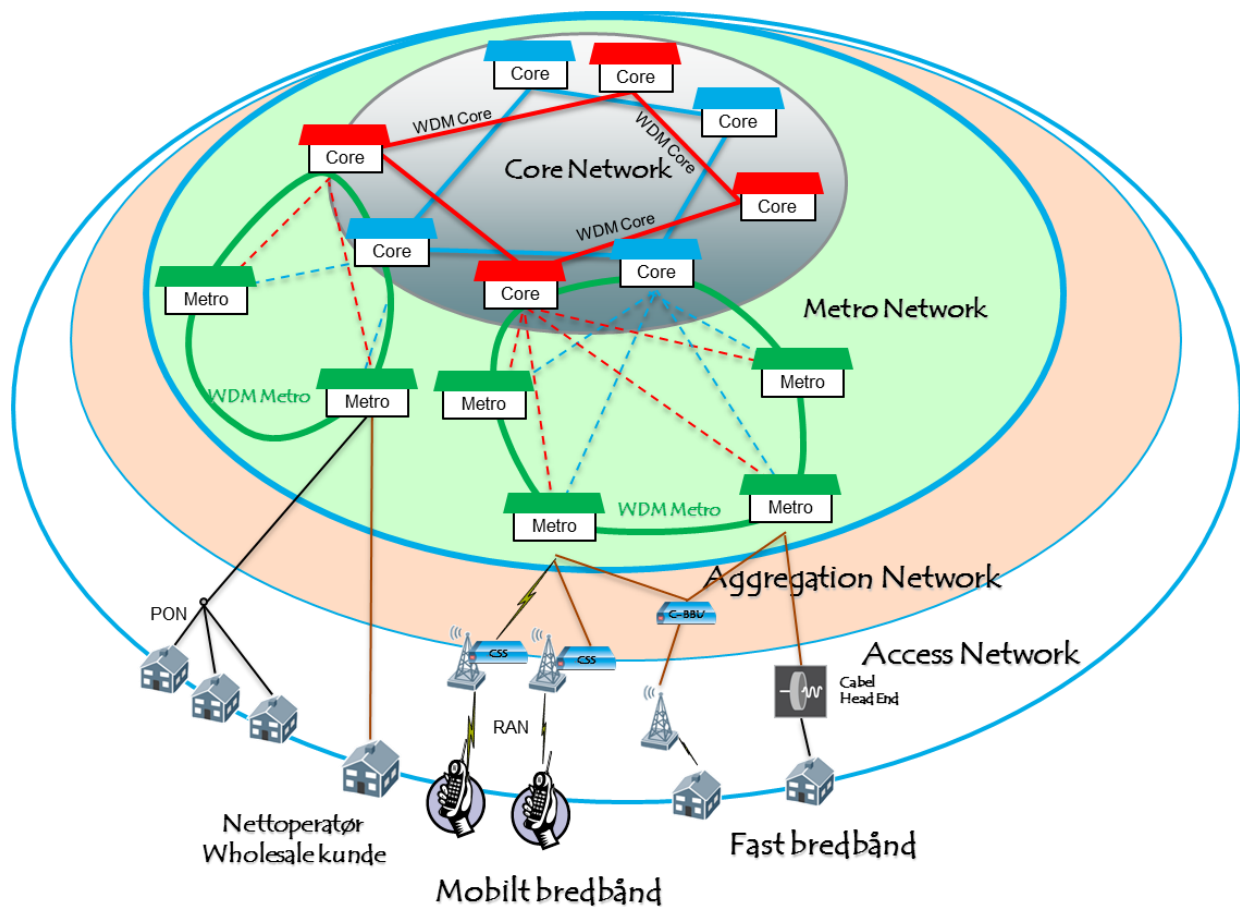
Tilbydernes gjensidige avhengighet til fiberinfrastrukturen og hverandre drøftes i delkapittel 7.9.3. Gjensidige avhengigheter og nærføringer⁵ medfører en risiko for at en enkelt hendelse kan få større regionale konsekvenser.

4.2 Telenor

Telenor har det største og mest utbygde transportnettet i Norge. Telenor er også en stor aktør i Trøndelag. I tillegg til nyttetraffic for egne kunder på bredbånd, mobilnett og i bedriftsmarkedet, produserer de også transportnettjenester for de to andre store mobiloperatørene, Telia og Ice, samt Nødnett, Avinor og Telenor Kystradio. Disse aktørene er med andre ord avhengige av Telenors transportnett for å levere sine tjenester i regionen.

Telenor benytter i stor grad egne fiberkabler i sitt transportnett. Der de ikke har egne kabler anskaffer de mørk fiber fra andre aktører. Det inngås ofte bytteavtaler hvor tilgang på en fiberstrekning byttes mot fiber på en annen strekning.

⁵ Fiberkabler innad i samme trase med liten fysisk adskillelse



Figur 6: Prinsippskisse over Telenors netthierarki med fysiske og logiske forbindelser. Kilde: Telenor

Telenor eier og drifter et landsdekkende transportnett for kringkasting til radio- og TV-distribusjon (tidligere under Norkring). Infrastrukturen som benyttes er i hovedsak uavhengig av Telenors øvrige transportnett.

4.3 NTE Telekom

Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk (NTE) er en betydelig regional aktør i Trøndelag på kraft/strøm og ekom. Datterselskapet NTE Telekom driver med utbygging av fiber, og selger fiberkapasitet og innholdtjenester til om lag 70 000 kunder. NTE Telekom har enerett på bruk av Altibox-konseptet i Trøndelag og selger dette som et produkt i privatmarkedet. I tillegg leverer de tjenester i bedriftsmarkedet, og er en betydelig leverandør til kommuner i regionen, samt til Trøndelag fylkeskommune. Selskapet har stor tilstedeværelse i Trøndelag, både i sør og nord, og deltar i Stamfiber-samarbeidet som forbinder Trondheim og Narvik med transportnett over fiber. De leverer også fiberforbindelser til andre ekomaktører i Trøndelag. I tillegg er NTE Telekom medeier i Fiber Norway som tilbyr nasjonalt optisk transportnett over DWDM-teknologi

(Dense Wavelength Division Multiplexing) ⁶ fra Narvik til Trondheim og videre til Oslo via NTE Telekoms nett.

4.4 Telia

Som følge av Telias kjøp av tidligere TDC og GET, består Telia sitt nett nå av Telias eget mobilnett, samt tidligere TDC-nett for bedrifter og tidligere GET-nett for privatmarkedet. Det pågår en prosess med å samordne og slå sammen de tre tidligere nettene til ett enhetlig transportnett.

Fra Trondheim og nordover baserer Telia seg i hovedsak på leid transportnettkapasitet fra andre aktører. De har egne linjer til lokal aksess, men for store deler av Trøndelag og videre nordover er Telia avhengig av andre transportnettaktører for leveranser av ekomtjenester til bedrifts- og privatmarkedet.

4.5 Ice

Ice har per nå ikke eget transportnett og baserer seg på leide forbindelser i regionen. Ice bruker ulike leverandører for å knytte sammen mobilstasjonene med kjernenettet. Som følge av Lyses oppkjøp av Ice pågår det et stort utbyggingsprogram og Ice sitt mobilnett vil endre seg mye de neste årene med en massiv økning av antall basestasjoner. Det vil etterhvert skje en migrering av transportnettet over til Altibox/Lyse Tele sitt stamnett. Gjeldende situasjon ventes derfor å endre seg betydelig de kommende årene.

4.6 GlobalConnect

GlobalConnect har et godt utbygd transportnett i Norge og kan tilby produkter til kunder med behov for omfattende dekning. GlobalConnect leverer transportnett til viktige samfunnsaktører, og er slik med å danne stammen i noen av de største dedikerte transportnettene i Norge.

GlobalConnects nett består av fiberinfrastruktur fra tidligere erverv av andre fiberselskaper, som BaneTele og Broadnet. GlobalConnect har også kjøpt seg inn i partnerskap på mørk fiber, som f.eks. Stamfiber, og anskaffet mørk fiber fra andre aktører.

4.7 Altibox/Signal Bredbånd/Lyse Tele

Altibox eies som tidligere nevnt av Lyse AS og har et landsdekkende transportnett i Norge. Selskapet Signal Bredbånd eies også av Lyse og inngår som en del av det samme konsernet. Signal har ansvaret for transportnett-infrastrukturen til Altibox nord for Trondheim. Altibox samarbeider med NTE Telekom om

⁶ DWDM er en teknologi for å kombinere og overføre mange samtidige datastrømmer i én og samme fiber, som ofte benyttes ved behov for særlig høy kapasitet og ved overføring over de lengste avstandene.

fiberinfrastruktur i Trøndelag. Altibox, Ice og betydelige deler av Lyses heleide fiberselskaper Signal Bredbånd og Lyse Fiber er slått sammen til et nytt selskap, Lyse Tele, fra februar 2024.

4.8 Statnett

Statnett har et transportnett for eget bruk som er basert på to fiberføringer med geografisk redundans til alle 150 hovedtrafostasjoner i Norge. Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) krever at Statnett har et høyt sikkerhetsnivå i eget transportnett, og Statnett er pålagt å eie og drifte transmisjonsutstyret selv. Statnetts transportnett er i stor grad bygd på egen fiber på høyspentlinjene, men det benyttes også leid mørk fiber der egen fiber ikke er tilgjengelig. Nye høyspentlinjer har fiberkabel i jordingslinjen med større mengde enkeltfibre.

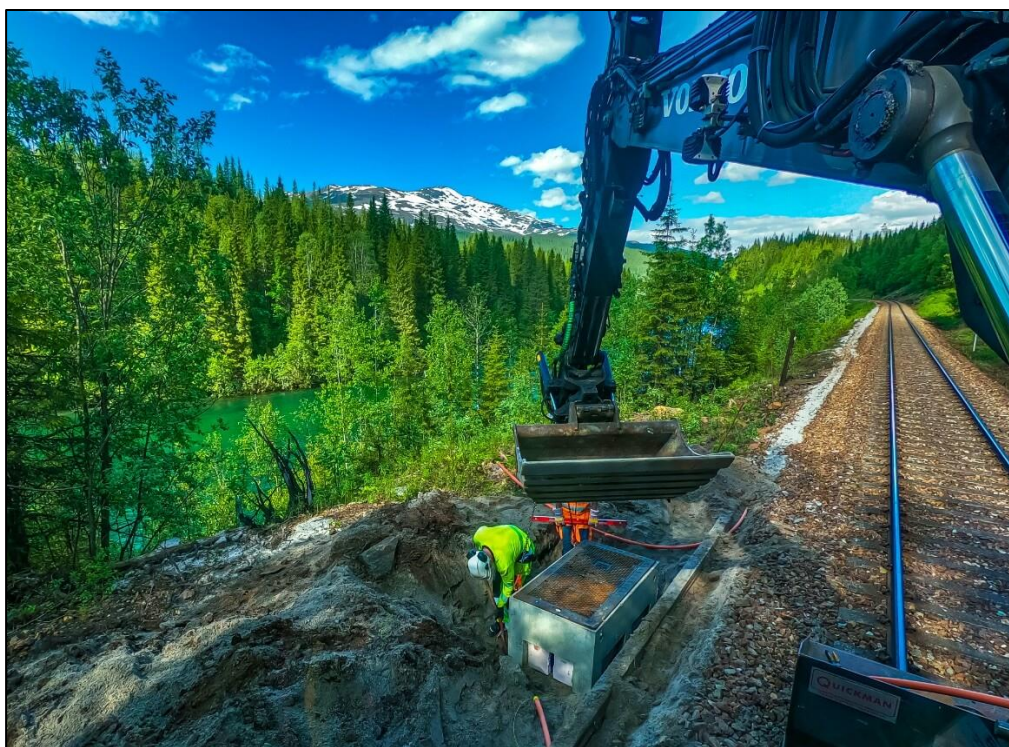
Statnett har tradisjonelt vært noe tilbakeholdne med å delta i det åpne fiberutleiemarkedet. Som statseid aktør har de ønsket å ikke konkurrere med de rent kommersielle ekomaktørene. I senere år har de imidlertid mer aktivt tilkjennegitt i hvilke deler av nettet de har overskuddskapasitet og tilbydd et mørk fiber-produkt

4.9 Bane NOR

Bane NOR har et omfattende ekomnett med høy robusthet for både sikker togfremføring (signalsystem) og for andre interne jernbanerelaterte behov. Nettet baserer seg på egen fiberkabel langs jernbanen samt reserveveier via andre aktører for økt robusthet. Langs jernbanen har Bane NOR også et betydelig antall nodebuer som er sikret med adgangskontroll og reservestrøm.

I forbindelse med nye kommunikasjonsbehov som innføring av nytt signalsystem (ERTMS⁷) har Bane NOR lagt ny fiberkabel langs jernbanesporene i store deler av landet. Gjennom elektrifisering av Trønderbanen, Meråkerbanen, og potensielt etterhvert resten av Nordlandsbanen, blir det også etablert ny fiberkabel.

⁷ European Rail Traffic Management System (ERTMS)



Figur 7: Kabel legges langs Nordlandsbanen. Kilde: Banedrift AS

4.10 KystTele, Stamfiber og N0r5ke Fibre

KystTele er en viktig aktør for transportnett gjennom Midt- og Nord-Norge, fra Trondheim til Tromsø. Selskapet eier de tre fiberkabelforbindelsene «Polar Circle Cable» ("KystTele-kabelen") mellom Trondheim og Narvik, «Tverrlinken» mellom Nesna og Mo i Rana og «KraftTele-kabelen» mellom Fauske og Tromsø.

KystTele opererer utelukkende som utleier av mørk fiber og benytter ikke selv kablene til trafikk. Derfor er det opp til leietakerne av fiberen å utnytte kapasiteten de leier. *KystTele* overvåker miljøalarmer på nodebuene og utfører feilretting på nodebuer og kabel. *KystTele* deltar i en beredskapsgruppe for sjøfiberkabel som opererer en beredskapsordning i tilfelle det oppstår brudd på sjøfiberkabel. Se mer om dette i delkapittel 7.8.

Polar Circle Cable er 1013 km lang og går i sjøen langs kysten mellom Trondheim og Narvik. Kabelen har 34 landforbindelser og 14 nodepunkter.

Selskapet *Stamfiber* ble etablert i 2012 som et konsortium for å bygge ny fiber fra Trondheim til Narvik. *Stamfiber* er således eid av Statnett, GlobalConnect, Signal, NTE Telekom, Helgeland Kraft, Nord-Salten Kraft, Dragefossen Kraftanlegg, Nordkraft Fiber og Indre Salten Energi. De ulike eierne har bygd ut og eier

delstrekke i sine kjerneområder. Stamfiber har imidlertid avtaler⁸ som sikrer disposisjonsrett til alle fibre fra Trondheim til Narvik og leier tilbake fiberkapasitet til eierne og også andre kunder som ikke er eiere i Stamfiber. NTE Telekom utfører overvåking og driftstjenester for Stamfiber fra NTE Telekoms driftssenter i Steinkjer. Driftsenteret har døgkontinuerlig bemanning og varsler eieren av aktuelt fiberstrekk og evt. berørte kunder ved driftshendelser.

På strekningen fra Trondheim til Narvik har Stamfiber 12 nodebuer hvor det leies ut telelosji til andre aktører. Stamfiber er en aktiv pådriver for å legge til rette for gode fellesløsninger i Midt- og Nord-Norge.

N0r5ke Fibre er en relativt ny og spennende nykommer i transportnettmarkedet i Norge. I desember 2022 satte de i drift ny sjøfibre, N0r5ke Viking, fra Bergen til Trondheim. Dette utgjør en ny og viktig transportåre for ekom mellom Sør- og Midt-Norge. N0r5kes forretningskonsept er å bygge og leie ut transportnettkapasitet til ekomtilbydere og andre kunder med behov for stor overføringskapasitet. De tilbyr også datasenterlosji for aktører med behov for stedlig prosessering og lagring av data.

4.11 Ledig fiber i Trøndelag

Bane NORs primær oppgave er å sikre stabil og trygg drift av tog. Dette inkluderer utbygging og drift av et eget ekomnett. De tilbyr imidlertid overskuddskapasitet i fibernettet, inklusiv telelosji, flere steder. Bane NOR har tilgjengelig overskuddskapasitet i fibernettet sitt langs alle jernbanestrekningene som går gjennom Trøndelag, både nord og sør for Trondheim. Bane NOR publiserer en oversikt over ledig fiberkapasitet på sine nettsider.⁹ Når arbeidet med å elektrifisere Meråkerbanen er ferdigstilt, vil de også kunne tilby ledig kapasitet i egen fiber fra Stjørdal opp til svenskegrensen.

Bane NORs fiberinfrastruktur kan bidra ytterligere til den nasjonale robustheten mellom Bodø og Trondheim, men foreløpig er det relativt få aktører som benytter seg av denne muligheten

Statnetts transportnett er i stor grad bygd på egen fiber på høyspentlinjene. Nye høyspentlinjer har OPGW¹⁰ (Optical Ground Wire) med 96 enkeltfibre, og Statnett har ofte ekstra kapasitet i disse kablene til å leie ut mørk fiber til andre aktører.

Statnett har forsterket nettet sitt med en fiberverrlink fra Namsskogan mot Brønnøysund. På deler av dette strekket har de noe ledig fiber, som representerer en mulig tverrlink for flere aktører.

Statnett bygger en ny 420 kV-ledning fra Namsos i Trøndelag via Fosen til Surnadal i Møre og Romsdal. Dette omfatter også sjøkabel under Trondheimsfjorden. Prosjektet er planlagt ferdigstilt i 2027 og skal inkludere fiberkabel som potensielt kan benyttes som en fibertrasé utenom Trondheim.

⁸ Tidsbegrensede IRU-avtaler.

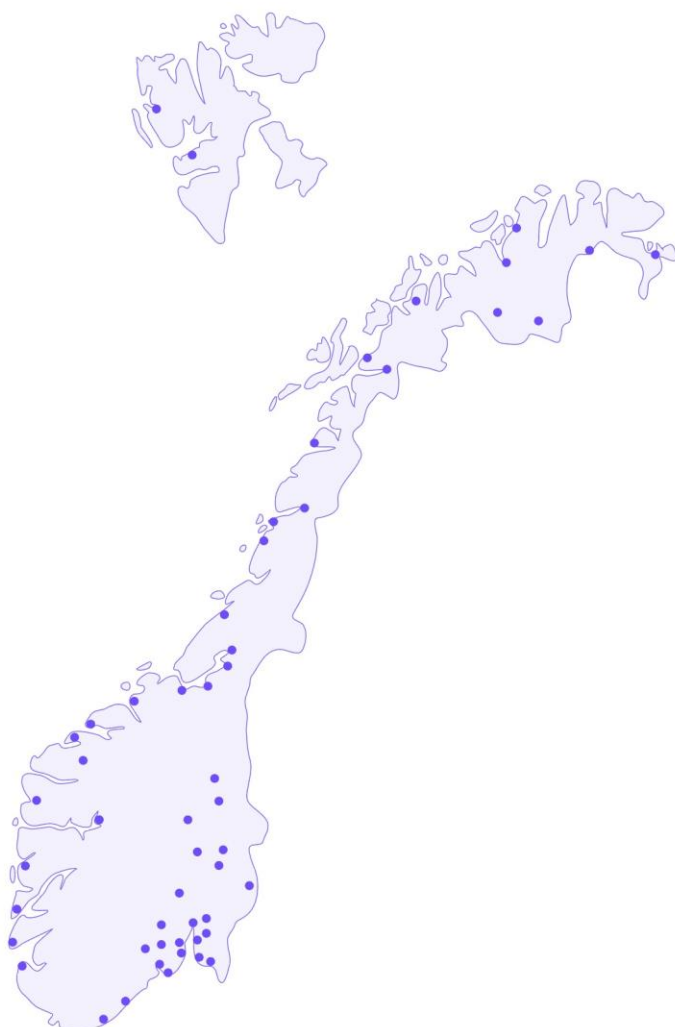
⁹ <https://www.banenor.no/leverandor/krav-og-sikkerhet/regler-og-arbeidsprosesser/mork-fiber/>

¹⁰ Optical ground wire er en type jordingskabel som inkluderer fiber.

4.12 Andre transportnetteiere

Sikt

Sikt utvikler og driver et landsdekkende transportnett som utgjør det norske forskningsnettet for studenter, forskere og ansatte i kunnskapssektoren med ca. 500.000 brukere. Sikt sine kunder er først og fremst utdanningsinstitusjoner, forskningsinstitutter og forskningsstasjoner. Aktøren leier fiberkapasitet fra andre leverandører og har et av Norges mest robuste og avanserte transportnett. Forbindelsen mellom Nord- og Sør-Norge er forsterket med fibernet fra Finnmark og Troms til Finland, og fra Narvik og Trondheim til Sverige. Dette er etablert gjennom samarbeid med Sicts nordiske søsterorganisasjoner FUNET og SUNET i NORDUnet¹¹. Dette gir Sikt flere fysiske føringsveier nordover utover de som går over norsk fastland og sjøbunn.



Figur 8: Sikt sin tilstedeværelse per januar 2024. Kilde: Sikt

¹¹ NORDUnet er et samarbeid mellom forsknings- og utdanningsnett i de nordiske landene; Danmark (DeiC), Island (RHnet), Norge (Sikt/Uninett), Sverige (SUNET) og Finland (Funet).

Norsk Helsenett

Norsk helsenett (NHN) utvikler og driver et landsdekkende transportnett for helsesektoren i Norge, fra Sørlandet til Finnmark. NHNs transportnett er basert på leide optiske samband fra andre aktører. De offentlige sykehusene, store kunder (som private sykehus og kommuner) og store tjenesteleverandører er koblet direkte inn i transportnettet. Andre mindre helseforetak kan velge å kjøpe aksess via NHN eller benytte aksess fra andre leverandører.

NHN har behov for diversitet og krever at leverandører av samband til deres transportnett gir full tilgang til traséinformasjon for fiberkablene. NHN krever at de skal ha innsyn hos sine underleverandører for å kunne verifisere at krav til diversitet er oppfylt.

Avinor Flysikring

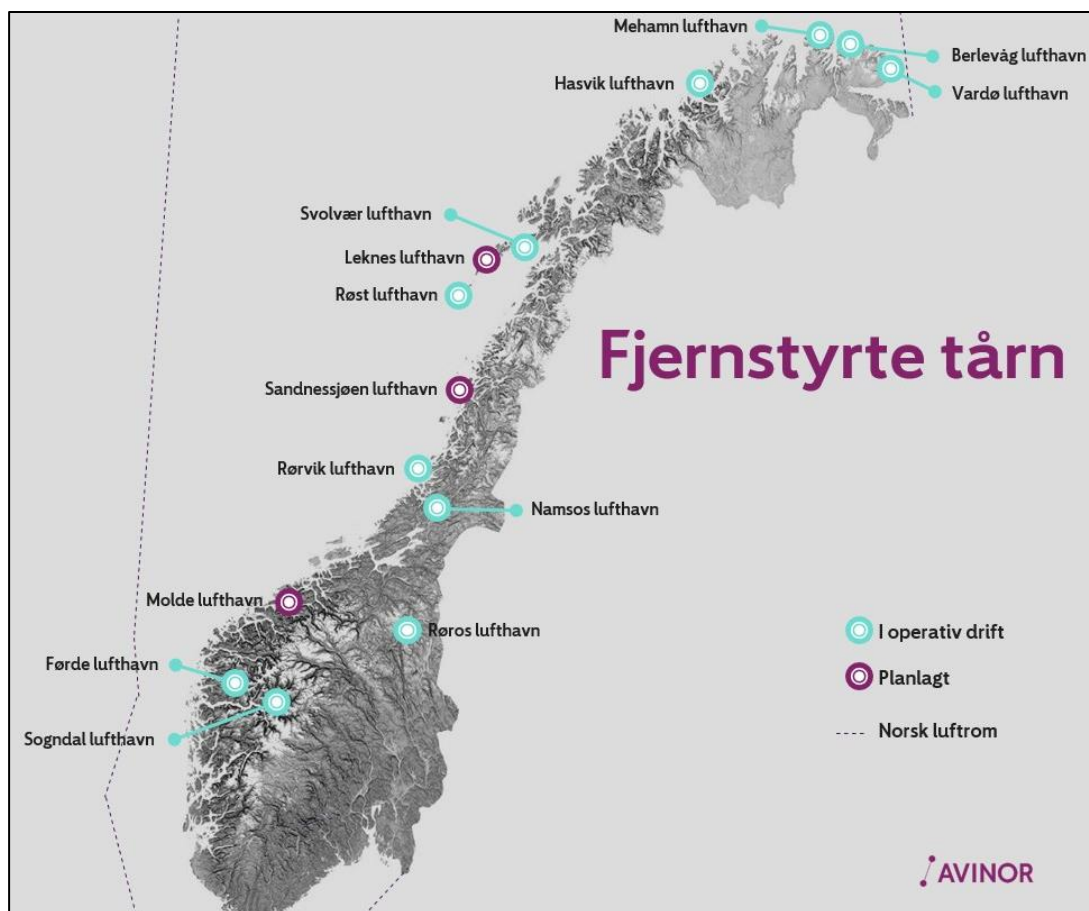
Avinor Flysikring er heleid av Avinor og har ansvaret for den nasjonale flynavigasjonstjenesten. Avinor leverer flygekontrolltjeneste for det norske luftrommet og store deler av Nord-Atlanteren fra Avinors kontrollrom i Stavanger, Røyken og Bodø.



Figur 9: Fjernstyrt flytårn. Foto: Avinor

Avinor er kommet langt med innføring av fjernstyrt tårntjeneste, eller Remote Towers (RT). I første omgang skal dette innføres på 15 lufthavner rundt om i landet. Disse driftes fra Avinors sentrale tårnsenter, Remote Tower Centre (RTC) i Bodø. Per oktober 2023 kontrolleres 11 lufthavner på denne måten, herunder 3 i Trøndelag: Namsos, Rørvik og Røros.

Ved tilfeller av utfall på fjernstyringssystemene har Avinor sikkerhetsrutiner som trer inn. I ytterste konsekvens må flyplassen midlertidig stenges.



Figur 10: Oversikt over Avinors utrulling av fjernstyrte flytårn per oktober 2023. Kilde: Avinor

4.13 Andre aktører

Mindre regionale aktører

I tillegg til NTE Telekom så er det også en rekke andre og mindre regionale/lokale ekomtilbydere som enten springer ut av lokale kraftselskaper, kabelTV-etableringer eller andre tekniske miljøer. De fleste av disse disponerer i noen grad egen infrastruktur, men ikke mye av dette inngår i større eller nasjonale transportnett.

DSB Nødnett

Nødnett understøtter nød- og beredskapsaktører med kommunikasjonstjenester og har ekominfrastruktur over store deler av Trøndelag fylke. DSB, som forvalter Nødnett, eier mange basestasjoner og har i tillegg til leid fiber egne radiolinjer i bruk på avsidesliggende lokasjoner. Nødnett leier optiske samband av andre transportnettleverandører.

I aksessnettet er Nødnetts basestasjoner sammenkoblet i ringstrukturer ved hjelp av egne radiolinjer og leide linjer. Hver basestasjon har to separate tilkoblingspunkt til transmisjon, som sikrer redundans og gir

muligheter for omruting av trafikk ved utfall. I tillegg har Nødnetts basestasjoner minimum 8 timers reservestrømkapasitet.

Nødnett har vesentlig avhengighet til de kommersielle region- og landsnettene lenger inn i nettverkstopologien, slik som de optiske sambandene til flere ekomtilbydere. Det er derfor viktig for Nødnetts oppetid at region- og landsnettene har tilstrekkelig reservestrøm på viktige nodepunkt, i tilfelle uønskede hendelser, som for eksempel uvær, påvirker strømtilførselen.

Nødnett har hatt et samarbeid med nettselskaper om reservestrømløsninger siden 2015, kalt kraftprosjektet. Nettselskaper som inngår abonnementsavtaler med Nødnett og tar i bruk systemet som driftsradio på sine installasjoner, kan få opplysninger om Nødnetts infrastruktur i de respektive områdene. I spleiselag med DSB velger mange nettselskaper å investere i bedre reservestrømkapasitet på basestasjoner som dekker sine installasjoner siden mange av disse bruker Nødnett som driftsradiosamband.

Statsforvalteren i Trøndelag

Statsforvalteren i Trøndelag er regjeringens nærmeste representant i fylket. Administrasjonen består av ulike avdelinger, deriblant samordning og beredskap. Blant oppgavene til Statsforvalteren er å fungere som kontroll- og veiledende organ ovenfor kommunene. Fylkesberedskapssjefen med sin stab sørger for å holde statsforvalteren oppdatert på enhver situasjon som krever at krisestaben samles, som for eksempel under ekstremvær, og større utfall på ekom og kraft. Nkom har hatt sonderingsmøter med fylkesberedskapssjefens stab i forbindelse med innhenting av informasjon om viktige samfunnsfunksjoners ekombehov og hvilke sårbarheter de opplever finnes i ekomnettene i fylket.

Kystverket

Ansvar for sikker og effektiv ferdsel langs kysten og inn til havner er tildelt Kystverket. Aktøren har tilstedeværelse i Trøndelag og leier transmisjon fra flere tilbydere. Blant de viktige samfunnsoppdragene som Kystverket har, står ansvaret for oljevern og miljøberedskap samt navigasjonstjenester i sentrum.

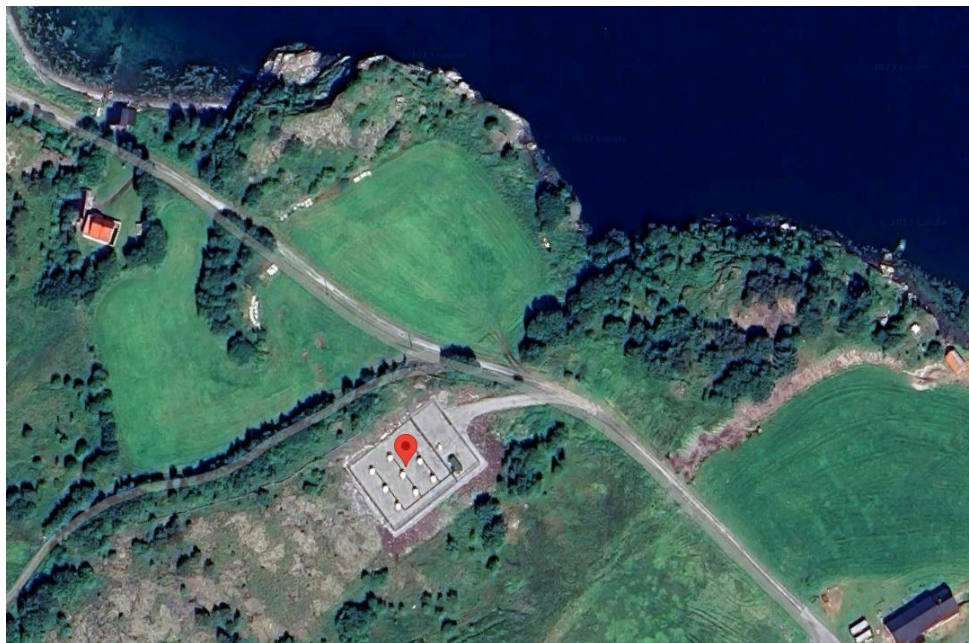
Datasenteraktører

For at datasentre skal kunne betjene datalagring og dataprosessering som krever overføring av store datamengder på kort tid, er man avhengig av svært god kapasitet i transportnettene. Det er behov for høy grad av stabilitet og oppetid på nettverksforbindelsene, noe som fordrer god redundans og omrutingsmuligheter i tilfelle utfall på enkeltforbindelser. Dette er faktorer en må vurdere relatert til næringsutvikling i regionen, og for å sikre tilgangen til potensielt viktige dataressurser også i et nasjonalt perspektiv.

I 2022 åpnet Exanorth Tunnsjødal Data Center på Namskogan. Det er også gjort forstudier av bl.a. Sintef for etablering av enda større datasentre i Trøndelag, men de har enda ikke materialisert seg.

SpaceX

SpaceX etablerte i 2023 en jordstasjon for kommunikasjon med lavbanesatellitter i Trøndelag.



Figur 11: Nylig etablert jordstasjon for SpaceX. Kilde: Google Maps

4.14 Utenlandsforbindelser

Flere tilbydere i Trøndelag har mulighet til å rute trafikk via Sverige, men det varierer i hvilken grad sambandene benyttes som reservevei mot Sør-Norge.

4.15 Sanering av kobbernettet og utfasing av eldre teknologi

Fram til 1985 var kobberledninger og radiolinjer dominerende i det norske telenettet. Fiberkablene gjorde sitt inntog på 1980-tallet og erstattet over tid radiolinjer over større avstander. Det finnes fortsatt radiolinjeforbindelser i enkelte dedikerte nett og i lokalt nett nær kunder og mobilbasestasjoner.

Telenor eier i all hovedsak det som har vært av kobbernett og har betydelig aktivitet på gang for å erstatte kobber med fiber og andre erstatningsprodukter. Samtidig har det foregått en utvikling fra linjesvitsjet teknologi¹² til pakkesvitsjet teknologi¹³. Fremdeles er det noen få viktige brukere av linjesvitsjet teknologi, men både for Telenor og GlobalConnect er også disse nettene under avvikling.

¹² SDH (Synchronous Digital Hierarchy) og PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

¹³ Ethernet, IP og IP/MPLS

5 Utvikling av fiberinfrastrukturen

Utbygging av fibernett i Trøndelag har utviklet seg over tid gjennom tilstedeværelse og satsing fra flere nasjonale og regionale aktører. I løpet av de senere årene har det blitt gjennomført oppgraderinger av allerede eksisterende infrastruktur, samtidig som nye og viktige fiberstrekk planlegges og bygges ut.

I forbindelse med kartleggingen av fiberutviklingen i Trøndelag har Nkom fått informasjon om planer for nye langdistanse transportnettforbindelser på nord/sør-aksen og planer/ønsker om tverrforbindelser som vil gi enda bedre redundans og økte muligheter for omruting av trafikk ved utfall.

Bypass-muligheter

For å spre og styrke de gjennomgående transportnettforbindelsene i fylket er det fra flere aktører pekt på behovet for flere forbindelser som går utenom Trondheim. Det pekes på «bypass-muligheter» både vest og øst for byen.

Oppgradering av teknisk plattform for transmisjon

Transportnettaktørene oppgraderer det optiske transportnettet sitt typisk gradvis og områdevis. Nyere systemer har funksjonalitet for dynamisk omkonfigurering og omruting, og er dermed svært hensiktsmessige å bruke der man har tilkobling til og ønsker å sette trafikk på fysiske tverrforbindelser. Det skjer også en oppgradering av transportnettene som følge av utrulling av 5G.

Forsterkningsprogram

I tillegg til fornying og oppgradering av den tekniske funksjonaliteten gjennomfører aktørene også en rekke andre sårbarhetsreducerende og forsterkende tiltak i flere deler av nettene.

Statnett

Statnett bygger en ny 420 kV høyspentledning fra Namsos i Trøndelag via Fosen til Surnadal i Møre og Romsdal. Dette omfatter også sjøkabel under Trondheimsfjorden. Prosjektet er planlagt ferdigstilt i 2027 og skal inkludere fiberkabel.

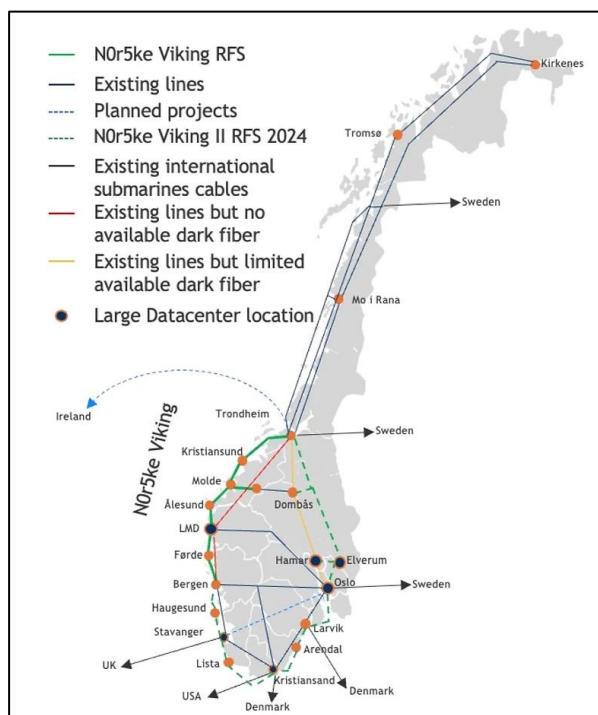
Sikt

Sikt er i en anbudsprosess for å skaffe nye avtaler på fiber og optisk spektrum for å fornye transportnettinfrastrukturen.

Celtic Norse

Det har vært et initiativ for å etablere en internasjonal sjøkabel, Celtic Norse-kabelen, fra Irland til Trøndelag. Prosjektet er avhengig av EU-støtte og informasjon per oktober 2023 tyder på at dette ikke er et prioritert prosjekt for EU, og blir derfor vanskelig å finansiere.

N0r5ke Fibre



Etter idriftsetting av sjøfibernkabelen N0r5ke Viking fra Bergen til Trondheim i desember 2022 har N0r5ke Fibre jobbet med å ekspandere sine fiberanlegg videre fra Bergen rundt sørlandskysten til Oslo og videre på land fra Oslo til Trondheim i en ny fase de kaller N0r5ke Viking II. Denne planlegges å være klar for idriftsettelse en gang etter 2024. Når den forbindelsen er oppe og går kan N0r5ke tilby en ny høykapasitets fiberring som går rundt hele Sør-Norge.

Figur 12: N0r5ke Fibre sine eksisterende og planlagte fiberforbindelser. Kilde: N0r5ke Fibre

6 Kraftleveranse til ekominfrastruktur

6.1 Innledning

Det er en økende gjensidig avhengighet mellom ekom- og kraftsektoren. Robuste ekomnett og ekomtjenester er helt avhengig av stabil strømforsyning, samtidig forutsetter økt digitalisering i kraftsektoren velfungerende ekom. I Meld.St.28 (2020-2021) «Vår felles digitale grunnmur» er et av hovedmålene og prioriteringene til regjeringen å styrke samarbeidet mellom ekom- og kraftsektoren om sikkerhets- og beredskapsarbeid. Stortingsmeldingen foreslår ulike tiltak som skal igangsettes for å bedre samhandling mellom sektorene, herunder:

- Økt kunnskaps- og informasjonsutvekslingen om eksisterende og planlagt infrastruktur mellom ekom- og kraftsektoren
- Styrket regional samhandling for den digitale grunnmuren i beredskapsplaner og i krisehåndtering
- Veiledning til regelverk

Som en del av oppfølgingen etablerte Nkom og NVE sammen med Elvia, Telenor og Telia en arbeidsgruppe som har utarbeidet en rapport med forslag til tiltak for å styrke samarbeidet mellom sektorene. Et viktig underlag for arbeidsgruppens vurderinger og forslag til tiltak er en utredning med

kartlegging av elektronisk kommunikasjonsinfrastruktur som bør prioriteres ved gjenoppretting av kraftforsyning etter langvarige utfall¹⁴. Arbeidsgruppen ferdigstilte sin rapport i juni 2022 og har foreslått viktige tiltak for hvordan samarbeidet mellom ekomtilbydere og kraftnettselskap kan bedres i fremtiden:

- Utveksle kontaktinformasjon mellom ekomselskaper og kraftnettselskaper
- Etablere samhandlingsarena for ekom- og kraftsektoren
- Styrket ekom-deltakelse i fylkesberedskapsråd
- Utveksle informasjon om prioriterte ekom-lokasjoner iht. fastsatte kriterier
- Standardiserte statusvarslinger ved strømbrudd iht. fastsatte kriterier
- Etablere en felles kommunikasjonskanal for deling av informasjon mellom sektorene

Arbeidsgruppen har foreslått en tiltaksplan for hvordan tiltakene bør følges opp videre, som tas med videre i arbeidet med ekom-kraft.

6.2 Sikring av strømforsyning med reservekraft

Ekomnettene er mest sårbare for langvarige strømutfall i værutsatte områder og grisgrendte strøk. Sårbarheten ved langvarige strømutfall er størst for aggregeringspunkter i transportnettene, og for basestasjoner uten overlappende dekning som dekker samfunnskritiske funksjoner eller store områder i værutsatte og grisgrendte områder. Ekomnettenees følsomhet for brudd vil i stor grad være knyttet til reservestrømkapasitet og redundansen i nettene.

Ved svikt i ekstern strømforsyning er det viktig med reservekraft både på tjenesteproduksjonsnoder og i transportnettene som binder alt sammen. Dobbel nett-tilkobling, til en alternativ transformator-krets, er et forsterkende supplement på nettsiden, men ekomnetteierne har i svært liten grad vist til eller dokumentert denne form for forsterkning. Programmet for forsterket ekom er et viktig bidrag fra staten for å styrke den fysiske robustheten i den digitale grunnmuren. Forsterket ekom skal sikre nødstrøm i minimum 72 timer til basestasjoner som dekker et utpekt område i kommunen.

I fraværet av alternativ kilde til ekstern strømforsyning benyttes i stedet batterianlegg og dieselaggregater. I transportnettene må man ikke bare holde liv i noder med aktivt utstyr, men også de mellomliggende passive nodene med forsterkere som trengs for å bevare det optiske signalet underveis på lengre strekk.

Sentrale enheter i ekomnettene skal ha reservestrøm i minst tre døgn. Dette er anlegg som etter klassifiseringsforskriften¹⁵ er klassifisert i klasse A og B. Andre viktige anlegg, klassifisert i klasse C, skal ha

¹⁴ Utredningen ble gjennomført i tidsrommet september 2021 til mars 2022, utarbeidet for Nkom av konsultentselskapet Oslo Economics og THEMA.

¹⁵ Forskrift om klassifisering og sikring av anlegg i elektroniske kommunikasjonsnett

reservestrøm i minst to døgn. På de mest kritiske nodene har alle de store aktørene faste diesellaggregat i tillegg til batteribanker. Batteribankenes viktigste oppgave her er å holde liv i utstyret på lokasjonen til diesellaggregatet har startet opp, noe som vanligvis skjer i løpet av sekunder, men vil som regel holde en god del lenger enn det.

Når det gjelder reservestrømforsyning har Nkom fattet vedtak som stiller minstekrav til reservestrømkapasitet i mobilnettene til Ice, Telenor og Telia. I dekningsområder som omfatter tettsteder med mer enn 20.000 innbyggere skal reservestrømkapasiteten være minst to timer. I dekningsområdene utenfor disse stedene skal reservestrømkapasiteten være risikobasert og i snitt minst fire timer, men likevel ikke mindre enn to timer.

Mindre kritiske siter vil som regel ha tilkoblingskontakter på utvendig vegg for tilkobling til mobilt aggregat. Disse vil typisk ha en batterikapasitet på 4-8 timer, tilstrekkelig dimensjonert til at driftspersonell skal rekke ut å reise ut med og koble til mobilt aggregat. Aggregatene, som går på bensin eller diesel, står som regel på lager hos de ulike netteierens entreprenører. Det ligger i netteierens vedlikeholdsrutiner å jevnlig foreta «helsesjekk» av batterier, faste og mobile aggregater, samt også drivstofflagre, som er plassert på de ulike lokasjonene.

6.3 Prioritering av ekomlokasjoner ved utfall av ekstern kraft

Kartlegging viser at det sannsynligvis vil være nyttevirkninger i form av kortere nedetider og utfall for sluttbrukere dersom ekomtilbydere og kraftnettselskapene samarbeider bedre i forkant og under langvarige strømfall. Dersom ekomtilbyderne utveksler informasjon om prioriterte ekomlokasjoner i egne nett, vil kraftnettselskapene kunne prioritere gjenoppretting av infrastruktur på tvers av ekomtilbyderne. I 2022 gjennomførte Oslo Economics og THEMA en utredning for Nkom knyttet til kartlegging av elektronisk kommunikasjonsinfrastruktur som bør prioriteres ved gjenoppretting av kraftforsyning etter langvarig utfall. Det ble i utredning foreslått en prioriteringsstrategi etter følgende kriterier:

1. Aggregeringspunkter og hub-basestasjoner i transportnettene med liten grad av redundans ut til underliggende basestasjoner
2. Basestasjoner hvor det er samfunnskritiske virksomheter i dekningsområdet
3. Basestasjoner som dekker store områder med liten grad av redundans

Pilot i Nordland

Innhenting av ekomlokasjoner basert på den foreslåtte prioriteringsstrategien ble i 2022 gjennomført som en pilot i den regionale analysen Nkom da gjennomførte for Nordland. Ice, Telenor og Telia ble forelagt

kriterier og gjorde sine prioriteringer. Kvalitetssikring av listene ble gjennomført av Nkom i samråd med ekomtilbyderne, og deretter oversendt kraftnettselskapene.

Evalueringen av piloten i etterkant avdekket imidlertid at ingen av KBO-enhetene¹⁶ i Nordland har tatt i bruk listen med prioriterte ekomlokasjoner. Dette begrunnes i at prioriteringsoversikten er for omfattende for å kunne brukes til reell prioritering i en krisesituasjon. Videre påpekes det at en ikke bør sende ut fylkesvise lister, men heller skille ut og dele informasjon om prioriterte ekomlokasjoner til det geografiske området kraftnettselskapene har ansvaret for. Det er viktig å ta lærdom av de erfaringene man gjorde seg i Nordlands-piloten og sammen med medvirkende aktører finne bedre måter å gjøre dette samordnings- og prioriteringsarbeidet på.

Krav til rasjoneringsplaner

Etter kraftrasjoneringsforskriften plikter alle KBO-enheter med områdekonsesjon å utarbeide rasjoneringsplaner som en del av sin beredskapsplanlegging. Planene skal utarbeides i samarbeid med berørte myndighetsorganer og representanter for berørte private interesser. I vedlegg til rasjoneringsforskriften stilles det blant annet krav til samarbeid med teleoperatører ved forberedelse til og gjennomføring av rasjoning. Det stilles også krav til kraftnettselskap om å ha oversikt over sluttbrukere som skal prioriteres under rasjoning.

I Agder har Glitre Nett og Statsforvalteren i Agder samarbeidet om å utarbeide en praktisk veileder for arbeidet med strømrasjoning i Agder. Arbeidet med strømrasjoning og oversikt over prioriterte kunder er ikke kun relatert til strømrasjoneringsarbeidet, men også et viktig grunnlag for Glitre Nett i ekstraordinære hendelser hvor det er utfall av strømkunder i kommunene. Dette inngår som underlaget til beredskapsledelsen i Glitre Nett sin plan- og beslutningsprosess ved feilretting.

I prosessen med å kartlegge prioriterte basestasjoner i Agder har alle kommuner og aktuelle aktører tegnet på kart hvor de selv trenger elektronisk kommunikasjon for å ivareta egne beredskapsfunksjoner. Glitre Nett og Statsforvalteren i Agder har deretter involvert ekomtilbyderne som plukker ut prioriterte basestasjoner og begrunner valgene. Der hvor man ser at basestasjoner er betydningsfulle for flere viktige brukere vil det vurderes høyere prioritet i samråd med Nkom.

Prioritering ved ekomutfall

Prioriteringsarbeidet krever samordning og tverrsektoriell koordinering, både i forkant og under en hendelse. Nkom ser positivt på fremgangsmåten som er benyttet i Agder for å kartlegge viktige basestasjoner, hvor prioriteringslisten er utarbeidet i et samarbeid mellom kraftnettselskap, Statsforvalteren og ekomaktører.

¹⁶ Kraftforsyningens beredskapsorganisasjoner (KBO) ledes av NVE og består av alle virksomheter som eier eller drifter anlegg med vesentlig betydning for den norske kraftforsyningen (KBO-enheter).

Prioriteringen av ekomlokasjoner ved utfall vil imidlertid være dynamisk og situasjonsavhengig. Eksempelvis vil hvilke basestasjoner som skal prioriteres være avhengig av hvilke andre basestasjoner som har falt ut, og i hvilken grad man kan gjøre avbøtende tiltak i den gitte situasjonen. Det er derfor viktig at ekomtilbydere og kraftnettselskap har god dialog også under utfall, slik at de kan gjøre eventuelle tilpasninger av prioriteringer. utfordringer ved prioritering av lokasjoner i kriser vil kunne løses gjennom ekom-myndighetens dialog med Statsforvalteren og Fylkesberedskapsrådet.

7 Drøfting av sårbarheter

7.1 Innledning

Sårbarhet er et uttrykk for et systems manglende evne til å motstå uønskede hendelser eller varige påkjenninger samt til å opprettholde eller gjenoppta sin funksjon etterpå¹⁷. Sårbarheter kan både være knyttet til tekniske og logiske, naturgitte (klimaendringer mv.), organisatoriske og menneskelige forhold.

Som grunnlag for å vurdere sårbarheter benytter Nkom innsamlet informasjon fra aktørmøter og andre kilder, egen utfallstatistikk og analyser av GIS-/kartdata av infrastruktur. Analysen av utilsiktede hendelser bygger i stor grad på «NS 5814:2021 – krav til risikovurderinger». Sannsynlighets- og konsekvensvurderingene suppleres med usikkerhetsvurderinger basert på statistisk datagrunnlag, kunnskapsgrunnlaget og usikkerhet knyttet til om fremtidige hendelser vil inntreffe. Ekomloven § 2-10 stiller krav til at det skal være forsvarlig sikkerhet i ekomnett og -tjenester i fred, krise og krig. Hvilke scenarioer som legges til grunn har betydning for hva som kan betraktes som forsvarlig sikkerhet. I delkapittel 7.10 vurderes derfor ulike sårbarheter som har blitt identifisert opp imot ulike scenarioer, forankret i situasjonstilstandene fred, krise og krig.

For å lage en systematisk tilnærming til materien har vi delt identifiserte sårbarheter inn i ulike kategorier etter type. Enkelte konkrete funn vil passe inn under flere kategorier. For eksempel kan mange tilbyderes tilstedeværelse på ett og samme punkt både være en sårbarhet i forhold til fysisk konsentrasjon av kritisk infrastruktur, men også utgjøre en ytterligere sårbarhet dersom den fysiske sikringen av punktet ikke anses å være tilstrekkelig. Noen av sårbarhetsfunnene er derfor omtalt under flere av de følgende underkapitlene som omtaler ulike sårbarhets kategorier.

Det må også nevnes at sårbarhetsvurderinger ofte er beheftet med en betydelig usikkerhet. Usikkerheten rundt en sårbarhet vurderes som lavere jo flere innspill, observasjoner og funn som understøtter sårbarheten.

¹⁷ <https://online.standard.no/ns-5814-2021ac-2023>

I delkapittel 7.2 følger først en kort gjennomgang av ekomrelatert utfallsstatistikk og tilhørende årsaker for Trøndelag i årene 2019-2022. Deretter gjennomgås sårbarheter som har blitt kartlagt i prosjektet i delkapitlene 7.3-7.9. Til slutt oppsummeres og kategoriseres de vesentligste sårbarhetene i en risikomatrix i delkapittel 7.10.

7.2 Utfallsstatistikk

2019 - 2022

Av hendelser som har blitt rapportert til Nkom, er fiberbrudd den vanligste kilden til feil i nettene i Trøndelag. Konsekvenser av enkeltstående fiberbrudd kan være midlertidig reduksjon av redundans og lokale utfall av mobil og fastnett. Fiberbrudd rammer ofte flere mobiloperatørens tjenester i de samme områdene, som følge av felles avhengighet til de samme transmisjonslinjene.

Nest hyppigste årsak til utfall er strømbrudd, som kan påvirke ulike lag av transportnettene avhengig av hvor de inntreffer. Ved uvær inntreffer ofte strømbrudd og fiberbrudd/transmisjonsfeil samtidig, ettersom utstyret som brukes for fibertransmisjon er avhengig av kontinuerlig strømtilførsel.

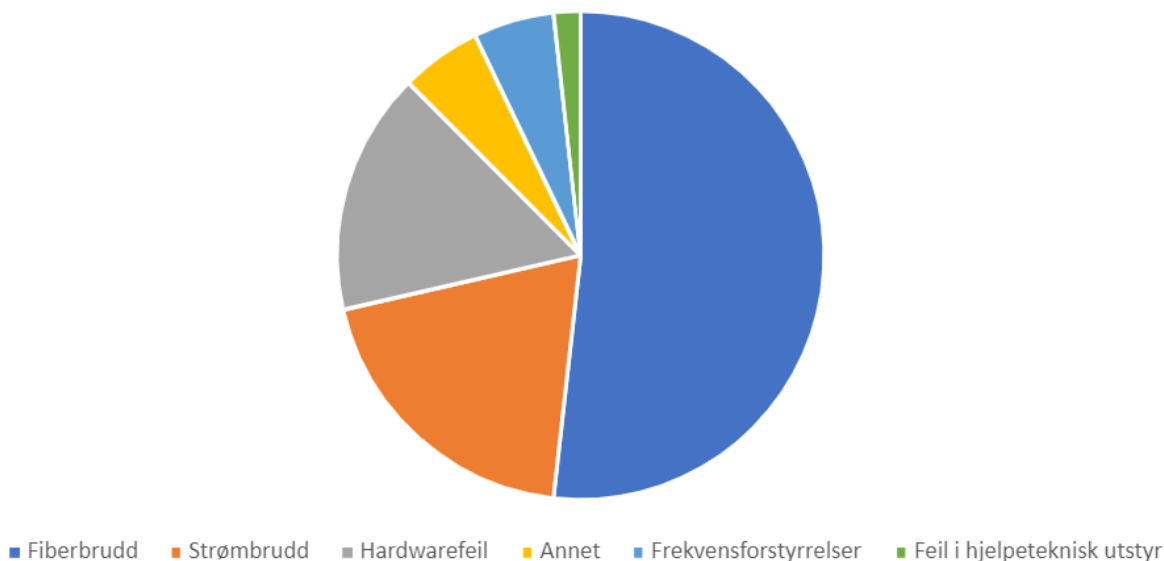
I 2022 inntraff 24 utfallshendelser i Trøndelag som var av en slik karakter at Nkom ble varslet. 16 av disse skyldtes fiberbrudd, mens 4 ble forårsaket av strømbrudd. I 2021 inntraff 11 utfallshendelser i Trøndelag, hvorav 5 skyldtes fiberbrudd, mens 2 ble forårsaket av strømbrudd. 2020 ble det registrert 16 utfallshendelser, mens i 2019 ble det kun registrert 5.

Med tanke på fordeling på kommuner hadde Namsos flest utfallshendelser (6) årene 2019-2022. Den årlige forekomsten av utfallshendelser totalt sett i fylket varierer betraktelig i tidsrommet 2019-2022. Årsakene til dette kan være mange, og kan eksempelvis skyldes tilfeldig variasjon i forekomsten av uvær eller klimaendringer.

Hendelsene skiller seg ikke ut fra landet for øvrig i fordeling av type eller varighet. Hendelsene gir ikke grunnlag for å trekke konklusjoner om det er større, eller andre typer sårbarheter i Trøndelags-regionen enn ellers i landet. Likevel er det noen tendenser som fremgår i figur 13 under.

Den mest alvorlige utfallshendelsen var i forbindelse med uvær i sørlige deler av landet i januar 2022. Stormen medførte fiberbrudd og strømbrudd, og førte til utfall i ekom i en rekke kommuner i Trøndelag, som Frøya, Haltdalen, Hitra, Holtålen, Trondheim og Melhus. Utfallet hadde enkelte steder en varighet på over to døgn.

Utfall fordelt på hendelseskategori, 2019-2022



Figur 13: Innrapporterte utfall i Trøndelag, 2019-2022.

I figur 13 over er innrapporterte utfall i Trøndelag for perioden 2019-2022 fordelt på ulike hendelseskategorier. Hardwarefeil omfatter utstyr som brukes permanent for tjenesterealisering, slik som linjekort. Hjelpeteknisk utstyr omfatter sekundært utstyr slik som ulike nødstrømløsninger.

2023

I 2023 har det vært flere utfallshendelser i Trøndelag. Blant annet har det vært flere brudd på føringsveier i landsnettene. Samtidige brudd (dobbelbrudd) har i enkelte tilfeller ført til fullstendig utfall av ekomtjenester for enkeltaktører i korte tidsperioder fra Trøndelag og nordover. I andre tilfeller har dobbelbrudd medført betydelig utfall av redundans, hvor kun tilfeldigheter har gjort at utfallene ikke har forplantet seg til større tjenesteutfall nordover i landet.

Det er ulike årsaker bak utfallene, og flere av hendelsene kan tilskrives klimaendringer og økning i forekomsten av ekstremvær. Høsten 2023 førte flom og ras til utfall i flere tilbyderes ekomnett i Trøndelag.

7.3 Sårbarheter relatert til den overordnede fiberinfrastrukturen

Fiberinfrastrukturen i Trøndelag er jevnt over godt utbygd, men på en del viktige punkt ser man klare sårbarheter.

Som tidligere nevnt er det karakteristisk for Trøndelag at fylket er transittpunkt for nasjonal ekomtrafikk langs nord/sør-aksen gjennom landet. Slik transportnettene er innrettet går mange av transmisjonslinjene i landsnettene innom noen sentrale termineringspunkt i Trondheimsområdet før de går videre nordover

eller sørover. Konsentrasjon av viktig infrastruktur på disse transitt- og termineringspunktene medfører at flere samtidige hendelser kan sette enkeltaktører ut av spill. Avhengig av hvilken aktør som rammes vil dette kunne få alvorlige konsekvenser for trafikk til store deler av fastnett og mobilnett i Nord-Norge og Trøndelag.

Det er et betydelig skille i nettverkstopologien for ekomnettene nord og sør i fylket, dvs. nord og sør for Trondheim. I sør er ekomnettene klart mer utbygget enn i nord, hvor det generelt er færre hovedtraséer og tverrforbindelser.

Fibertraséene nord for Trondheim er grovt sett fordelt på en ytre kystkorridor og en indre landkorridor. Ytre og indre korridor er godt separert fra hverandre. Innenfor hver korridor er der flere nærførende og kryssende kabler, både på eller i nærheten av termineringspunkt i byer og tettsteder.

Nærføringer og kryssninger gjør at én enkelt hendelse (f.eks. skred, større eksplosjon eller anker på et tyngre sjøfartøy) kan ta ut flere fiberforbindelser i ytre eller indre korridor, som i praksis vil bety redusert redundans i ett eller flere landsnett, men altså ikke fullstendig utfall i tjenesteleveranse dersom fiberforbindelser i alternativ korridor fortsatt er operative. Samtidige utfall av alle fiberforbindelser i indre og ytre korridor i samme del av landet vil imidlertid føre til komplett utfall av alle landbaserte ekomtjenester (inkludert mobilnettene).

Tverrsamband sammen med aktive transmisjonsnoder utenfor allerede etablerte knutepunkt, kan redusere sårbarheten ved å rerute trafikken utenom bruddpunkt og øke robustheten på nord/sørforbindelsene. Som tidligere nevnt er et annet alternativ å rerute trafikken via reservesamband gjennom utlandet.

Ekomtilbydere må gjøre noen valg når de skal strukturere transportnettene. På regionnivå er det ofte gunstig å lage ringer som gjør at man kan nå alle tilkoblede noder via to veier. Når det da oppstår brudd på den ene forbindelsen kan man fortsatt nå alle noder og det meste av underliggende trafikk via den andre veien. Men det er ikke alltid lett å få plass til alle mindre tettsteder og kommuner innpå slike metroringer, som slike ringer på regionnivå gjerne kalles. Noen steder blir hengende på en «tamp», dvs. en enkelt kabel som ikke inngår i en større ring.

7.4 Sårbarheter i diversitet og redundans på føringsveier og knutepunkter

Kartleggingen har vist at det finnes noen felles knutepunkter som er viktige for føringsveiene. I denne rapporten brukes begrepet knutepunkt om fysiske steder hvor mye infrastruktur og mange tilbydere er samlokalisert.

Ekomnettene har alternative føringsveier til alternative knutepunkt, som gir redundans. Dette reduserer kundeopplevd konsekvens ved utfall på enkeltknutepunkt. Skjer det flere samtidige utfall på slike

hovedknutepunkt, enten på selve knutepunktet eller på føringsveier inn/ut av knutepunktet vil dette imidlertid kunne få større konsekvenser.

I design av nasjonale transportveier i offentlige ekomnett, og etter Nkoms målbilder i rapporten «Robuste ekomnett i Norge frem mot 2030» er det anbefalt at hver tilbyder har tre selvstendige føringsveier (alternative ruter) mellom de største byene, som fra Trondheim mot Bodø og Tromsø, og fra Trondheim mot Oslo og Bergen. Med et slikt design vil man som hovedregel kunne holde mye av transportnetttrafikken gående selv om to føringsveier mellom de større byene faller ut samtidig.

- *Høytilgjengelighet
begynner
med tallet* **3**

Olaf Schjelderup

Leder for forskningsnettet i Sikt

– Kunnskapssektorens tjenesteleverandør

Det er få knutepunkter og føringsveier hvor *alle* tilbyderne i Trøndelag er til stede. De store aktørene har i noen grad egne traséer og nodepunkter. Dette sikrer en viss diversitet, men utfall på slike knutepunkt hvor flere aktører er til stede kan, som beskrevet over, likevel få store konsekvenser.

7.4.1 Sårbarhet knyttet til nærføringer og manglende diversitet

I regionen finnes det flere lokasjoner der nærføring forekommer. En enkelt hendelse kan føre til utfall for flere kabler og slike nærføringer representerer en sårbarhet. Redundansen gitt av andre fibertraséer i regionen begrenser konsekvensene ved brudd på flere kabler.

Fiberkabler i regionen krysser hverandre flere steder langs hovedveier og jernbane. Krysningene og nærføringene representerer på enkelte steder en sårbarhet ved at en hendelse kan medføre brudd på flere kabler. Redundans på nord/sør-forbindelsen vil imidlertid opprettholdes gjennom andre kabler.

Sjøfiberkabler kommer i land på flere lokasjoner i Trøndelag. Noen steder har flere aktører fiberkabler som ligger i nærføring med hverandre. Likevel har de fleste ekomtilbyderne som benytter disse kablene redundante løsninger på nord/sør-forbindelsen. Et utfall kan ha lokale konsekvenser for ekomtjenester, og samtidig redusere den overordnede redundansen på nord/sør-forbindelsen.

Fiberkabler langs europavei og fylkesvei har mange skjøtepunkter og krysninger. Dette vurderes ikke som en stor sårbarhet, selv om nærhet til veier med mye trafikk gjør at skjøtepunkter og krysninger er utsatt for utkjørsler og andre hendelser på og langs veien. Det er en utfordring å redusere antallet krysninger og skjøtepunkter på grunn av omfanget og kostnadene slikt arbeid vil medføre. Det er imidlertid flere kabler som ivaretar redundans på nord/sør-forbindelsen, i tillegg til fiberkabler langs kysten. Dette bidrar derfor til å redusere den overordnede sårbarheten.

7.5 Sårbarheter relatert til fysisk sikring

Krav til fysisk sikring vil variere ut fra hvilken del av fiberinfrastrukturen som skal sikres. I henhold til klassifiseringsforskriften skal nettutstyr i anlegg (noderom, nodebuer, datasenter osv.) sikres mot uønsket ytre fysisk påvirkning. Omfanget av sikringstiltak skal være basert på en risiko- og sårbarhetsvurdering utført av ansvarlig netteier og/eller ekomtilbyder. Sikringen av anlegg skal ivareta forsvarlig sikkerhet for elektroniske kommunikasjonsnett og –tjenester i fred, krise og krig.

Sikring består normalt av barrierer, deteksjon og reaksjon, hvor barrierer skal forhindre eller forsinke trusselaktør fra å få tilgang til, eller gjøre skade på nettutstyr. Fysisk sikring skal også forhindre skader fra utilsiktede hendelser som uvær, skred, brann og så videre.

7.5.1 Sentrale lokasjoner i Trøndelag

Kartleggingen viser at den største sårbarheten som er avdekket er at mange forbindelser mellom Sør- og Nord-Norge, og sør og nord i fylket, må innom knutepunkt plassert i og nær Trondheimsområdet. Ekominfrastrukturen er relativt godt fysisk sikret for fredstid. Imidlertid er infratrakturen sårbar for hendelser i øvre del av krisespenningen. Større samtidige hendelser i Trondheimsområdet vil kunne få alvorlige konsekvenser for avvikling av nasjonal trafikk og for regional trafikk i Trøndelag.

Nkom har befart og vurdert den fysiske sikringen på flere av de sentrale knutepunktene i transportnettene i Trøndelag. Samlokalisering av flere aktører på samme lokasjoner kan føre med seg et behov for styrket fysisk sikkerhet ut over sikringsnivået som den enkelte aktør gjør for å sikre eget nettutstyr.

7.5.2 Landtak og sjøfibernabler

Med landtak menes stedet der en fibernablen går opp fra sjø og videre innover på land. I tilknytning til landtak finnes som regel en kum der sjøfibernablen skjøtes sammen med fibernablen som strekker seg innover på land.

Fra Trondheim og nordover går det to sjøfibernabler med Telenors og KystTeles fibernabler som terminerer på ulike punkt langs kysten. NOr5ke Viking-kablen strekker seg fra Bergen og terminerer i Trondheim.

Med sjøkablen må man ta høyde for at feilretting etter brudd som regel vil ta vesentlig lengre tid enn brudd på kablen i bakken eller i lufta. Årsaken til det er at man må rekvirere kablen som kan fiske opp den skadde kablen og legge den reparerte eller nye kablen ned igjen. I tillegg trenger man selvsagt kompetent personell som kan utføre kapping og ny kabelinnkjøting. Dette er spesialisert utstyr og kompetanse som ikke alltid kan rekvireres og bringes på stedet umiddelbart.

Nkom har vært på befaring på flere av disse landtakene. Gjennomgående er landtakene bedre sikret, spredt og/eller skjult enn i Nordland. Imidlertid er flere av fibernablene forholdsvis enkle å lokalisere. Termineringspunktene er av ulike årsaker mulig å lokalisere i offentlige sjøkart.

Eksponeerte landtak kan være utsatt for feil på land i forbindelse med graving eller annen legitim aktivitet, samt sabotasje. I noen tilfeller er landtakene dårlig merket, eller ikke merket i det hele tatt. I tilfeller der båter ankrer opp, kan en sjøfibernkabel som ikke er tilstrekkelig gravd ned i havbunnen bli ødelagt. Under befaring ved et av landtakene i Trøndelag var sjøfibernkabelen ikke nedgravd og synlig på sjøbunn 30 meter ut fra land. Kabelen vil da også være utsatt for slitasje i forbindelse med bevegelser fra flo og fjære og bølger.

Det eksisterer per dags dato ikke detaljerte regulatoriske krav for installasjon og sikring av landtak. Utforming avhenger av interne krav, veiledninger og praksis hos den enkelte aktør. Telenor har et program for vedlikehold av landtak og den umiddelbare infrastrukturen i nærheten (nodebuer).

Nkom vurderer at landtakene i Trøndelag ikke er spesielt sårbare. I de fleste tilfeller termineres aktørens sjøfibernkabler på ulike lokasjoner og det er ingen single point of failure (SPOF). Sårbarhetsreducerende tiltak vil være regelmessig oppsyn med landtakene for å sørge for at kablene er tilstrekkelig skjult og gravd ned.



Figur 14: Et av landtakene langs Trøndelagskysten. Fibernkabel ligger delvis åpen i strandsonen



Figur 15: Sjøfibernkabel festet med kjetting nede i kum



Figur 16: Ilandføring av sjøkabel



Figur 17: Terminering av sjøkabelen i kum

7.6 Sårbarheter relatert til geografi og værforhold

Trøndelag er per 2023 landets tredje største fylke i areal (42 000 km²) og strekker seg omlag 400 km fra sør til nord. Fylket har en variert geografi bestående av en eksponert kystlinje med øyer og fjorder, og et omfattende innland med dalfører, elver, innsjøer, fjellområder og ikke minst store skogsarealer. I likhet med andre fylker har geografi og topologi betydning for mulighetsrommet som finnes for å bygge transportnettene med fremføringsdiversitet og maskestruktur. Det åpner seg flere muligheter jo lenger sør man kommer når landet vider seg ut i bredden. Geografiske og værrelaterte forhold har også betydning for hvordan ekominfrastrukturen bør beskyttes og forsterkes bl.a. ut fra reservestrømsbehov.

Flere kystområder i fylket er utsatt for storm og orkan, slik som Frøya, Rørvik og Ørland. Sterk vind, stormflo og -fjære, ekstremnedbør og flom kan medføre slitasje på sjøfibre kabler, landtak og annen ekominfrastruktur. Stadig mer ekstreme vær- og klimaforhold øker dermed behovet for robustifiserende tiltak og regelmessig tilsyn med infrastrukturen.

Større naturhendelser kan føre til langvarige strømutfall, som fort forplanter seg inn mot ekomnettene. Reservestrøm reduserer varigheten på ekomutfall, og gir noe bedre tidsmargin for entreprenører som skal rette feil. Uvær og krevende geografi kan i gitte situasjoner også gjøre lokasjonene utilgjengelige for en periode, og dermed forlenge tiden det tar å nå frem til utfallslokasjon for å gjøre korrigerende tiltak.

Spesielt sjøkabler er ofte utfordrende og tidkrevende å feilrette. Ett konkret eksempel på dette skjedde på ytre trasé i Osenfjorden i september 2023. Mest sannsynlig ble en sjøkabel skadet som følge av at ankringsanlegget på et oppdrettsanlegg rev med seg kabelen. Skaden tok over en uke å rette på grunn av rekvirering av kabelskip og ekstra venting på grunn av for mye vind til at de fikk gjort jobben sin da de ankom bruddstedet. Dette medførte først redusert redundans i tilbyderens landsnett og så regionale trafikkutfall da det samtidig oppstod brudd på tilbyderens indre trasé av helt annen årsak.

I de sørlige delene av Trondheim sentrum er der flere fareområder for kvikkleire. Dette er av betydning da mye infrastruktur, inkludert fiberkabler og jernbane, går gjennom områder som Heggstad, Ler og Bekkenget. Faregraden i områdene varierer fra middels til høy. Andre viktige områder som er kvikkleireutsatt og har gjennomgående fiberlinjer og termineringspunkt inkluderer Rosten ved Heimdal og Gløshaugen, Singsaker og Bakklandet nærmere sentrum. Faregraden i disse områdene er rangert til middels.

Flere steder i Trøndelag, spesielt i daler, er utsatt for både flom og rasfare. Et konkret eksempel på rasfare er situasjonen som sommeren 2023 oppstod i Stjørdalen mellom Stjørdal og Meråker med ødelagt infrastruktur som følge av ekstremvær. Både Meråkerbanen og Europavei 14 var tidvis stengt da det både var utvasket vei/jernbanegrunn og det kom ned steinras.

7.7 Sårbarheter knyttet til kraftforsyning og reservestrømkapasitet

Ekominfrastruktur er avhengig av kontinuerlig strømtilførsel, som tidligere omtalt i kapittel 6. Strømbrudd, til og med svært korte utfall, kan medføre bortfall av tjenester eller ødelagt utstyr. Derfor er reservestrøm et sentralt virkemiddel for å begrense sårbarheter knyttet til krafttilførsel til ekominfrastrukturen.

Blant strømutfallene som har forekommet i Trøndelag i løpet av de siste årene viser Nkoms utfallstatistikk at noen av hendelsene varte langt over fire timer, og at feilrettingstiden for ekom-lokasjoner kan være sterkt varierende. Minstekravet til reservestrøm for basestasjoner i de offentlige mobilnettene er i snitt 4 timer i distriktsområder med fast bosetting eller næringsvirksomhet, og aldri mindre enn to timer. Dette har vist seg å ikke være tilstrekkelig ved flere situasjoner.

På transportnettsiden varierer det også stort hvor godt forspent de ulike aktørene er med reservestrømskapasitet.

Tiltak må ses i sammenheng med Nkoms program for «Forsterket ekom». Dette er et myndighetsfinansiert program som skal sikre tilgjengelighet for bruk av mobiltelefon i et prioritert dekningsområde i kommunene, ved langvarig strømutfall. Nkom, Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), Ice, Telenor og Telia og alle landets fylkesberedskapssjefer er med i programmet.

«Forsterket ekom»-programmet sikrer nødstrømskapasitet i minimum tre døgn (72 timer) til basestasjoner og til viktige fiberforbindelser i ekomnettene for de prioriterte dekningsområdene. Normalt skjer dette ved etablering av et fast nødstrømsaggregat eller ved hjelp av batteribanker. I tillegg utstyres de aktuelle basestasjonene med en reserveforbindelse.

Formålet med «Forsterket ekom» er at kommunal kriseledelse, samt den øvrige befolkningen, skal ha et utpekt område i kommunen med mobildekning selv ved langvarig bortfall av strøm og ekomtjenester. I

2023 er forsterkningstiltak etter planen tenkt startet opp i følgende syv kommuner i Trøndelag: Frøya, Hitra, Heim, Orkland, Aure, Skaun og Rindal. I 2024 år står også Ørland, Rennebu, Indre Fosen, Åfjord, Flatanger, Holtålen og Tydal på programmet.

7.8 Sårbarheter og problemstillinger relatert til beredskap for feilretting

I all hovedsak beskriver ekomtilbyderne i Trøndelag ressursituasjonen for bemanning og kompetanse på drift og beredskap som god.

De store nasjonale fiberaktørene, som GlobalConnect og Telenor, benytter som hovedregel nasjonalt dekkende entreprenørselskap for utbygging, drift/vedlikehold og feilretting. Det utlyses anbud og kontrakter inngås for konkrete prosjekter eller rammeavtaler i spesifiserte regioner av en viss varighet. Disse avtalene har definerte måleparametre (KPI'er) og servicenivå (SLA) som entreprenørselskapene må overholde, bl.a. på responstid. OneCo, Eltel Networks, Netel og Site Service er blant de største nasjonale entreprenørselskapene. De har lokalavdelinger og tilstedeværelse over store deler av landet og betjener også ekomtilbydere i Trøndelag. I tillegg til kompetent mannskap, montørbiler, verktøy og annen utrustning ivaretar de som regel også bestilling og midlertidig lagring av reservedeler som trengs for rask utrykning, feilretting og trafikknormalisering ved utfallhendelser. Ofte vil mobile aggregatløsninger også være utplassert hos entreprenørselskapene for rask utplassering ved behov.

Entreprenørene dimensjonerer sin personellbase ut fra faste driftsavtaler og utbyggingsprosjekt, og de har derfor begrensede ressurser til ekstra ansatte til beredskap. For å begrense risikoen for samtidig press på beredskapsressurser er det et poeng for aktørene å fordele driftsavtalene sine på ulike entreprenørselskap.

I deler av landet vil det være utfordrende for enkeltaktører å stå for og bekoste ønskelige beredskapstiltak helt på egenhånd. Stamfiber, som eier og opererer en av de sentrale fiberkablene mellom Trondheim og Narvik, arrangerer årlig et driftsforum for sine ni eiere og flere store samfunnsaktører som er kunder hos dem. Under driftsforumsamlingene utveksler aktørene informasjon seg imellom og diskuterer ulike relevante forhold, herunder beste praksis rundt vedlikehold og beredskap. Dette framstår som et godt eksempel på hvordan aktører som i andre sammenhenger er konkurrenter søker sammen og finner gode og praktiske løsninger hvor det ikke er tilstrekkelig kommersielt attraktivt for aktørene å opptre hver for seg.

I 2020 inngikk åtte ekomtilbydere et beredskapssamarbeid knyttet til sjøfiberkabler i Trøndelag, Nordland, Troms og Finnmark. Beredskapsgruppen besto av Stamfiber, KystTele, Statnett, Signal, Bredbåndsfylket, Ishavlink, Varanger Kraft og NTE Telekom. Samarbeidet oppstod som følge av knapphet på spesialisert teknisk personell, og dyre og krevende operasjoner ved feilretting av brudd på fiberkabler i sjøen. Fra 2023 ble ytterligere tre ekomselskaper innlemmet i fellesskapet: N0r5ke Fibre, Lyse Fiber og Lofotkraft

Fiber, og enda flere selskaper har meldt sin interesse. Dette samarbeidet strekker seg nå langs store deler av norskekysten.

I det eksisterende samarbeidet er det inngått kontrakt med et selskap om å stille med kabelskip med maksimalt syv dagers responstid. Entreprenørselskapet Dragefossen i Rognan stiller med sertifisert skjøtepersonell. Det er også kjøpt inn felles beredskapskabel og inngått avtale med kranselskap som skal bistå med frakt av kabel fra lager til skip eller bil. Kabelprodusenten Nexans har utarbeidet en hybridkjøt som passer til kabler som inngår i samarbeidet. Dette bidrar til at man kan benytte lokalt personell med sertifisering. Tidligere har personell blitt hentet fra utlandet med sertifisering for spesielle skjøter, men COVID-19 pandemien førte til innovasjon for sjøfibernokabel-samarbeidet og et nært samarbeid mellom fabrikkmiljøet hos Nexans og ekomtilbyder/entreprenørselskap Dragefossen, som begge holder til i Rognan i Saltdal kommune.

Stamfiber har i samarbeid med NTE Telekom utarbeidet et liknende beredskapskonsept for samarbeid om beredskapsnodebu som kan fraktes ut til aktuelle steder som erstatning ved alvorlige hendelser i nettet dersom en eksisterende nodebu skulle havare i Trøndelag, Nordland eller Troms. Dette tiltaket er delvis finansiert av Nkom som del av tiltaksarbeidet etter regionsanalysen for Nordland. I tillegg arbeider Stamfiber for å få til et samarbeid med beredskap for mobile strømaggregat som kan brukes til å forsyne nodebuer med reservestrøm ved behov.



Figur 18: Beredskapsnodebu etablert og stående parat for transport ut i nettet ved behov.

Foto: Stamfiber

7.9 Andre sårbarheter

7.9.1 Informasjonsdeling

Som i tidligere regionale sårbarhetsanalyser Nkom har gjennomført, peker også flere ekomtilbydere her på manglende deling av informasjon tilbyderne imellom som en utfordring i Trøndelag. Det varierer hvor stor grad de forskjellige tilbyderne deler informasjon om blant annet fibertraséer med hverandre. De aktørene som har et direkte leie-/bytteforhold deler som regel informasjon om konkrete traséer dersom det er lagt til rette for det gjennom leieavtalene eller sikkerhetsavtaler. Når det er flere aktører i verdikjeden blir informasjonsdelingen ofte vanskeligere. Tilbyder A kan leie ut mørk fiber til tilbyder B som igjen tilbyr transporttjenester til tilbyder/samfunnsaktør C. I slike tilfeller vil tilbyder A ikke nødvendigvis tillate tilbyder B å informere aktør C om nøyaktig posisjoner for fysisk forlegging av en fiberkabel.

Det finnes samfunnskritiske virksomheter i Trøndelag som har behov for høy oppetid, og som derfor har krav til redundans med fysisk diversitet på føringsveier mellom (og helt inn til) viktige noder. Der den enkelte tilbyder ikke kan levere dette selv til kunden, er de avhengig av å leie fiber fra andre aktører. For å være sikre på at det faktisk er fysisk redundans kreves det at aktørene deler informasjon om hvor de ulike traséene går.

Det kan være en utfordring med informasjonsdeling mellom ekomaktører og brukere av tjenester både av forretnings- og konkurransemessige årsaker. I noen tilfeller setter sikkerhetsloven og ekomloven begrensninger for hvilken og hvordan informasjon kan deles. Det medfører at tilbydere ikke uten videre kan dele informasjon med hverandre eller med sine kunder. I noen tilfeller kan det imidlertid medføre like store og større sikkerhetsutfordringer å *ikke* vite hvor de fysiske føringsveiene i ulike traséer går.

7.9.2 Uklare eierforhold og mangelfull dokumentasjon

Det er i rapporten gjort rede for en rekke ekomtilbydere og andre netteiere som eier og disponerer fiberinfrastruktur i Trøndelags-regionen. I tidligere regionalanalyser som Nkom har gjennomført har det fremkommet tilfeller hvor det er vanskelig å få oversikt over hvem som eier den fysiske infrastrukturen, på grunn av eierskap endres som følge av oppkjøp av fiberinfrastruktur, fusjonering av fiberselskaper, nye aktører som kommer til og andre som forsvinner ut. I samtaler med aktører i Trøndelag har ikke dette vært påtalt spesifikt, men slike situasjoner kan trolig oppstå også her.

En årsak til uklare eierskap kan være eldre avtaler hvor det i forbindelse med oppkjøp oppstår uklarhet om hva som inngår i oppkjøpet. I noen tilfeller inneholder denne type avtaler lite konkret informasjon om fysisk infrastruktur. Et annet eksempel hvor det har oppstått uklarheter rundt eierskap gjelder stolperækker med fiberkabler fra flere aktører hvor en av aktørene trekker seg ut. Manglende oversikt over eierskap kan få betydning for vedlikeholdet og feilretting av stolperækkene.

Skiftende og nye eierforhold kan medføre komplikasjoner i overdragelse/sammenslåing av nettverksdokumentasjonen, spesielt dersom det er benyttet ulike typer dokumentasjonssystemer, ulike dataformater og varierende grad av detaljrikdom og nøyaktighet.

Uklare eierforhold kompliserer muligheten for å ha oversikt, både for myndigheter og tilbydere samt andre aktører som er avhengig av ekinfrastrukturen. I tillegg kan uklare eierforhold gjøre det vanskelig for tilbyderne å vurdere diversitet og redundans, samt å ha oversikt over hvem som er ansvarlige for vedlikehold av infrastrukturen.

7.9.3 Gjensidig avhengighet til fiberinfrastruktur

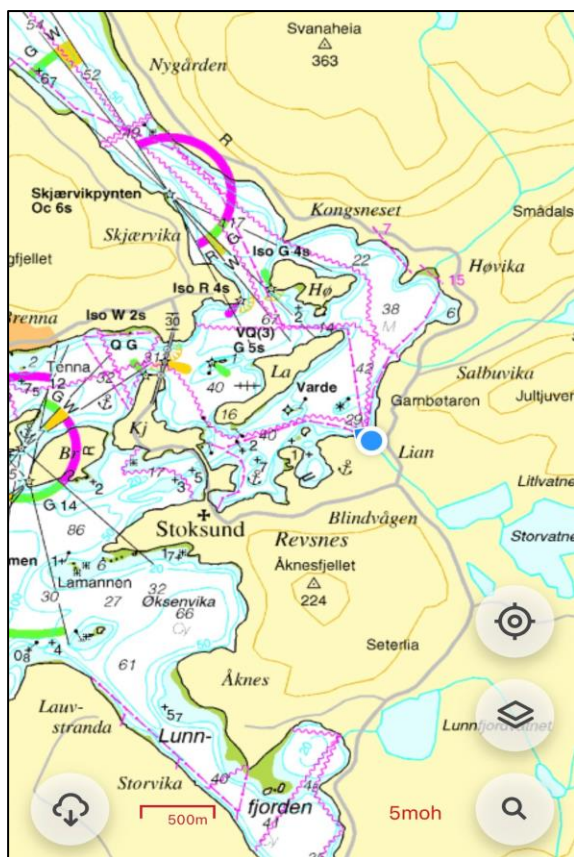
I Trøndelag foreligger det flere avhengighetsforhold mellom aktørene, selv om det generelt er bedre tilgang på fiberkabler enn i fylkene lenger nord. Når flere aktører benytter samme fiberkabel, eller fiberkabler i samme trasé, svekker dette tilbyderdiversiteten med tanke på fysisk separasjon. Dersom det skulle oppstå to eller flere samtidige kabelbrudd i et slikt område vil det kunne oppstå større utfall av ekomtjenester for flere av aktørene.

Videre skaper oppbyggingen og realiseringen av transportnett i ulike tjenestelag avhengigheter mellom aktørene. Som beskrevet i kapittel 3, skjer dette gjennom leie av henholdsvis mørk fiber, optisk samband, lag 2-samband (Ethernet) eller lag 3-samband (IP-VPN). Overliggende tjenestelag er da avhengig av underliggende tjenestelag. Likevel eksisterer det en viss grad av diversitet på utstyrsnivå/logisk nivå for de respektive tjenestelagene i de ulike transportnettene:

- Ved kjøp av mørk fiber vil den som kjøper selv sette opp utstyr for å produsere sine tjenester og aktøren er ikke avhengig av fiberleverandørens termineringsutstyr.
- Ved kjøp av optisk samband står fiberleverandøren for utstyr som lysetter fiberkabelen. Den som kjøper kan selv sette inn utstyr og produsere Lag 2- og Lag 3-samband.
- Ved kjøp av Lag 2- og Lag 3-samband er den som kjøper i stor grad avhengig av leverandørens utstyr.

7.9.4 Allment tilgjengelig informasjon om ekinfrastruktur

På internett og ellers i det offentlige domenet finnes det en god del åpen informasjon om ekinfrastruktur. Det meste vil være på et overordnet nivå og viser ikke detaljer som peker ut spesielt sårbare områder.



Figur 19: Norske sjøkart viser mange sjøkabler.
Kilde: Norgeskart AS

En annen kilde til offentlig informasjon er standard norske sjøkart, både trykte og digitale. Sjøkartene viser hvor det går kabler i sjø og vann, både for strøm, ekom, avløp/kloakk med mere. Kartene identifiserer ikke uten videre hva slags *type* de enkelte kablene er, hvem de tilhører eller deres øvrige funksjon i et nettverk eller lignende. Hensikten med å ha sjøkabler i kart er å varsle sjøfarende om hvor de må utvise aktsomhet ved ankring, og har dermed primært en forebyggende effekt for å unngå kabelbrudd og driftsforstyrrelser.

Inntil nylig ble ikke ekomkabler vist i andre offentlige og åpne kartsystemer enn i sjøkartene. Fra 2023 er også ekomkabler i luft, både master og spenn, omfattet av ny forskrift for rapportering, registrering og merking av luftfartshindre¹⁸¹⁹. Som for sjøkabler blir det heller ikke her avslørt *hvilke type* ledninger som går i luften eller hvem de tilhører, bare hvor de går, for å forhindre at luftfartøy flyr inn i de.

NVE tilbyr gjennom NVE Atlas²⁰ og andre åpne webressurser digitale kart i det offentlige rom som viser ulike typer nettanlegg i luft og på bakken. Dette inkluderer eksisterende og planlagte anlegg i Statnetts landsdekkende sentralnett, ulike nettselskapers regional- og distribusjonsnett, sjøkabler, master og stolper, foruten transformatorstasjoner. Denne informasjonen har ingen direkte henvisninger til ekom.

Hver ekomtilbyder er ansvarlig for en forsvarlig sikkerhet av og i eget ekomnett. Dette inkluderer verdivurdering av informasjon som man tilgjengeliggjør i det offentlige domenet. Informasjon om ulike typer infrastruktur i offentlige kartverk er under normale og fredelige omstendigheter viktig for å varsle om hvor man må utvise aktsomhet ved ferdsel og annen aktivitetsutøvelse.

¹⁸ <https://www.kartverket.no/geodataarbeid/nrl>

¹⁹ <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2014-07-15-980>

²⁰ <https://atlas.nve.no/>

7.10 Vurdering av sårbarheter og risiko for utfall

Som grunnlag for å vurdere sårbarheter benytter Nkom innsamlet informasjon fra aktørmøter og andre kilder, egen utfallstatistikk og analyser av GIS-/kartdata av infrastruktur. Analysen av utilsiktede hendelser bygger i stor grad på NS 5814:2021 – krav til risikovurderinger. Sannsynlighets- og konsekvensvurderingene suppleres med usikkerhetsvurderinger basert på statistisk datagrunnlag, kunnskapsgrunnlaget og usikkerhet knyttet til om fremtidige hendelser vil inntreffe.

Nkoms analyse av tilsiktede hendelser bygger på en VTS-tilnærming²¹, der det gjøres vurderinger av verdier og verdikonsentrasjon, samt sårbarheter med henblikk på hvordan verdiene er sikret mot ulike farer og trusler. Det er flere ulike sikringsstrategier, for eksempel forsterket fysisk sikring, redundans (fysisk og logisk), spredning og mobilitet. Fokuset i analysen er derfor på konsekvenser og skadepotensial som tilsiktede kan ha for leveransen av ekomtjenester.

De mest betydningsfulle sårbarhetene har blitt identifisert i prosjektet. Sårbarhetene kan øke risikoen for utfall som i varierende grad får konsekvenser for ekomtrafikken. Sannsynlighetene for og konsekvensene ved utfallene er utledet av kvalitative vurderinger og historiske data. Vurderingene bygger på opplysninger gitt av aktørene, forhold kartlagt på Nkoms befaringer, samt annen informasjon som har blitt vurdert i sammenheng med ekominfrastrukturen.

En vesentlig side ved sårbarhetsbildet er at de alvorligste utfallene som oftest vil oppstå dersom to eller flere sårbarheter rammes/utnyttes samtidig. Som for eksempel at to viktige nodepunkt faller ut, eller at trafikken i to eller flere transportnett-traséer blir brutt samtidig. Det finnes ferske eksempler på dette. Senest høsten 2023 var det to tilfeller av dobbeltbrudd som medførte større trafikkutfall i Midt- og Nord-Norge. Slike dobbelthendelser skjer relativt ofte, og det kan være tilfeldigheter som avgjør hvor alvorlige og langvarige konsekvensene blir.

Overordnet sett vurderer Nkom at det i forbindelse med tilsiktede hendelser må utnyttes flere sårbarheter samtidig for at de alvorligste utfallshendelsene skal kunne forekomme. Likeledes må det i forbindelse med utilsiktede hendelser inntreffe feil på flere sårbare punkter *i samme tidsrom* dersom store utfall skal kunne forekomme.

7.10.1 Situasjonstilstander

Sårbarhetene vurderes ut ifra ulike scenarioer for å belyse under hvilke forutsetninger de er mest aktuelle. Scenarioene er generiske og skiller mellom fred, krise og krig. Tiltakene i kapittel 9 er forankret i scenarioene for å vurdere under hvilke forutsetninger tiltakene vil ha størst sårbarhetsreducerende effekt.

²¹ Verdi, trussel og sårbarhet – sikringsrisikoanalyse.

Situasjonstilstand	Risikoområde ²²	Beskrivelse (generisk scenario)
Fred	Feil i forbindelse med planlagt arbeid.	Arbeid på transmisjonsknutepunkt, gravearbeid eller programvareoppdatering som medfører nedetid i transportnettene.
	Uvær og mindre naturhendelser	«Normalt» uvær og mindre naturhendelser som fører til strømbrydd, fiberbrydd og/eller fiberfeil.
Krise	Ekstremvær og andre ekstraordinære hendelser forårsaket av natur eller mennesker	Ekstremvær som fører til omfattende strømbrydd, fiberbrydd og/eller fiberfeil, eller ekstraordinære hendelser som større skred, storflom, branner, flombølger o.l.
	Sabotasjeangrep mot kritisk ekinfrastruktur	Anslag mot transmisjonsknutepunkt eller annen node med kritisk digitalt utstyr, som følge av politiske motiv og evt. urolig geopolitisk situasjon. Kan utføres med eksplosiver som plantes, kjøres inn med bil etc.
Krig eller tilløp til krig	Statlig sabotasjeangrep mot kritisk ekinfrastruktur.	Anslag utført av fremmed nasjon mot kritisk ekinfrastruktur i innledende krigsfase. Kan utføres på ulike måter, eksempelvis med eksplosiver eller elektromagnetiske våpen.
	Måltrettede angrep mot kritisk ekinfrastruktur med kinetiske våpen.	Utført av fremmed nasjon med droner, missiler eller andre presisjonsvåpen.

Tabell 1: Oversikt over scenarioer på ulike risikoområder, med utgangspunkt i situasjonstilstandene fred, krise og krig.

7.10.2 Sårbarheter

Flere av vurderingene er beheftet med en viss usikkerhet. Disse må sammenholdes med vurderingene av sannsynlighet og konsekvens for et riktigst mulig risikobilde. Usikkerheten betraktes som lavere hvis flere aktører har meldt inn samme sårbarhet, og dersom andre informasjonskilder også underbygger dette.

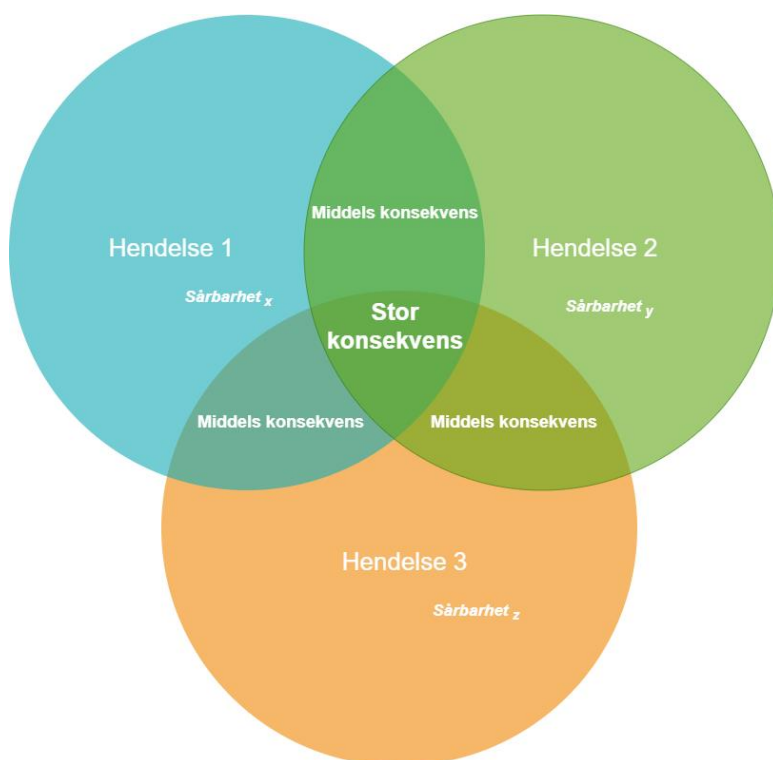
²² Scenariene under fred er basert på statistikk over hendelser som har ført til betydelige utfall de siste årene. Scenariene under krise og krig er basert på hendelser som kan ha spesielt stor skadevirkning (konsekvens), og som pr. definisjon krever at man befinner seg i en annen situasjonstilstand enn «normal» fred for å materialisere seg.

7.10.3 Risikovurdering for *utilsiktede hendelser*:

Risikovurderingen av *utilsiktede hendelser* bygger på en samlet vurdering av sannsynlighet og konsekvens. Begge faktorene er vurdert på en skala fra 1-4. Sannsynlighetsverdiene angir intervaller i et 5-årsperspektiv, og er nærmere beskrevet under matrisen. Konsekvensverdiene 3 og 4 angir henholdsvis moderate og store samfunnsmessige konsekvenser, og begge innebærer at målbildene beskrevet for Trøndelag i kapittel 8 ikke oppnås. Verdiene 1 og 2 angir henholdsvis svært liten og liten samfunnsmessige konsekvens.

Evaluerte utilsiktede hendelser i er ikke uttømmende. Legg merke til at risikomatrisen under (figur 21) dekker utilsiktede hendelser i situasjonstilstanden «Fred», der rotårsakene både kan være naturhendelser, menneskelige, organisatoriske og tekniske feil. Dersom kombinasjoner av feil eller hendelser inntreffer samtidig på flere lokasjoner i ekomnettene (figur 20) kan konsekvensene bli større.

Innholdet i hendelser og sårbarheter er av sikkerhetsmessige hensyn ikke skrevet ut i denne offentlige versjonen av rapporten.



Figur 20: Hendelser/feil som inntreffer samtidig og får en sammensatt effekt, og som kan følge av flere sårbarheter på ulike fysiske lokasjoner og/eller i forskjellige deler av et (logisk) system.

		Sannsynlighet			
		1	2	3	4
Konsekvens	1	H10 H11	H12	H13	H9
	2		H7 H8	H14	
	3		H5		H4
	4	H1 H6 H2	H3		

Figur 21: Risikovurdering av utilsiktede hendelser i ekinfrastrukturen i Trøndelag

Sannsynlighetsangivelser:

Verdien 1 angir < 25 % sannsynlighet for at utfall inntreffer i et 5-årsperspektiv

Verdien 2 angir 25-49 % sannsynlighet for at utfall inntreffer i et 5-årsperspektiv

Verdien 3 angir 50-74 % sannsynlighet for at utfall inntreffer i et 5-årsperspektiv

Verdien 4 angir 75-100 % sannsynlighet for at utfall inntreffer i et 5-årsperspektiv

Konsekvensangivelser:

Verdien 4 angir svært store samfunnsmessige konsekvenser

Verdien 3 angir moderate samfunnsmessige konsekvenser, og at målbilde ikke oppnås

Verdien 2 angir lave samfunnsmessige konsekvenser

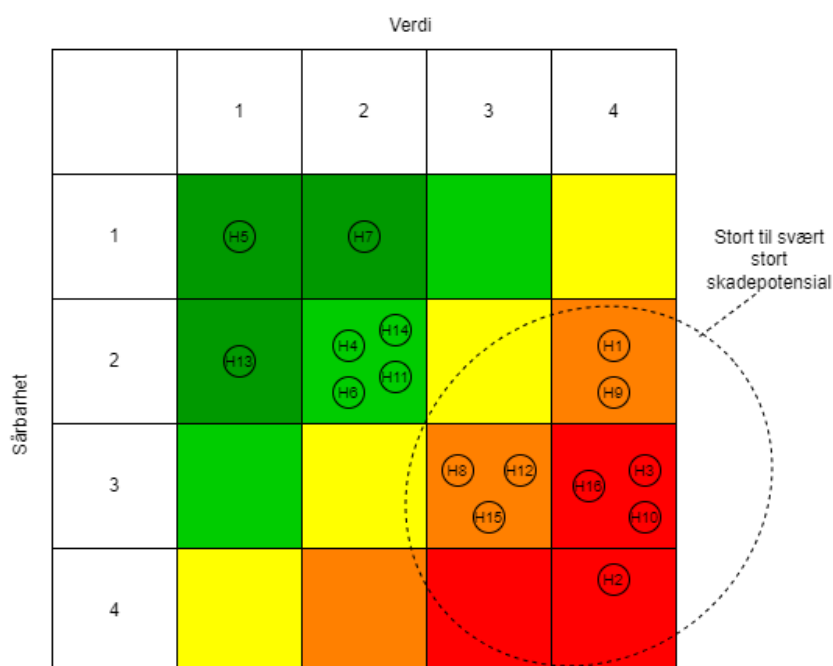
Verdien 1 angir svært lave/ubetydelige samfunnsmessige konsekvenser

7.10.4 Verdi- og sårbarhetsvurdering - tilsiktede hendelser

Matrisen under viser representative og dimensjonerende hendelser hvor de aktuelle sårbarhetene blir utnyttet. Hendelsene forutsetter at det allerede er urolig geopolitisk situasjon som forverrer faren for sabotasje/terror, tilløp til krig eller at det allerede er krig. De tilsiktede hendelsene er som tidligere nevnt

vurdert ut ifra et verdi- og sårbarhetsperspektiv. Det vil si at sannsynligheten for tilsiktede hendelser ikke er vurdert. Dette er blant annet diskutert i FFIs rapport om tilnærminger til risikovurderinger²³.

Innholdet i hendelser og sårbarheter er av sikkerhetsmessige hensyn ikke skrevet ut i denne offentlige versjonen av rapporten.



Figur 22: Mapping av skadepotensial ut fra verdi- og sårbarhetsvurdering – tilsiktede hendelser (sabotasje og krig)

Som for utilsiktede hendelser vil også *samtidige* tilfeller av tilsiktede hendelser kunne medføre betydelig større utfall og øvrige konsekvenser enn de enkeltvis hendelsene hver for seg.

8 Målbilder for Trøndelag

8.1 Målbilder

I Nkoms rapport «Robuste transmisjonsnett for Norge mot 2030 – Målbilder og virkemidler» (2022), beskrives målbilder for den nasjonale fiberinfrastrukturen. Rapporten kompletterer Nkoms rapport «Robuste og sikre nasjonale transportnett – målbilder og sårbarhets-reduserende tiltak» (2017). Målbildene i disse rapportene synliggjør ambisjonsnivået på nasjonalt nivå, og danner et viktig grunnlag for de regionale analysene.

²³ <https://www.ffi.no/publikasjoner/arkiv/tilnaerminger-til-risikovurderinger-for-tilsiktede-uonskede-handlinger>

Målbildene beskriver en tilstand med et godt tilbud av transportnett med høy tilgjengelighet i hele landet. Dette innebærer at det enkelte transportnett har god redundans, er teknisk og driftsmessig uavhengig av andre transportnett (autonomt), og benytter fysiske traséer som i stor grad er adskilt fra andre transportnett. Hva som er tilstrekkelig adskillelse vil avhenge av risikoen man står overfor eller type hendelse, samt geografiske forhold i det aktuelle området.

De regionale analysene og påfølgende tiltak skal bidra til å styrke robustheten i transportnettene i tråd med de nasjonale målbildene, men med et særskilt fokus på de spesifikke og konkrete utfordringer i regionen. Med bakgrunn i de overordnede målbildene²⁴, har Nkom definert følgende regionspesifikke målbilder for Trøndelag:

- **Målbilde 1: Fire gjennomgående fibertraséer for redundans i transportnett gjennom Trøndelag**
For å oppnå målbilde 1 skal det være minst fire fysisk adskilte fibertraséer gjennom regionen, og tilbydere av autonome landsdekkende transportnett har redundans fordelt på tre ulike fysiske traséer som ikke er nærføringer.
- **Målbilde 2: Knutepunkter i transportnett har god spredning og sterk fysisk sikring**
For å oppnå målbilde 2 skal landtak, nodebuer og andre knutepunkter i transportnettene ha god spredning. Sentrale knutepunkter som benyttes av flere transportnett skal ha sterk fysisk sikring.
- **Målbilde 3: Robust tilkobling til ekomnett til alle tettsteder**
For å oppnå målbilde 3 skal hver ekomtilbyder tilby redundans over minst tre fysisk adskilte traséer mellom større tettsteder med 60.000 eller flere innbyggere. For Trøndelag gjelder dette inn og ut av Trondheim. I tillegg skal tettsteder med mellom 200 og 60.000 innbyggere ha minst 2 fysisk adskilte føringsveier for å være i samsvar med målbildet.

Målbilde 1 forutsetter at det gjennom hele Trøndelag, fra sør til nord er fire robuste og geografisk uavhengige fibertraséer som kan benyttes av de landsdekkende tilbyderne. De geografiske forholdene, spesielt nord i Trøndelag er utfordrende med tanke på utbygging av traséer, og derfor kan en ekstra trasé gjennom Sverige både være hensiktsmessig og en kostnadseffektiv løsning. Dette vil være i tråd med de overordnede målsetninger om fire ulike traséer i rapporten «Robuste transmisjonsnett for Norge mot 2030». Tilgang på flere tverrforbindelser mellom de langsgående traséene vil også styrke redundansen i transportnettene.

Målbilde 2 fokuserer på spredning av sentrale knutepunkter og traséer der en stor mengde infrastruktur er samlet og som mange aktører har avhengighet til. Dette vil redusere konsekvensen av hendelse på et enkelt knutepunkt. Det vil avhjelpe sårbarheten knyttet enkeltlokasjoner dersom man sprer sentrale transportnettfunksjoner på flere lokasjoner. Dette vil gi større redundans. Forsterkning av fysisk sikkerhet vil redusere sannsynligheten for feil på steder der en ikke kan splitte opp knutepunkt eller trasé.

²⁴ <https://nkom.no/rapporter-og-dokumenter/robuste-transmisjonsnett-for-norge-mot-2030>

Oppfyllelse av målbilde 3 kartlegges gjennom Nkoms oppfølging av «Robuste transmisjonsnett for Norge mot 2030 - Målbilder og virkemidler» (2022) basert på det store nasjonale ekomtilbydernes egenrapportering til Nkom.

8.2 Status for målbilde 1

Det finnes i dag fire landsdekkende, autonome tilbydere av transportnett opp til Trondheim: Altibox/Lyse Tele, GlobalConnect, Telenor og Telia. Kombinert har de tilsammen minst fire ulike veier gjennom den sørlige delen av fylket. Samtidig avhenger reell ende-til-ende-redundans også av hvordan føringsveiene termineres i hver ende, noe som omtales i målbilde 2.

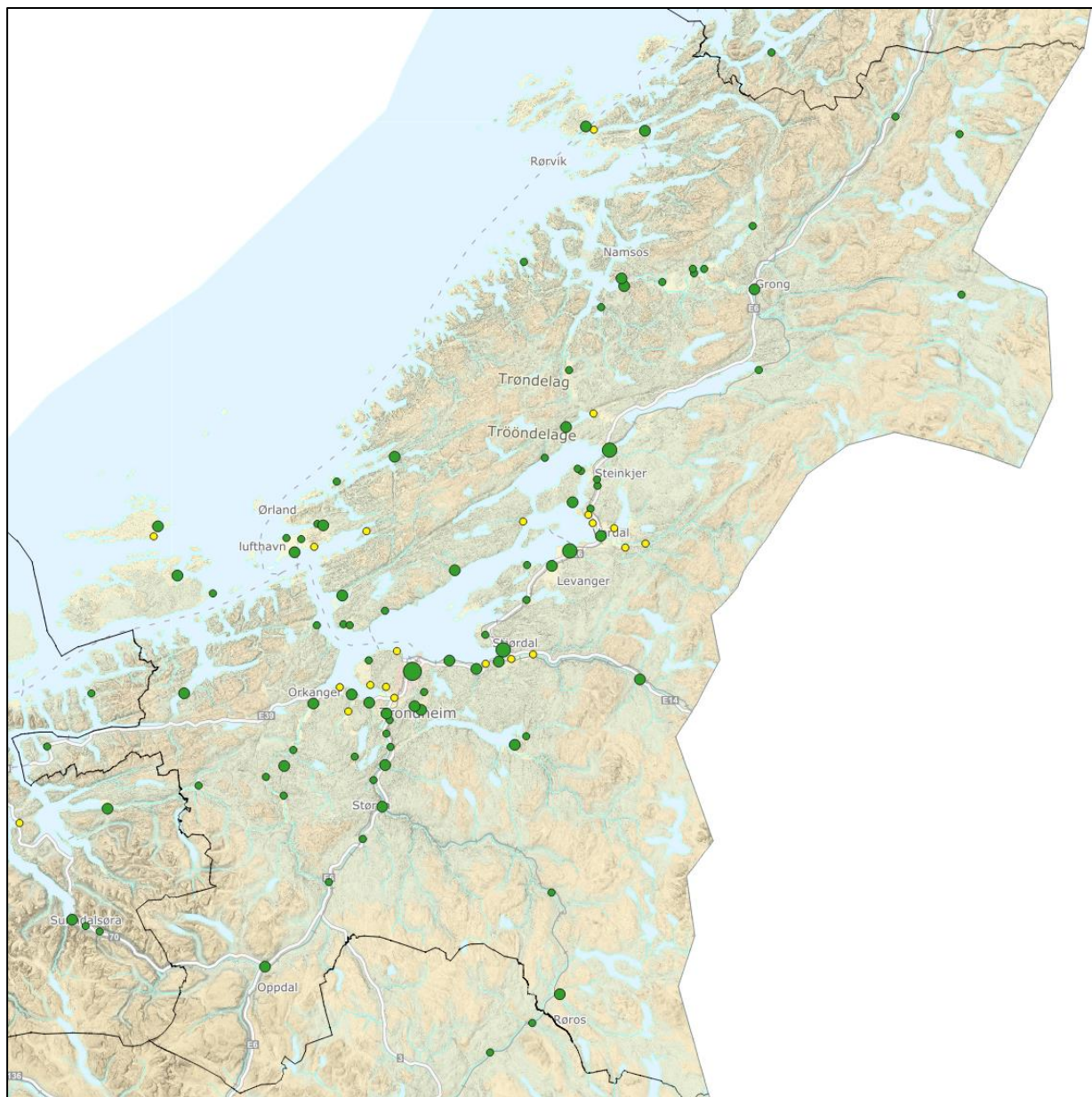
Nordover fra Trondheim er det noe færre transportnettveier enn sørover, og aktørene har ulik grad av redundans og autonomi. Det er imidlertid en positiv utvikling med flere foreliggende planer om forsterkning.

8.3 Status for målbilde 2

Nkoms kartlegging har avdekket at det finnes en rekke nærføringer og nærlokasjoner for sentrale punkt og strekk som utgjør en sårbarhet på grunn av ikke tilstrekkelig fysisk redundans.

Det bør vurderes å redusere sårbarhetene ved enten å styrke spredning gjennom etablering av alternative føringsveier og nye knutepunkter, eller ved å ytterligere styrke den fysiske sikkerheten på de eksisterende knutepunktene.

8.4 Status for målbilde 3



Figur 23: Status målbilde 3 kombinert for de største aktørene i Trøndelag

Grønn farge på punktene i kartet på figur 23 indikerer at minst én nasjonal aktør er i samsvar med målbilde 3 på merket tettsted, mens gul farget punkt indikerer at ingen av aktørene er i samsvar med målbildet (det mangler én føringsvei til tettstedet for å være i samsvar). Status er basert på aktørenes egenrapportering til Nkom sommeren 2023.

Som man ser av kartleggingen så er status for dette målbildet god for Trondheim, de mellomstore tettstedene og de fleste små tettstedene. Et 20-talls mindre tettsteder er ikke i samsvar med målbildet.

9 Mulige tiltak

9.1 Innledning

Nkom har gjennom dialog med aktørene identifisert sårbarheter og sårbarhetsreducerende tiltak for ekomnettene i Trøndelag. Dette gjelder både forhold i aktørenes egen infrastruktur og i omkringliggende miljø. I tillegg har Nkom identifisert aktuelle tiltaksområder på bakgrunn av målbildene for regionen.

Tiltakene som følger av denne analysen er ment å gi et underlag for eventuelle beslutninger om å gjennomføre tiltak. Selve beslutningene om gjennomføring av tiltak ligger utenfor denne analysens rammer.

9.2 Overordnet vurdering

Nkom har sammenstilt og prioritert alle identifiserte tiltak. Noen tiltak er det naturlig at tilbyderne på eget initiativ iverksetter. Den nærmere vurderingen av hvilke tiltak som kan og skal iverksettes med utgangspunkt i ekomloven § 2-10 om sikkerhet og beredskap foretas i etterkant av at denne rapporten er lagt frem. Krav til tiltak kan være ytterligere spesifisert i forskrifter.

Ekomloven § 2-10 første ledd slår fast at tilbydere skal tilby elektronisk kommunikasjonsnett og -tjeneste med forsvarlig sikkerhet for brukerne i fred, krise og krig, og at de skal opprettholde nødvendig beredskap. Nett og tjenester skal sikres på en slik måte at bruker, selv i situasjoner der nettet utsettes for ekstraordinære påkjenninger, så langt som mulig skal kunne benytte grunnleggende ekomtjenester. Med begrepet «forsvarlig» menes at nett og tjenester skal være tilgjengelige, og at integriteten og konfidensialiteten skal beskyttes. Hva som for øvrig må anses for å være forsvarlig vil fremkomme gjennom markedspraksis, tilgjengelig teknologi og internasjonale krav.

Ekomloven § 2-10 annet ledd slår fast at myndigheten kan treffe enkeltvedtak eller inngå avtale om at tilbyder skal gjennomføre tiltak for å sikre oppfyllelse av nasjonale behov for sikkerhet, beredskap og funksjonalitet i elektronisk kommunikasjonsnett og -tjeneste utover det som følger av første ledd. Ved pålagte tiltak må tilbyder selv dekke kostnaden. Tilbyders merkostnader ved levering av andre tiltak skal kompenseres av staten med basis i fyllestgjørende dokumentasjon som fremskaffes av tilbyder. Dette gir myndighetene kompetanse til å sikre at nasjonale behov for elektronisk kommunikasjonssikkerhet oppfylles, ut over det den enkelte tilbyder selv er ansvarlig for.

Ekomforskriften § 8-2 om beredskap

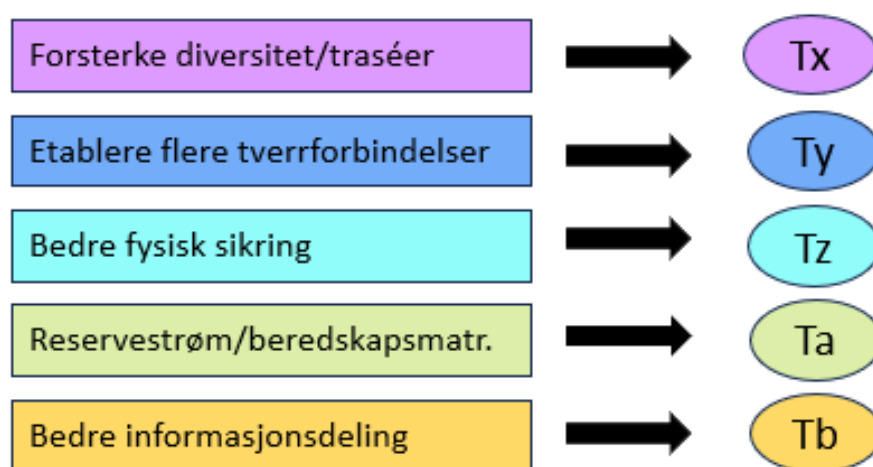
I ekomforskriften § 8-2 fremgår det at tilbydere skal utarbeide og vedlikeholde beredskapsplaner og gjennomføre tiltak for å opprettholde forsvarlig sikkerhet i eget nett. Regelverket stiller dermed også krav til beredskap, herunder planer og faktisk kapabilitet til å respondere når uønskede hendelser oppstår.

Sårbarhetene beskrevet i kapittel 7 illustrerer at beredskapstiltak spiller en viktig rolle for å opprettholde tilgjengeligheten til tjenester, og i å begrense utfallenes varighet. Robusthet, eller sannsynlighetsreducerende tiltak, kan bygges inn i de ulike lagene i ekeinfrastrukturen, men garanterer ikke at alle utfall forebygges. Det er derfor behov for forhånds etablerte beredskapstiltak som kan settes inn når utfall har oppstått, for eksempel feilrettingskapasitet eller reservestrøm på viktige nodepunkt.

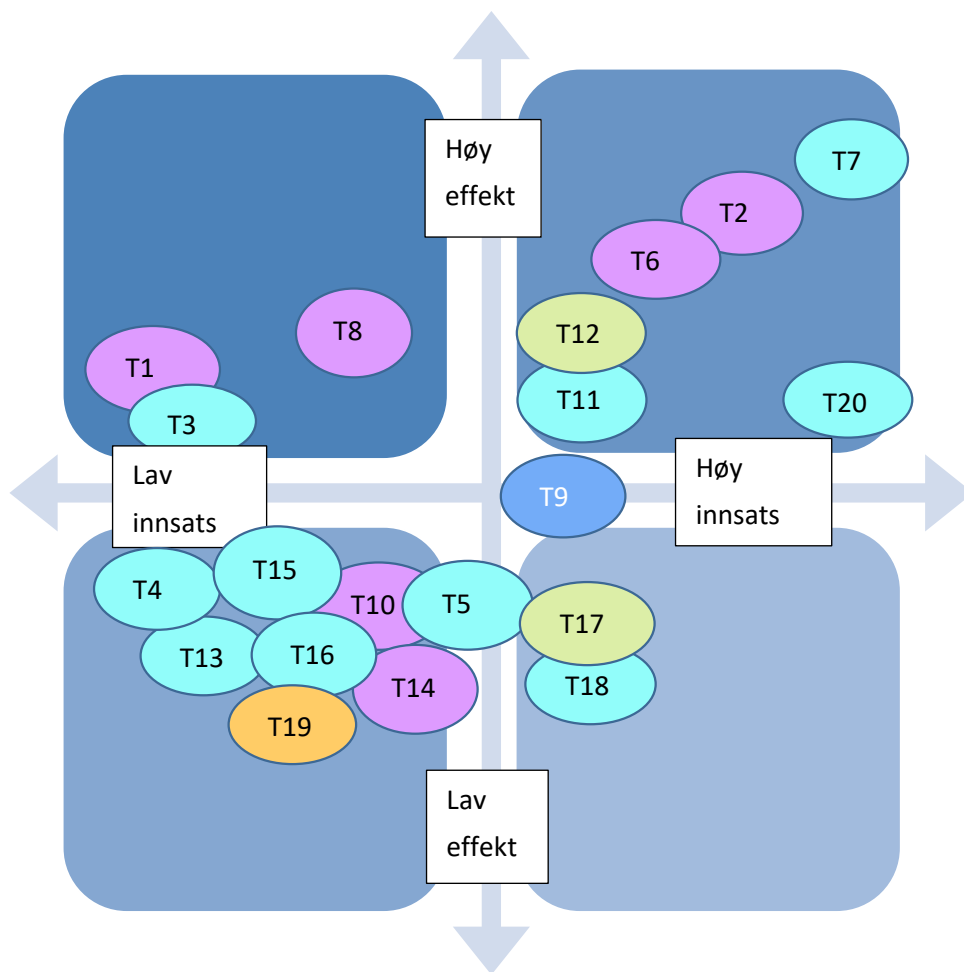
9.3 Oppsummering og prioritering av tiltak

De identifiserte og foreslåtte tiltakene vil kunne redusere sårbarheter i regionen. Nkom har vurdert tiltakene med utgangspunkt i status for målbildene for regionen, samt ut fra hvor stor sårbarhets- og konsekvensreducerende effekt tiltakene har. Det er også tatt hensyn til hvor mye innsats som kreves i forhold til kostnadene forbundet med tiltaket.

Det må foretas nærmere vurdering av tiltakene før det besluttes hvilke tiltak som skal gjennomføres og hvordan det skal skje. Nkom vil gjennom dialog med tilbyderne avklare nærmere oppfølging av tiltak. Tiltakene er prioritert ut fra kost/nytte-vurdering og gitt enten høy prioritet, middels prioritet eller lav prioritet.



Figur 24: Illustrasjon av tiltakskategorier. Fargene skiller de ulike kategoriene illustrert i figur 25 under.



Figur 25: Kost/nytte-vurdering av tiltak

I figur 25 er det gjort en vurdering av kost/nytte, betegnet som innsats/effekt. Med «innsats» menes her finansielle midler og/eller prosessomfang for å få realisert tiltakene. Med «effekt» menes et tiltaks evne til å redusere sårbarheter for relevante objekter/funksjoner i ekomnettene, hvor også objektenes/funksjonenes verdi er hensyntatt.

I prioriteringen av tiltakene er det lagt vekt på kost/nytte-vurderingen som vist over. Det vil være noen tiltak som er rimelig å fremlegge og diskutere med aktørene med forventning om at de selv tar tak i dem. Noen tiltak kan falle inn under ekomloven §2.10 første ledd, mens andre tiltak mer klart ligger under andre ledd i samme paragraf, altså at det vil være aktuelt for myndigheten å dekke merkostnader for aktørene utover det de med rimelighet plikter under første ledd. Nkoms vurderinger har tatt hensyn til og rangert høyere de tiltakene som anses å kreve en lavere innsats for mer eller mindre samme kost/nytte-verdi.

Tiltakene er nummererte og beskrevet mer i detalj i Nkoms sikkerhetsgraderte rapport.

10 Vedlegg

Vedlegg 1: Begrepsforklaring

Begrep (alfabetisk rekkefølge)	Forklaring – menes i denne sammenheng som
Diversitet/fremføringsdiversitet	Fysisk separerte og uavhengige forbindelser som muliggjør at trafikk kan gå ulike ruter til et termineringspunkt. Begrepet er nært beslektet med <i>redundans</i> og kan bidra til å redusere sårbarheten for utfall.
Forbindelse	Generell betegnelse på fysisk og/eller logisk forbindelse mellom to nodepunkt for ekomtrafikk som kan gå over ulike traséer.
GIS	Geographic Information System. Et geografisk informasjonssystem er et digitalt databasesystem for behandling av plassbestemt informasjon i et anvendelig format (typisk kart). Databehandlingen kan omfatte registrering, modellering, manipulering, analyse, import/eksport og presentasjon. (Wikipedia)
IP/MPLS	Forkortelse for Internet Protocol / Multiprotocol label switching. Er en rutings-teknikk som styrer datatrafikk mellom ulike fysiske lokasjoner ved hjelp av rutere
Knutepunkt	Et fysisk punkt der flere aktørers fiberkabler møtes/skjøtes før de enten termineres eller går videre til et nytt punkt.
Korridor	En samling av traséer som går i rimelig nærhet til hverandre, med maksimum noen få kilometers separasjon. Disse traséene kan bære trafikk for en og samme operatør, eller flere operatører. For eksempel fiberkabler som går i sjøen langs Trøndelagskysten i ytre korridor (kystkorridoren).
Krysning	En fiberkabel som krysser en annen fiberkabel som ellers går separert.
Nodepunkt	Et logisk punkt i et nettverk som videreformidler/omgjør eller aggregere trafikk oppover eller nedover i et nettverk.
Nærføring	Fiberkabler innad i samme korridor med liten fysisk adskillelse, typisk 1-10 meter. Øker sårbarheten for samtidige brudd fra en ytre fysisk påvirkning, for eksempel ras, gravearbeid eller brann.

OSI (som i OSI-lag i OSI-modellen)	Open Systems Interconnection. OSI-modellen er en referansemodell for datakommunikasjon. Den er definert av den internasjonale standardiseringsorganisasjonen ISO. Modellen deler datakommunikasjonen inn i syv lag. (Wikipedia)
Redundans	Ekstra føringsveier som gir alternative ruter for trafikk dersom en føringsvei går ned. Det er en fordel at slike alternative føringsveier har god nok fysisk separasjon/diversitet mellom hverandre. Se <i>diversitet</i> .
Situasjonstilstand	Her brukt for å beskrive hvilken overordnet tilstand samfunnssikkerheten er på krisespennet mellom fred, krise og krig.
SPOF	«Single point of failure». Et uttrykk for et punkt/del i et system som stopper systemets grunnleggende funksjonering dersom feil oppstår på punktet.
Sårbarhet	Et uttrykk for de problemer et system får med å fungere når det utsettes for en uønsket hendelse, samt de problemer systemet får med å gjenoppta sin virksomhet etter at hendelsen har inntruffet. ²⁵
Terminering/termineringspunkt	Generell betegnelse for både fysiske og logiske lokasjoner i nettverk der trafikk mottas og videresendes, eller opphører. Et eksempel på et termineringspunkt er stedet der en sjøfibernkabel går opp på land i en kum, dvs. et landtak.
Trasé	Samlebegrep for passiv infrastruktur som brukes for fremføring av fiberkabler, og som danner en fysisk avgrenset og definert vei. Består som regel av flere rør, kulverter, kummer, grøfter og/eller stolper. Traséer kan både være nedgravd og være strukket i luften, for eksempel rundt kraftlinjer (spinnefiber). Se også <i>korridor</i> .
Tverrforbindelse	Fysisk forbindelse mellom to traséer som muliggjør omruting av trafikk. I denne rapporten vil vi i hovedsak mene tverrforbindelse mellom nord/sørgående traséer.

²⁵ NOU 2000: 24 Et sårbart samfunn – utfordringer for sikkerhets- og beredskapsarbeidet i samfunnet.

11 Bilder, figurer og kilder

Alle bilder og figurer hvor det ikke er angitt annen kildehenvisning er Nkoms egne. Flere bilder er tatt av Nkoms ansatte under befarung i Trøndelag i juni og september 2023. Forsidebildet er tatt av Vidar Skartveit, Nkom.