



Norske mobilnett i 2025

CRNA - Center for Resilient Networks and Applications

Norske mobilnett i 2025

Tilstandsrapport fra
Simula Metropolitan Center for Digital Engineering
Center for Resilient Networks and Applications

Om denne rapporten Denne rapporten er utarbeidet av Center for Resilient Networks and Applications (CRNA), som er en del av Simula Metropolitan Center for Digital Engineering. CRNA driver grunnleggende forskning innen robusthet og sikkerhet i nettverk med mandat og finansiering fra Digitaliserings- og forvaltningsdepartementet. Senteret produserer en årlig rapport om tilstanden i norske mobilnett. Årets rapport er den tolvte i rekken.

Ansvarlig for årets rapport Dr. Tarik Čičić
Bidragstere Dr. Alojz Gomola
Dr. Jan Marius Evang
Omslag Virrages Images Inc. (Canva)
Publiseringsdato 22. april 2026
ISBN 978-82-92593-44-8

Økonomiske bidragstere Digitaliserings- og forvaltningsdepartementet
Norges Forskningsråd
Telia Norge
Ice Norge



Innhold

1	Sammendrag og hovedfunn	5
2	Stabilitet i tilkoblingen	9
2.1	Nedetid	10
2.2	Analyse av nedetid i 2025	11
2.3	Varighet av brudd i tilkobling	12
2.4	Nedetid gjennom året for enkeltforbindelser	13
2.5	Utvikling over tid	13
3	Stabilitet i dataplanet	17
3.1	Tapsrate	17
3.2	Hendelser med forhøyet pakketap	18
3.3	Utvikling over tid	20
4	Stabil ytelse	21
4.1	Opplastings- og nedlastingshastighet	21
4.2	Variasjon mellom forbindelser	24
4.3	Historisk utvikling i hastighet	24
4.4	Jitter	26
5	Mobildekning på bilvei	29
5.1	Signalstyrke og kvalitet	30
5.2	Bruk av frekvensbånd	32
5.3	Bruk av 5G	33

6	Bredbånd over satellitt	35
6.1	Forsinkelse	36
6.2	Pakketap	37
6.3	Hastighet	40
6.4	Effekt av solstormer	40
6.5	Diskusjon	43
7	Bakgrunn og metode	45
7.1	Mobilnettene vi måler	45
7.2	NorNet Edge målenoder	48
7.3	Server-side infrastruktur	48
7.4	Metode	48
7.4.1	Mobile bredbåndsnett	49
7.4.2	Rammeverk for måling av robusthet	49
7.5	Ookla Speedtest	51



1. Sammendrag og hovedfunn

Norske mobilnett befinner seg i en stabil fase, preget av høy driftsstabilitet og teknologisk modenhet. Utbyggingen av 5G-nettet pågår kontinuerlig: mens dekningen i tettbygde strøk allerede er omfattende, pågår det en gradvis ekspansjon langs transportårer og i distriktene. Både når det gjelder stabilitet og ytelse opprettholder de norske mobilnettene et svært høyt internasjonalt nivå.

Til tross for denne stabiliteten er det enkelte strukturelle endringer i 2025 som har latt seg merke i våre analyser. En sentral hendelse i 2025 er operatøren Ice sitt bytte av partner for nasjonal gjesting. Etter å ha benyttet TeliAs nett som gjestenett i en årrekke, gjennomførte Ice i perioden mars–mai 2025 en migrering til Telenors nett. Selv om selve overgangen ble gjennomført uten omfattende driftsforstyrrelser, har byttet medført enkelte konsekvenser for dekning og tjenestekvalitet som vil bli belyst i denne rapporten.

Satellittbasert kommunikasjon blir en stadig viktigere komponent i det samlede digitale økosystemet, med økt tilgjengelighet og kapasitet. Nytt for 2025-rapporten er at OneWeb er lagt til i våre analyser. OneWeb, som i dag eies av europeiske Eutelsat, representerer et strategisk interessant satellittbredbåndløsning og en alternativ for kritiske applikasjoner og beredskapskommunikasjon. Rapporten analyserer stabiliteten og ytelsen til denne teknologien opp mot de andre satellittbredbåndløsningene vi har analysert tidligere år, samt deres forhold til andre tilbud som mobilt og trådløst bredbånd.

Hoveddelen av resultatene som presenteres i årets rapport er basert på aktive målinger fra over 100 stasjonære målepunkter eller “noder”, spredt over store deler av Norge. Alle disse målepunktene er 5G-kapable—fra 2025 avsluttet vi målinger med utstyr som ikke støtter 5G. I tillegg til disse stasjonære målepunktene analyserer vi dekning og signalforhold til noder i bevegelse på veistrekningen Kristiansand-Andøya.

Årets rapport viderefører mange av målingene fra tidligere år. Vi undersøker stabiliteten i tilkoblingen mellom målenoder og mobilnett, og utviklingen i pakkeap. Vi måler også nedlastingshastigheten og opplastinghastigheten som oppnås i de ulike mobilnettene. I det følgende oppsummerer vi noen av de viktigste observasjonene fra årets rapport.

Stabilitet i tilkoblingen

- Vi måler god stabilitet i målenodenes tilkobling til mobilnettene i 2025. Samlet sett er stabiliteten omtrent på samme nivå som de siste årene. Vi observerer et betydelig antall tilkoblinger som nesten aldri opplever brudd.
- Stabiliteten i tilkoblingen måles som prosentvis oppetid over den aktive perioden for hver node gjennom hele året. Telia og Telenor har oppnådd marginalt høyere oppetid i 2025 enn i de tidligere årene, mens stabiliteten til Ice har gått noe ned. Dette kan settes i sammenheng med deres endring av nasjonal gjestingoperatør. Vi analyserer resultatene gjennom seks perioder på to måneder i 2025 i seksjon 2.2.
- 72 % av Ice tilkoblinger, 80 % av Telenor tilkoblinger og 86 % av Telia tilkoblinger opplevde en tilgjengelighet på over 99,99 %, noe som tilsvarer en nedetid på under 9 sekunder i døgnet og regnes som svært bra.
- Brudd i tilkoblingene varte typisk kortere i 2025 enn i tidligere år. Dette skyldes sannsynligvis utfasingen av 4G i testoppsettet.

Stabilitet i dataplanet

- Det observerte pakketapet er omtrent uendret i 2025 sammenlignet med 2024, og det er små forskjeller mellom operatørene.
- Unntaket er Ice, som i perioden 2022-2024 har hatt merkbart lavere pakketap enn de to andre operatørene, mens som i 2025 har økt og er på nivå med Telenor og Telia.
- I 2025 har vi registrert færre hendelser der flere noder registrerer betydelig pakketap samtidig over en periode.

Stabilitet i ytelsen

- I 2025 observerer vi en moderat nedgang i nedlastingshastighet for Telenor og Telia, sammenlignet med 2024. Ice viser en moderat økning. Opplastingshastigheten har økt for alle tre operatørene i 2025. Det er fortsatt Telenor som viser høyest ytelse, fulgt av Telia og Ice.
- Nedgangen i nedlastingshastigheten for Telenor og Telia skyldes to forhold. I 2025 har vi installert 40 nye målenoder, som er distribuert hovedsakelig utenfor de store byene, der vi allerede har god dekning med måleinstallasjoner. I bebyggelser med lavere tetthet måler vi generelt noe lavere ytelse, som påvirker gjennomsnittet svakt negativt.
- Det andre forholdet er at selv om vi korrigerer målesettet og kun analyserer data fra 5G-nodene som har vært en del av infrastrukturen fra 2024 og tidligere, ser vi en moderat nedgang i nedlastingshastigheten hos Telia og Telenor gjennom 2025. Etersom stabiliteten i dataplanet er god for disse operatørene, mistenker vi at årsaken ligger i kapasiteten i transportnettene og kanskje internettforbindelsene mot vertene av serverinfrastrukturen (Ookla serverne) som brukes i disse målingene.
- Vi registrerer fortsatt best stabilitet i ytelsen (lavest varians i målingene) hos Telenor, mens Telia viser den største forbedringen i 2025. Ice sin variasjon i ytelse har økt, mulig på grunn av de store endringene de har gjort i 2025.
- Samtidig som de samlede resultatene for nedlastings- og opplastingshastigheter gir et godt grunnlag for sammenligning av operatørene og utviklingen over tid, er det interessant å se hvor mange av våre testinstallasjoner som oppnår et høyt tjenestenivå. Dette er ingen standardisert metrikk, og vi velger å se på andelen målestasjoner som oppnår gjennomsnittshastighet på 100 Mbps nedlasting og 20 Mbps opplasting, som vil gi en god brukeropplevelse i de fleste scenarier. 84 % av Telenor-forbindelser, 73 % av Telia-forbindelser og 56 % av Ice-forbindelser har hatt gjennomsnittshastighet på 100 Mbps eller mer i 2025. Tilsvarende tall for opplastingshastighet over 20 Mbps er 75 %, 71 % og 70
- Våre resultater viser små forskjeller i jitter mellom operatørene. Alle operatørene har færre forekomster av målinger med jitter over 20 ms i 2025 enn i 2024, som kan regnes som høyt og vil kunne merkes i enkelte bruksområder.

Satellitt

- Vi presenterer i år målinger fra tre bredbåndstjenester implementert over satellitt: to basert på satellitter i lav jordbane (Starlink og OneWeb), og én basert på geostasjonær satellitt (Eutelsat). OneWeb ble introdusert i vår måleinfrastuktur i september 2025.
- Ettersom satellitter i lav jordbane befinner seg mye nærmere bakketerminalene, er forsinkelsen betydelig lavere for dem enn for den geostasjonære løsningen. Medianverdiene er 60 ms for Starlink, 122 ms for OneWeb og 658 ms for den geostasjonære forbindelsen.
- Starlink jobber kontinuerlig med utviklingen av sin tjeneste. Vi har registrert nedgang i median forsinkelse (round-trip-time) fra 69 ms i 2024 og 75 ms i 2023. Forbedringer er registrert også gjennom året i 2025.
- Starlink viser lavere pakketap i forbindelsen sammenlignet med tidligere år, men fortsatt noe høyere enn den geostasjonære løsningen. OneWeb har hatt lavere pakketap enn Starlink i den målte perioden.
- Pakketapet ligger gjennomsnittlig mellom 0 og 0,5 % per for alle tre løsningene de alle fleste dagene i måleperioden. Vi har identifisert to perioder i 2025 med forhøyet pakketap, som korrelerer godt med kjente solstormer i 2025.
- Når det gjelder oppnådd ytelse, viser Starlink gode resultater, med en median nedlastingshastighet på 167 Mbps. OneWeb leverer i tråd med tjenesteavtalen, 102 Mbps, mens for den geostasjonære forbindelsen var medianen på 58 Mbps.
- Det er fortsatt tydelig varians i målingene av Starlink avhengig av tiden på døgnet. I periodene med antatt lavere bruk, som tidlige morgentimer, ser vi bedre ytelse. Sett i sammenheng med lavt pakketap kan dette tyde på et økt antall brukere på Starlink, men fortsatt god kapasitetsplanlegging. Vi ser ikke tilsvarende variasjon på OneWeb eller den geostasjonære forbindelsen.

Mobilnett fra bil

- Vi har gjennomført en test av mobilnettene under en gjennomkjøring på veistrekningen Kristiansand–Andøya. Selv om kun ett sett med målinger ikke kan gi statistisk relevante resultater for noen spesifikke lokasjoner, gir målingene en illustrasjon av dekkningen og signalforholdene.
- På den målte strekningen er dekkningen så å si kontinuerlig, med kun få, korte avbrudd.
- Kvaliteten på radiosignalene er meget bra under hele turen, og marginalt bedre i fylkene med lavere befolkningstetthet.
- Bruken av lavbånd- og mellombåndfrekvensene, samt bruken av 5G, varierer mellom operatørene. I testoppsettet gjester Ice Telenors radionett ofte, men Ice bruker likevel mellombåndfrekvensene og 5G mindre enn de to andre operatørene.



2. Stabilitet i tilkoblingen

I dette kapitlet undersøker vi stabiliteten til tilkoblingen mellom våre målenoder og mobilnettet. Målenodene forsøker å opprettholde tilkoblingen til de ulike mobilnettene til enhver tid, og tilkoblingen brytes aldri aktivt fra målenodens side¹. Ettersom nodene kontinuerlig kommuniserer med omverdenen, skal det heller ikke forekomme at tilkoblingen tas ned på grunn av inaktivitet. Målenodene overvåker tilkoblingen til de ulike mobilnettene kontinuerlig, og loggfører statusen på denne. Dersom tilkoblingen brytes, vil målenoden umiddelbart forsøke å gjenopprette den. Den vil forsøke kontinuerlig og uten opphold, helt til tilkoblingen kan gjenopprettes. Et brudd vil derfor resultere i en kortere eller lengre feilperiode hvor tilkoblingen er utilgjengelig. Det er disse bruddene vi analyserer. Resultatene i dette kapitlet skiller ikke mellom ulike teknologier som 4G eller 5G. Hver forbindelse vil til enhver tid velge den beste tilgjengelige teknologien, som forklart i kapittel 7.

Brudd på tilkoblingen kan skyldes ulike forhold knyttet til brukerterminalen, radioforbindelsen mellom brukerterminal og basestasjon, selve basestasjonen, transmisjon mellom basestasjon og kjernenett, eller feil i ulike deler av kjernenettet. Ulike typer feil vil ofte ha ulike signaturer i målingene. For eksempel, antall samtidige brudd, lokasjonen til målenodene som opplever brudd, varighet av brudd og så videre, kan gi verdifull innsikt i den underliggende årsaken til feilen. Vi benytter denne informasjonen i vår analyse av utfall i mobilnettene.

Basert på overvåkingen av tilkoblingen, genererer vi en tidsserie av *ned-* og *opp-*hendelser for hver målte forbindelse, hvor tilkoblingen blir henholdsvis brutt og gjenopprettet. Basert på disse tidsseriene undersøker vi ulike forhold knyttet til stabiliteten i tilkoblingen. Vi analyserer total nedetid for hver forbindelse, varigheten av et tilkoblingsavbrudd, samt hvor ofte en forbindelse opplever et vesentlig avbrudd i tilkoblingen. Vi viser resultater for Telenor, Telia og Ice, for samme type abonnement som selges for bruk i mobiltelefoner. Ice benytter nasjonal gjesting der de ikke har egen dekning.

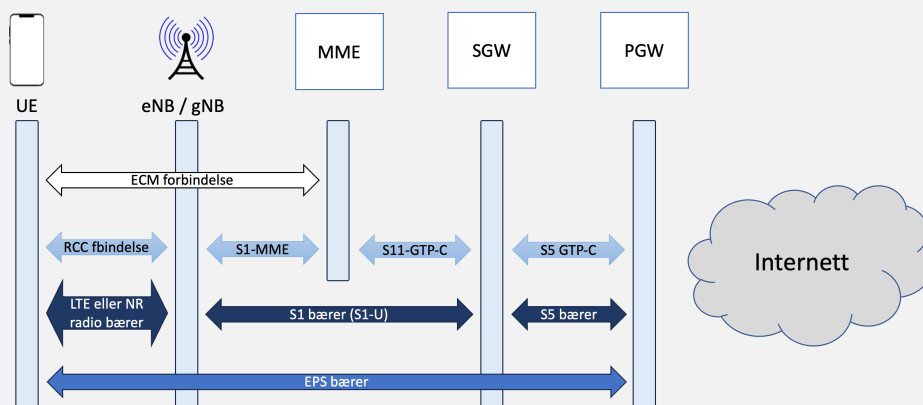
For å sikre at målingene i minst mulig grad påvirkes av feil i vår måleinfrastruktur, gjennomfører vi en rekke filtreringssteg hvor vi fjerner nedetid som vi mistenker skyldes slike forhold. Dette innebærer først og fremst at vi fjerner nedetid knyttet til administrative omstarter av tilkoblingene

¹Unntaket er i feilsituasjoner der tilkoblingen eller noden må startes om som en del av en feilrettingsprosess.

etter vedlikeholds- eller feilrettingsoperasjoner. Av og til opplever vi også at våre forbindelser låser seg i en tilstand der forbindelsen er aktiv, men datatrafikk ikke kan sendes. Nedetid knyttet til slike hendelser filtreres bort.

Tilkobling i 5G-NSA mobilnettverk

Mobilnett som brukes i dag har en sentralisert arkitektur. All trafikk som utveksles må passere gjennom sentrale rutere i det mobile kjernenettet før den kan sendes videre til en tjener på internett eller til en telefon på nabokontoret. Den logiske tilkoblingen mellom brukerterminal og kjernenett kalles en “Evolved Packet System” (EPS) bærer. En EPS-bærer inneholder informasjon om IP-adressen til brukerterminalen, hvilken tjenestekvalitet tilkoblingen forventer, og hvilket datanett tilkoblingen tilhører, definert ved et “Access Point Name” (APN). En EPS bærer må alltid være på plass før trafikk kan sendes over mobilnettet. EPS bærere brukes i både 4G og 5G “non-stand alone” (NSA), som er 5G-teknologi som brukes av norske operatører i dag. I 5G NSA, er 5G “New Radio” (NR) lagt til det eksisterende 4G-nettverket for å øke datahastigheten og kapasiteten. Men kontrollinformasjonen, som signalering og oppsett av forbindelser, håndteres fortsatt av 4G-kjernenett.

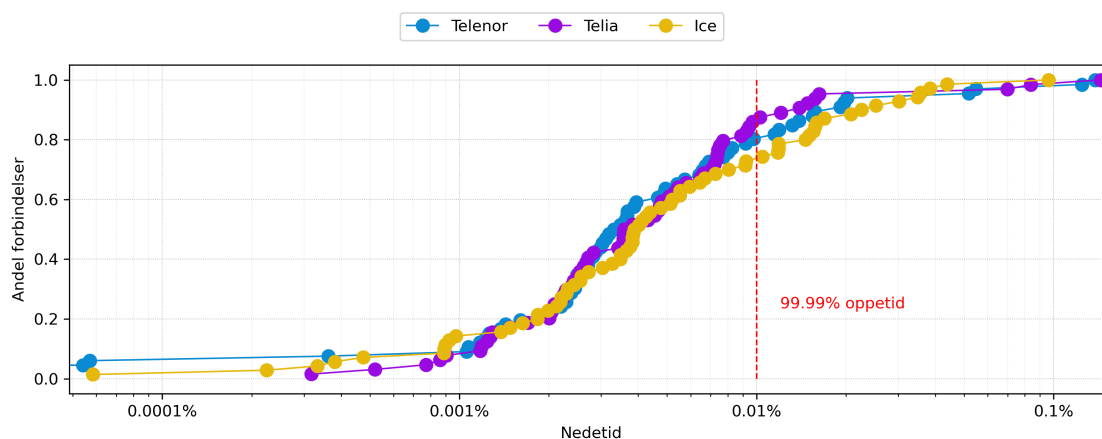


En EPS-bærer realiseres over en serie med tunneler mellom brukerterminalen og en komponent i kjernenettet som kalles en “Packet Gateway” (PGW), som vist i figuren over. Disse tunnelene sikrer at tilkoblingen opprettholdes selv om brukerterminalen flytter seg fra et område til et annet. Vi måler stabiliteten i tilkoblingen ved å registrere hvor ofte og hvor lenge EPS-bæreren er utilgjengelig.

Som figuren illustrerer, er det flere forhold som kan føre til at EPS-bæreren blir utilgjengelig. Dette kan være forhold knyttet til radiogrensesnittet, handover mellom celler eller teknologier, feil i transmisjon mellom basestasjon og kjernenett, eller feil i komponenter i kjernenettet. Mens feil ytterst i aksessnettet oftest berører et lite antall forbindelser, kan feil i kjernenettet ta ned EPS-bæreren for et stort antall forbindelser samtidig.

2.1 Nedetid

Nedetid er beregnet som den totale andelen av måleperioden en tilkobling var utilgjengelig. Figur 2.1 viser fordelingen av nedetid over alle forbindelser for hver operatør. Nedetiden er angitt som en såkalt kumulativ distribusjon. Kumulative distribusjoner beskriver hvor stor andel av de målte



Figur 2.1: Fordeling av nedetid over forbindelser for hver operatør.

verdiene (på y-aksen) som er mindre enn en gitt verdi (på x-aksen). Populært forklart er det bra å ligge *oppe til venstre* i figuren, altså at grafen stiger så bratt som mulig i området med lav nedetid. Merk logaritmisk skala på x-aksen.

I våre analyser velger vi å se på 99,99 % oppetid som en viktig markør. Oppetid på 99,99 % tilsvarer en gjennomsnittlig nedetid på under 9 sekunder per døgn, og er uformelt ansett som grensen de aller fleste brukere og kommunikasjonstjenester bør kunne akseptere. Vi har markert den med rød stiplet linje i figur 2.1.

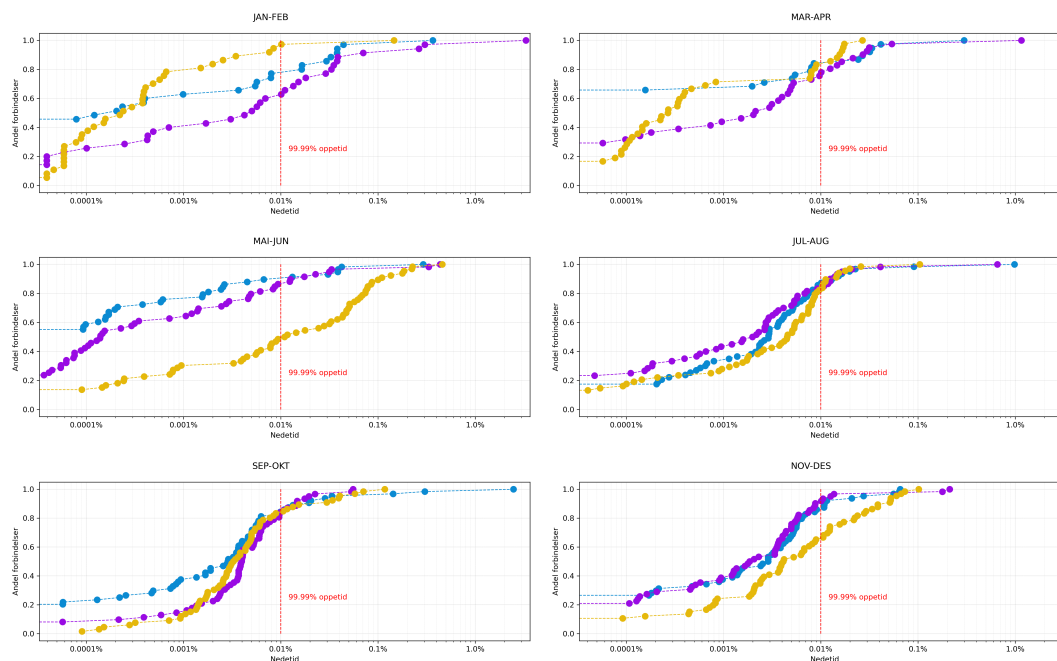
I 2025 ser vi en betydelig forandring i registrert nedetid i forhold til de siste årene. Mens Telia og Telenor har bedret stabiliteten noe i forhold til 2024, og har henholdsvis 86 % og 80 % noder med oppetid over 99,99 %, har Ice gått ned fra den ledende posisjon de har holdt fra 2022 og er nå på 73 % noder med oppetid over 99,99 %. I fjor var tilsvarende tall for Telia, Telenor og Ice på 73 %, 68 % og 87 %, henholdsvis. Husk at i 2025 er det for første gang vi analyserer stabiliteten kun for 5G noder, ettersom vi har fjernet 4G-nodene fra vår måleinfrastruktur, som kan ha hatt en positiv effekt på stabiliteten.

Noen noder har ingen registrert nedetid som med sikkerhet kan tilskrives utfordringene hos operatøren. I år ser vi to slike noder hos Telenor. Disse nodene forårsaker at grafen for Telenor starter til venstre “utenfor” vist område i figur 2.1. Det at en node kan ha ingen registrert nedetid skyldes bl.a. at flere noder har vært relativt kort tid i drift, eller at all nedetid har vært for nær våre vedlikeholdsaktiviteter og er derfor filtrert bort. Vi filtrerer også bort nedetidshendelser over 30 minutter varighet, som regel skyldes disse administrative endringer eller feil, og kan ikke regnes som faktiske brudd i tilkoblingen. Uansett kan man si at disse nodene har hatt utmerket tilgjengelighet i måleperioden.

Ser man på andel forbindelser med nedetid på over 0,1 % (oppetid under 99,9 %, ikke særskilt markert i figuren), teller vi kun to Telenor- og én Telia-forbindelse. Forbindelser med nedetid på over 0,1 %, som tilsvarer gjennomsnittet på 86 sekunder i døgnet, vil kunne oppleves som ustabile i noen bruksscenarioer.

2.2 Analyse av nedetid i 2025

Sammenlignet med våre analyser av norske mobilnett i tidligere år, var 2025 uvanlig i forstand at Ice har foretatt bytte av nasjonal gjestingoperatør fra Telia til Telenor. Etter reglene satt av myndighetene skal et slikt bytte finne sted i løpet av 3 måneder. Ice utførte endringen i perioden mars-mai 2025. Dette betyr at Ice brukerne kunne bruke Telia nettverk i tillegg til Ice frem til slutten av februar 2025, og Telenor fra juni 2025. I mellomtiden ble brukere overført fra Telia til



Figur 2.2: Stabilitet i to-måneders perioder i 2025.

Telenor i puljer.

Denne komplekse endringen har gått i hovedsak bra, men ikke helt smertefritt. Som figur 2.2 viser, startet Ice året med suveren stabilitet, som vi var blitt vant med i de siste årene. Arbeidene med overgang til ny leverandør av nasjonal gjesting startet i mars, og perioden mai-juni 2025 viser betydelig tap av stabilitet for Ice. Sommeren 2025 var det fortsatt målt lengre nedetidsperioder hos Ice, mulig relatert til vårt utstyr. Fra september normaliserer situasjonen seg, og Ice når stabilitet på linje med Telia og Telenor. I desember 2025 ser vi igjen en nedgang hos Ice, sannsynligvis relatert til interne konfigurasjonsendringer.

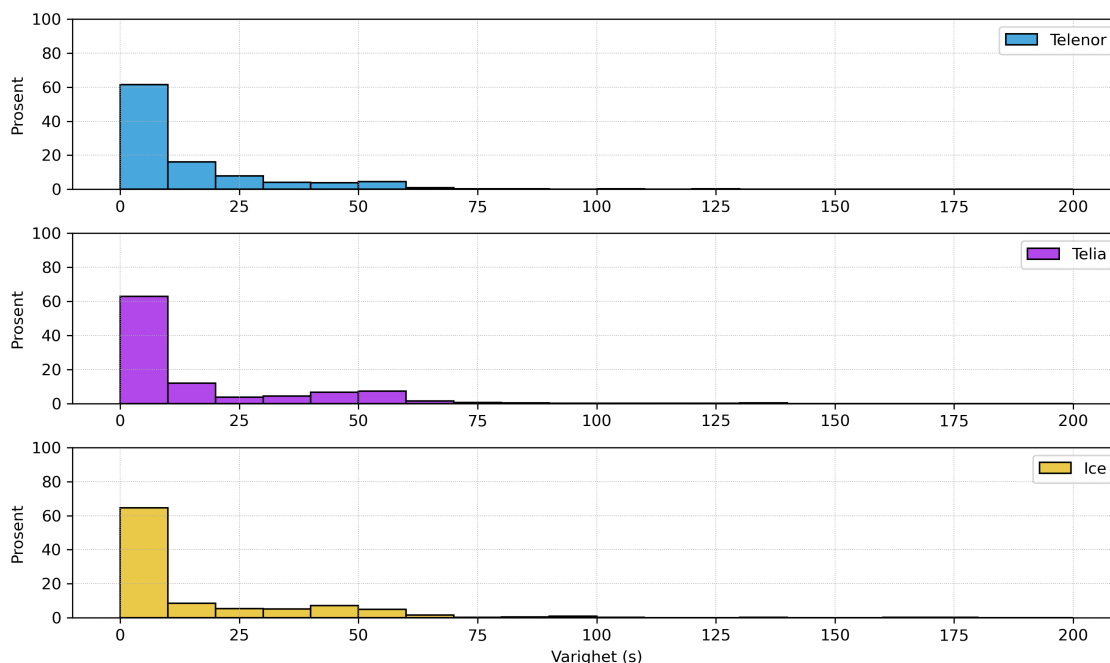
De komplekse endringene som må til for å foreta bytte av nasjonal gjestingoperatør omfatter de fleste komponentene i mobilnettet men også brukerterminalene. De instrueres fra kjernenettet hvilke nett de skal koble seg til ved bruk av spesielle kontrollmeldinger. Ettersom vårt testsystem bruker spesialiserte målnoder² og ikke “vanlige” mobiltelefoner, kan det tenkes at disse meldingene ikke umiddelbart har hatt ønsket virkning. Vi har i perioden mai-august observert flere uvanlige nedetidshendelser, som altså ikke kan utelukkes var spesifikke for vårt utstyr. Derfor har vi besluttet å fjerne målingene for Ice i perioden 1. mai – 10. september 2025 fra analysen i dette kapittelet. Om vi hadde tatt med denne perioden, hadde Ice-resultatene i figur 2.1 sett vesentlig dårligere ut.

2.3 Varighet av brudd i tilkobling

Figur 2.3 viser fordelingen av varigheten for brudd i tilkoblingen over alle forbindelser for hver operatør. De fleste feilene er kortvarige, og brudd på over ett minutt er sjeldne.

For alle operatører domineres fordelingen av korte brudd mellom 1-10 sekunder. Vi observerer at det prosentvise antallet slike korte brudd har økt fra 2024 til 2025 for Telia og Telenor med ca. 20 %, mens Ice har ca. 20 % færre brudd i denne kortvarige gruppen. Vi tror at grunnen til forbedringen kan være raskere overgang mellom den primære og den sekundære cellen 5G-

²For en detaljert beskrivelse av vår NorNet Edge infrastruktur se seksjon 7.



Figur 2.3: Varighet på brudd i tilkoblingen.

modemer typisk har kontakt med samtidig, slik at overgangen går raskt når det trengs. Det at Ice har flere lengre brudd enn i 2024 er relatert til at endringen av nasjonal gjestingtilbyder—vi ser lengre brudd først etter overgangen til Telenor.

2.4 Nedetid gjennom året for enkeltforbindelser

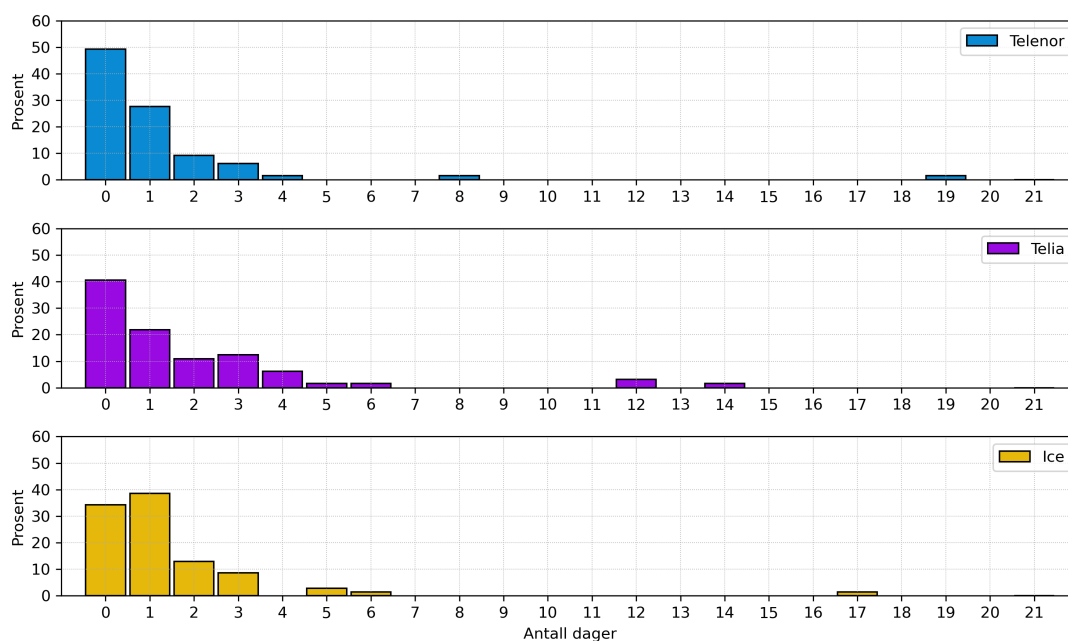
Figur 2.4 viser antall dager forbindelsene hos hver operatør opplever vesentlig nedetid, her definert som minst ett minutt nedetid totalt i løpet av døgnet. Antallet dager er på x-aksen, og andelen av alle nodene som har opplevd over 60 sekunder nedetid i tilsvarende mange dager kan leses på y-aksen. De fleste forbindelsene hos alle operatørene opplever få slike dager, og 50 % (Telenor) og 40 % (Telia) opplever ingen slike dager, som i fjor. Hos Ice ser vi en forskyvning, og andelen noder som ikke har opplevd over 60 sekunder nedetid har sunket fra ca. 45 % i 2024 til ca. 35 % i 2025.

2.5 Utvikling over tid

Figur 2.5 viser utviklingen i gjennomsnittlig nedetid fra 2013 til 2025 for Telenor, Telia og Ice. Av historiske grunner er måledata 2013-2018 fra andre halvår for hvert år. For 2019 og nyere er måledata for hele året analysert. For Ice mangler vi data for år 2018 og tidligere. Data i disse grafene er direkte sammenlignbare med data presentert i figur 2.1.

Vi ser at nedetiden i 2025 er meget bra for Telia og Telenor. Ser man på antallet noder med nedetid på 0,01 % eller lavere, er 2025 det beste året for Telia siden målingene startet. Ice har, som vi har sett, dårligere resultater i 2025 enn i de fleste tidligere år. Merk at skalaen på x-aksen er logaritmisk, og at et stort flertall noder siden 2019 har nedetid under 0,01 %.

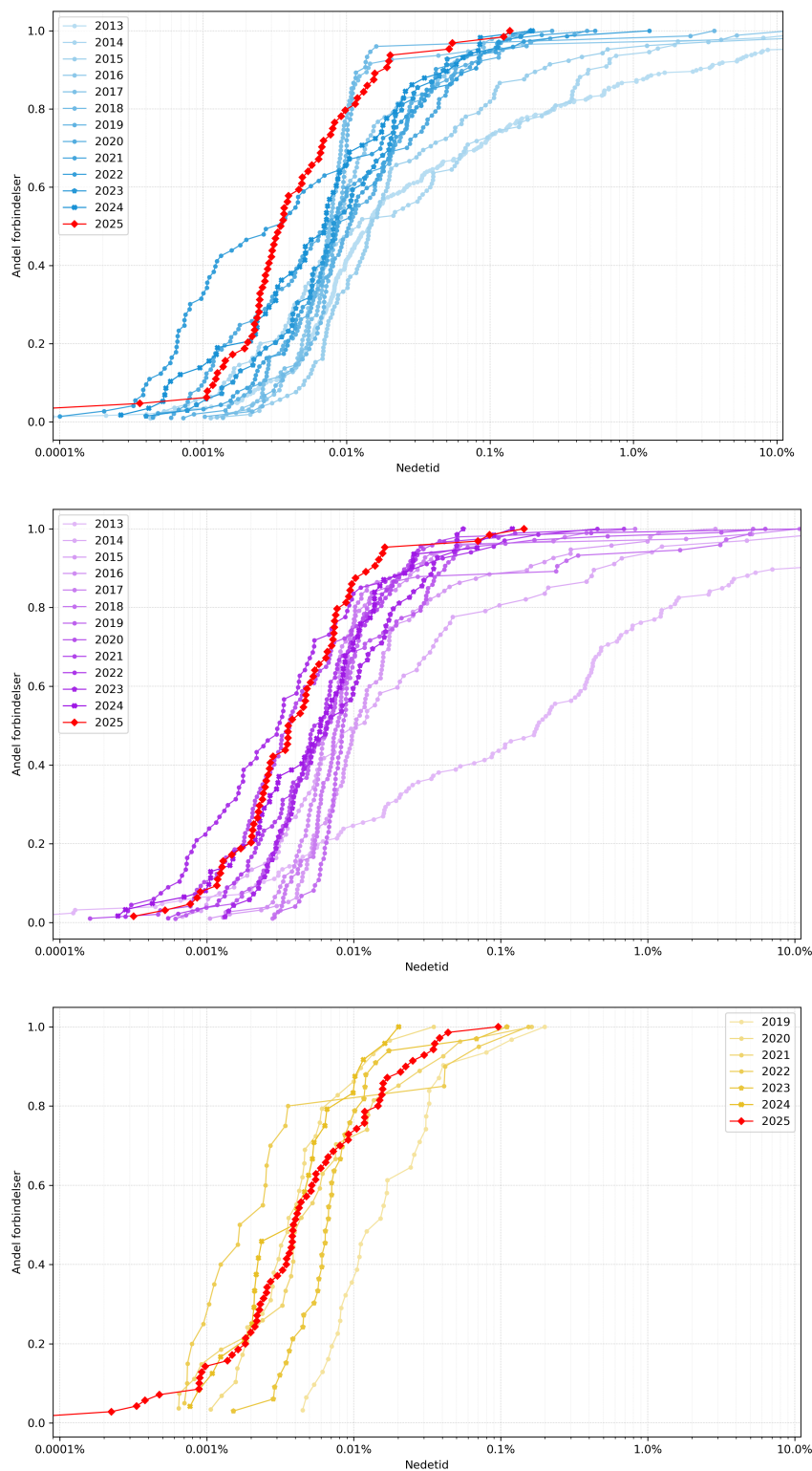
Figur 2.6 viser hvordan andel forbindelser som i gjennomsnitt har mer enn ett minutt nedetid per dag har utviklet seg fra våre målinger startet i 2013 til i dag. Av historiske grunner, inkluderer årene 2013-2021 kun Telia og Telenor. Målingene fra 2022 og nyere inkluderer også Ice. Denne



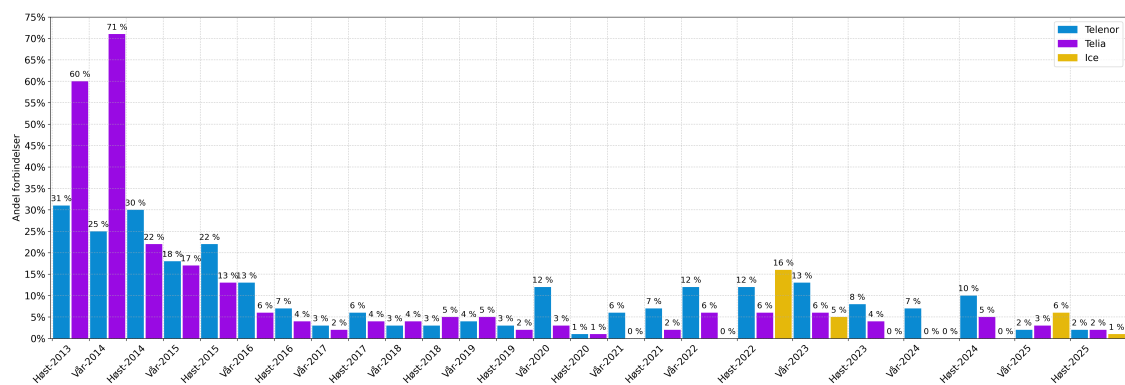
Figur 2.4: Antall dager med nedetid over ett minutt. Telenor (øverst), Telia (midten) og Ice (nederst).

metrikken er ikke direkte sammenlignbar med figur 2.4, ettersom den inkluderer også kortere nedetidsperioder enn 60 s.

Andelen forbindelser med over ett minutt nedetid i gjennomsnitt har vært relativt stabil de siste årene. Økningen i andelen forbindelser med gjennomsnittlig nedetid større enn 1 minutt per dag i 2022-2023 var sannsynligvis relatert til 5G-utbyggingen som fant sted på den tiden, og våren 2025 kan kanskje relateres til endringen i nasjonal gjestingpartner for Ice. Stabiliteten er totalt sett stabilt god for norske teleoperatører.



Figur 2.5: Utvikling i nedetid hos Telenor (topp), Telia (midten) og Ice (bunn) fra 2013 til 2025.



Figur 2.6: Andel forbindelser med gjennomsnittlig nedetid større enn 1 minutt per dag over tid.



3. Stabilitet i dataplanet

I dette kapittelet undersøker vi mobilnettverkernes kapasitet til å opprettholde en stabil ende-til-ende forbindelse med minimalt pakketap. Vi måler dette ved å sende en kontinuerlig strøm av små datapakker fra alle testnodene til en server i vårt datasenter, som svarer tilbake. Antallet svar registreres og lagres, for på den måten å finne ut antallet som har gått tapt underveis. Dette gjør vi for hver node og operatør, som sammen utgjør en forbindelse. Basert på disse målingene analyserer vi *tapsraten*, altså hvor stort pakketap vi opplever for hver forbindelse. Mens det forrige kapittelet diskuterte stabiliteten og tilgjengeligheten til forbindelsens tilkobling til nettet, gir denne analysen innsikt i kvaliteten på ende-til-ende forbindelsene i den perioden de er tilkoblet.

Vår analyse er basert på måletrafikk bestående av små (20 Byte) UDP-pakker som sendes til en sentral server hvert sekund. Serveren returnerer den samme pakken umiddelbart. For hver pakke registrerer vi tiden det tar før responspakken kommer tilbake. Hvis ingen responspakke returneres innen 60 sekunder, betrakter vi pakken som tapt. Denne typen målinger utføres kontinuerlig på alle forbindelser så lenge de er tilkoblet nettet. Måleperiodens lengde for hver forbindelse varierer, ettersom ikke alle målenodene har vært aktive hele året. I denne analysen har vi utelatt forbindelser hvor vi har færre enn 7 døgn med målinger.

3.1 Tapsrate

Tapsraten er definert som kvotient (tapte pakker)/(sendte pakker) og beregnes for hver enkelt forbindelse over hele måleperioden. For å beregne tapsraten for en operatør, sorterer vi alle forbindelsene etter pakketap for denne operatøren og ser på median og andre statistiske egenskaper.

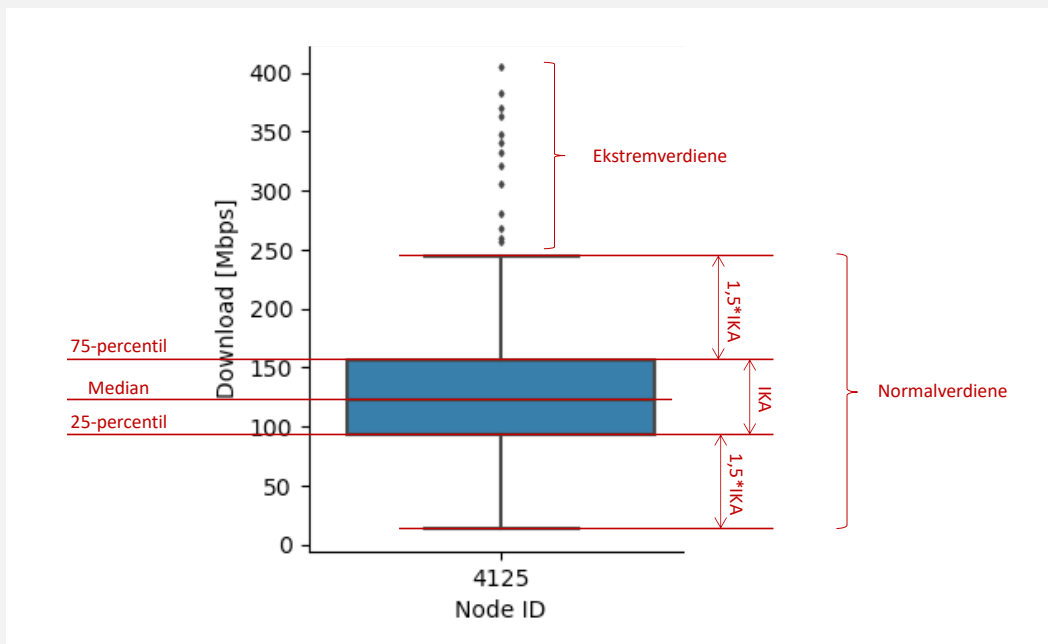
Figur 3.1 og tabell 3.1 viser en oppsummering av tapsraten hos Telenor, Telia og Ice. Telenor har lavere tapsrate i 2025 enn i 2024, mens Telia har økt noe. Tapsraten hos Ice har økt fra en medianverdi på 0,011 % til 0,018 %, selv med perioden mai–august tatt ut av beregningene. Vi observerer altså en negativ utvikling i stabilitet i dataplanet hos Ice, etter overgangen til Telenor som nasjonal gjestingsoperatør.

Vi observerer lavt pakketap hos alle operatører, som ikke vil kunne merkes under vanlig bruk av mobiltjenesten. Forhøyet pakketap ser vi på enkelte dager, antatt relatert til ekstraordinære hendelser i mobilnettene. I seksjon 3.2 nedenfor analyserer vi hendelser som brukerne kunne merke.

Hvordan tolkes boksploTT?

Flere figurer i denne rapporten representerer måledata ved hjelp av boksploTT (engelsk “box plot”). BoksploTT er et effektivt visualiseringsverktøy for å raskt få oversikt over hovedtrekkene ved en statistisk variabel. Men hva illustrerer det egentlig?

Et boksploTT består av en farget/skravert del, en “boks”, med en linje som deler den i to, samt to endestenger på hver sin side av denne boksen. Boksens minimum- og maksimumverdier er plassert på den nedre og øvre kvartilen (25- og 75-persentilen) til måleverdiene, mens delelinjen er på medianen (50-persentilen). Dette betyr at 50 % av alle måleverdiene faller innenfor boksen. Lengden på denne boksen kalles interkvartilavstanden (IKA). Hvis medianen er nærmere en av kvartilene, viser det skjevhet i distribusjonen—husk at 25 % av måleverdiene ligger på hver sin side av delelinjen i boksen.

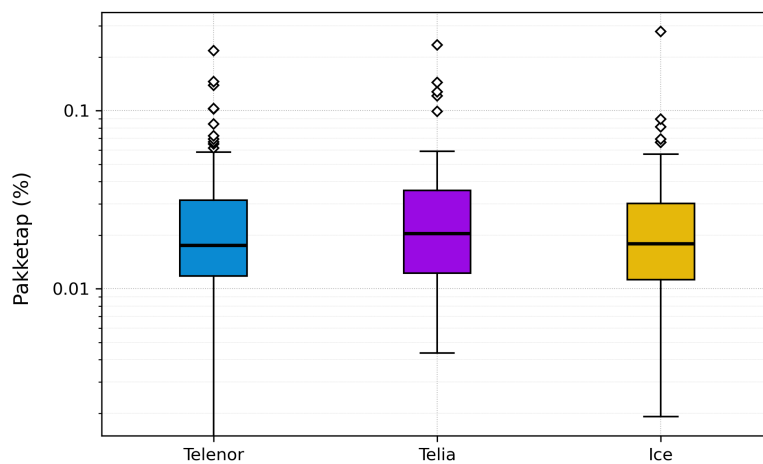


Endestengene over og under boksen settes i det målepunktet som er nærmest $1,5 \cdot \text{IKA}$ på innsiden mellom boksen og stangen. Derfor vil endestengene være maksimalt $1,5 \cdot \text{IKA}$ unna boksen. Hvis distribusjonen er skjev, vil man i noen tilfeller kunne se at endestangen er nærmere boksen enn $1,5$ ganger IKA.

Intensjonen med endestengene er å vise det som kan anses som “normalverdier” i distribusjonen. I noen datasett vil noen av verdiene falle utenfor stengene. Disse kan betraktes som ekstremverdier (engelsk “outliers”), og tegnes inn som små diamantformede punkter. Hvis det er mange ekstremverdier, vil de visuelt kunne fremstå som en hel linje ettersom de overlapper.

3.2 Hendelser med forhøyet pakketap

Vi har foretatt en analyse av situasjoner der målt pakketap avviker betydelig fra normalen for et større antall noder hos en operatør. Her ser vi på hendelsene der nettforbindelsen ikke er brutt, men hvor det likevel registreres et pakketap på 3 % eller mer på flere målenoder samtidig over en



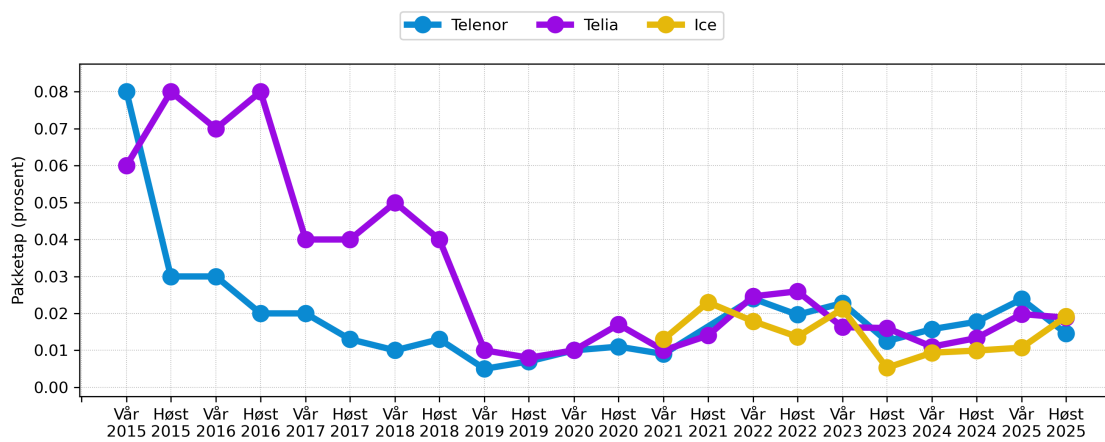
Figur 3.1: Pakketap per operatør.

Operatør	10-persentil	Median	90-persentil	Gjennomsnitt
Telenor	0.008	0.018	0.071	0.033
Telia	0.009	0.020	0.049	0.032
Ice mobil	0.007	0.018	0.057	0.028

Tabell 3.1: Pakketapstatistikk i 2025, i prosent.

Nettverk	Hendelsestid	Varighet	Berørte målepunkter	Pakketap
Telenor	03. september 16:15	20 min	6	32.37 %
Telia	24. mars 00:05	10 min	37	24.85 %
Telia	06. juni 21:30	10 min	33	13.50 %
Telia	27. august 12:30	10 min	9	6.99 %
Ice	28. oktober 01:00	10 min	12	22.31 %
Ice	08. desember 23:10	10 min	13	5.35 %

Tabell 3.2: Større pakketapshendelser i 2025.



Figur 3.2: Utvikling i tapsrate 2015-2025.

periode på minst ti minutter.

Tabell 3.2 viser hendelsene vi har registrert i 2025 for alle operatørene. Vi ser at disse varierer både i varighet, antall berørte målenoder, og nivå. I 2025 har vi ikke sett noen hendelser lokalisert til spesifikke deler av landet.

3.3 Utvikling over tid

Figur 3.2 viser median pakketap for alle målenoder hvert halvår de siste årene. For Telenor og Telia har vi data fra 2015, og for Ice fra 2021. Det litt forhøyede pakketapet vi har målt under 5G-utbygging i årene 2021-2023 ser ut til å ha normalisert seg i de siste to år. Generelt sett er pakketapet i norske mobilnett lavt og uten vesentlige forskjeller mellom operatørene.

A hand holding a smartphone displaying a speed test result. The screen shows a speed test interface with a circular gauge and the text 'SPEEDTEST', 'DOWNLOAD Mbps', 'Ping 5 ms', and '124.05'.

4. Stabil ytelse

I dette kapitlet presenterer vi resultater relatert til ytelse, mer spesifikt hastigheten vi måler for opplasting og nedlasting av data, samt hvordan disse målingene varierer. Vær oppmerksom på at den brukeropplevde ytelsen er avhengig av flere faktorer, som applikasjonskrav, dekningsforhold, antall samtidige brukere og interferens i området, samt ytelsen til fastnettet som kobler operatøren til den brukte nettverkstjenesten. Resultatene som presenteres her vil være påvirket av de spesifikke forholdene på de stedene og tidspunktene målingene er utført.

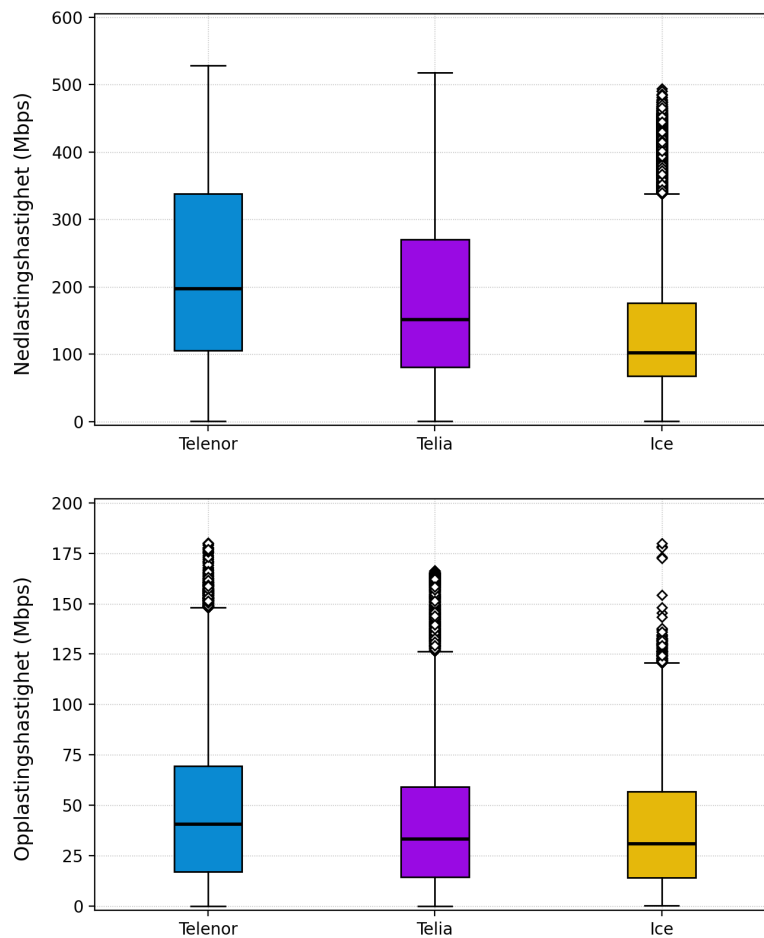
Våre målenoder er plassert innendørs. Vi har ingen kontroll over lokale forhold som veggtykkelse, plasseringen av målenodene i bygningen og lignende. Dette er faktorer som kan ha stor innvirkning på dekningsforholdene og dermed på ytelsen, så vi instruerer våre verter å vurdere plasseringen nøye og velge et egnet sted. Dekningsforholdene vil variere fra node til node, men alle målenodene er plassert på steder med god dekning i henhold til operatørens dekningskart. Vi mener at antallet målenoder og den geografiske spredningen gjør at resultatene gir et representativt bilde av den forventede ytelsen i mobilnettene.

Fra 2025 er alle våre noder 5G-kapable. Måleutstyret er basert på Quectel RM50xQ-serie modemer, som støtter 3GPP Release 15 med teoretisk nedlastingshastighet opp til 2,5 Gbps, samt 600 Mbps opplastingshastighet.

4.1 Opplastings- og nedlastingshastighet

Vi måler opplastingshastighet og nedlastingshastighet ved bruk av Ookla Speedtest, som lar oss gjennomføre målinger fra våre målenoder mot Ooklas servere. Disse serverne er vanligvis plassert i nettverket til en internettleverandør, og vi benytter kun servere lokalisert i Norge.

I motsetning til de andre målingene presentert i denne rapporten utføres ikke hastighetsmålingene mot vår egen måleserver, men mot måleservere knyttet til Ooklas infrastruktur. Ookla leverer klientprogramvare som en standardpakke tilgjengelig i Linux-distribusjoner, som vi installerer på våre målenoder. Klienten velger selv den optimale blant de tilgjengelige måleservere innenfor et geografisk område. Deretter åpnes det parallelle nedlastingssesjoner over en periode på omlag 10 sekunder, og hastigheten måles. Prosedyren er tilsvarende ved måling av opplastingshastighet. Hastighetsmålingen gjentas tre ganger i døgnet, klokken 02:00, 14:00 og 19:00, for å fange opp



Figur 4.1: Nedlastingshastighet (øverst) og opplastingshastighet (nederst) for ulike operatører.

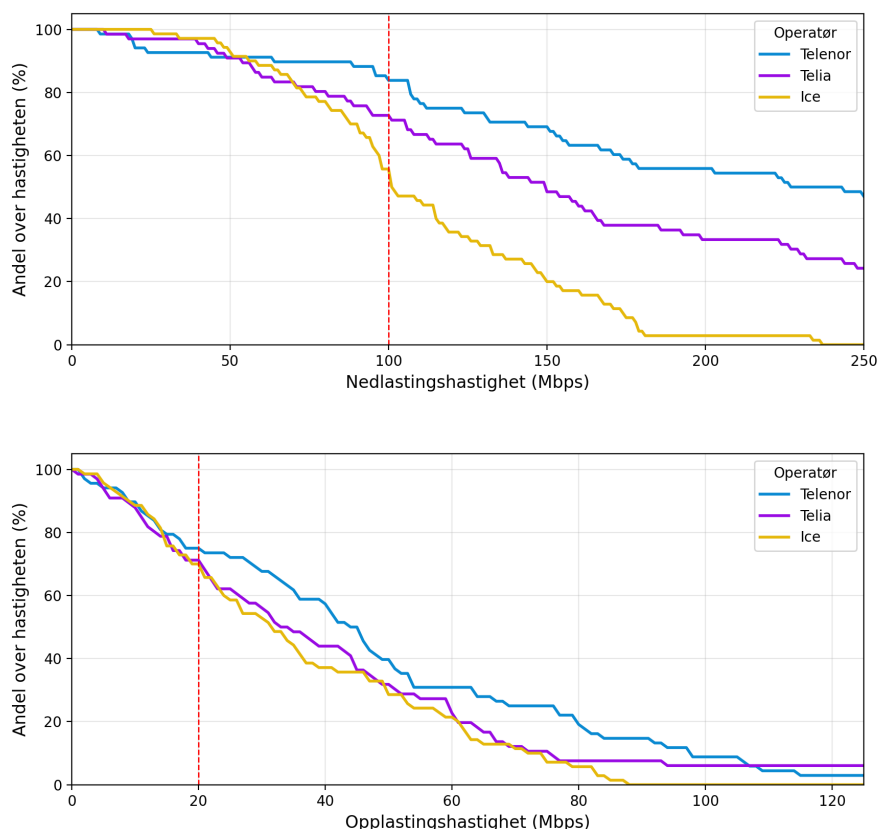
eventuelle forskjeller som skyldes ulik trafikkbelastning gjennom døgnet. I kapittel 7 diskuterer vi bruken av Ookla Speedtest til disse målingene.

Når det gjelder LTE-bånd, har vi registrert at alle operatørene bruker 700, 800, 900, 1800, 2100 og 2600 MHz-båndene. Ved bruk av 5G er 800, 2100 Mhz og 3600 MHz registrert. Der Ice ikke har egen dekning, benyttet de Telias eller Telenors nett gjennom deres avtale om nasjonal gjesting (“roaming”). Overgangen fra Telia til Telenor ble gjennomført i perioden mars-mai 2025.

Figur 4.1 viser fordelingen av nedlastings- og opplastingshastigheter for hver av operatørene. Den svarte linjen som deler den fargede boksen i to viser *median* hastighet, det vil si at halvparten av alle målingene i det aktuelle mobilnettet oppnådde en hastighet som ligger over denne verdien, mens halvparten ligger under denne verdien. De fargede boksene viser området hvor halvparten av målingene i et mobilnett ligger. En av fire målinger viste en hastighet som er lavere enn nederste grense for boksen, mens en av fire viste en hastighet som er høyere enn øverste grense¹.

Målingene viser en liten nedgang i nedlastingshastigheter for Telenor og Telia i 2025 sammenlignet med 2024, og en oppgang for Ice. Telenor har en median nedlastingshastighet på 197 Mbps i 2025, som er en nedgang fra 230 Mbps i 2024. Telias median nedlastingshastighet var på 151 Mbps, ned fra 185 Mbps i 2024. Ice median nedlastingshastighet var på 102 Mbps, en økning fra 78 Mbps i 2024. Tilsvarende verdier for opplastingshastigheter er 41 Mbps for Telenor, 33 Mbps

¹For en fullstendig forklaring hvordan boksploTT tolkes, vennligst se side 18.



Figur 4.2: Distribusjon av nedlastingshastighet (øverst) og opplastingshastighet (nederst) for ulike operatører.

for Telia og 31 Mbps for Ice, som alle er høyere enn i 2024.

Nedgangen i nedlastingshastigheter for Telia og Telenor kan i hovedsak tilskrives to uavhengige forhold. For det første, i løpet av 2025 ble det etablert 40 nye målenoder. En stor andel av disse er plassert i mindre sentrale strøk. Disse nodene har i gjennomsnittet noe lavere nedlastingshastigheter enn de eldre nodene, som for det meste er lokalisert i byer. Inkluderingen av disse målepunktene har dermed hatt en negativ effekt på gjennomsnittet over alle nodene.

For det andre, målingene viser en gradvis nedgang i ytelse også for 5G-noder etablert i 2024 eller tidligere. Som vi har sett i kapittel 3, har pakketapet hos Telia og Telenor holdt seg stabilt sammenlignet med 2024. Dette indikerer at årsaken til den reduserte hastigheten sannsynligvis ikke ligger i radionettet, men snarere må søkes i bakenforliggende infrastruktur og muligens økt bruk av ressurser i transportnettene.

Figur 4.2 viser fordelingen av nedlastings- og opplastingshastigheter per node og operatør. Y-aksen angir den prosentvise andelen noder som har oppnådd hastigheten angitt på x-aksen. Hastighetsverdiene er beregnet som medianverdier basert på samtlige målinger for hver enkelt node i perioden.

Det er definert to referanseverdier i grafene, markert med rød stiplet linje: 100 Mbps for nedlasting og 20 Mbps for opplasting. Dette er nivåer som sikrer sømløs bruk av de fleste moderne datatjenester som streaming av video i høy kvalitet, arbeid med større datamengder og videokonferanser.

Når det gjelder nedlastingshastigheter har analysen avdekket at Telenor har en andel noder

Operatør	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Telenor, 4G	33 %	13 %	24 %	15 %	2 %	2 %	-
Telia, 4G	26 %	21 %	19 %	11 %	8 %	11 %	-
Ice, 4G	12 %	8 %	41 %	37 %	33 %	44 %	-
Telenor, 5G				0 %	14 %	6 %	6 %
Telia, 5G				21 %	8 %	12 %	7 %
Ice, 5G					0 %	9 %	33 %

Tabell 4.1: Variasjon av resultater per forbindelse. Tallene viser prosentvis hvor mange forbindelser for hver operatør og teknologi som hadde en interkvartilavstand større enn median nedlastingshastighet.

som oppnår referanseverdien på 100 Mbps på 84 %, som er høyere enn Telia og Ice som ligger henholdsvis på 73 % og 56 %. For opplasting viser dataene marginale forskjeller mellom de tre operatørene—75 %, 71 % og 70 % for henholdsvis Telenor, Telia og Ice. De fleste noder leverer stabilt over referanseverdien på 20 Mbps.

4.2 Variasjon mellom forbindelser

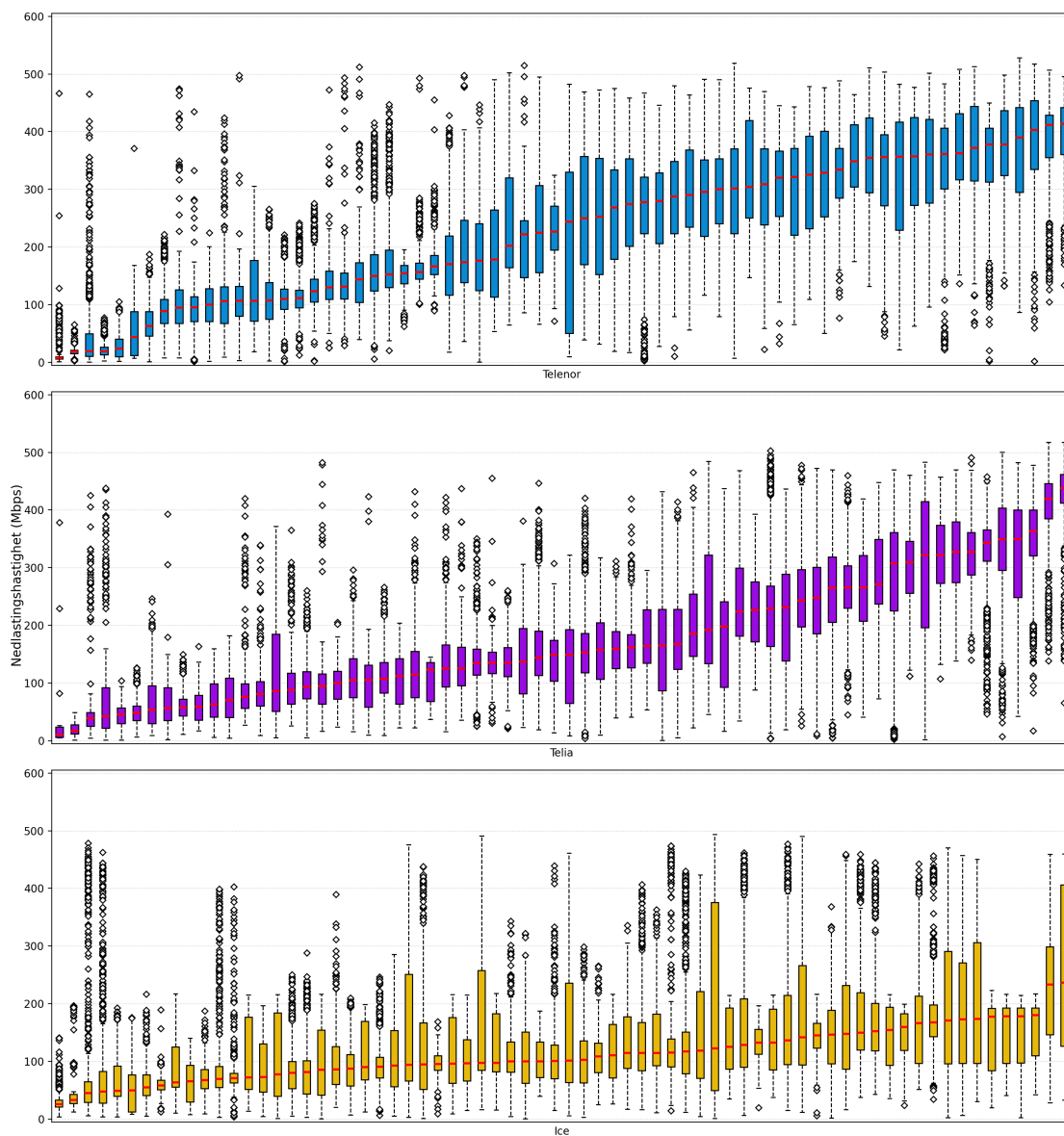
Figur 4.3 viser hvordan den målte nedlastingshastigheten varierer for hver enkelt forbindelse per operatør. Den røde markøren viser median hastighet, altså ligger halvparten av de målte verdiene over og halvparten under dette nivået. De tykke markørene er smale boksploott, og deres høyde representerer interkvartilavstanden.

Dersom interkvartilavstanden er høy i forhold til “typisk” oppnådd hastighet, som målt ved medianverdien, betyr dette at den oppnådde hastigheten varierer mye fra måling til måling. Denne variansen har blitt mindre de siste årene, noe som betyr at den oppnådde nedlastingshastigheten har blitt mer stabil.

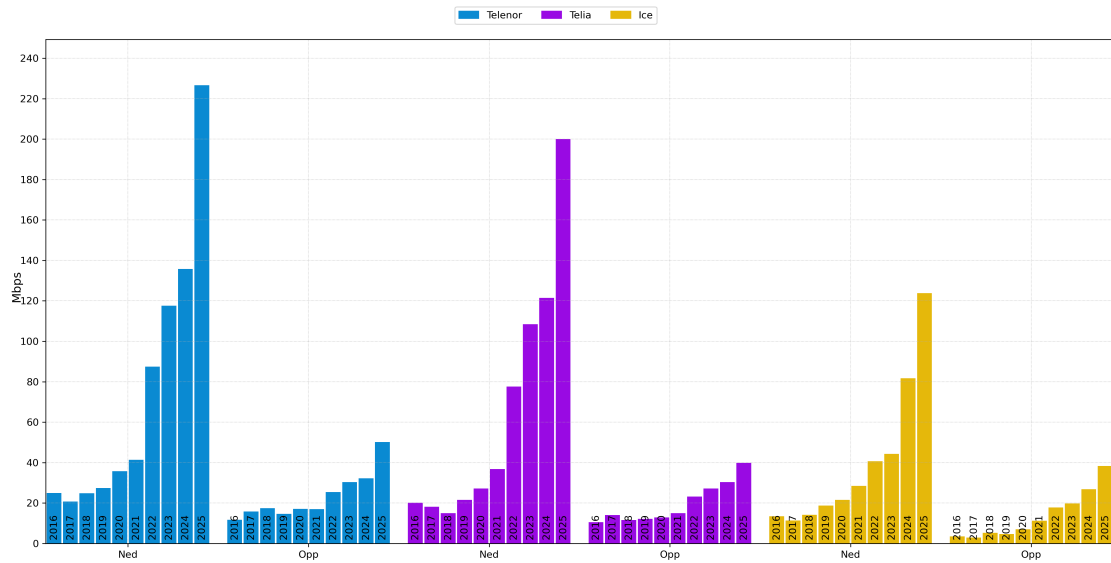
I 2025 hadde 6 % av Telenors forbindelser, 7 % av Telias forbindelser, og 33 % av Ice forbindelser en interkvartilavstand som er større enn medianen. Dette tyder på stabil ytelse for Telenor og Telia, mens Ice har en større variasjon, sannsynligvis relatert til endringene i nasjonal gjesting. Resultatene for 2025 og tidligere år er oppsummert i tabell 4.1.

4.3 Historisk utvikling i hastighet

Figur 4.4 viser utviklingen i gjennomsnitt (mean) ned- og opplastingshastighet fra 2016 til 2025. Figuren må tolkes kun illustrativt, siden målepunktene ikke er nøyaktig de samme hvert år, og de brukte teknologiene var gradvis oppgradert på deler av nodesettet fra 3G via 4G til 5G. Vi har ikke historiske data for Ice med nasjonal gjesting før 2020, så tallene fra 2016 - 2019 er for Ice mobilt bredbånd.



Figur 4.3: Variasjon i nedlastingshastighet for målnoder med Telenor (øverst), Telia (midten) og Ice (nederst).



Figur 4.4: Utvikling i ned- og opplastingshastighet 2016-2025, gjennomsnitt over alle teknologiene.

4.4 Jitter

Tiden datapakker i internett bruker på sin reise fra kilde til destinasjon varierer. Denne tiden er ofte referert til som forsinkelse (“latency”), og varierer med avstand og tilstand i datanett. Høy trafikkbelastning i nettverket kan for eksempel føre til at datapakker må vente i køer underveis i nettverket før de kan sendes videre. Variasjon av denne forsinkelsen over tid kalles for pakkejitter, eller bare jitter. Jitter viser til variasjon i forsinkelsen mellom datapakker som sendes og mottas i rekkefølge innen én datastrøm. Dette er en annen type variasjon enn den vi undersøkte i seksjon 4.2.

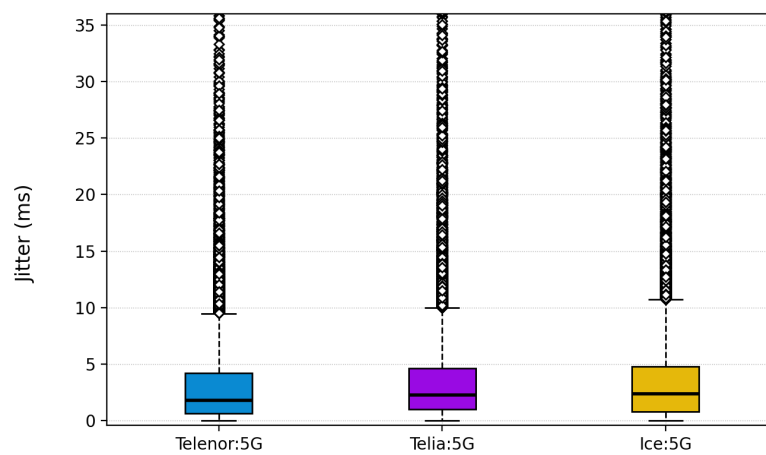
Jitter har fått økt oppmerksomhet hos operatørene i det siste. Videokonferanser er et eksempel på sanntidsapplikasjoner som er følsomme for høy jitter, og bruken av disse har økt dramatisk i de senere årene. Mobile nettverk brukes stadig mer til interaktive spill, der jitter bokstavelig talt kan bestemme hvorvidt en spillkarakter skal leve eller dø. Dette kan høres trivielt ut, men er viktig for mange, og gir næring til den viktige spillindustrien som globalt ha passert omsetningen til film- og musikkindustrien til sammen. Jitter er viktig også med tanke på de planlagte nye, tidskritiske tjenester i 5G SA, som krever meget lav forsinkelse og variasjon.

Det finnes flere måter å beregne jitter på. I denne rapporten viser vi tallene innrapportert i Ookla Speedtest, som er basert på målinger av forsinkelse i nettet, noe som foregår parallelt med selve hastighetsmålingen. Hva som kan regnes som gode jitter-verdier avhenger av applikasjon, men lavere verdier er generelt å foretrekke fremfor høyere.

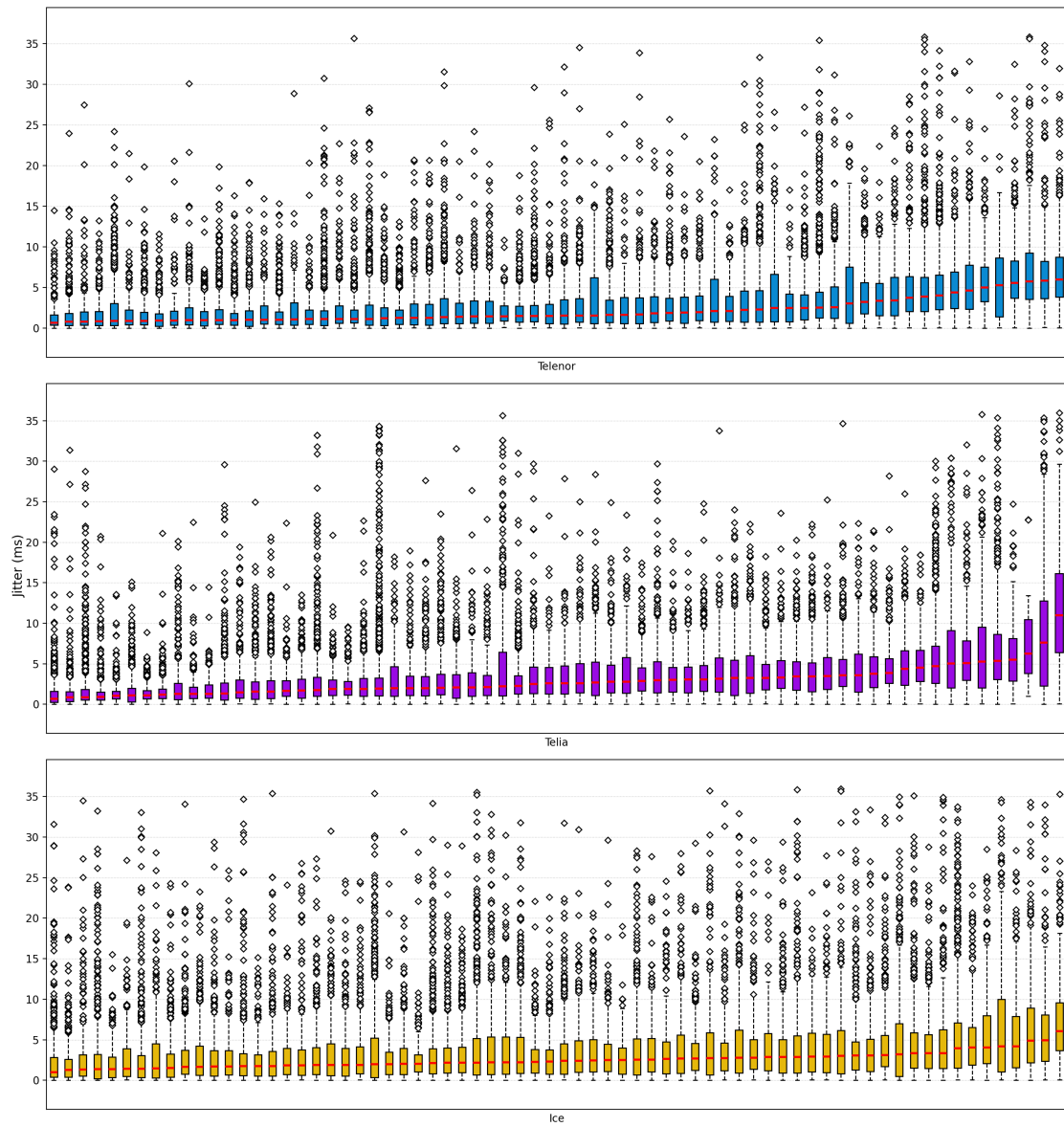
Figur 4.5 viser distribusjon av jitter for ulike operatører over alle målinger. Vi ser nokså like tall, med medianverdiene i samme størrelsesorden som i tidligere år, 1,78 ms, 2,24 ms og 2,36 ms for henholdsvis Telenor, Telia og Ice.

Distribusjonene i figur 4.5 omfatter 99,5 % av alle målinger, dvs. under 0,5 % av målingene har jitter over 36 ms og er dermed ikke synlige i figuren. Vi merker oss at jitter-distribusjonen målt på denne måten har “lang hale”, der noen målinger viser flere hundre millisekunder, for alle operatørene. Allikevel er høy jitter sjeldnere enn i tidligere år: det er kun 0,95 % målinger for Telenor som har verdien over 20 ms. Tilsvarende tall for Telia og Ice er 1,38 % og 1,6 %, henholdsvis.

Figur 4.6 viser variasjon i jitter mellom ulike målenoder. Variasjon mellom nodene er generelt lav.



Figur 4.5: Jitter i 2025, alle operatørene.



Figur 4.6: Variasjon i jitter hos Telenor (øverst), Telia (midten) og Ice (nederst).



5. Mobildekning på bilvei

Jammertest¹ er en sentral arena for eksperimentelle studier av funksjonalitet og sårbarheter i navigasjons- og kommunikasjonssystemer. Testen undersøker effekten av, og mottiltak mot, GNSS²-forstyrrelser (Global Navigation Satellite System) som jamming, spoofing og meaconing. Jammertest arrangeres årlig i et samarbeid mellom Statens vegvesen, Nasjonal kommunikasjonsmyndighet (Nkom), Forsvaret og andre relevante aktører, og regnes som verdens største åpne testarena for denne typen teknologi.

I september 2025 deltok et team fra SimulaMet på årets Jammertest. I denne forbindelsen ble det gjennomført målinger av mobilnettenes tilgjengelighet, stabilitet og ytelse langs strekningen Eidsvoll–Andøya. Hensikten var å kartlegge mobil stabilitet og ytelse, da dette kan avvike signifikant fra observasjoner gjort via stasjonære målenoder. Målingene ble foretatt med samme måleutstyr som brukes under statiske målinger, koblet til strømforsyningen i testkjøretøyet. Datagrunnlaget ble utvidet i november 2025 med en tilsvarende testreise på strekningen Eidsvoll–Kristiansand.

Dette kapittelet presenterer de aggregerte resultatene fra den sammenhengende strekningen Kristiansand–Andøya. Ved tolkning av resultatene må det tas hensyn til at data var samlet ved kun én tur-retur gjennomkjøring. På enkelte delstrekninger, som Trondheim–Lillehammer, ble det benyttet ulike ruter ved ut- og hjemreise, hvilket innebærer at målingene her kun baserer seg på én passering. Dermed må resultatene anses som deskriptive—de gir ikke grunnlag for omfattende statistiske generaliseringer, men fungerer som en indikator på den faktiske mobildekningen langs hovedveinettet. Det benyttede måleutstyret har andre tekniske egenskaper enn en standard mobiltelefon, noe som også kan påvirke de registrerte verdiene. Likevel gir disse målingene en indikasjon på hva man kan forvente av mobildekning på hovedveinettet i Norge.

Målenodene registrerer fortløpende metadata om den aktive forbindelsen, som inkluderer parametere som signalstyrke, frekvensbånd og operatøridentifikasjon. Ved å korrelere disse dataene med GNSS-posisjoner, er det mulig å fremstille resultatene geografisk. Posisjonsdataene er benyttet også til å kategorisere målingene etter fylke. Testruten passerte totalt ti fylker, inkludert Troms via

¹<https://jammertest.no/jammertest-2025/>

²GNSS står for “Global Navigation Satellite System”, og er et generisk navn for det amerikanske GPS (“Global Positioning System”) og tilsvarende teknologier fra andre land.

RSRQ-verdi	Signalkvalitet
> -10 dB	Utmerket
-10 dB til -15 dB	God
-15 dB til -20 dB	Tilfredsstillende
< -20 dB	Dårlig

Tabell 5.1: Terskelverdiene for kvalitetsindikatoren RSRQ.

Kvæfjord kommune, noe som gir et bredt grunnlag for komparative analyser på tvers av regioner. Tiden målingene er tatt i de forskjellige fylkene varierer fra ca. én time i Buskerud og Troms til 20 timer i Nordland.

For Ice er gjeldende operatør identifisert som Telenor under nesten hele turen. Med andre ord gjestet Ice-målenoden Telenors nett også i områder der Ice har dekning med eget radionett. Årsaken til dette ligger delvis i testoppsettet—nodene sender og mottar datatrafikk kontinuerlig i forbindelse med testingen, og datasesjonen brytes ikke etter at den er etablert så lenge noden er påslått. Likevel er denne observasjonen noe overraskende, og det er viktig å ta hensyn til dette ved tolkning av resultatene som vi nå skal presentere.

5.1 Signalstyrke og kvalitet

For å sikre stabil radiokommunikasjon er det en forutsetning at signalutvekslingen mellom basestasjoner og mobile enheter opprettholder tilstrekkelig styrke, spesielt i forhold til andre signaler på samme eller nære frekvenser (interferens). Måleutstyret registrerer relevante nettverksparametere med høy tidsoppløsning (flere målinger per minutt), noe som muliggjør en detaljert analyse av dekningskvaliteten langs ruten. Følgende indikatorer benyttes til å vurdere signalforholdene:

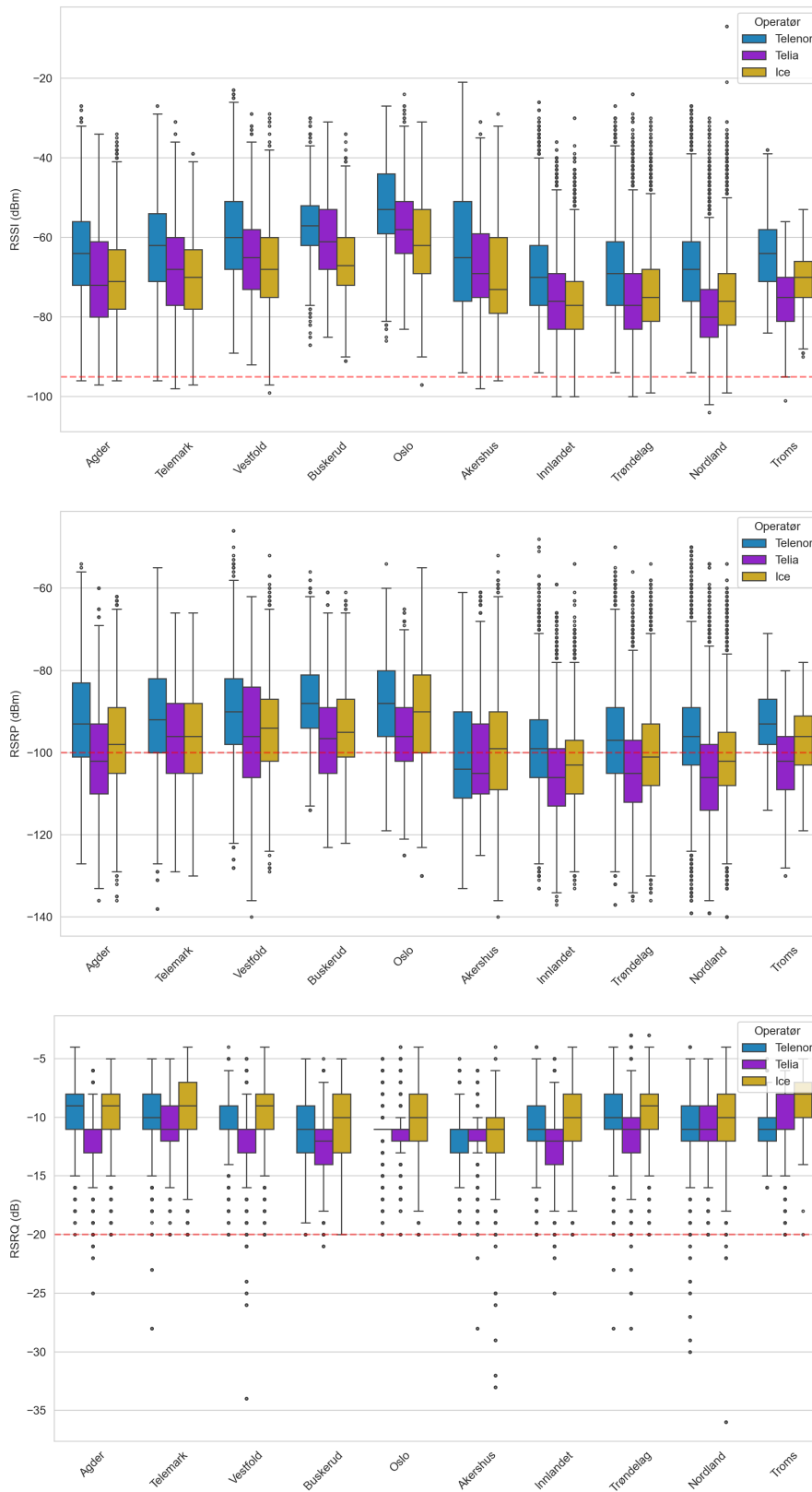
- *RSSI* (“Received Signal Strength Indicator”), en indikator for mottatt signalstyrke, og som måler den totale effekten i hele frekvensbåndet,
- *RSRP* (“Reference Signal Received Power”) som indikerer mottatt effekt i referansesignalet, og
- *RSRQ* (“Reference Signal Received Quality”) som indikerer mottatt signalkvalitet.

Kvalitetsindikatoren RSRQ avledes fra *RSSI* og *RSRP*, og er avgjørende for systemets evne til å opprettholde høy gjennomstrømming og stabil forbindelse. I tråd med etablerte industristandarder benyttes terskelverdier for vurdering av RSRQ vist i tabell 5.1. Vedvarende verdier under -20 dB vil indikere en økt risiko for brudd i forbindelsen.

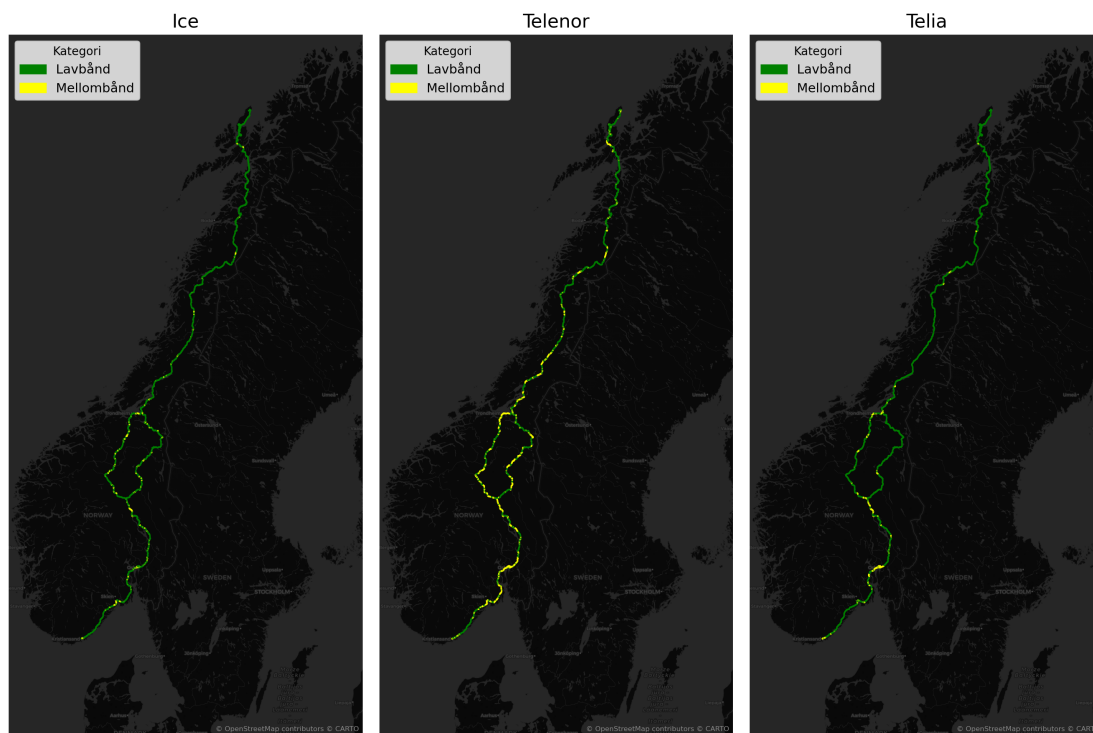
Figur 5.1 viser de målte verdiene for *RSSI*, *RSRP* og *RSRQ* aggregert på fylkesnivå. For å forenkle identifikasjon av kritiske dekningsforhold, er det i hver figur lagt inn en rød stiplet linje som indikerer grenseverdier for svake eller utilfredsstillende signalforhold.

Resultatene viser en forventet korrelasjon mellom signalstyrke og befolkningstetthet: fylker med tettere infrastruktur og kortere avstand til basestasjoner oppviser generelt høyere *RSSI*-verdier. Samtidig følger effekten i referansesignalet (*RSRP*) det samme geografiske mønsteret, og resulterende signalkvalitet (*RSRQ*) er svært jevn over hele turen. Det er verdt å merke seg at de laveste *RSRQ*-verdiene ble registrert i Oslo og Akershus. Dette skyldes sannsynligvis en kombinasjon av høy basestasjonstetthet og et mer komplekst radiomiljø, noe som genererer økt interferens. Det er kun små forskjeller mellom operatørene.

Målingene viser at *RSRP*-verdien (signaleffekten) hyppig faller under den kritiske verdien på -100 dBm. Likevel opprettholdes det en tilfredsstillende signalkvalitet. Dette fenomenet kan forklares med at store deler av testruten foregår på åpen vei med lav radiotrafikk i nettet. Selv om avstanden til nærmeste basestasjon kan være stor, resulterer fraværet av interferens fra andre celler



Figur 5.1: Målt signalstyrke og kvalitet under hele turen, per fylke.



Figur 5.2: Bruk av lav- og mellombånd, per operatør.

og brukere i en stabil forbindelse. Dette indikerer en hensiktsmessig og robust nettverksplanlegging langs hovedveinettet.

5.2 Bruk av frekvensbånd

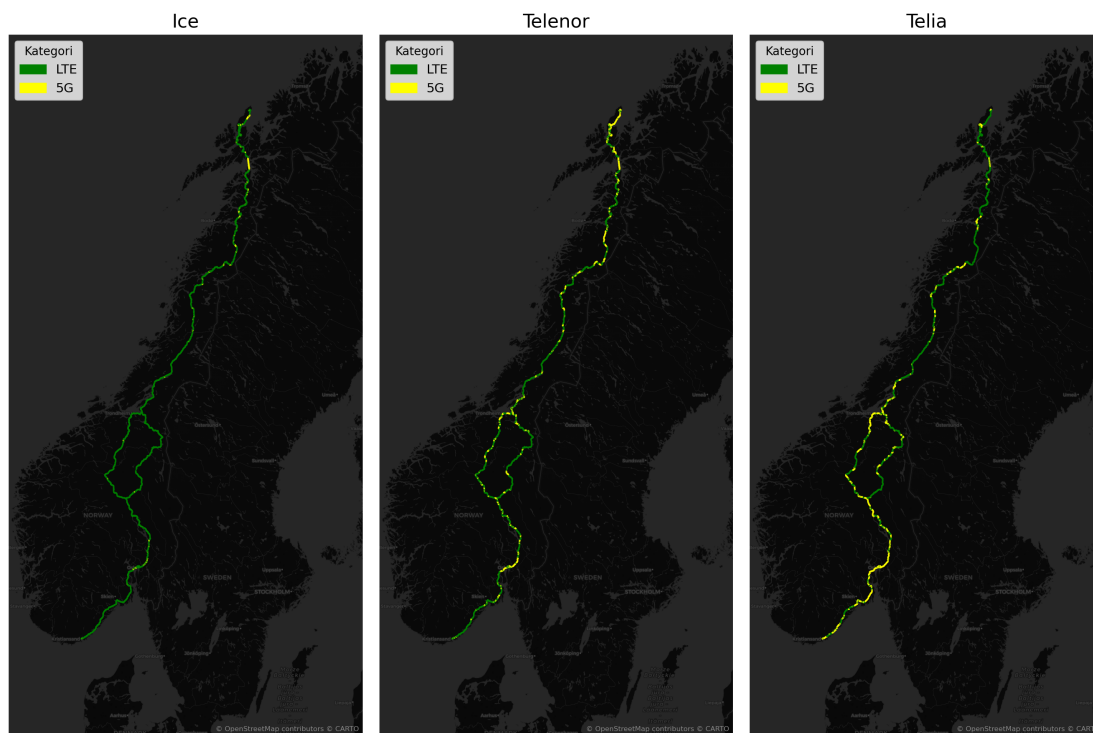
Mobilnett benytter et bredt spekter av frekvensbånd, som i hovedsak kan kategoriseres i tre hovedgrupper etter frekvens:

- **Lavbånd (< 1 GHz):** Karakteriseres av lang rekkevidde og god inntrengningsevne i bygninger og terreng. Disse båndene er avgjørende for dekning over større avstand,
- **Mellombånd (1–6 GHz):** Tilbyr en kombinasjon av god dekning og økt kapasitet, og muliggjør høye overføringshastigheter i både 4G (LTE) og 5G,
- **Høybånd / millimeterbølge (> 6 GHz):** Muliggjør svært høye overføringshastigheter, men har begrenset rekkevidde og inntrengningsevne.

I det norske markedet benyttes i dag utelukkende lav- og mellombånd for både LTE- og 5G-tjenester. Høyere frekvenser i mellombåndet vil normalt resultere i en vesentlig forbedret brukeropplevelse gjennom økt båndbredde.

Måleutstyret registrerer kontinuerlig alle overganger mellom ulike frekvensbånd (handover). Dette datasettet gir et detaljert bilde av hvordan de ulike mobiloperatørene utnytter spekteret langs hovedveinettet. Ved å analysere fordelingen mellom lav- og mellombånd, kan man vurdere i hvilken grad operatørene evner å tilby høykapasitetsløsninger, i motsetning til å basere seg på dekningen i lavbåndene som er mer robust men med lavere kapasitet.

Figur 5.2 illustrerer den geografiske fordelingen mellom lav- og mellomfrekvensbånd for de tre mobiloperatørene gjennom hele testruten. Dataene er aggregert i geografiske ruter (bins) på ca. 1 km². Innenfor en kvadratkilometer er det som regel foretatt et betydelig antall enkeltmålinger, og kartet viser det frekvensbåndet som har vært dominerende i det aktuelle området. Telenor benytter



Figur 5.3: Bruk av LTE og 5G, per operatør.

seg av mellombånd hovedsaklig i 36 % av målingene, Telia i 14 % og Ice i 11 %. Den utstrakte bruken av mellomfrekvensbånd i Telenors nett indikerer en høyere grad av kapasitetsutbygging langs de trafikkerte transportårene som inngår i testruten.

5.3 Bruk av 5G

Per 2025 er 5G-arkitekturen i det norske markedet fortsatt basert på 5G-NSA (Non-Stand-Alone)³. Denne teknologien benytter eksisterende 4G-kjernenett (LTE), der 5G fungerer som et komplementært radiogrensesnitt for datatrafikk. En sentral egenskap ved 5G-NSA er at terminalen som hovedregel forblir tilkoblet LTE-nettet så lenge det ikke pågår en aktiv datasesjon. Overgangen mellom LTE og 5G styres av en kompleks interaksjon mellom flere faktorer, og er i praksis avhengig av både tilgjengeligheten på 5G radiobånd, aktiviteten på brukerterminalen, og ulike parametre satt av operatøren i både nettverket og innstillingene på SIM-kortet.

Ettersom 5G-forbindelser normalt tilbyr høyere overføringshastigheter og forbedret brukeropplevelse, har vi kartlagt den faktiske utnyttelsen av 5G-ressurser under testreisen. Måleutstyret registrerer fortløpende alle overganger mellom LTE og 5G, noe som muliggjør en analyse av i hvilken grad teknologien er tilgjengelig for mobile brukere langs hovedveinettet.

Figur 5.3 viser den registrerte bruken av 5G i løpet av turen. Telenor benytter seg av 5G i 32 % av tiden, Telia 38 %, og Ice 8 %. En oppsummering av bruken av lav- og mellombånd samt LTE og 5G er visst i tabell 5.2.

³For en kortfattet forklaring om 5G-NSA virkemåte, se faktaboks på side 10.

Operatør	LTE lavbånd (%)	LTE mellombånd (%)	5G lavbånd (%)	5G mellombånd (%)
Telenor	41,02	26,5	23,19	9,29
Telia	57,97	3,62	27,68	10,73
Ice	81,74	10,1	7,6	0,55

Tabell 5.2: Fordelingen av frekvensbånd og LTE/5G i prosent av tid, per operatør.



6. Bredbånd over satellitt

I dette kapittelet presenterer vi målinger av bredbånd over satellitt. Vi startet med målinger av en slik tjeneste basert på en geostasjonær satellitt i 2020. Fra 2023 har vi også målt og analysert Starlink-tjenesten, og fra september 2025 har vi inkludert en ny tjeneste basert på satellitter i lav jordbane, OneWeb.

Introduksjonen av bredbåndstjenester basert på satellitter i lav jordbane har økt interessen for denne kommunikasjonsteknologien de siste årene. Bruken har økt både i Norge og globalt, og—som vi skal se i dette kapittelet—er påliteligheten og ytelsen sammenlignbare med bredbåndtjenester levert over mobilnett. Satellittbredbånd har lav avhengighet av bakkeinfrastruktur, noe som gjør tjenesten attraktiv for ulike applikasjoner i viktige anvendelsesområder innen industri, nødnett og forsvar. Sistnevnte er rikelig dokumentert i krigen i Ukraina.

Det er derfor interessant å studere stabilitet og ytelse for denne aksessformen. For det første kan satellitt gi et bredbåndtilbud i områder der det ikke finnes andre muligheter. For det andre kan satellittbaserte løsninger være en aktuell reserveløsning for virksomheter og offentlig sektor med et særlig behov for pålitelig kommunikasjon.

De tre satellittforbindelsene som måles i denne rapporten er

1. Geostasjonær tjeneste levert av Bahnhof¹ over Eutelsat, kalt “geostasjonær” i denne rapporten,
2. Lav-jordbanetjeneste fra Starlink,
3. Lav-jordbanetjeneste implementert over OneWeb, levert av Network Innovations².

Den geostasjonære tjenesten opererer i det såkalte Ka-båndet. Denne satellitten dekker det meste av Europa med et system av rettede antenner som sender signalstråler (såkalte *beams*) i litt forskjellige vinkler. Norge dekkes av tre slike signalstråler, som grovt sett dekker vest, øst og nord i landet. Vår målenode er lokalisert i Oslo, og representerer således ytelsen i antennen som dekker Sørøst-Norge. Dette er den antennen som opplever størst trafikk, og det er derfor grunn til å anta at ytelsen i andre deler av landet vil være minst like god som i dette området. Alle målingene er foretatt over én enkel forbindelse. Siden alle satellitterminaler i samme område er knyttet til den samme

¹<https://www.bahnhof.no>. Bahnhof kjøpte opp norske Brdy i 2025, som vi tidligere har brukt som leverandør.

²<https://www.networkinnovations.com/>

“basestasjonen” (samme transponder på satellitten) og deler på ressurser i denne, forventer vi ikke at resultatene ville sett vesentlig annerledes ut dersom vi økte antall målenoder i samme område. Brukerterminalen består av en parabolantenne og tilhørende modem med Ethernet-tilkobling.

Starlink hadde sin debut i 2019 og har vært operativ i Norge siden slutten av 2022. Tjenesten baserer seg i skrivende stund på over 9 000 satellitter i lav jordbane, og dette antallet er planlagt økt til ca. 12 000, med muligheter for ytterligere økning til over 30 000 i fremtiden. De fleste satellittene har en bane som dekker tettbefolkede verdensområder opp til 53° geografisk bredde, men ca. 1600 dekker opp til 70° og det er ca. 900 som dekker polare områder inklusivt Nord-Norge og Svalbard. Dette er en pågående utvikling, og antallet Starlink satellitter som er synlige i Norge har økt betydelig de siste par årene.

Starlink-satellittene er i omløpsbane rundt jorden på ca. 550 km høyde og tar ca. 95 minutter for et fullt omløp. Brukerterminalen inkluderer en selvstyrt bevegelig antenne, som selv finner den optimale vinkelen for best mulig sikt mot satellittene. Når denne vinkelen er funnet og finjustert, noe som kan ta opp til 24 timer, er det ingen flere bevegelser, og satellittene følges ved bruk av mange små antennelementer som er oppsatt i litt forskjellige vinkler, såkalt “fase-arrangert” antenne. Elektronikken styrer hvilket antenneelement som brukes til enhver tid, slik at satellitten følges over himmelen. Når den forlater horisonten, skal en annen satellitt være synlig, forutsatt at det er tilnærmet fritt utsyn mot himmelen. Antennen er koblet til en modemenhet med WLAN og Ethernet-kontakt. Brukerterminalen og satellittene kommuniserer over Ka- og Ku-bandet.

Starlink-brukerne kan velge mellom flere abonnementstjenester som stort sett differensierer på tillatt mobilitet (“bolig-” eller “roamingabonnement”). Vi har valgt et “bolig” abonnement med maksimal hastighet på 200 Mbps, på “andregenerasjons”-antenne. Datamengden man kan bruke per måned er ubegrenset.

OneWeb har vært kommersielt tilgjengelig fra 2023, etter flere år med utsettelse som følge av både konkursen til de opprinnelige eierne i 2020 og stansen i utskytinger fra Russland i 2022. OneWeb eies i dag av Eutelsat, noe som i dagens turbulente verdenssituasjon gir en positiv geopolitisk konnotasjon for europeiske brukere.

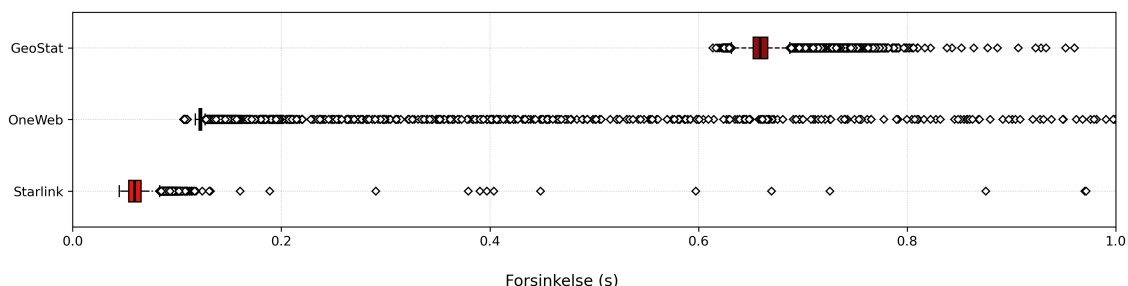
Det er i dag 652 OneWeb-satellitter i bruk, fordelt over 12 nær-polare baner, som er en fordel for brukere på høyere breddegrader. Satellittene opererer i en høyde på ca. 1200 km over jordoverflaten, som er høyere enn Starlink, og deres signalstråler (“beams”) dekker dermed større områder. Hver satellitt har 16 slike stråler, og opererer, i likhet med Starlink, over Ka- og Ku-bandet. Omløpstiden er på ca. 109 minutter.

Brukerne kan velge mellom flere typer abonnementer, inkludert løsninger med prioritert trafikk. Prisene varierer veldig, og vi har valgt et relativt rimelig abonnement som gir 100 Mbps nedlasting, 20 Mbps opplasting og en datakvote begrenset til 100 GB per måned. I våre målinger bruker vi en Intellian Technologies OW70L-Dac terminal, som fysisk består av to bevegelige parabolantennor og et modem med 1 Gbps Ethernet-basert brukergrensesnitt.

Både den geostasjonære antennen, Starlink-antennen og OneWeb-antennen er plassert på taket av et bygg tilhørende OsloMet-campus på Bislett i Oslo, med uinnskrenket utsyn mot himmelen. Resultatene som vises i denne rapporten er basert på målinger foretatt i 2025. Våre målinger foretas med samme metodikk som målingene av mobilnett, og vi kjører de samme testene av stabiliteten i dataplanet og ytelse. Ettersom vårt datasenter også er plassert ved OsloMet-campus på Bislett, kjører målenodene virtualisert i vår private skytjeneste. Datanettverket som kobler disse er dedikert til måleinfrastrukturen og alle sammenkoblingene er på minst 1 Gbps, slik at resultatene ikke påvirkes.

6.1 Forsinkelse

Geostasjonære satellitter har en omløpstid rundt jorden på 24 timer, og befinner seg derfor alltid vertikalt over nøyaktig samme punkt på jordoverflaten. Dette er kun mulig dersom satellitten flyr



Figur 6.1: Forsinkelse i satellittforbindelsene, fordeling i 2025.

på en nøyaktig beregnet høyde på omtrent 36 000 km. Dette betyr at dersom to brukere skal kommunisere via en geostasjonær satellitt, vil den minimale forsinkelsen (round-trip time) mellom disse ligge på over et halvt sekund, som er tiden det tar radiosignalet å nå satellitten og tilbake. Forsinkelse knyttet til prosessering og videre framsendelse i bakkebaserte nett gjør at den opplevde forsinkelsen normalt vil ligge litt over dette. Med sin lave jordbane på henholdsvis ca. 550 og 1200 km over jordens overflate, har Starlink og OneWeb sine satellitter vesentlig lavere forsinkelse i kommunikasjonen enn den geostasjonære løsningen.

Figur 6.1 viser hvordan forsinkelsen varierer mellom de tre analyserte satellittløsningene, og er beregnet basert på gjennomsnittlig forsinkelse over intervaller på fem minutter for alle målingene gjennom hele året. Forsinkelsen her er definert som tiden det tar fra en datapakke sendes fra vår målenode til noden mottar svar fra vår måletjener.

Medianverdien vi har målt i 2025 var på 60 ms for Starlink (reduisert fra 69 ms i 2024), 122 ms for OneWeb, og 658 ms for den geostasjonære forbindelsen. De aller fleste målingene for OneWeb faller tett på medianverdien, slik at hele boksen fremstår som en vertikal strek³. Det forekommer likevel enkelte verdier over 1 sekund, særlig for OneWeb. Disse oppstår i forbindelse med handover mellom satellittene, og er ofte forbundet med noe pakketap.

Det er lite variasjon gjennom døgnet, og vi viser ikke disse målingene i år. Målingene gjennom året var stabile for geostasjonær og OneWeb (fra september 2025). For Starlink observerer vi en reduksjon i forsinkelsen de siste månedene i 2025 (figur 6.2) som viser et utvalg enkeltmålinger gruppert etter måned, samt medianverdier. Det er ingen tvil om at Starlink jobber kontinuerlig med å forbedre sitt produkt.

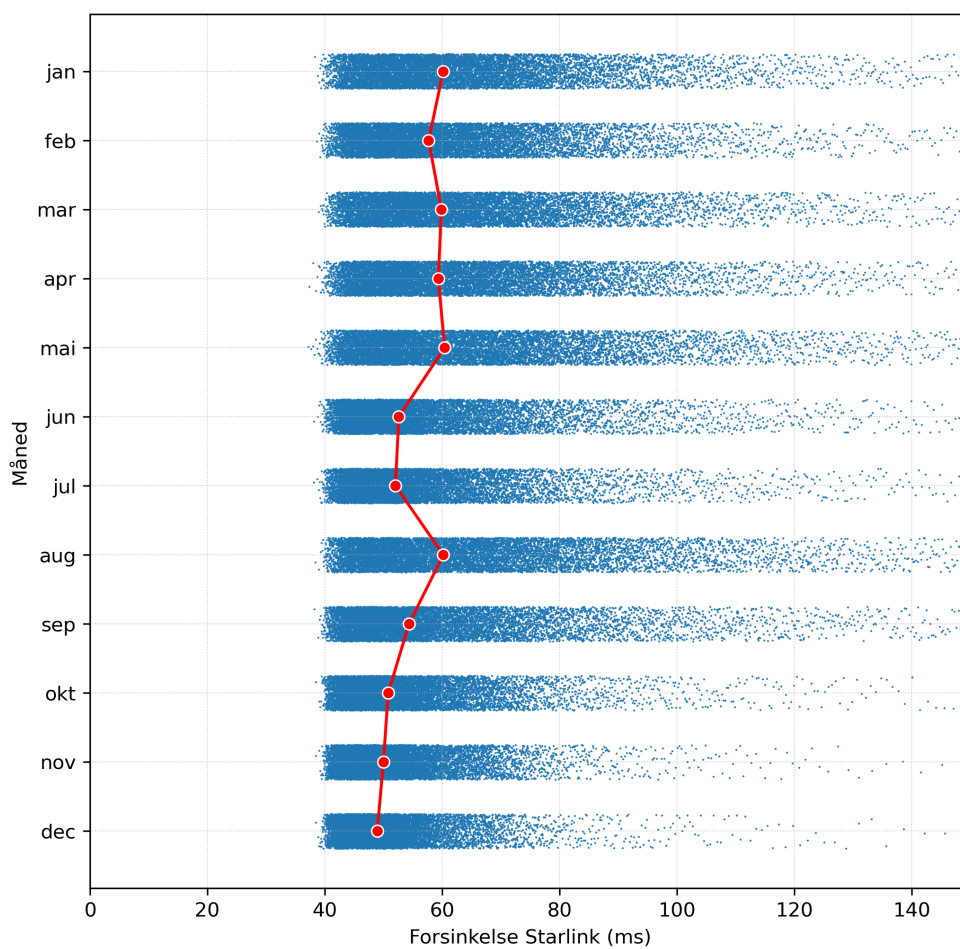
6.2 Pakketap

Figur 6.3 viser fordelingen av gjennomsnittlig pakketap registrert per dag i 2025 for alle satellitteknologiene. Vi ser en forbedring for geostasjonær satellitt og Starlink sammenlignet med målingene vi har hatt i tidligere år, og gode resultater for OneWeb. De fleste dager ligger pakketapet mellom 0 og 0,5 %, men enkelte dager var det høyere.

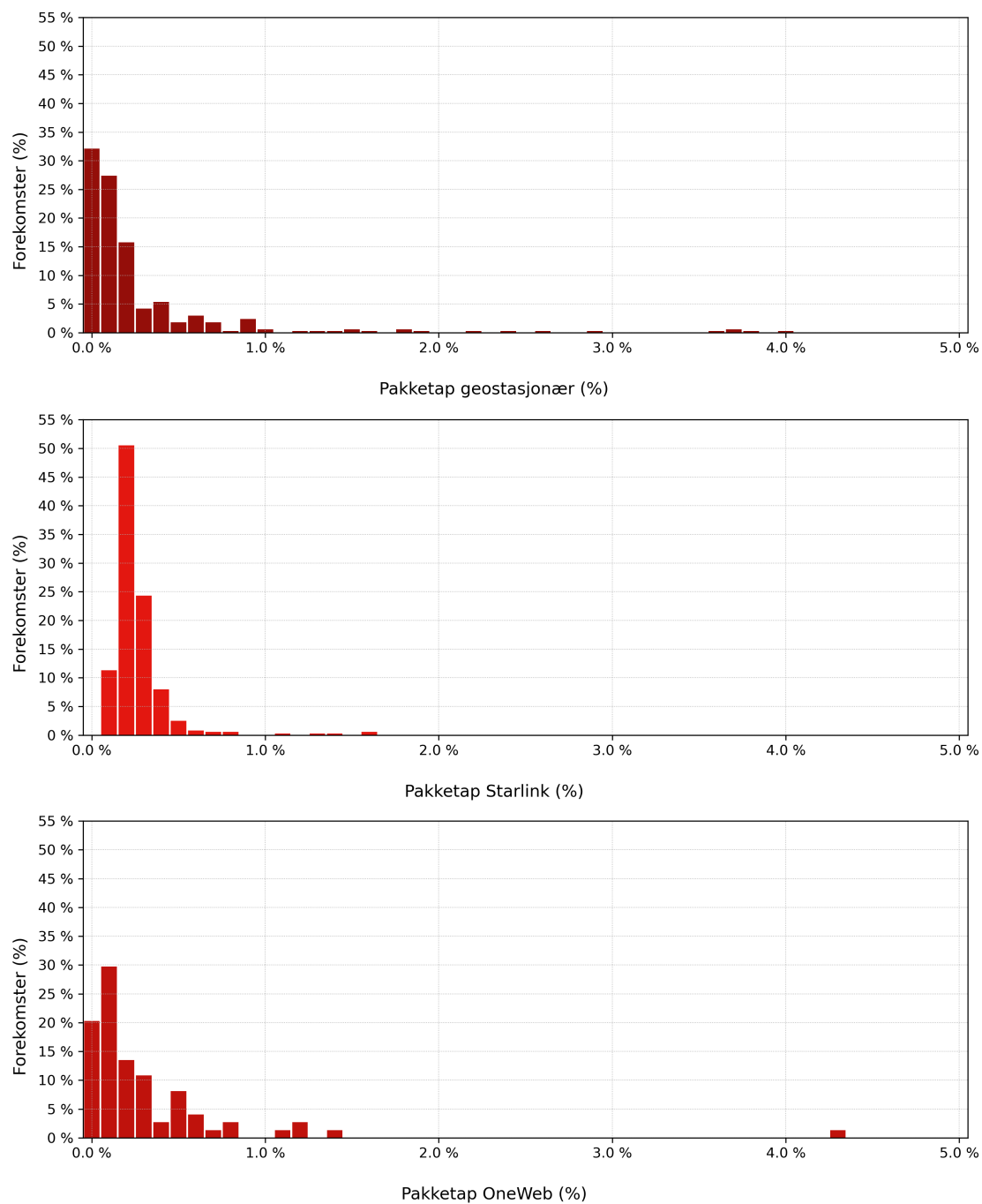
Starlink har fortsatt høyere pakketap enn det vi har målt på den geostasjonære forbindelsen. Det er ingen dager med pakketap under 0,1 %, og pakketap på 0,2-0,6 % per dag er det vanligste i 2025. Det er færre dager med pakketap over 0,5 % enn i tidligere år. Særlig i begynnelsen av Starlink-målingene, i 2023, registrerte vi 0,5-1,5 % pakketap på Starlink på en “vanlig” dag.

Vi har analysert lengre perioder med pakketap for lavjordbane-teknologiene, og registrert igjen at 15-sekunders tapsintervaller er vanlig for Starlink, og 5-sekunders for OneWeb (figur 6.4). Disse intervallene kan skyldes overgang (handover) mellom satellitter eller signalstråler. Situasjonen er

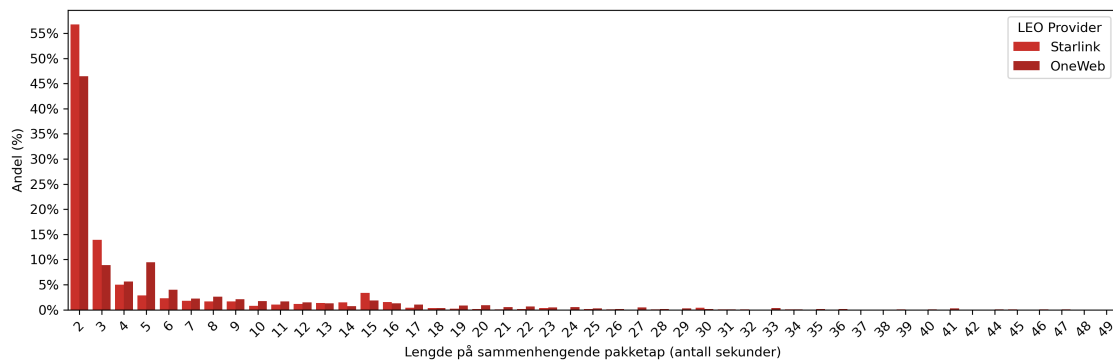
³For en forklaring hvordan “boksplott” tolkes, se seksjon 3.1, side 18. Figurene i dette kapitlet har ofte mange ekstremverdier som tegnes som små diamanter bortenfor normalområdet.



Figur 6.2: Forsinkelse i Starlink satellittforbindelse, enkeltmålinger gruppert etter måned i 2025. Medianmålinger (i rødt) synker mot slutten av året.



Figur 6.3: Pakketap i satellittforbindelse, fordeling av gjennomsnittverdier per døgn.



Figur 6.4: Distribusjon av kontinuerlig pakketap med varighet 2 sekunder eller mer, Starlink og OneWeb.

forøvrig noe bedre for Starlink i forhold til 2024, og langt bedre enn i 2023. I 2025 observerte vi kun 485 perioder med pakketap på 15 sekunder eller lengre (mot 852 i 2024 og 7023 i 2023), og kun 8 på 5 minutter eller lengre (mot 25 i 2024 og 30 i 2023).

6.3 Hastighet

Figur 6.5 viser fordeling for alle målingene foretatt i 2025 for alle tre satellitteknologiene vi har analysert. Medianverdiene for den geostasjonære forbindelsen ligger på 58,3 Mbps (nedlasting-) og 4,5 Mbps (opplastingshastighet). Dette er omtrent uforandret fra i fjor. For Starlink ser vi tilsvarende tall på 165,3 Mbps (nedlasting-) og 15,8 Mbps (opplastingshastighet). Dette er litt høyere enn i 2024, da tilsvarende tall var på 150 og 13 Mbps. OneWeb-målinger ligger ganske stabilt rundt nivåene spesifisert i tjenesteavtalen: median nedlastingshastighet var på 102,5 Mbps og median opplastingshastighet på 20,4 Mbps.

Når det gjelder variasjoner gjennom døgnet, ser vi en antydning til hastighetsreduksjon på den geostasjonære løsningen ca. kl. 21 når bruken er antatt høyest⁴ (figur 6.6). Hos Starlink er det mye mer variasjon gjennom døgnet. Hastigheten faller ganske tydelig når bruken er antatt høy, som kl. 20-21, og øker i de tidlige morgentimene når det er antatt få brukere. Dette mønsteret har vedvært siden 2024, og tyder på solid utnyttelse av ressursene i systemet.

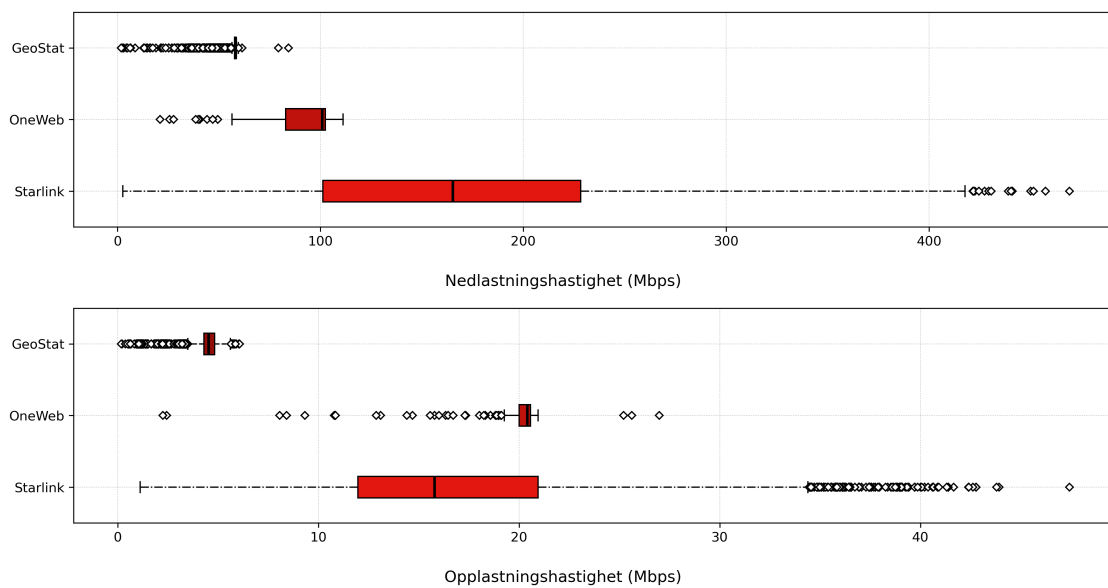
Nedlasting- og opplastingshastighet har vært stabile måned for måned i 2025, med unntak for Starlinks opplastingshastighet, som har økt fra september 2025 (figur 6.7). Vi viser kun Starlink, ettersom det ikke er klare tendenser på nedlasting eller opplasting hos andre satellitteknologier vi har analysert.

6.4 Effekt av solstørmer

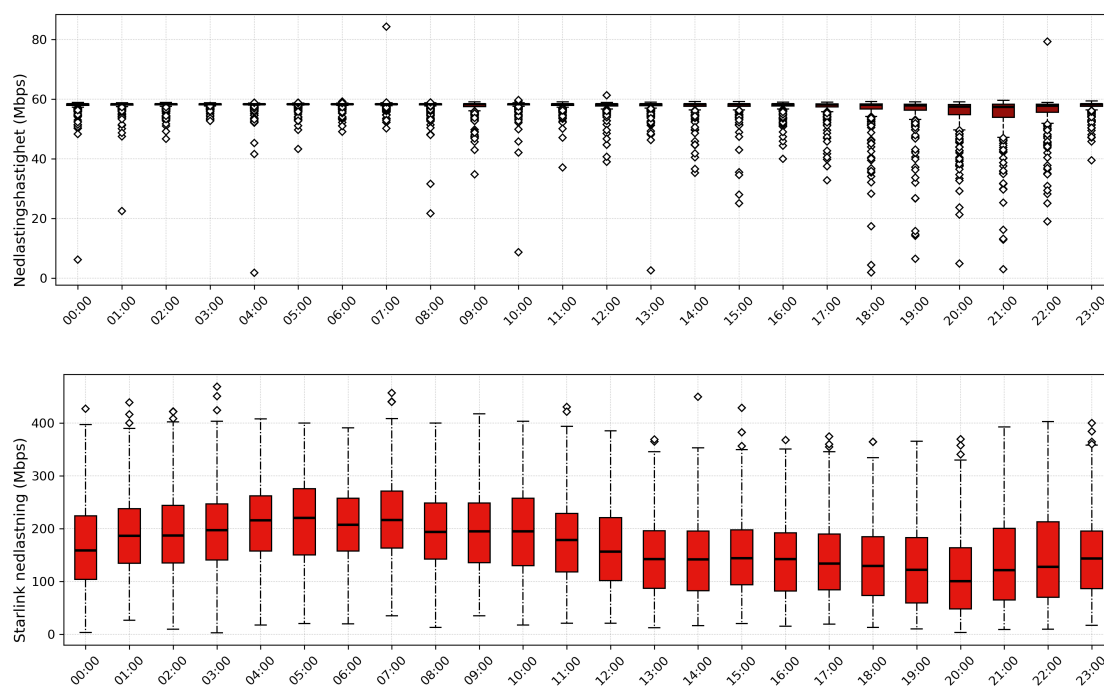
Solens overflate er preget av konstant aktivitet og utstråler enorme mengder energi fra fusjonsprosessene som foregår i solens indre. Plasmaet på solens overflate er alltid i bevegelse, og det observeres kontinuerlig både mindre og større plasmautbrudd. Store utbrudd kan slynge materie i verdensrommet, og de virkelig kraftige utbruddene, der plasmastolpene kan være én million kilometer høye, kan utløse både nordlys og utfordringer i elektronisk kommunikasjon.

Solaktiviteten følger en syklus som øker og avtar i en periode på 11 år. I årene 2024-2026 befinner vi oss på toppen av den nåværende syklusen, med en rekke registrerte utbrudd og påfølgende solstørmer i 2025. Disse kan utløse forstyrrelser i satellittkommunikasjon i form av

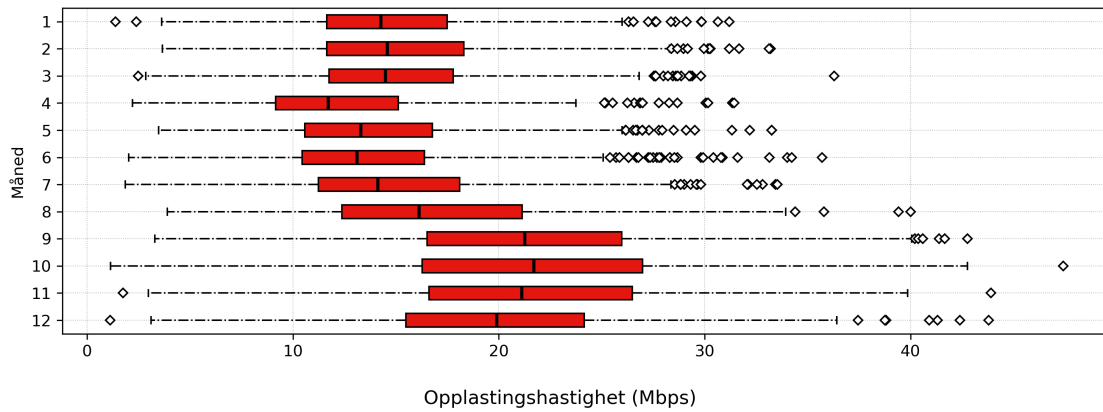
⁴Sommertid er innberegnet i visningen, dvs. kl. 21 er den faktiske tiden på brukerens klokke sommer som vinter.



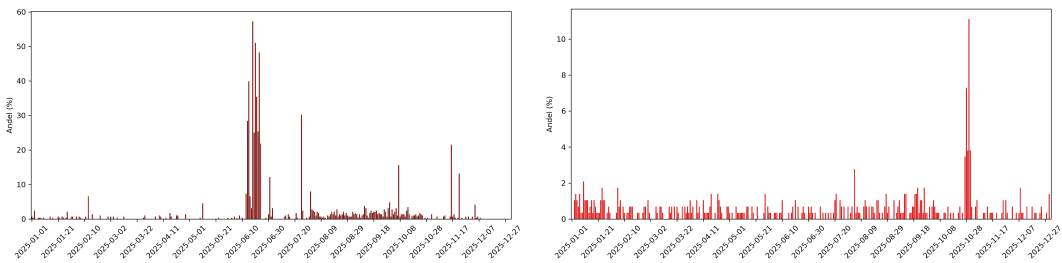
Figur 6.5: Nedlastningshastighet og opplastningshastighet for ulike satellitteknologier.



Figur 6.6: Nedlastningshastighet geostasjonær (øverst) og lav jordbane (Starlink, nederst), time for time.



Figur 6.7: Nedlastingshastighet Starlink, måned-for-måned i 2025.



Figur 6.8: Antallet 5-minuttersintervaller med over 5 % pakketap per døgn, geostasjonær (venstre) og Starlink (høyre). Effekten av solstormer er godt synlig i juni (geostasjonær) og oktober (Starlink).

forbindelsesbrudd og pakketap. For å undersøke om det er korrelasjon mellom kjente solstormer og våre målinger, analyserte vi pakketapet over alle 5-minuttersperioder i 2025. Fem minutter er en hensiktsmessig intervallengde, ettersom brukerne ofte aksepterer kortvarig nedgradering av kvaliteten i forbindelsen, mens økt pakketap over 5 minutter eller mer normalt vil senke kvalitetopplevelsen av mer krevende applikasjoner som videokonferanser i en betydelig grad.

Figur 6.8 viser antall 5-minuttersintervaller per døgn der det er registrert et pakketap på over 5 %. Det forekommer jevnlig noen slike pakketapsintervaller, men vi ser en dramatisk økning for den geostasjonære forbindelsen rundt 11–21.06.2025, og en betydelig økning for Starlink i perioden 27.10–01.11. 2025.

Disse observasjonene korrelerer godt med solaktiviteten: det var flere “hendelser” registrert av astronomer, spesielt en enorm solflamme (“solar flare”) 17. juni som skal ha slått ut kommunikasjonen i en periode, særlig i områder med dagslys. Denne aktiviteten økte mengde radiostøy og påvirket spesielt langdistanse (geostasjonær) kommunikasjon, som på grunn av store avstander og svake signaler er mer følsom for slik støy. Starlink ble ikke synlig påvirket i juni, pga. kortere avstander og dermed høyere robusthet mot radiostøy.

Starlink ble derimot tydelig påvirket i perioden 28-30. oktober. Denne hendelsen ble mye omtalt av både astronomer og media, da det var snakk om en geomagnetisk storm på “rødt nivå” som varte i flere dager. Solstormen forskjøv lavbane-satellittene ut av posisjonen, ofte i retning mot jorden. Siden Starlink-satellittene opererer i banen rett utenfor atmosfæren, ble også hastigheten påvirket av økt friksjon. Det tok flere dager å navigere satellittene tilbake til deres normale baner ved hjelp av rakettmotorer og gjenopprette tjenesten fullt ut. Dette påvirket tjenesten merkbart, noe som også gjenspeiles i våre målinger.

6.5 Diskusjon

Satellittbasert kommunikasjon har fått mye oppmerksomhet den siste tiden. Mange har fått øynene opp for hvilke muligheter teknologien gir innen en rekke anvendelsesområder både i næringslivet, privat, og i offentlig sektor. Man har fått et forholdsvis rimelig bredbåndsalternativ som kan benyttes praktisk talt overalt, enten som hoved- eller reserveforbindelse.

Et spesielt interessant bruksområde for satellittbredbånd er som reserveløsning (backup) for kritiske anvendelser i fremtidig nødnett, samt som både hoved- og reserveløsning i militære anvendelser. Med bakteppe i en stadig mer konfronterende geopolitisk situasjon, reises det nye spørsmål ved bruken av satellittbredbånd i disse kritiske scenariene. Dette inkluderer utfordringer knyttet til eierskap i verdikjeder, operasjonell kontroll og datasikkerhet.


SpaceX sitt Starlink-system og tjeneste har vært sentrale i denne utviklingen, som teknologipionerer og den første tilbyderen i stor skala. Selskapet imponerer med en formidabel teknologitvilling, både kvantitativt og kvalitativt: våre analyser 2023-2025 viser en stadig mer stabil og effektiv tjeneste, med for eksempel gradvis redusert forsinkelse (figur 6.2) og økt opplastingshastighet (figur 6.5). Vår erfaring er at installasjon er meget enkel og kundestøtte utmerket, blant de beste i det globale markedet. På den andre siden er eierstrukturen i SpaceX betenkelig, da selskapet er under avgjørende påvirkning fra sin gründer og hovedeier, Elon Musk.

I 2025 installerte vi antenner og modem for OneWeb, en alternativ kommunikasjonsløsning via satellitt eid av Eutelsat. Slikt eierskap gjør OneWeb mer fordelaktig for kritiske anvendelser i det europeiske markedet. Installasjonen var vesentlig mer komplisert enn Starlink, og krevde støtte fra en ekspertinstallatør⁵. Kundeservicen oppleves som mer tradisjonell, og det har vært utfordringer med å bruke mer data enn det kvoten tillater, selv om man er villig til å betale den avtalte overprisen. Ser man bort fra dette, har OneWeb vist høy pålitelighet og en ytelse som ligger veldig tett mot avtalen. I den korte perioden vi har hatt OneWeb i 2025, har det totale pakketapet vært noe lavere enn hos Starlink. Det kan kanskje skyldes en enklere overgang mellom satellitter, men er uansett imponerende og klart mer enn godt nok for svært mange anvendelser.

Den geostasjonære løsningen når ikke opp mot LEO når det gjelder ytelse, men er pålitelig og rimelig, og påvirkes av solstormer på en annen måte. Hastigheten vi måler, ca. 60 Mbps nedlasting- og 5 Mbps opplastingshastighet, hadde vært svært nyttig dersom andre systemer skulle svikte. Vi ser for oss fortsatt bruk av geostasjonære løsninger fremover, om enn i noe redusert i omfang.

Det skjer for tiden mye i teknologitvillingen for satellittkommunikasjon. Vi forventer at de første 5G- og IoT- tjenestene blir kommersielt tilgjengelige over satellitt innen få år. SimulaMet vil fortsette å følge med på utviklingen og evaluere disse tjenestene etter hvert som de ruller ut.

⁵OneWeb tilbyr også flatpanel-antenner, som skal være enklere å ta i bruk.



7. Bakgrunn og metode

Målingene som presenteres i denne rapporten er utført ved hjelp av NorNet Edge, en infrastruktur for målinger og eksperimentering i mobile bredbåndnett¹. Infrastrukturen består av et hundretalls målnoder spredt rundt i hele Norge. Hver målnode er koblet til to mobiloperatører, og samler kontinuerlig inn data om dekningsforhold, status for tilkoblingen og ytelse for hver forbindelse. Infrastrukturen omfatter også en backend plassert hos Simula, som tar i mot, prosesserer og lagrer måledata som vi bruker til å lage denne rapporten.

Center for Resilient Networks and Applications (CRNA) samarbeider med lokale partnere over hele landet som fungerer som vertskap for målnoder. Vi samarbeider direkte med en rekke skoler, musikkorps og andre frivillige foreninger om utplassering av målnoder. Noen noder befinner seg også i forskjellige hyttefelt. Alle lokasjonene har i det minste “tilfredstillende” radiodekning, i følge operatørene selv. Figur 7.1 gir et inntrykk av den geografiske fordelingen av målnoder. Det er en overvekt av målnoder i en del større byer, spesielt i Oslo, Bergen og Trondheim, noe vi jobber aktivt med å jevne ut. Fortsatt har våre målinger en skjevhet mot tettbygde strøk, og gir ikke nødvendigvis et korrekt bilde av forholdene langs veier eller utenfor utbygde strøk. Det er imidlertid stor spredning i geografi og størrelse på tettstedene, og vi mener at våre målinger er rimelig representative for hva brukere kan forvente innendørs.

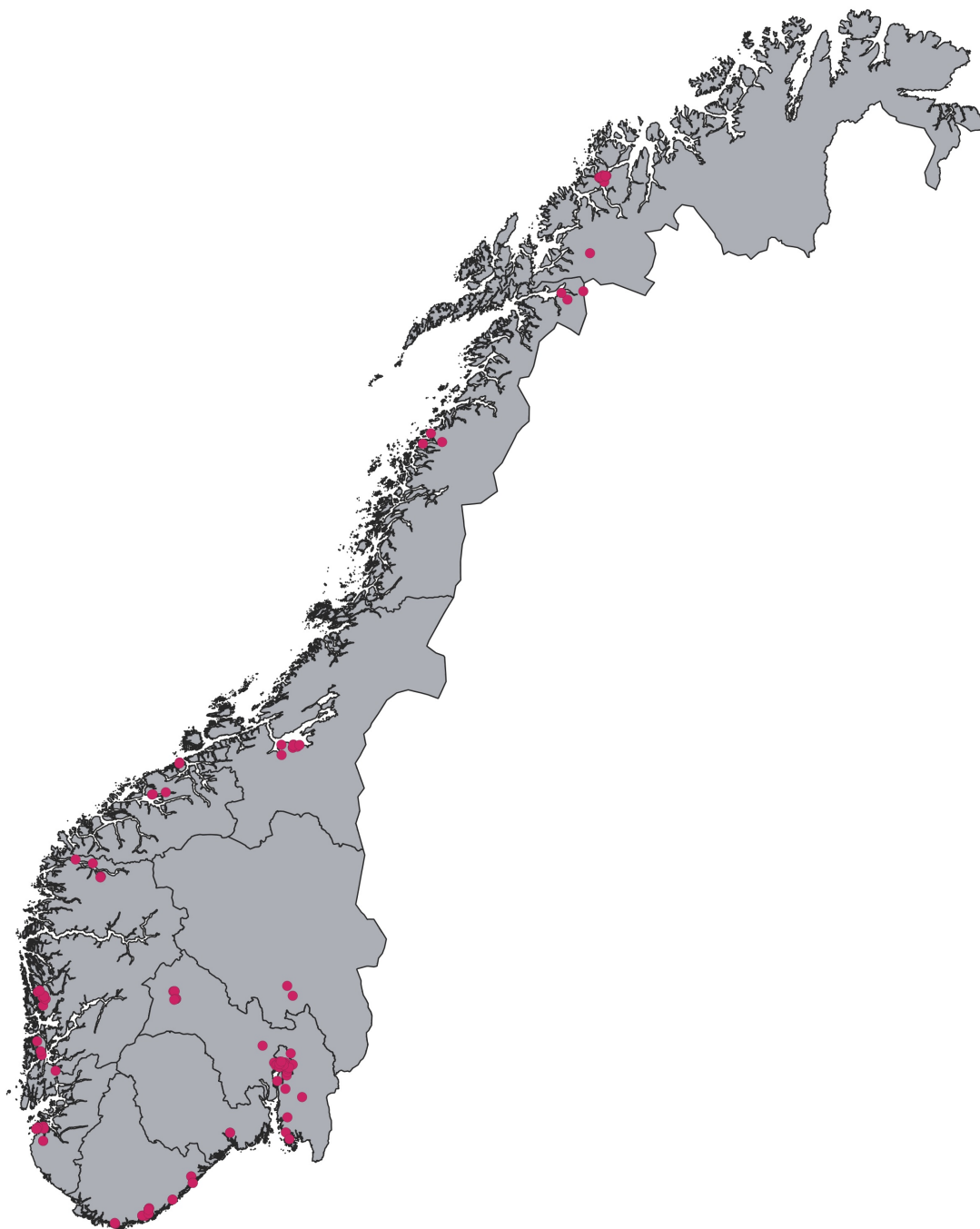
Alle noder som denne rapporten baseres på, er 5G-kapable, og målet er å ha minst 100 aktive noder til enhver tid. I 2025 avviklet vi bruken av noder som ikke støtter 5G. For å opprettholde det tilsiktede antallet aktive noder ble 40 nye 5G-noder kjøpt inn og aktivert fra mai 2025. Antallet aktive noder og fordelingen mellom operatørene er vist i figur 7.2. Vi har stasjonære målnoder i alle landsdeler².

7.1 Mobilnettene vi måler

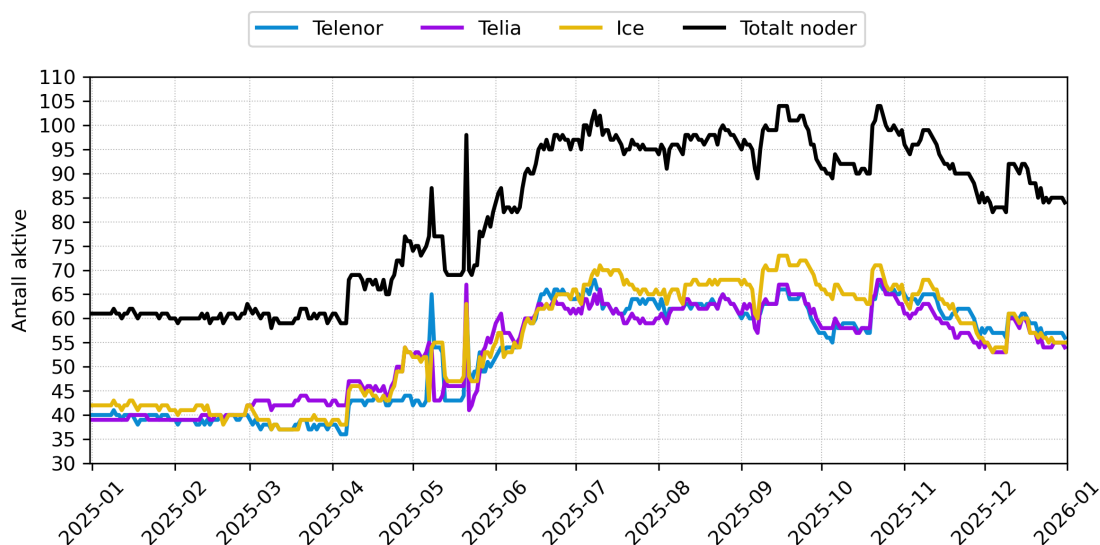
Vi utfører målinger av alle tre kommersielle mobilnett i Norge med eget radionett, det vil si Telenor, Telia og Ice. Telenor og Telia opererer hvert sitt landsdekkende mobilnett. Disse operatørene har

¹For mer informasjon, se <https://www.simulamet.no/research/research-departments/center-resilient-networks-and-applications> og <https://robustenett.no/map>.

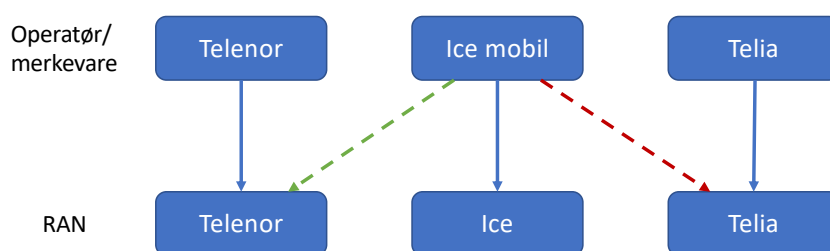
²Om du kan tenke deg å være vert for en målnode, ta kontakt med tarik@simula.no.



Figur 7.1: Geografisk fordeling av målenoder.



Figur 7.2: Antall aktive målenoder samt forbindelser fra hver operatør, per dag i 2025.



Figur 7.3: Operatører og nettverk behandlet i denne rapporten. De stiplede pilene viser nasjonal gjesting. Ice byttet fra Telia til Telenor våren 2025.

sitt eget kjernenett og sitt eget radioaksessnett, og forbindelser i disse nettene er aldri avhengige av komponenter i andre mobilnett.

Ice opererer det tredje norske mobilnettet, som ikke er landsdekkende. For å kunne tilby tjenester over hele landet, og dermed styrke konkurransebildet i mobilmarkedet, har myndighetene regulert det slik at Ice har rett og krav på å bruke nasjonal gjesting (roaming) i ett av de landsdekkende operatørene sitt nett. Med andre ord, Ice benytter andres nett, dersom måleutstyret er utenfor områder som Ice dekker med egne basestasjoner.

Helt siden Ice introduserte LTE i sitt nett (2015) har Ice hatt en nasjonal gjestingsavtale med Telia. Dette endret seg i 2025, da Ice byttet til Telenor som nasjonal gjestingsoperatør. Frem til 28. februar 2025 har Ice brukt Telia, og fra 1. juni 2025 Telenor til nasjonal gjesting. I mellomtiden er abonnentene gradvis overført fra Telia til Telenor. I denne rapporten presenterer vi målinger for Ice-tjenesten med nasjonal gjesting.

Figur 7.3 viser sammenhengen mellom operatør/merkevare og hvilket radioaksessnett (RAN) operatøren bruker.

7.2 NorNet Edge målenoder

Våre målenoder har gjennomgått flere generasjonskifter gjennom årene. Fra 2025 bruker vi kun noder som støtter 5G—nodene med kun 4G modemer er ikke lengre en del av vår måleinfrastruktur.

Noder med 5G-støtte har vært under gradvis utrulling siden 2021. 5G-målenodene som ble anskaffet frem til 2023, er basert på Celerway Arcus-plattformen³, basert på Intel-CPU og med to 5G Quectel RM500Q- eller RM505Q-modemer i hver node. For å øke utrullingshastigheten til våre 5G-målenoder, har vi fra 2024 tatt i bruk den rimeligere Celerway Stratus-5G⁴, en ARM-basert plattform. Stratus-maskinvaren er noe mer begrenset enn Arcus, men tilstrekkelig for våre målinger. Også Stratus er utstyrt med to Quectel RM502Q-modemer.

Alle Quectel RM50xQ-modemene støtter 3GPP Release 15 og datarater på opptil 2,5Gbps nedlasting og 600Mbps opplasting. Ved utgangen av 2025 hadde vi totalt 120 aktive 5G-noder. Operativsystemet på alle nodene er CelerwayOS, som baseres på OpenWRT Linux og inkluderer tilleggsfunksjoner for fjernkonfigurering osv. Målenodenes strømforsyning er koblet til en fjernstyrt av/på bryter, som gjør at strømtilførselen kan kontrolleres via SMS og dermed gir oss muligheten å re-starte noden, som kan hjelpe ved eventuelle feil i programvaren.

Våre 5G-målenoder er det vi omtaler som 5G-kapable, det vil si at de benytter 5G der det er tilgjengelig, og ellers faller tilbake på 4G-nettet. 3G (UMTS) er faset ut i alle norske mobilnett i løpet av 2021. I 2025 tilbys det fortsatt kun 5G-NSA (“*Non-Standalone*”) som kommersiell mobiltjeneste i Norge. Denne teknologien bruker 5G-radio sammen med 4G-kjernenett. Fullverdig 5G-SA (“*Standalone*”), som baserer seg på en egen 5G-kjerne, er forventet tilgjengelig i de kommende årene. Våre 5G-målenoder er allerede klargjort for 5G-SA.

Selve målingene utføres fra brukerprosesser som er implementert som Docker-containere, for eksempel til testing av transportforbindelsen eller ytelsen. I tillegg samles det data fra 5G-modemene, som signalstyrke, brukt frekvensbånd og identifikasjon av nettet modem er koblet til (som kan endres ved roaming). Disse dataene kaller vi samlet for “metadata”. Både måledata og metadata lagres midlertidig lokalt og sendes periodisk til våre servere for permanent lagring og analyse.

7.3 Server-side infrastruktur

Målenodene utfører målinger av kvaliteten i dataplanet ved å sende trafikk til Simulas måleservere i Oslo, “backend”, som vist i figur 7.4. Trafikk til og fra måleserverne rutes gjennom de ulike mobilnettene og videre gjennom vår internettleverandør. Måleserverne er utstyrt med god kapasitet i form av minne, prosessorkraft og nettverkstilkobling, for å sikre at de ikke blir en begrensende faktor i målingene. Deres tilstand og ytelse overvåkes kontinuerlig.

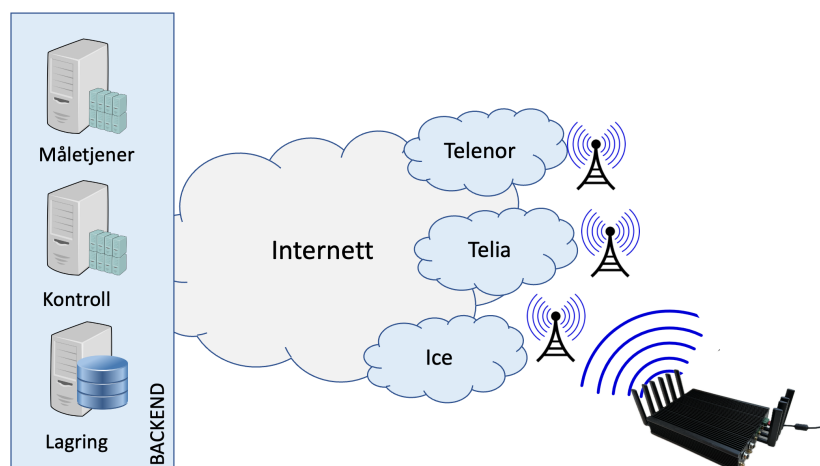
Målenodene overfører resultater fra målingene til en sentral server, hvor dataene behandles og lagres i en database. De samlede dataene blir behandlet og filtrert for å fjerne perioder der vi opplevde problemer med infrastrukturen på serversiden. NorNet Edge omfatter også systemer for å overvåke, vedlikeholde og oppdatere målenodene, samt for å koordinere de ulike målingene som skal utføres.

7.4 Metode

Denne rapporten undersøker den brukeropplevde robustheten og stabiliteten til norske mobilnett. Vi ser på stabilitet i tilkoblingen mellom brukerterminalen og mobilnettet, og på stabiliteten i dataforbindelsen over denne tilkoblingen. I tillegg ser vi på stabiliteten i ytelsen en bruker oppnår i mobilnettet, gjennom å måle den opplevde nedlastings- og opplastingshastigheten.

³<https://www.celerway.com/resources/arcus>

⁴<https://www.celerway.com/resources/stratus-5g>



Figur 7.4: NorNet Edge måleinfrastruktur.

Den opplevde stabiliteten er en kompleks størrelse som påvirkes av en rekke forhold. Her forklarer vi hvordan vi bryter det abstrakte begrepet *opplevd stabilitet* ned i mindre, lettere målbare metrikker, og hvilke tester vi bruker for å måle disse.

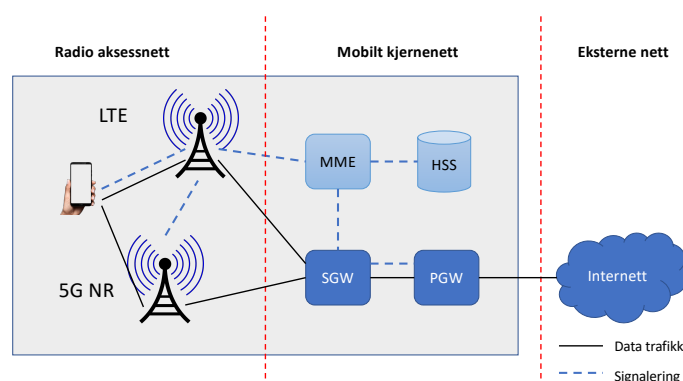
7.4.1 Mobile bredbåndsnett

Figur 7.5 viser en forenklet framstilling av de viktigste komponentene i et 4G (LTE) eller 5G-NSA mobilnett. Begge nettverkene består av et radio aksessnettverk og et kjernenett. Radionettet inkluderer brukerterminaler og basestasjoner (kalt henholdsvis eNodeB i 4G og gNodeB i 5G). Kjernenettet inkluderer et antall sentrale funksjoner. 4G- og 5G-nettverk er rene datanettverk, og inkluderer ikke spesielle komponenter for å produsere linjesvitsjet tale som i 3G og eldre teknologier. En viktig del av kjernenettet for våre analyser er komponenten som forbinder mobilnettet med eksterne nett (internett). Denne enheten kalles Packet Data Network Gateway (PGW).

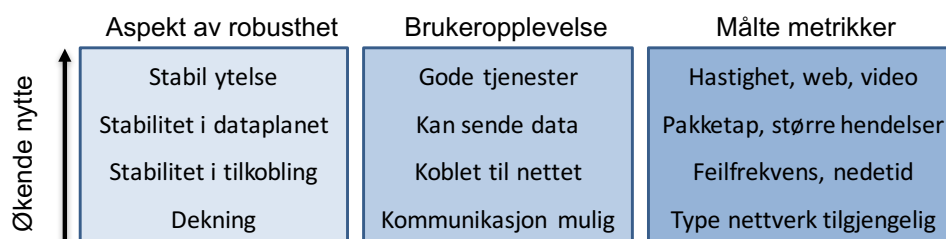
De første 5G-nettverkene er såkalte Non-Standalone (NSA) nettverk, som er en inkrementell utvikling fra 4G-nettene. 5G-NSA gjør det mulig å raskere etablere et nettverk som oppfyller deler av 5G-visjonen. 5G-basestasjoner etableres parallelt med 4G-basestasjoner. 4G-basestasjonene fungerer som en primærforbindelse for kontrolltrafikk, og all signalering forbundet med å etablere kommunikasjon i både 4G og 5G går over denne forbindelsen. 5G-forbindelsen styres via 4G, og er en ren kapasitetsforbindelse som gir brukere tilgang til økt båndbredde. Annen funksjonalitet, som svært lav forsinkelse, skivedeling og private nett, samt støtte for svært mange samtidige tilkoblinger på en basestasjon, støttes ikke i 5G-NSA. Disse egenskapene kommer først senere når hele 5G kjernenettet er på plass i såkalt Standalone (SA) modus.

7.4.2 Rammeverk for måling av robusthet

For å beskrive den opplevde robustheten i mobilnettene, er det nødvendig å gjøre målinger på flere nivåer. I denne rapporten har vi valgt å dele robusthet inn i fire nivåer, som vist i figur 7.6. Disse er dekning, stabilitet i nettverkstilkoblingen, stabilitet i dataforbindelsen, og stabilitet i ytelse. De fire nivåene bygger på hverandre, og representerer økende grad av opplevd nytteverdi for sluttbrukeren. All mobilkommunikasjon forutsetter dekning. En stabil nettverkstilkobling er nødvendig for en stabil ende-til-ende kommunikasjon, som igjen er nødvendig for en stabil ytelse. For hvert av disse nivåene presenterer vi eksperimenter og resultater som sier noe om den opplevde stabiliteten eller



Figur 7.5: Hovedkomponentene i 5G-NSA (NR) nettverk.



Figur 7.6: Rammeverk for å måle robusthet på flere nivåer.

robustheten over tid.

Dekning. All mobilkommunikasjon forutsetter at brukerterminalen kan motta radiosignaler med tilstrekkelig signalstyrke fra en basestasjon, slik at en tilkobling er mulig. I mobilnettene vi måler kan en slik tilkobling være av tre typer, tilsvarende teknologien som benyttes: 2G, 4G eller 5G. I denne rapporten sier vi at vi har dekning i et område så lenge en målnode kan opprettholde en tilkobling til mobilnettet i dette området. Vi rapporterer altså ikke tekniske parametere som signalstyrke eller signal til støyforhold, men fokuserer i stedet direkte på brukeropplevelsen. Dette er i tråd med tilnærmingen i resten av denne rapporten.

Dekningen er normalt relativt stabil i et område, og endrer seg først og fremst når en mobiloperatør etablerer, modifierer eller fjerner basestasjoner. Vårt oppsett med stasjonære målnoder er derfor ikke egnet til å måle dekning. Vi rapporterer derfor kun dekningsmålinger fra mobile målnoder, altså noder montert på tog eller bil (kapittel 5).

Stabilitet i tilkoblingen. En stabil nettverkstilkobling er grunnlaget for en god brukeropplevelse. Med tilkobling mener vi i denne sammenhengen at det er etablert en EPS bærer i PGW og i brukerterminalen (se faktaboks side 10). Fra brukerens ståsted vil dette som regel bety at terminalen har en tildelt gyldig IP-adresse. Stabiliteten til tilkoblingen bestemmes av både RAN og kjernenettet. En tilknytning kan brytes på grunn av manglende dekning, feil i basestasjonen eller transmisjonsnettet,

eller kapasitetsproblemer i sentrale komponenter som SGW eller PGW. I denne rapporten ser vi på den tildelte IP-adressen som et mål på hvor stabil nettverkstilknytningen er. Vi måler hvor ofte en målnode mister IP-adressen, hvor lang tid det tar før den kommer tilbake, og hvor mye nedetid (uten tilkobling) en forbindelse opplever totalt.

Stabilitet i dataplanet. Selv om brukerterminalen har en tildelt IP-adresse, er det ikke sikkert at den har en velfungerende forbindelse til internett. Interferens, endringer i signalstyrke eller metning i nettet kan gi høyt pakketap eller avbrudd hvor data ikke kan sendes eller mottas. I denne rapporten ser vi på pakketap for å karakterisere stabilitet i dataplanet, og sammenligner pakketap hos de ulike operatørene.

Stabil ytelse. Robusthet innebærer også en grad av stabilitet og forutsigbarhet i ytelsen til applikasjonene som kjører over det mobile bredbåndsnettet. Applikasjoner har ulike krav til nettverket. Noen applikasjoner krever høy båndbredde, andre lav forsinkelse eller lavt pakketap. I mobilnett avhenger disse parameterne av hvilken radiotilstand forbindelsen har. Det er derfor ofte vanskelig å forutsi en applikasjons ytelse basert på generiske målinger. I stedet bør stabiliteten måles ved faktisk å kjøre de aktuelle applikasjonene gjentatte ganger og observere ytelsen. I denne rapporten måler vi hvilken opplastings- og nedlastingshastighet vi oppnår fra våre målnoder. Til det formålet bruker vi klient-server infrastrukturen levert av selskapet Ookla, som spesialiserer seg på nettverksmålinger og analyse.

7.5 Ookla Speedtest

I vår analyse av ytelsen i mobile nett (kapittel 4) bruker vi Ookla Speedtest tjeneste, som har utpekt seg som en standard for dette formålet og brukes mye i hele verden. Det at tjenesten er populær betyr ikke nødvendigvis at den er formålstjenelig, og vi må stille oss spørsmål om vi kan stole på resultatene denne tjenesten gir oss. Det som er spesielt relevant for oss er om denne tjenesten av en eller annen grunn skulle favorisere noen operatører fremfor andre.

Det brede publikum bruker gjerne enten den webbaserte løsningen til Ookla⁵ eller deres app på mobil eller PC. Vi bruker den offisielle Ookla klienten, som installeres gjennom pakkemanager på våre Linux målnoder (“`apt install speedtest`”). Klienten startes med riktige parametre til angitte tider gjennom et skeduleringskript. Det utføres én måling per eksekvering, bestående av en nedlasting- og en opplastingssesjon. Etter utført måling, leverer klienten en JSON-fil med måledata som resultat, som prosesseres og lagres i vårt backend.

Ookla deler ikke tekniske detaljer om hvordan deres algoritme er implementert, men det er klart at server-siden informerer klienten om tilgjengelige måleservere i klientens geografiske område, der klienten selv velger den optimale måleserveren gjennom en serie med ICMP ping. Våre målnoder velger alltid servere lokalisert i Norge, og vi ser en akseptabel geografisk spredning over landet. Siden mobilnett har en sentralisert arkitektur der all trafikk må gjennom sentralt plasserte kjernekomponenter, befinner disse serverne seg dermed typisk i sørlige og delvis vestlige deler av landet. Etter å ha valgt måleserveren, åpnes det parallelle nedlastingsssesjoner over en periode på omlag 15 sekunder, og hastigheten måles. Prosedyren gjentas for målinger av opplastingshastighet.

Ookla Speedtest-klienten som vi bruker i våre automatiserte målinger returnerer resultatet som en JSON-fil, med data som inkluderer bl.a. opplastingshastighet, nedlastingshastighet, jitter, og server IP-adresse. Det er disse verdiene vi analyserer og presenterer.

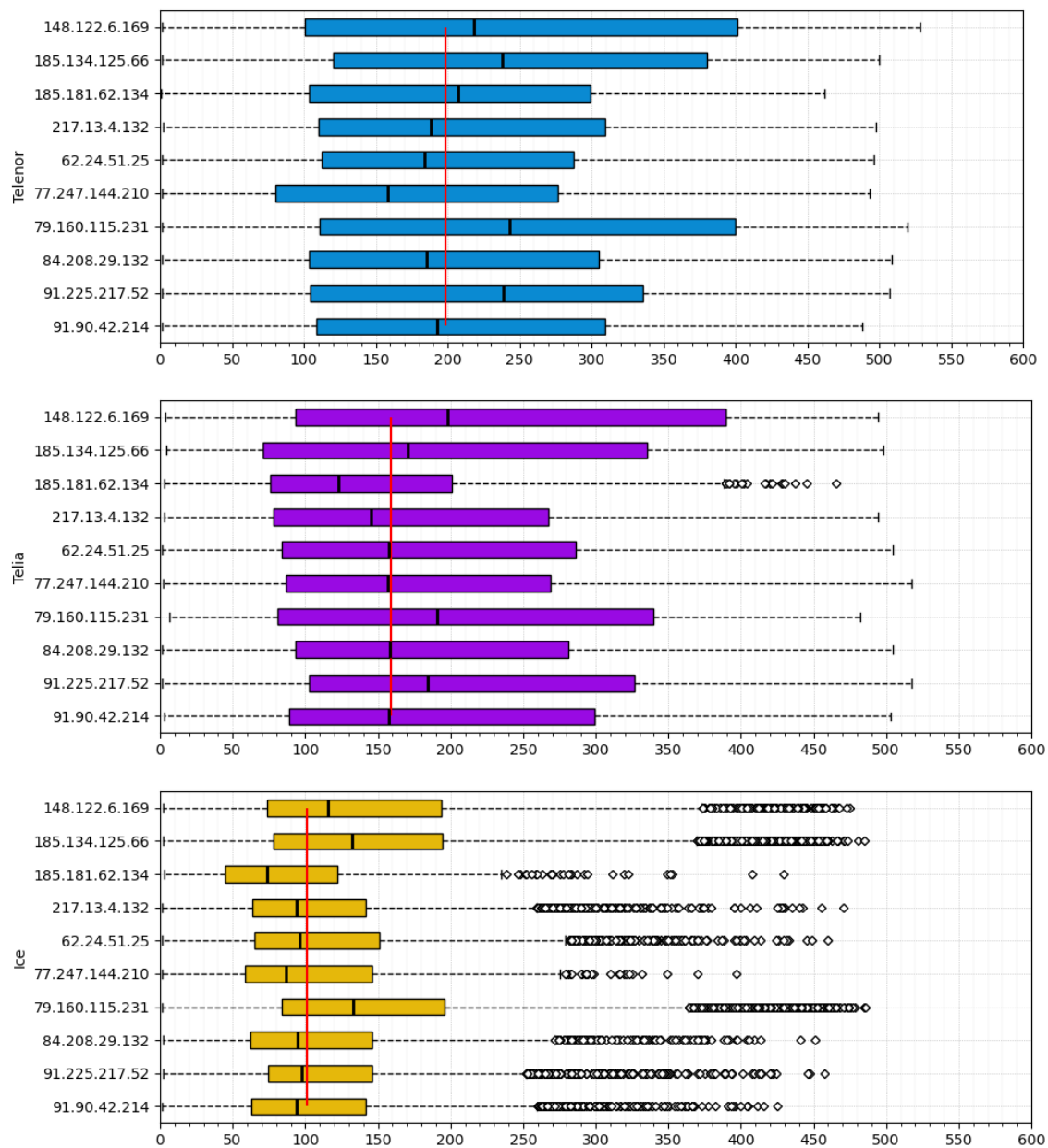
Det at Ookla resultater viser hvilken server som var brukt for den enkelte målingen, gir oss mulighet å analysere hvordan ytelsen varierer mellom forskjellige Ookla-servere, for forskjellige mobiloperatører. Vi har sett på nedlastingshastighet samt jitter. I figur 7.7 viser vi nedlastingshastigheten for 5G-målinger, og i figur 7.8 viser vi jitter for 5G-målinger. Begge er vist for mye brukte

⁵<https://www.speedtest.net/>

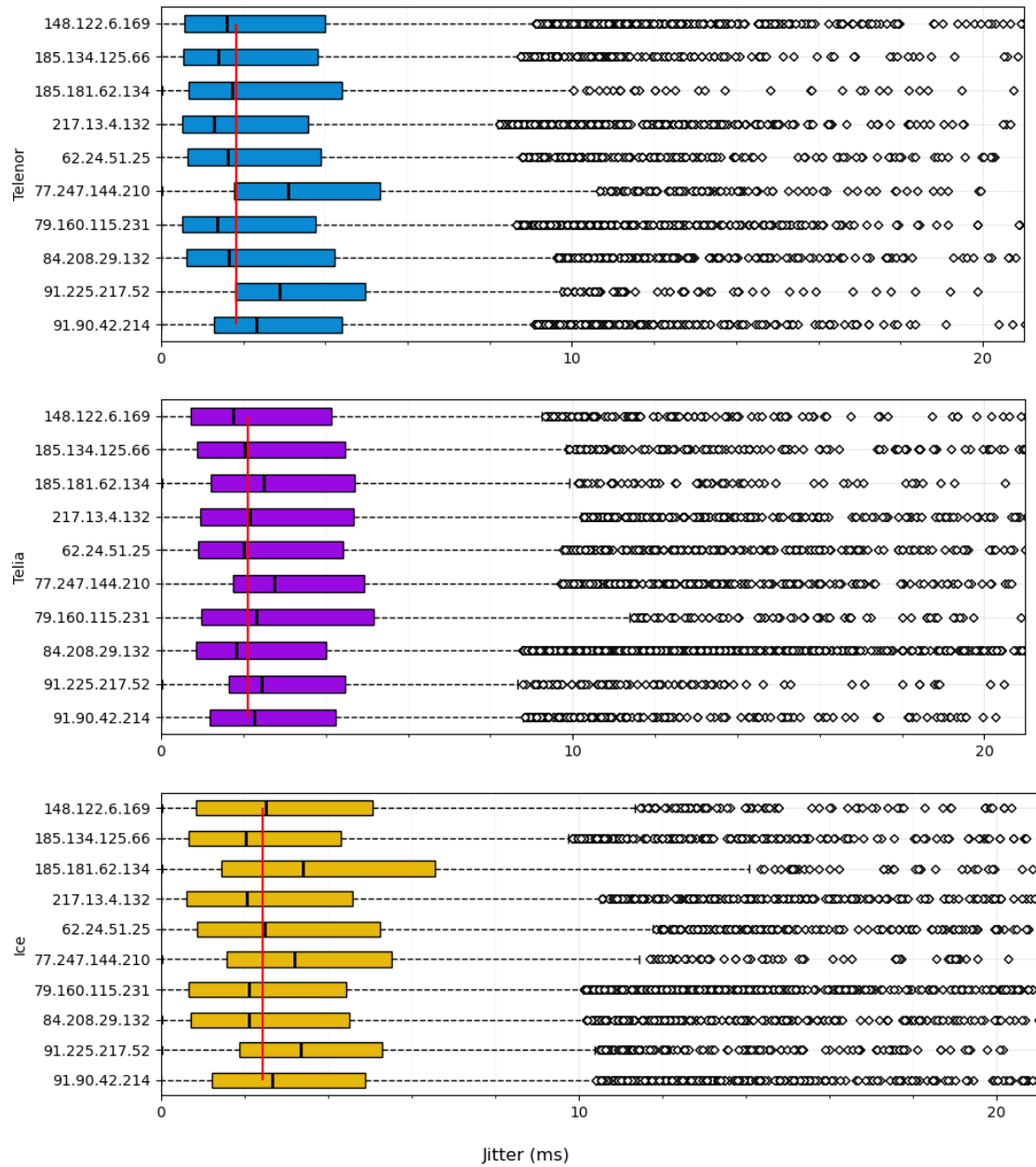
servere med 500 eller flere målinger for hver operatør i 2025. Den røde linjen viser medianen per operatør, tilsvarende verdiene presentert i kapittel 4.

Vi ser stor en overlapp mellom måleverdiene for de forskjellige serverne, samt generelt bedre ytelse for Telenor, i tråd med resultatene presentert i kapittel 4. Det er forventet med noe variasjon i ytelsen. Vi ser for eksempel at serveren med IP adresse 185.181.62.134, har noe dårligere ytelse for Ice og Telia enn for Telenor. På den andre siden har 77.247.144.210 noe dårligere ytelse for Telenor, og større jitter enn gjennomsnittet for alle tre. Ved oppslag i åpne internettrutingdatabaser ser vi at IP adressene tilhører henholdsvis Gigahost og VEV Romerike. Vi kan ikke med sikkerhet vite kjerneårsaken til problemet, men denne analysen antyder kapasitetutfordringer mellom disse internettleverandørene og noen av deres oppstrømsleverandører.

Så hva sier denne analysen om hvorvidt Ookla Speedtest er egnet til formålet som plattform for ytelsesanalyse? Til tross for at enkelte servere ser ut til å yte bedre for noen operatører enn de andre, avstår vi fra manuell korrigering av resultatene, på grunn av komplikasjoner det kan medføre og tilsvarende risiko for selv å forårsake skjevheter i resultatene. Variasjonen er også lav. Ookla Speedtest gir oss en praktisk måte å evaluere ytelsen, og plattformen i seg selv skiller ikke mellom nettverkene eller plattformbrukerne. Det å implementere en tilsvarende løsning selv hadde vært et stort og kostbart prosjekt, og det er ikke gitt at resultatene ville vært like eller mer troverdige. Derfor mener vi Ookla Speedtest tjener godt formålet som måleplattform for stabil ytelse i denne rapporten.



Figur 7.7: Nedlastingshastighet for Telenor, Telia og Ice, per Ookla-server brukt.



Figur 7.8: Jitter for Telenor, Telia og Ice, per Ookla-server brukt.