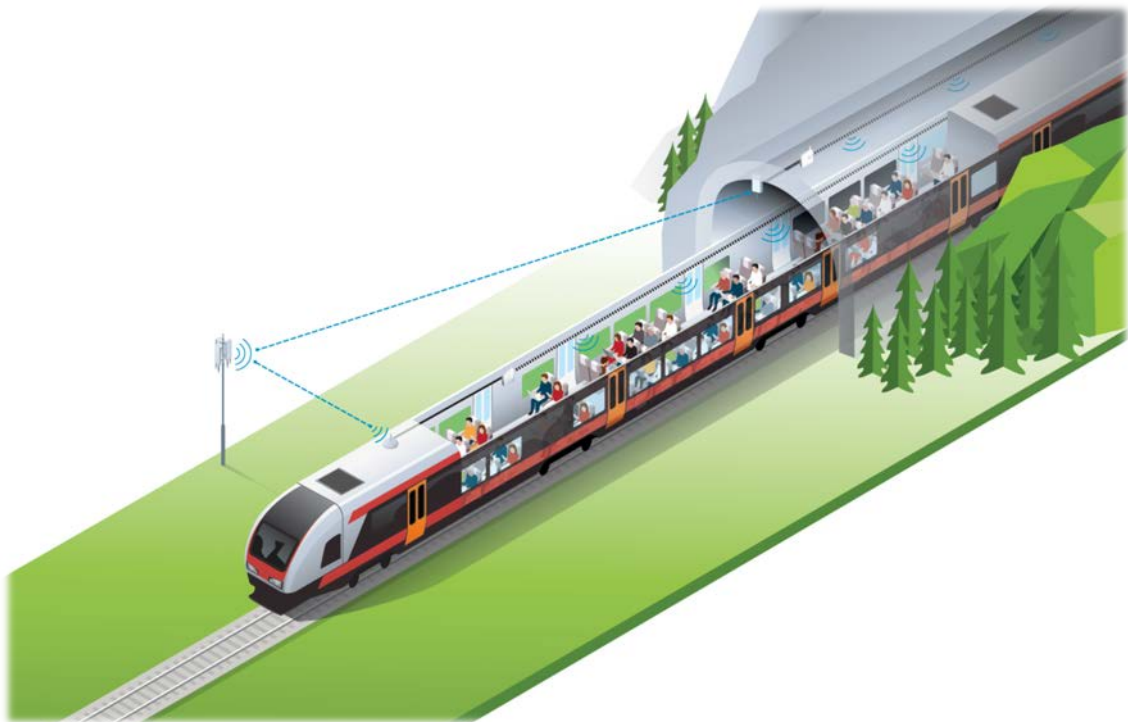


Plan for bedre nettdækning til togreisende

Utredning



Sammendrag

Nettdekning om bord på tog er viktig for de reisende. Kundetilfredshetsundersøkelser som NSB har gjennomført viser at opplevelsen av dekningen ikke er tilfredsstillende. De nye FLIRT-togene gir en merkbar forbedring etter at de ble oppgradert med 4G mobilforsterkere etter 2015. Løsningen gir likevel ikke tilstrekkelig datahastighet når det er mange samtidige mobilbrukere.

Forskningscenteret Simula publiserer årlig en rapport «Norske mobilnett». Resultatene i rapporten viser en betydelig økning i 4G-dekning langs togstrekningene de senere årene. Målingene til Simula konkluderer med svakheter som samsvarer med resultatene fra NSB-s kundetilfredshetsundersøkelser.

Bane NOR gjennomfører regelmessige målinger av mobildekningen. Utgangspunktet var kvalitetsmåling av GSM-R, og de siste årene har de også målt kvalitet på alle kommersielle mobilnett. Bane NOR har måleresultater for hver meter av jernbanen. Til forskjell fra Simulas målinger, så måler Bane NOR de mobilsignalene som er tilgjengelige utenfor toget. De er således ikke påvirket av de ulike togtypenes evne til å slippe signalene gjennom karosseri inn til de reisende. Det er Bane NOR sine målinger som er lagt til grunn for dagens situasjon i dette dokumentet og planleggingsarbeidet for å kartlegge svakhetene i eksisterende mobilnett.

For å oppnå god brukeropplevelse må det være god mobildekning og kapasitet utenfor toget. Mobilsignalene må også slippe gjennom togets karosseri fram til den enkelte reisendes mobilenhet. Ett aktuelt tiltak for å bedre opplevd mobildekning inne i togene er derfor at Norske tog etablerer moderne flerbånds mobilforsterkerutrustning med et godt tilpasset antennesystem, avhengig av dagens status i tog og vogner. Det gjør at mobilsignalenes utendørsstyrke føres inn i togmateriellet.

Reisende kan i utgangspunktet få nettilgang via en Wifi- eller mobilforsterkerløsning i tog. En Wifi-løsning kan gi de reisende gratis tilgang til internett dersom togoperatøren ikke velger å ta betalt for tjenesten. Tilgjengelig Wifi-hastighet deles mellom alle brukere om bord, men gir ikke tilstrekkelig datakapasitet når det er mange reisende i toget. En mobilforsterkerløsning gir mulighet for å gjennomføre vanlige mobil samtaler. Den har ikke samme kapasitetsbegrensning som Wifi. Løsningen er også mindre teknisk kompleks sammenliknet med Wifi. De enkelte komponentene har lengre antatt levetid enn en løsning som brukes for å levere Wifi-signal til reisende i tog. Derved er både vedlikeholdet enklere og levetidskostnaden lavere med en mobilforsterkerløsning enn med en Wifi-løsning. En mobilforsterkerløsning belaster den enkelte reisendes datapakke på lik linje med reisende som bruker bil. Løsningen styrker også teleoperatørens kommersielle lønnsomhet fremfor en Wifi-løsning. Det er mobilforsterkerløsning som er valgt i det videre arbeidet med å kartlegge omfang av ombygging og oppgradering av utrustning i de ulike togene.

I tillegg til mobilforsterkere i togene er det nødvendig å forbedre dekningen langs jernbanen. Det innebærer at teleoperatørene må forsterke sine mobilnett i kombinasjon med at Bane NOR etablerer nødvendig mobilforsterkerløsning i tunnelene. Teleoperatørene har allerede etablert dekning i de områdene som gir kommersiell lønnsomhet. En relevant sammenligning er at hovedveinettet i Norge har bedre mobildekning enn jernbanen. Særlig dårlig dekning er det på de jernbanestrekningene som både er langt fra vei og langt fra

områder hvor det er boligområder eller større hyttegrender. Dekningsgraden i tunneler er også lav fordi det å bygge mobildekning i tunneler er svært tid- og kostnadskrevende. Dette skyldes blant annet at tilgang til å gjennomføre arbeider inne i tunnelene er svært begrenset siden det er tilnærmet døgnkontinuerlig togtrafikk. Til sammenlikning med veinettet, så er det heller ikke omkjøringsmuligheter ved eventuell stenging av tunnelene.

God dekning er ikke tilstrekkelig for at alle mobilbrukerne i tog vil ha en god brukeropplevelse. Et tog kan transportere mer enn 600 reisende, i hastigheter opp mot 200km/t i Norge. Det betyr at basestasjonene som teleoperatørene har langs sporet og som sørger for dekning må kunne håndtere tale- og datakommunikasjon for et stort antall reisende i korte tidsintervall, kanskje bare 30 sekunder, før alle mobilbrukerne i toget skifter til neste basestasjon. Dekningen må være bruddfri og ha stor kapasitet. Imidlertid er mobilnettet en begrenset ressurs. Derfor er det nødvendig å legge et ambisjonsnivå til grunn for dimensjonering av fremtidige mobilnett hvis hovedformål er å tilby de reisende en god nettopplevelse. Ambisjonsnivå er satt til en datahastighet på 5Mb/s. Denne hastigheten anses god nok til dagens normale bruk, men ikke tilstrekkelig eksempelvis til tyngre spillapplikasjoner eller stor grad av videostrømming i kvalitet med høy oppløsning (HD-kvalitet). Ambisjonsnivået etablerer grunnlaget for de aktuelle teknologiske løsningene om bord i tog og dimensjonering av løsninger som designes av teleoperatørene og Bane NOR i jernbanetunnelene.

Planen omhandler tre alternative strategier:

1. Kjøretøystrategi.
2. Dekningsstrategi
3. Kapasitetsstrategi

Kjøretøystrategien innebærer etablering av en moderne flerbånds mobilforsterkerløsning i togene og ingen tiltak i teleoperatørenes eller Bane NOR-s infrastruktur. Det vil ta i størrelsesorden ett år fra vedtak om at tog skal utrustes med mobilforsterkere til de første togene har fått moderne flerbånds mobilforsterkere og de reisende derved begynner å kunne merke forbedring av dekning. Etter at alle tog er utrustet med mobilforsterker forventes en markant forbedring av kundetilfredsheten knyttet til mobiltjenester. De reisende i Norges storbyområder og indre og ytre IC vil merke god og kontinuerlig dekning i løpet av en fireårsperiode etter at vedtak om bevilgning foreligger. Investeringskostnaden for alternativ 1 – Kjøretøystrategi har forventet kostnad 93 millioner kroner.

Dekningsstrategien innebærer tiltak både i tog og i teleoperatørenes og Bane NOR-s infrastruktur. Tiltakene i tog er de samme som beskrevet i avsnittet over for Kjøretøystrategien og er en forutsetning for å oppnå effekt av øvrige tiltak. Tiltakene i infrastrukturen dreier seg om å forbedre frittlandsdekningen og å forbedre mobildekningen i tunneler. Det legges opp til en trinnvis tilnærming til forbedringene. Det vil først bygges for å tette dekningshull i områder med mange reisende, noe som særlig innebærer tiltak i tunneler. Deretter vil det bygges mobildekning med kapasitet som innfrir ambisjonsnivået på de samme strekningene. Til sist vil det bygges jevn dekning i områder med færre reisende. Dekningsstrategien antas å kunne bli fullført i løpet av en seksårsperiode, men gevinster vil kunne hentes ut fortløpende, særlig som følge av etablering av mobilforsterkere i tog. Investeringskostnaden for alternativ 2 – Dekningsstrategi har forventet kostnad 3098 millioner kroner.

Kapasitetsstrategien innebærer på samme måte som Dekningsstrategien tiltak både i tog og i infrastrukturen. Tiltakene i tog er de samme som beskrevet for Kjøretøystrategien og er en forutsetning for å oppnå effekt av øvrige tiltak. Tiltakene i infrastrukturen dreier seg om å forbedre frittlandsdekningen og å forbedre mobildekningen i tunneler. Det legges opp til utbygging av mobildekning med kapasitet som innfrir ambisjonsnivået på alle landets strekninger uten å gå via den trinnvise løsningen valgt i Dekningsstrategien. Kapasitetsstrategien antas å kunne bli fullført i løpet av en åtteårsperiode, men gevinster vil kunne hentes ut fortløpende, særlig som følge av etablering av mobilforsterkere i tog. Investeringskostnaden for alternativ 3 – Kapasitetsstrategien har forventet kostnad 3997 millioner kroner.

Anbefalt strategi i denne rapporten er alternativ 2 – Dekningsstrategien. Den innebærer tiltak både i tog og i infrastrukturen. Tiltakene i tog vil alene gi et stort løft i brukeropplevelsen. Videre legger Dekningsstrategien opp til å innfri ambisjonsnivået på de mest trafikkflette strekningene i landet.

Kjøretøystrategien anbefales ikke som selvstendig alternativ, men er en forutsetning for å oppnå effekt av tiltak i infrastrukturen. Den bidrar til å oppnå effekt der det allerede er nettdekning, men bruker vil av og til miste forbindelsen. Tiltaket vil heller ikke gi tilstrekkelig kapasitet i henhold til ambisjonsnivå.

Kapasitetsstrategien anbefales ikke. Kostnadene er betydelig høyere enn dekningsstrategien. Det går også lengre tid for de reisende å merke effekten av tiltakene enn det dekningsstrategien legger opp til.

Prioriteringsrekkefølgen i dekningsstrategien er strekningene med de mest befolkningstette områdene i og rundt Oslo, Trondheim, Bergen og Stavanger (grønt). Deretter pendlerstrekningene inn mot byene (blått). Etter dette bygges dekning på langdistansestrekningene mellom storbyene (gult), og til slutt gjenstående strekninger (rødt).

Delstrekningene innenfor hver av prioritetsområdene er angitt i tabell 1. De prioriterte områdene vises i strekningskartet, figur 1.

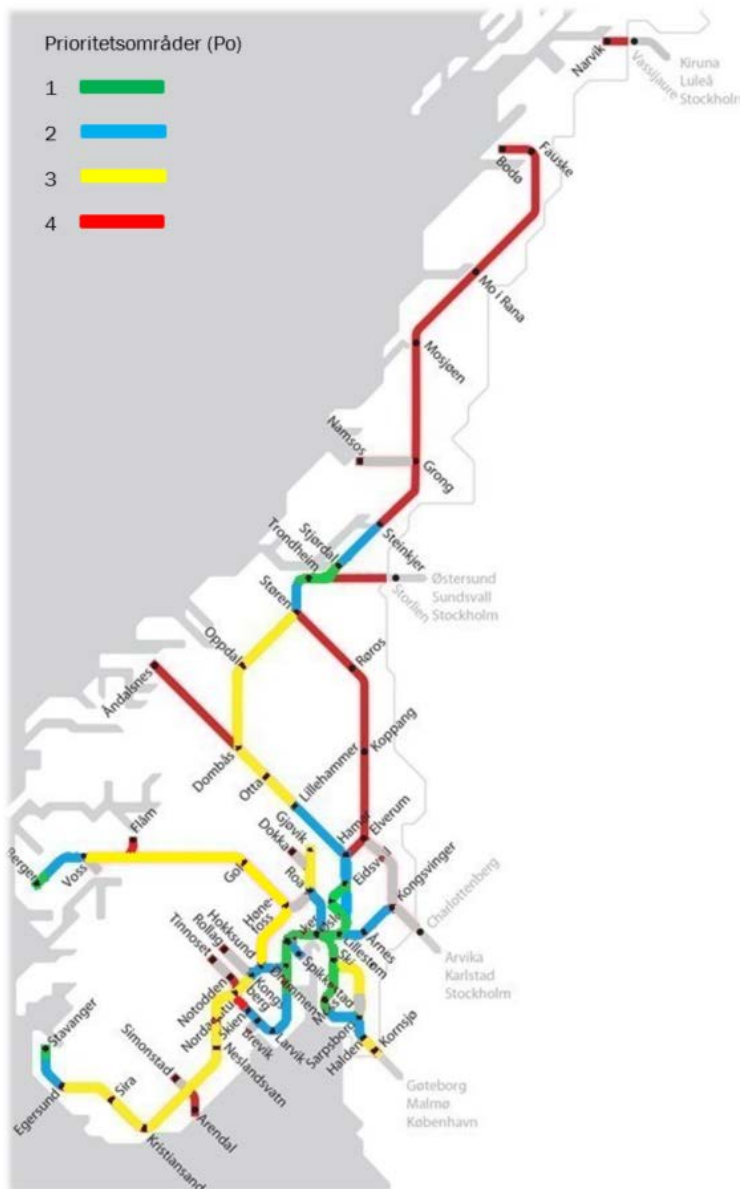
Po	Strekning	Po	Strekning
1	1. Oslo-S – Lillestrøm (Romeriksporten) 2. (Oslo-S) – Ski, 3. (Oslo-S) – Drammen 4. Stavanger – Sandnes 5. Bergen - Arna 6. (Lillestrøm) – Eidsvoll 7. (Jessheim) – Dal 8. (Ski) – Moss 9. Melhus - Stjørdal 10. (Lysaker) - (Asker) 11. (Oslo-S) - (Lillestrøm) (Hovedbanen) 12. (Drammen) – Tønsberg	2	1. (Sandnes) - Egersund 2. (Arna) - Voss 3. Støren - (Melhus) 4. (Stjørdal) – Steinkjer 5. (Moss) – Halden 6. (Lillestrøm) – Kongsvinger 7. (Drammen) – Kongsberg 8. (Asker) – Spikkestad 9. (Oslo S) – Roa 10. (Eidsvoll) – Lillehammer 11. (Tønsberg) – Skien
3	1. (Hokksund) – (Voss) 2. (Lillehammer) – (Støren) 3. (Kongsberg)- (Egersund) 4. (Halden) - Kornsjø/Riksgrensen 5. (Ski) - Rakkestad 6. (Roa) – Gjøvik	4	1. (Dombås) – Åndalsnes 2. (Stjørdal) - Meråker – (Riksgrensen) 3. (Hamar) – (Støren) 4. (Skien) - Notodden 5. (Nelaug) – Arendal 6. (Steinkjer) - Bodø 7. (Myrdal) – Flåm 8. Narvik - Riksgrensen

Tabell 1 Oversikt over anbefalt prioritering av områder og delstrekningner

En mulig plan for gjennomføring av dekningsstrategien er vist i figuren under.

Prioritet		År					
		1	2	3	4	5	6
1	Mobilforsterkere i tog						
2	Dekning i område angitt i Po 1						
3	Dekning i område angitt i Po 2						
4	Kapasitet i område angitt i Po 1						
5	Kapasitet i område angitt i Po 2						
6	Dekning i område angitt i Po 3						
7	Dekning i område angitt i Po 4						

Tabell 2 Skisse til framdrift, dekningsstrategi



Figur 1 Kart med prioritetsområder angitt med farge. Grønt er Po 1, blått er Po 2, gult er Po 3 og rødt er Po 4

Prioritet tre og fire anbefales ikke å bli bygget med dekning som gir kapasitet i henhold til ambisjonsnivå. Det er fordi teknologiutviklingen innenfor telekommunikasjon skjer hurtig. Det er vanskelig å forutse utviklingen innen telekommunikasjon. Erfaringen hittil har vist at bransjen stadig utvikler løsninger som evner å utnytte eksisterende infrastruktur bedre og bedre. Derfor er det smart å avvete bygging av kapasitet i henhold til ambisjonsnivå på de strekningene som har lavest prioritet, noe som kan gi kostnadsbesparelse. En revisjon av planen og tiltakene midtveis i gjennomføringen anbefales. Derved kan man vurdere nye muligheter og tiltak sett i lys av teknologiutviklingen og de reisendes bruksmønster.

Teleoperatørene, Norske tog AS og Bane NOR SF har gjennom planprosessen og den etterfølgende høringen vært klare på at de forutsetter statlig delfinansiering for å kunne bære kostnadene og gjennomføre de anbefalte tiltakene.

Prosjektnummer: 201701510	
Versjon: 1.0	

Innhold

1 Forord	10
2 Bakgrunn	11
3 Interessenter	12
3.1 Togreisende	12
3.2 Samferdselsdepartementet	12
3.3 Jernbanedirektoratet	12
3.4 Bane NOR SF	12
3.5 Norske tog AS	12
3.6 Nasjonal Kommunikasjonsmyndighet (Nkom)	12
3.7 Teleoperatører (mobilnettleverandører)	12
3.8 Togoperatører	12
4 Opplevd mobildekning	14
4.1 Aktører må samspille for å gi god mobildekning	14
4.2 NSBs Kundetilfredshetsundersøkelse 2017	15
4.3 Hva den reisende opplever, basert på Simulas målinger	15
4.4 Mobildekning langs jernbanestrekningene, basert på Bane NORs målinger	17
5 Erfaringer andre aktører	20
5.1 Erfaringer andre land	20
5.2 Erfaringer T-banen Oslo	21
5.3 Flytogets satsing på å tilby mobildekning til sine kunder i 2017	22
5.4 Bybanen i Bergen	22
5.5 4X4 MIMO-testing i Holmestrandtunnelen	23
5.6 Wifi Trackside-testing i Skottland	24
6 Teleoperatørenes nåværende dekningsplaner langs jernbanen	25
7 Ambisjonsnivå for mobildekning	27
7.1 Måltall for tilfredshet med mobiltjenester settes til 80%	27
7.2 Operasjonalisering av måltall	28
7.3 Gode mobiltjenester i fremtiden	32
8 Tekniske løsninger og vurderinger, dagens togmateriell	33
8.1 Eksisterende teknologi	33
8.2 Oversikt over mobilforsterkere og Wifi i dagens tog	34
8.3 Erfaring med mobilforsterkere på Type 74/75	36
8.4 Overvåkning, drift og vedlikehold	37
9 Forventet teknologisk utvikling	39
10 Nødvendige tiltak for å realisere bedre mobildekning	41
10.1 Strekingsprioritering	41
10.2 Forutsetninger for teknisk dimensjonering av kapasitet i mobilnettet langs jernbanen	42
10.3 Tekniske tiltak generelt	42
10.4 Tekniske tiltak i tog	43
10.5 Tekniske tiltak i frittlandsdekning	45
10.6 Tekniske tiltak i tunneler	46
10.7 Administrative tiltak – avtaleinngåelser	46
11 Hva skal til for å opprettholde god mobildekning	48
11.1 Administrativt	48
11.2 Fremtidige kostnader knyttet til oppgradering og nyinvestering av utstyr	48
11.3 Fremtidige kostnader knyttet til overvåkning, feilretting og vedlikehold	49

12 Alternative strategier for bedring av mobildekningen	50
12.1 Beskrivelse av alternativ 1 – Kjøretøystrategi	51
12.2 Beskrivelse av alternativ 2 – Dekningsstrategi	51
12.3 Beskrivelse av alternativ 3 – Kapasitetsstrategi	52
12.4 Kostnader for strategialternativene - basisestimer	52
13 Usikkerhetsanalyse	55
13.1 Forventede kostnader	57
14 Samfunnsøkonomiske vurderinger.....	58
14.1 Problembeskrivelse	58
14.2 Konsekvenser av strategiene, metodikk	58
14.3 Nullalternativet.....	59
14.4 Alternativ 1 – Kjøretøystrategi	60
14.5 Alternativ 2 – Dekningsstrategi	61
14.6 Alternativ 3 – Kapasitetsstrategi	62
14.7 Oppsummering og anbefaling samfunnsøkonomiske vurderinger.....	63
15 Anbefalinger og prioriteringer.....	65
15.1 Strekningsprioritering.....	65
15.2 Tiltak basert på alternativ 2 – Dekningsstrategi.....	67
16 Ordforklaringer	68
17 Referanser	71
18 Vedlegg.....	72

1 Forord

Denne planen er utarbeidet på oppdrag fra Samferdselsdepartementet. Bakgrunnen for oppdraget er basert på en per i dag lite tilfredsstillende nettdekning for de reisende i tog.

Begrepet nettdekning er noe begrensende, siden det primært relateres til dekning for å kunne koble seg til internett. Det er imidlertid også formålstjenlig å kunne benytte mobiltelefonen til å gjennomføre telefonsamtaler, og således ha tilstrekkelig dekning¹ også for dette. Derfor brukes mobildekning som begrep i det videre.

Planen er utarbeidet i regi av Jernbanedirektoratet og arbeidet er ledet av Geir Hansen, Fagstøtte jernbaneteknikk og sikkerhet. Prosjektgruppen har bestått av følgende:

Navn	Firma
Øystein Løkås	Bane NOR SF
Morten Helle	Bane NOR SF
Atle Einarson	Jernbanedirektoratet
Geir Hansen	Jernbanedirektoratet
Geir Vadseth	Jernbanedirektoratet
Jon Ingebretsen	Norske tog AS
Rune Andreassen	Norske tog AS
Kristian Hernæs	Rejlers Norge AS
Tommy Skogheim Johansen	Rejlers Norge AS
Christian Duysen	ICE
Asle Kirkesæther	Telenor
Steffen Amundsen	Telia

Tabell 3 Deltagere i prosjektgruppen

Usikkerhetsanalyse er gjennomført av Metier OEC.

¹ Dekning: Dekning er at signalstyrken på radiosignalene som en mobilenhet mottar fra en basestasjon er så sterke at brukeren kan ringe eller koble seg opp på datanett.

2 Bakgrunn

Togreisende opplever per i dag ikke mobildekningen som tilfredsstillende, hverken på tale eller data. NSBs kundeundersøkelse august 2017 [ref. vedlegg 1 og vedlegg 11] viser at de togreisende har en overordnet tilfredshet med internett om bord på 45 %. Tilfredsheten er noe dårligere i Østlandsområdet, hvor denne ligger på 46 %. Andelen med tilfredse kunder på Østlandet fremstår som lav tatt i betraktning at det største passasjergrunnlaget finnes her. Totalt sett mener 4 av 5 reisende at internett-tilgang er viktig, men kun halvparten av kundene er altså fornøyd. Over 85 % av pendlerne mener internett om bord er viktig, mens kun 40 % av pendlerne er fornøyd med opplevd dekning.

Jernbanedirektoratet har fått i oppdrag av Samferdselsdepartementet å utarbeide en plan for bedret mobildekning. Denne planen beskriver nåsituasjonen, samt belyser hvordan de togreisende i Norge kan få bedre og tilfredsstillende mobildekning. Planen er utarbeidet i samråd med Bane NOR, Norske tog, Telenor, ICE og Telia. Formålet med planen er å skaffe en grundig oversikt over dagens dekningssituasjon for de reisende og deretter analysere mulige utbedringer og få oversikt over de nødvendige tiltak som må iverksettes i regi av jernbaneaktørene og teleoperatørene samt de tilknyttede kostnader for å oppnå tilfredsstillende mobildekning på de ulike togstrekningene over hele landet.

Planen kan anvendes som grunnlag for å vurdere budsjettmessige konsekvenser der det er behov for bevilgninger fra Stortinget. Samfunnsøkonomiske vurderinger ligger til grunn ved fastsettelse av ambisjonsnivå og prioritering av tiltak i planen. Innledningsvis er det utarbeidet en beskrivelse av nåsituasjonen for mobiltjenester på tog, herunder en kartlegging av opplevd mobildekning på tog.

Planen inneholder:

- Vurdering av ambisjonsnivå for mobildekningen i jernbanenettet, som tar hensyn til forventet teknologisk utvikling, de reisendes behov mv.
- Nødvendige tiltak for å realisere ambisjonsnivået per banestrekning, herunder en beskrivelse av de aktuelle teknologiske løsningene som inkluderer utstyr om bord i tog samt krav til drift av utstyr om bord i tog. Dette er basert på en vurdering av ulike alternativer.
- En prioritering av strekninger og tiltak.
- Redegjørelse for når en forventer nødvendige effekter oppnådd.
- Oversikt over kostnader for tiltakene og hvilke virksomheter som må bære kostnadene.
- Beskrivelser av hva som må gjennomføres for å opprettholde nødvendig ambisjonsnivå for mobildekningen når det først er oppnådd og hvilke kostnader som ventes å være forbundet med dette.

3 Interessenter

Dette kapitlet belyser sammenhengen mellom ulike interessenter som bidrar til å levere mobiltjenester til de reisende. I denne sammenhengen er de togreisende å betrakte som sluttbruker og primærinteressent. Samspillet mellom de ulike interessentene kan tenkes å spille inn på hvordan man skal og bør angripe problemstillingene, og hvilke resultater som er mulig å oppnå. Følgende aktører gis primært fokus i denne planen:

- Togreisende
- Samferdselsdepartementet
- Jernbanedirektoratet
- Bane NOR SF
- Norske tog AS
- Nasjonal Kommunikasjonsmyndighet (Nkom)
- Teleoperatørene ICE, Telia og Telenor
- Togoperatører

3.1 Togreisende

Togreisende er ingen enhetlig homogen gruppe, men består av reisende med ulike behov og forventninger til reisen når det gjelder både netjtjenester og datahastigheter. De ulike togstrekningene har også togreisende med ulike forventninger og behov for mobildekning.

3.2 Samferdselsdepartementet

Samferdselsdepartementet er myndighet som legger rammebetingelser. Anbefalinger og konklusjoner fra denne planen er innspill til departementets beslutningsunderlag for utvikling og vurdering av rammebetingelsene.

3.3 Jernbanedirektoratet

Jernbanedirektoratet er tilordnet oppgaven med å koordinere jernbanesektoren i Norge.

3.4 Bane NOR SF

Bane NOR er et statlig foretak med ansvar for den nasjonale jernbaneinfrastrukturen. Bane NORs formål er å sørge for tilgjengelig jernbaneinfrastruktur og effektive og brukervennlige tjenester, inkludert knutepunkts- og godsterminalutvikling.

3.5 Norske tog AS

Norske tog er et statseid aksjeselskap og ble skilt ut fra NSB konsernet fra april 2017 som en konsekvens av jernbanereformen. Organisasjonens rolle i markedet er å leie ut tog på like vilkår til operatører som vinner anbud på trafikkavtaler for persontogtrafikk i Norge. Selskapet skal bistå Jernbanedirektoratet med å utrede materiellstrategi med hensyn til samfunnsøkonomiske betraktninger samt stå ansvarlig for innkjøpsprosessen av nye tog.

3.6 Nasjonal Kommunikasjonsmyndighet (Nkom)

NKOM er underlagt Samferdselsdepartementet og har tilsynsansvaret for alle tilbydere av teletjenester i Norge. NKOM har således det regulatoriske ansvar for teleoperatørene.

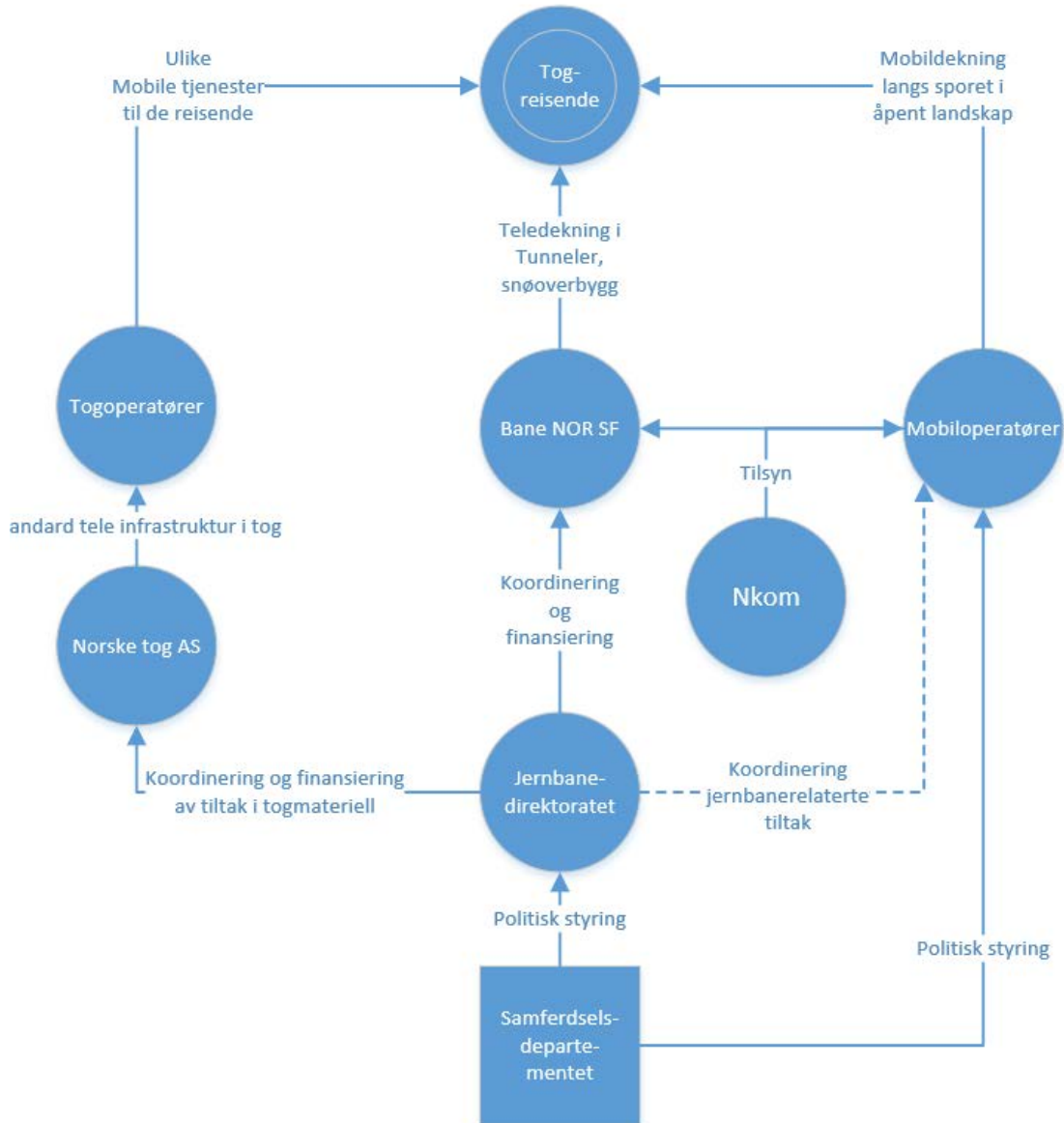
3.7 Teleoperatører (mobilnettleverandører)

Telenor, Telia og ICE er teleoperatørene som er eiere av mobilnett, herunder basestasjoner for mobiltelefoni i Norge. Disse aktørene vil ha interesse av å øke sin kundemasse, gjennom blant annet å sørge for god mobildekning i sine respektive nett samt kontinuerlig dimensjonere kapasiteten i eksisterende nett særskilt tilpasset bruken av mobildata blant de reisende. Teleoperatørene er bidragsyttere i å skape verdier i det norske samfunnet.

3.8 Togoperatører

Kun togoperatører som driver med persontransport er relevante for denne planen. Det er togoperatørene som har ansvar for den daglige togtrafikken, herunder daglig drift og vedlikehold av

tog. Togoperatørene har leasingavtale med Norske tog. Det er togoperatørene som har ansvaret for at det utstyret som er installert i togene til enhver tid er feilfritt og fungerer slik som forutsatt og således gir nytte for de reisende i henhold til utgangspunktet.

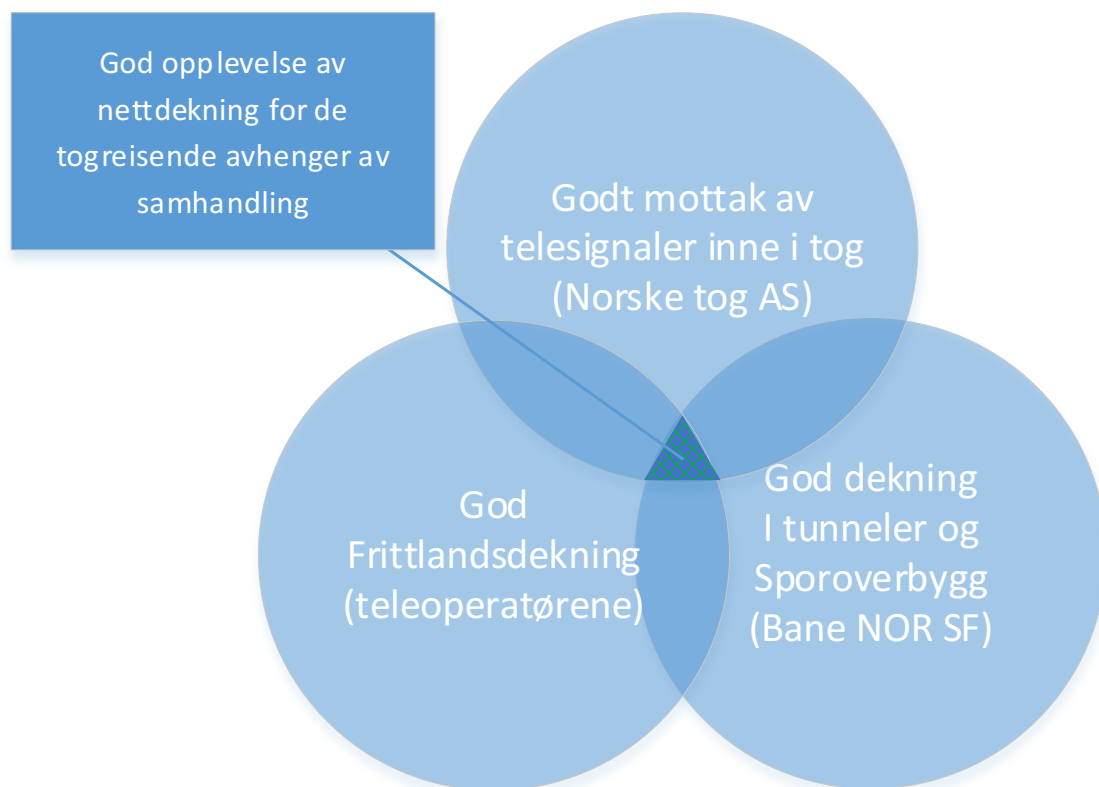


Figur 2 Sammenheng mellom interessentgruppene

4 Opplevd mobildekning

4.1 Aktører må samspille for å gi god mobildekning

For at mobildekningen for togreisende skal oppleves som sammenhengende god er et tett og koordinert samarbeid mellom Bane NOR, Norske tog og teleoperatørene helt essensielt. Alle tre parter må oppfylle sin del av de nødvendige utbedringer og bygging som må til for at de fastlagte og avtalte mål skal være oppnåelig. Siden hver av partene enkeltvis er avhengige av de to andre så må arbeidet med utbedring styres og koordineres med tanke på tid og sted, dette slik at det ikke blir gjort investeringer og utbedringer der en eller begge de andre partene ikke samtidig planlegger å utføre sin del av utbedringen. Norske tog sine mobilforsterkerløsninger i togene er avhengige av teleoperatørenes frittlandsdekning² for å ha noen signaler å forsterke, Bane NOR er avhengige av teleoperatørenes nett for å ha noen mobilsignaler å forsterke og teleoperatørene er avhengige av Bane NOR sin mobilforsterkerløsning inne i tunnelene for å levere de nødvendige signalene til togene.

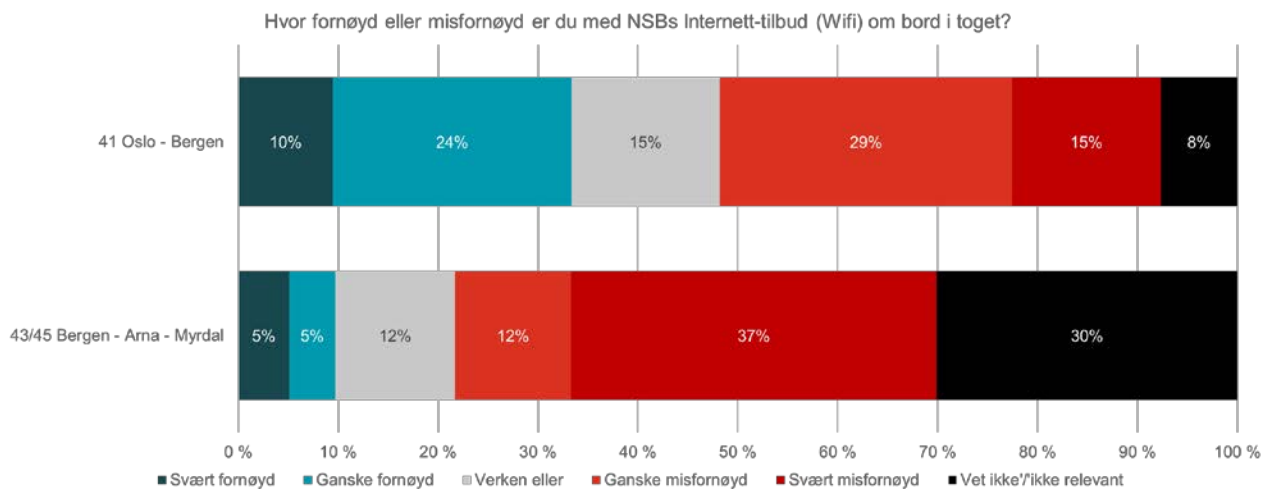


Figur 3 Nødvendig samspill mellom aktører for å oppnå opplevelse av god mobildekning i tog

² Dekningen fra teleoperatører ute i åpent landskap

4.2 NSBs Kundetilfredshetsundersøkelse 2017

NSB gjennomfører kundetilfredshetsundersøkelser to ganger årlig. Grafene under er utdrag av resultat fra siste undersøkelse i 2017. Spørsmålsstillingen er rettet mot Wifi. Det er imidlertid grunn til å mistenke at den reisende ikke nødvendigvis har et bevisst forhold til om de benytter mobilforsterkerløsning eller Wifi. Besvarelsen synes å være rettet mot hvorvidt de er tilfreds med tilgang til internett på et eller annet vis. Når målingen på lokaltog Bergen – Arna – Myrdal er foretatt, så har denne togtypen hverken Wifi om bord eller mobilforsterkerløsning. Det at 67% er svært misfornøyd eller ikke vet, er en bekreftelse på at strekningen i praksis oppleves som dårlig på mobildekning. Øvrige resultater fra NSB sin kundetilfredshetsundersøkelse er å finne i vedlegg 1.

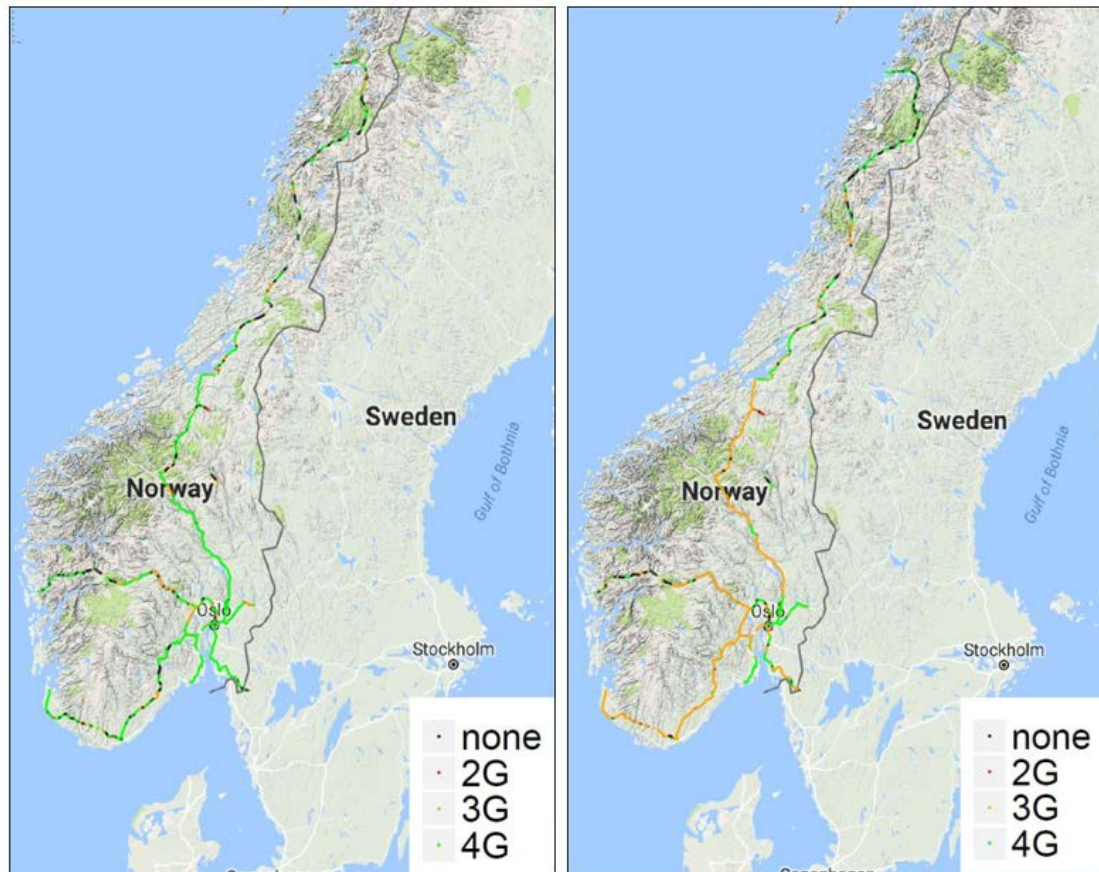


Figur 4 Utdrag fra NSBs kundetilfredshetsundersøkelse, september 2017

4.3 Hva den reisende opplever, basert på Simulas målinger

Simula er et norsk statlig eid forskningslaboratorium innenfor teknologi, kommunikasjonssystemer, IT og softwareløsninger. De har blant annet utført dekningsmålinger om bord på norske tog siden 2015. Målingene er gjennomført med fastmontert måleutstyr i et utvalg av vogner og togsett på ulike banestrekninger over en lengre tidsperiode. Simulas målemetode er relevant som kartleggingsunderlag siden den måler hvordan den reisende opplever mobiltjenestene inne i selve toget. Det har derimot ikke vært en konsistens med utplassering av måleutstyr på vogner og hvorvidt det enkelte togsett har vært utstyrt med mobilforsterker. Det er derfor ikke mulig å benytte disse måledataene til kartlegging av teleoperatørens frittlandsdekning langs den enkelte banestrekning.

Simula sine målinger viser tydelig at opplevelsen av dekning innendørs i de fleste tog ikke er god nok sett opp mot de reisendes forventninger til dekning inne i togsett. Således er Simula sine resultater en forklaring og bekreftelse på de tilbakemeldinger som togoperatør i dag mottar vedrørende mobildekning inne i toget. Av kartene i figur 5 ser vi at Simula har utført målinger for de fleste banestrekninger i Norge med unntak av Østfoldbanen østre linje, Gjøvikbanen nord for Roa, strekningen Larvik-Nordagutu, Rørosbanen, Raumabanen, Meråkerbanen og Flåmsbanen. Disse dekningskartene viser den «typiske» dekningsgraden. Typisk betyr her den teknologien som er den mest observerte på en gitt delstrekning. (For mer om målemetoden, se [Ref.4 Simula rapport "Norske Mobilnett i 2016"].) I kartene representerer grønn 4G, mens oransje representerer 3G. Disse er de dominerende teknologiene der det er dekning. Vi kan videre se at det er klattvisse, men substansielle huller i dekningsgraden. I kartene er dette markert som svarte felter.



Figur 5 Dekningskart basert på Simulas målinger, 2015

Det er viktig å bemerke at målingene vist i figur 5 er fra 2015 eller tidligere. Dette er i telekomsammenheng allerede lenge siden, og det er godt kjent at teleoperatørene har investert betydelige summer i sin 4G-oppgradering etter dette. Nettbruken øker med både flere brukere og mer krevende innholdstjenester. Således er det tilbudet man mente var godt nok i 2015 vesentlig lavere enn den forventningen de reisende vil ha i 2018. Målinger av mobildekningen viser at avbrudd er blant de største utfordringene for slike tjenester. Homogene nett med ingen, eller svært få, teknologiskifter (RAT-skifte – bytte mellom 3G, 4G³) er en stor bidragsyter til stabilitet, og derved god kundetilfredshet [Ref 5: Investigating Packet Loss in Mobile Broadband Networks under Mobility]. Simulas studie viser at 70% av datatap skyldes RAT-skifte (typisk overgang mellom 3G og 4G). Reduksjon av RAT-skifte oppnås således ved å bygge en tett og sammenhengende 4G frittlandsdekning langs banestrekningene og i alle tunneler.

³ RAT - Radio Access Technology. Underliggende forbindelsesmetode i radiobasert kommunikasjon. Dagens mobiltelefoner kommuniserer på ulike former for RAT: 2G, 3G, 4G, LTE, Wifi, Bluetooth

Simula har gjennomført nye identiske målinger i 2017 og det er ventet at en ny revidert rapport vil være tilgjengelig i løpet av første halvår 2018.

4.4 Mobildekning langs jernbanestrekningene, basert på Bane NORs målinger

Bane NOR utfører jevnlig egne målinger av teleoperatørens dekning langs de ulike banestrekningene. Disse målingene gjøres ved hjelp av Bane NOR sin egen målevogn som kalles ROGER1000. I utgangspunktet hadde målevognen som hovedfokus å måle GSM-R⁴-dekning og -kvalitet. Vognen har senere blitt oppgradert med teknisk utstyr i form av en skanner som også er i stand til å måle og loggføre dekning og kvalitet fra alle de tre teleoperatørene. Målingene utføres ved bruk av utvendig takmonterte antenner. Disse gir derved et meget godt bilde av den tilgjengelige dekningen utenfor toget langs sporet.



Figur 6 Bane NOR sin målevogn ROGER1000

Bane NOR har som mål å gjennomføre målinger per banestrekning minimum to ganger årlig. Målingene viser hvilken type teknologi som er langs sporet, dvs. 2G⁵, 3G og 4G, samt signalstyrke og båndbredde⁶.

Siden det allerede er klart at det å skape en god innvendig dekning for de reisende forutsetter at alle togsett og vogner har mobilforsterker installert, så er Bane NOR sine målinger helt essensielle i arbeidet med å kartlegge behovet for bedret frittlandsdekning. I den videre analysen av dekning

⁴ GSM-R: GSM-R (R for railway) er et lukket mobilnett (digitalt radiosystem) utviklet for jernbaner i Europa.

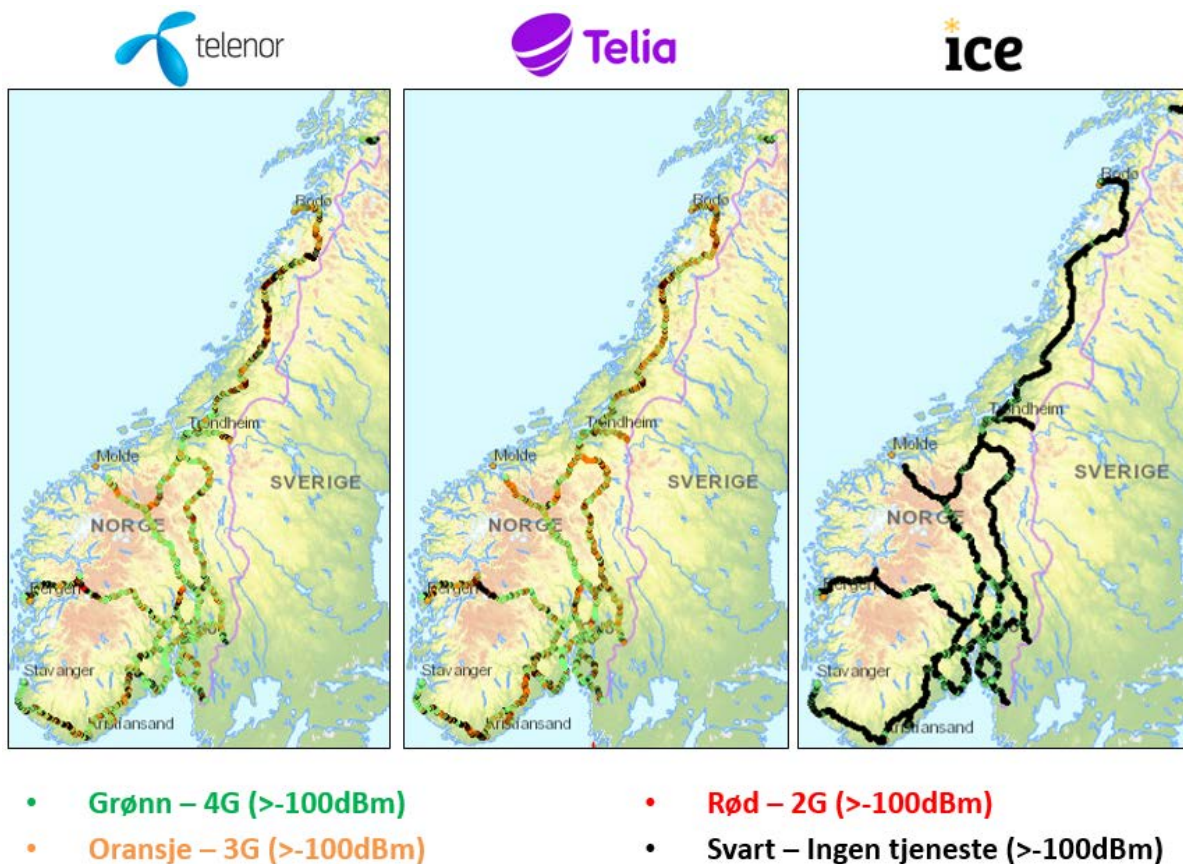
⁵ 2G: 2G er andregenerasjons automatiske mobilsystem. Oftest kjent som GSM (opprinnelig Groupe Spécial Mobile) er et digitalt system for mobiltelefoni. I utgangspunktet for tale og SMS.

⁶ Båndbredde angir størrelsen/mengden tilgjengelig kapasitet innfor et gitt frekvensområde. Jo større båndbredde man har tilgjengelig, desto større mengder data eller høyere datahastigheter kan man prosessere/levere innen det angitte frekvensområdet. Disponerer man eksempelvis alle frekvenser mellom 695 til 705 MHz, har man tilgjengelig en båndbredde på 10 MHz.

legges derfor Bane NOR sine måleresultater til grunn, og det er disse målingene som er benyttet som underlag i teleoperatørene sin kartlegging av behov for eventuell bedret frittlandsdekning.

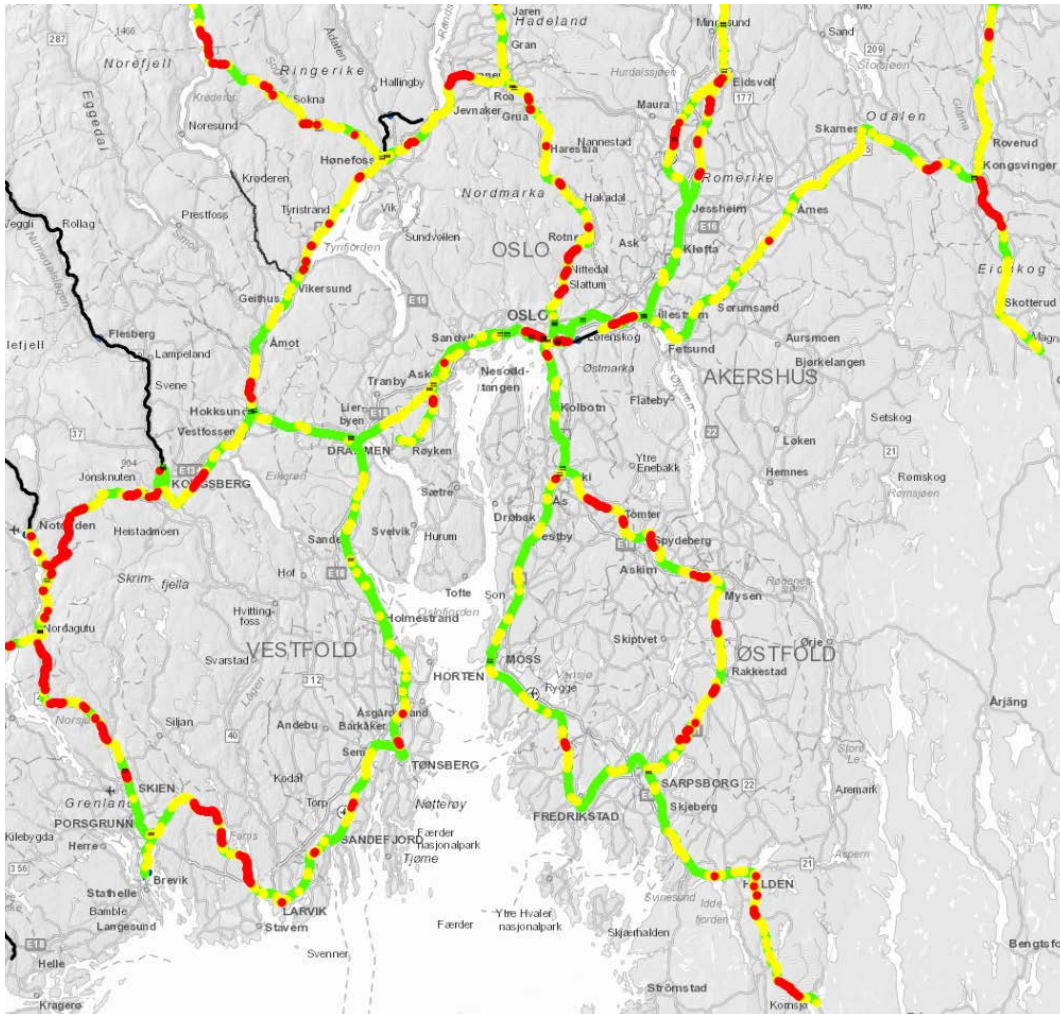
Bane NOR sine måleresultater er formidlet til teleoperatørene som underlag for analyse av hvilke tiltak de må planlegge og gjennomføre for å oppnå bedre mobildekning langs den enkelte jernbanestrekning.

Kartene i figur 7 illustrerer dekning på nasjonalt nivå målt med utvendig montert antenne på Bane NORs målevogn. Siste målinger er fra sommeren 2017, og viser i grov skala andelen 4G-, 3G- og 2G-dekning langs banestrekningene.

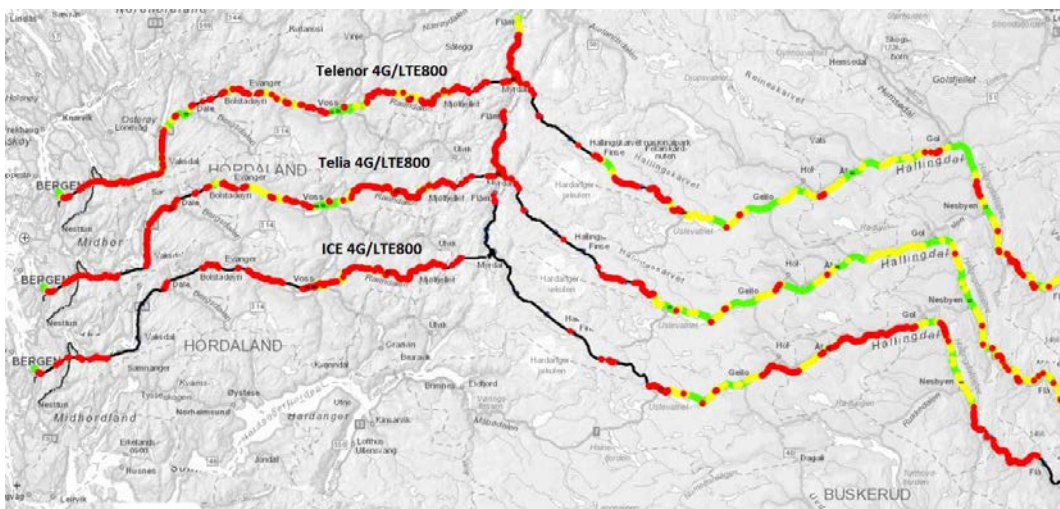


Figur 7 Dekningskart (signalstyrke i dBm⁷) for Telenor, Telia og ICE, basert på målinger utført av Bane NOR sin målevogn, ROGER1000 i 2017. Verdiene vist for 2G og 3G er korrigert og tilpasset ekvivalent med en terskelverdi på -100 dBm for 4G. (For 2G: -75,2 dBm og for 3G -87 dBm)

⁷ dBm: Signalstyrken angis i dBm (desibel-milliwatt). Jo større negativ verdi i dBm, desto dårligere dekning. De ulike teknologiene 2G, 3G og 4G har ulike grensetall for hva som regnes som god dekning. God dekning for 2G ligger i intervallet -60 til -90 dBm, for 3G ligger det i intervallet -70 til -100 dBm og for 4G i intervallet -90 til -110 dBm. Lavere enn dette angis som svak dekning.



Figur 8 4G dekningskart Telenor målt 2017. Grønn og gul angir bedre enn -100 dBm signalstyrke, rød angir svakere enn -100 dBm



Figur 9 4G-målinger Telenor, Telia og ICE på Bergensbanen. Grønn og gul angir bedre enn -100 dBm signalstyrke, rød angir svakere enn -100 dBm. Svart angir, ingen dekning/signal

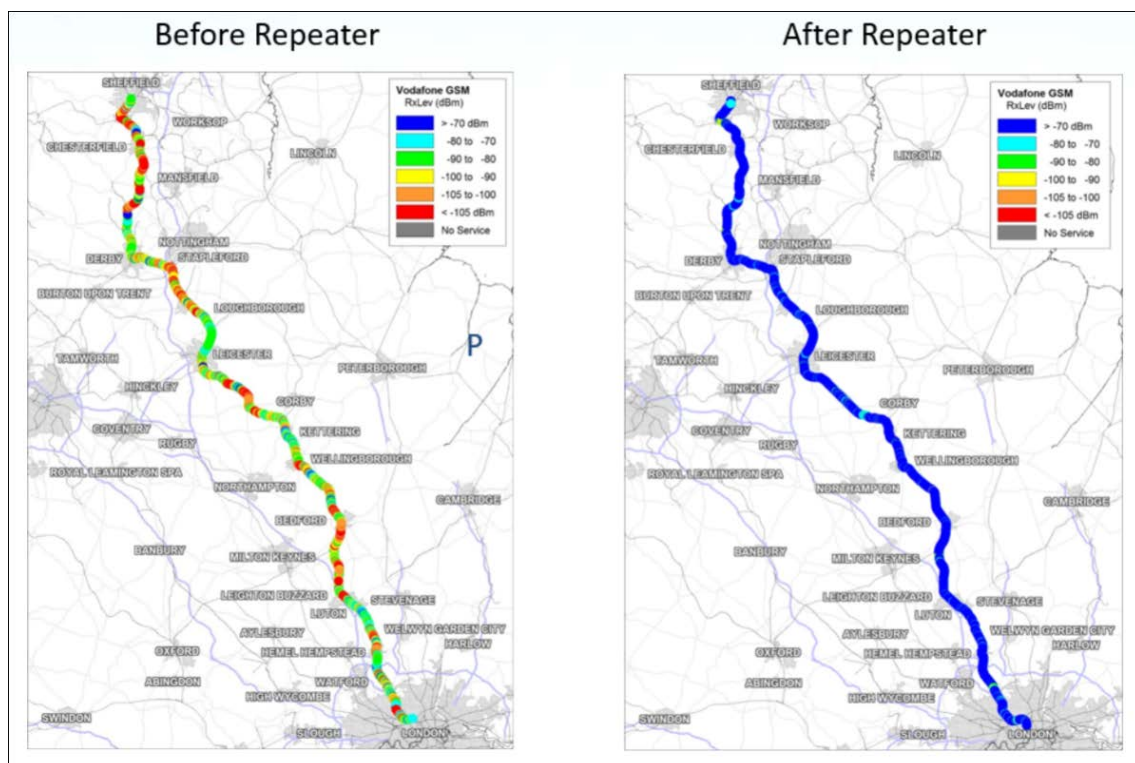
5 Erfaringer andre aktører

5.1 Erfaringer andre land

Mye av utfordringene med dekning inne i tog kommer av at togvogner, spesielt de nyere og mest moderne typene, demper radiosignaler fra utsiden i svært høy grad. Materialvalg i karosseri, samt vinduer som er belagt med metallfilm for å hindre varmeinnstrålingen fra sollys er hovedårsaken til dette.

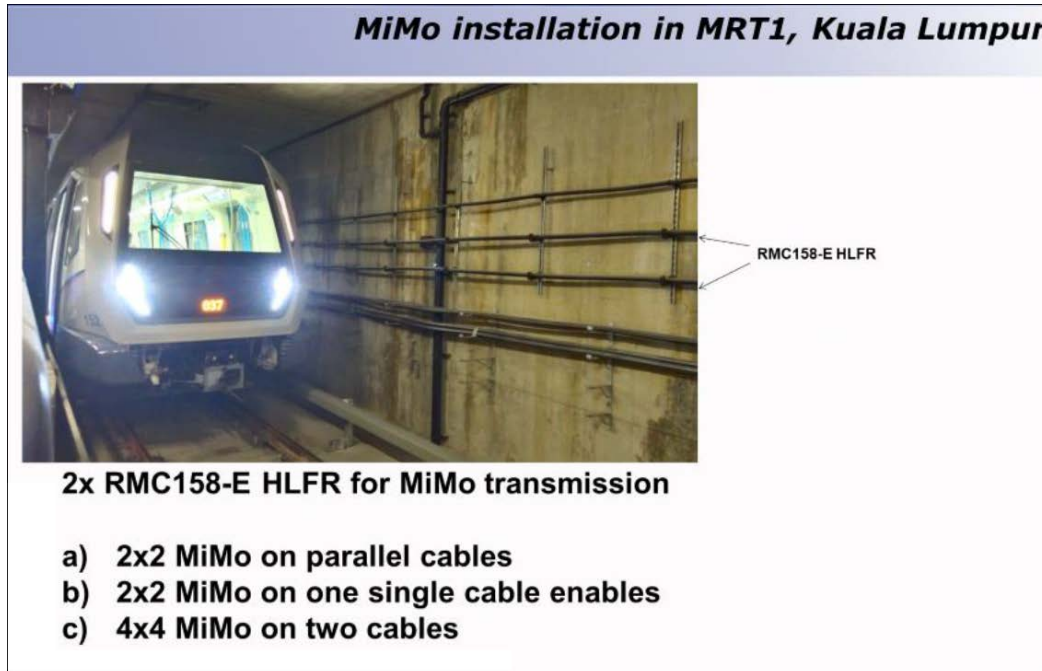
Løsninger for å redusere demping av mobilsignalene uten behov for installasjon av innvendige mobilforsterkere er blant annet under utprøving i Tyskland [Ref 71 - [Urban Mobility Siemens Urban Mobility - Better Surfing in Trains](#)], der man tester vinduer med lav signaldempning. Dette er dog en løsning som krever meget jevn frittlandsdekning der basestasjoner har fri direkte innstråling mot jernbanesporet over en lengre strekning. Norges topografi vil i stor grad negativt påvirke en slik mulig løsning siden jernbanesporet svært ofte befinner seg i skjæringer, mellom åser og ofte mellom andre mulige signalthindringer for frittlandsdekningen. Således er antenner på taket av toget den løsningen som ivaretar best mulig mottaksforhold.

I England har selskapet PAN RF, som er en kommersiell leverandør av mobile nettjenester på tog, i samarbeid med East Midlands Train gjennomført testing av opplevd mobildekning med og uten mobilforsterker i tog. Like togsett med og uten mobilforsterker ble kjørt den samme banestrekningen mellom London og Nottingham i samme retning uten at det ble gjort noen endringer fra teleoperatørene på frittlandsdekningen. Målinger ble gjennomført på samme sted inne i togsettet og kunne da direkte sammenlignes i etterkant. Resultatet fra denne testen en tydelig indikasjon på effekten av installert mobilforsterker i tog. Togsettet med mobilforsterker viser en meget god dekning for de reisende med et jevnt og godt radiosignal hele strekningen.



Figur 10 Mobildekning uten og med mobilforsterker (repeater) i tog mellom London og Nottingham, kilde Pan RF

I Malaysia har teleoperatøren Maxis Berhad sammen med Sunwave Solutions og Eupen Cable AG gjennomført tester av 2X2 MIMO⁸ kontra 4X4 MIMO strålekabelløsninger i T-banetunneler. Målingene er gjennomført høsten 2017 i tunneler med normal trafikk.



Figur 11 2X2 vs 4X4 MIMO test på T-banen i Kuala Lumpur

Testene ble gjennomført på en 2600 MHz frekvens med 20 MHz båndbredde på en slik måte at man utførte målinger på MIMO-løsninger med 1 og 2 strålekabler og med mobilforsterkere i én eller begge ender av kablene. Resultatene viser kun marginal forskjell ved bruk av én kabel med mobilforsterker i begge ender eller to kabler med hver sin forsterker i én ende. Resultatene viser derimot en markant bedring av datahastighet og kapasitet når man endrer fra 2X2 til 4X4 MIMO-løsning. Ved å endre fra 2X2 til 4X4 MIMO økte maksimal nedlastingshastighet fra 148 til 238 Mb/s.

5.2 Erfaringer T-banen Oslo

På T-banen i Oslo ble det i årene 2013 til 2016 gjennomført et meget stort prosjekt som hadde til hensikt å sikre full 4G mobildekning med god datahastighet i samtlige tunneler. Prosjektet ble gjennomført som et samarbeidsprosjekt mellom teleoperatørene Telia, Tele 2 og Telenor samt Ruter og Oslo Sporveier. Over en periode på tre år ble det installert 50 km strålekabler og over 150 fibermede mobilforsterkere i alle tunneler. Disse mobilforsterkerne får sine signaler fra egne dedikerte basestasjoner plassert på fire tekniske rom knyttet til T-banenettet. Signalene til de reisende på T-banen sendes ut via strålekabler som henger boltet på veggen inne i tunnelene like utenfor vinduene på T-banevognene. Antenneanlegget i tunnelene ble bygget som 2X2 MIMO på 4G med frekvensene 1800 og 2600 MHz, enkeltbånd⁹ 4G på 800 MHz samt 3G og 2G på henholdsvis 2100 og 900 MHz. Erfaringene fra dette prosjektet er meget gode, og Oslo er i dag i verdenstoppen når det gjelder dekning og kapasitet på mobildata inne på T-banen. Med de benyttede frekvensene

⁸ MIMO: «Multiple-Input, Multiple-Output». Metode i datakommunikasjon. Metoden bruker flere signalveier mellom basestasjon og mobilenhet og krever flere antenner, typisk to (2X2 MIMO) eller fire (4X4 MIMO).

⁹ Når en basestasjon sender ut signaler på en gitt teknologi på kun ett frekvensbånd.

og 2X2 MIMO teknologi så har anlegget en teoretisk makshastighet på godt over 200 Mb/s i hver eneste av cellene fra basestasjonene. Siden denne totale kapasiteten er en ressurs som kontinuerlig deles mellom alle brukere innenfor hver celle så vil i praksis den enkelte bruker erfaringsmessig oppleve gjennomsnittlige hastigheter på 15-20 Mb/s. I høytrafikk like over 10 Mb/s, siden teoretisk makshastighet deles mellom alle mobilabonnenter. Målinger og tester som er utført viser at dekingen og kapasiteten i tunnelene oppleves som meget god. Teleoperatørene mottar ikke lenger klager fra kunder når det gjelder deking og datahastighet på T-banen.

Utenfor tunnelene er den generelle frittlandsdekingen såpass kraftig og dempingen i karosseri og vinduer på T-banevognene så lav at man ikke fant behov for å installere mobilforsterkere inne i vognene. De steder ute i åpent landskap der det eventuelt var behov for oppgradering enten av signalstyrke eller kapasitet på mobildata ble det opp til den enkelte teleoperatør å utbedre selv.

Hele anlegget er finansiert av teleoperatørene som betaler Sporveien en avtalt leiesum for teknisk rom og plass for kabler i tunnelene. Avtalen er regulert slik at teleoperatørene i samarbeid har ansvaret for overvåking, drift og vedlikehold av hele anlegget.

5.3 Flytogets satsing på å tilby mobildekning til sine kunder i 2017

Flytoget tilbyr i dag sine reisende nettilgang både via Wifi og mobilforsterker direkte til teleoperatørenes nett.

Flytogets mobilforsterkere eies av Telenor og Telia. Telenor har ansvar for overvåking, feilmelding og oppfølging av feilrettingen. Telia har ansvar for dekningsmålinger ved behov. Dette er del av en samarbeidsavtale mellom Flytoget AS, Telenor og Telia.

Flytoget har valgt å etablere en ny Wifi-løsning da deres vurdering er at tilstrekkelig antall reisende med Flytoget har meddelt at de ønsker en slik løsning. Andelen brukere av Wifi om bord er beregnet til ca 20%, og selv med denne relativt lave brukerlasten så overstiges abonnementsavtalene på datamengde for de SIM-kortene som benyttes i modemene som mater Wifi-løsningen.

5.4 Bybanen i Bergen

Under en befaring januar 2018 i sammenheng med et annet prosjekt ble det opplyst om at Bybanen har besluttet å gå bort fra sin Wifi-løsning og kun satse på mobilforsterkere i sine kjøretøy. Årsaken er at de ikke ser tilstrekkelig nytte i forhold til kostnad i Wifi-løsningen.

5.5 4X4 MIMO-testing i Holmestrandtunnelen

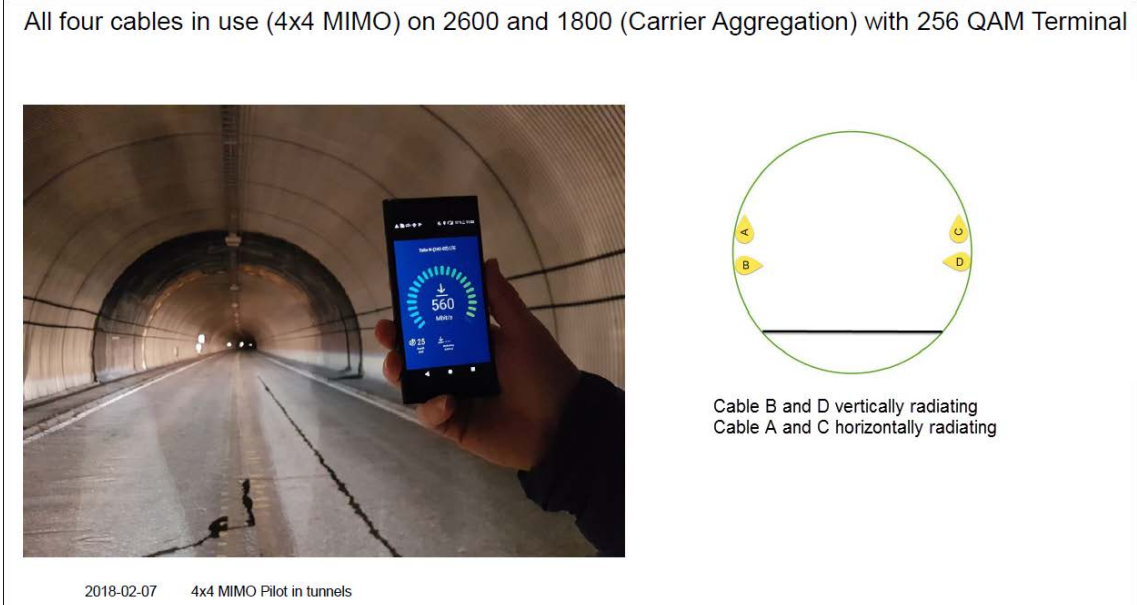
Bane NOR har i samarbeid med Telia gjennomført tester av ulike MIMO-konfigurasjoner med strålekabler i den stengte vegtunnelen i Holmestrand. På lik linje med Maxis sine tester i Malaysia så er det her testet med ulike kombinasjoner av antall strålekabler og hvordan disse har blitt brukt i 2X2 og 4X4 MIMO-oppsett. Testene er gjennomført i februar 2018 under optimale forhold i tunnel uten trafikk. Testen gjenspeiler således ikke kapasiteten i en «live» tunnel, men viser på en meget god måte de praktiske maksimale hastigheter det er mulig å oppnå. I motsetning til Maxis sine tester er det i denne testen blitt benyttet 1800 MHz- og 2600 MHz-bånd i Carrier Aggregation mode¹⁰ (4G+) med en total båndbredde på 40 MHz. Resultatene av denne testingen er meget gode, og man oppnådde med 4X4 MIMO og 4G+ en maksimal hastighet på 560 Mb/s, som på dette tidspunkt antakelig er den høyeste hastighet oppnådd i tunnel noen gang.

Antennekonfigurasjon	Maksimalt målt datahastighet (Mb/s)
SISO ¹¹ med 4G 2600 MHz	72
2X2 MIMO med 4G 2600 MHz	144
4X4 MIMO med 4G 2600 MHz	241
4X4 MIMO med 4G+ (Carrier Aggregation 1800/2600)	560

Tabell 4 Målte datahastigheter i Statens vegvesens stengte tunnel i Holmestrand

¹⁰ Carrier Aggregation, også kommersielt benevnt som 4G+-teknologi innebærer at man fra samme basestasjon og i samme celle sender ut signaler på samme teknologi, men i flere forskjellige frekvensbånd. Brukerens telefon, som da må støtte denne teknologien, er i stand til å «lytte» på flere frekvensbånd samtidig og benytte seg av kapasiteten i alle de bånd den lytter på. En enkel sammenligning er énfelts kjørevei kontra flerfeltsvei der effekten er bedre kapasitet til å håndtere en høyere trafikkmengde.

¹¹ SISO: «Single-Input, Single-Output». Metode i datakommunikasjon. Bruker én signalvei med én enkelt antenne.



Figur 12 4X4 MIMO med fire strålekabler og 4G+-teknologi på 1800- og 2600-båndet med totalt 40 MHz båndbredde.

5.6 Wifi Trackside-testing i Skottland

I Skottland skal det gjennomføres Wifi trackside-testing på jernbanestrekningen mellom Glasgow og Edinburgh. Testene gjennomføres som et samarbeid mellom ScotRail og Cisco. Testen går ut på å bygge fibermatet Wifi-løsning på ulisensiert bånd langs jernbanesporet som mater togmontert utstyr som igjen distribuerer signalene til de reisende. Årsaken til at man velger å teste dette er svakt utbygd 3G- og 4G-dekning langs sporet, særlig i tunneler og i skjæringer i terrenget.

For Norges del anses dette per nå som en ikke fullgod løsning da den vil kreve en meget høy investering i nytt utstyr som man ikke benytter i dag og at en slik løsning kun vil være økonomisk forsvarlig i meget tett befolkede områder. En annen antatt ulempe med denne løsningen er at signalene sendes på åpne ulisensierte frekvenser som gir stor risiko for støy og interferens. Trackside-teknologi¹² er uansett interessant og kan muligens i fremtiden benyttes som en kapasitets-«booster» på kortere strekninger med meget høyt antall reisende. Løsningen støtter også kun dekning som er nødvendig for datakommunikasjon, men ikke vanlig telefoni. Derved vil det uansett være nødvendig å etablere mobildekning i tillegg.

¹² Trackside-teknologi betyr at det langs jernbanesporet, gjerne bare få meter unna skinnegangen legges strålekabel eller «tett i tett» med et stort antall små antenner som er kjedet sammen. Fra disse antennene sendes det signaler med relativt lav effekt, men nok til at mottakerantenner montert på toget kan fange dem opp og distribuere dem inne i togsettet. Prinsippet kan brukes på flere ulike teknologier, men mest vanlig i dag er å benytte ulisensierte frekvenser og Wifi som teknologibærer.

6 Teleoperatørens nåværende dekningsplaner langs jernbanen

Teleoperatørene Telia og Telenor har de siste årene gjort store investeringer i oppgradering av det eksisterende mobilnettet. I praksis er samtlige eksisterende basestasjoner byttet ut fra tradisjonelle separate 2G (GSM), 3G og 4G systemskap (rack) til såkalte «Multi-teknologi systemskap». Med det menes at de rack som nå er innmontert i den enkelte basestasjons lokasjon kan støtte både 2G-, 3G- og 4G-teknologi. En fremtidig oppgradering til 5G-teknologi vil bety en ny oppgradering og/eller utskifting av dagens utstyr.

Operatørene har også gjennomført et stort arbeide med å supplere med de nødvendige antenner og tilhørende kabelløsninger slik at man kan sette i drift 4G-teknologi på tilnærmet samtlige basestasjoner.

Telenor og Telia har som uttalt mål i løpet av kort tid (i løpet av 2018) å ha oppnådd «4G all over» Dette vil i praksis bety at befolkningsdekningen på 4G vil være lik eller noe bedre enn dagens kjente 2G-dekning. Dette oppnår operatørene ved en utstrakt bruk av det langtrekkende frekvensbåndet på 800 MHz. Operatørene bygger nå fortløpende flere frekvenser på 4G på samme basestasjon slik at ikke bare den nødvendige dekningen kommer på plass, men også tilstrekkelig kapasitet til å håndtere det kraftig økende behovet for mobildata. Både Telenor og Telia benytter derfor nå både 800-, 1800- og 2600 MHz-båndet i ulike kombinasjoner for å bygge best mulig dekning og nødvendig kapasitet over hele landet.

ICE har etter overtakelse av en stor mengde av basestasjonspunktene til Mobile Norway foretatt en meget stor modernisering, oppgradering og utbygging av sitt mobilnett. Deres totale antall stasjoner og mobildekning har således økt kraftig på kort tid. ICE bygger sitt landsdekkende mobilnett som et rent 4G-nett på frekvensene 800, 900 og 1800 MHz. Deres 2100 MHz-bånd brukes til deres innendørs femtocell¹³-løsning. ICE sine 450 MHz-frekvenser er per i dag et rent mobildata-ruterprodukt siden smart-telefoner ikke støtter denne frekvensen. ICE bygger fortsatt ut både befolknings- og arealdekning over hele landet, men fokus er naturlig nok de mest befolkede områdene. Der ICE ikke har egen dekning, så har de en roamingavtale med Telia, slik at ICE sine kunder opplever dekning tilsvarende Telias mobildekning.

Basert på alle tre teleoperatørers utbygging og modernisering de siste årene er det nærliggende å tro at arealdekningen for 4G vil ligge på minimum mellom 75 og 85 % i løpet av 2018 Dette er tilnærmet likt dagens arealdekning på 2G. Til sammenligning var eksempelvis arealdekningen for 4G i 2015 på cirka 50%.

Telia og Telenor er også i oppstartsfasen med slukking av 3G-nettet. Dette nettet benytter i dag hele 2100-båndet og deler av 900 MHz-båndet. Utstrekningen av 4G-dekning er nå så høy og mengden av telefoner som kun kan benytte 3G-nettet så lav at operatørene ser en kraftig overkapasitet for 3G-dekning og 3G-kapasitet mange steder.

En kontrollert nedstengning av utvalgte 3G-stasjoner på disse to frekvensene er derfor allerede startet, og operatørene kan da gjenbruke disse båndene for å bygge ytterligere 4G-dekning og 4G-kapasitet på de aktuelle stasjonene. Det er antatt at dette arbeidet vil eskalere i årene fremover, og

¹³ Femtocell: Liten basestasjon for innendørs bruk som dekker et begrenset fysisk område med begrenset kapasitet. Krever egen gateway for å kommunisere inn mot det normale mobilnettet og er således i meget lite bruk i dag.

med stor sannsynlighet vil 3G være helt borte som teknologi i løpet av 3-4 år. For GSM sin del så er utviklingen lignende, men her vil 2Gteknologien fortsatt eksistere på en avgrenset del av 900-båndet (5 MHz båndbredde) et godt stykke inn på 2020-tallet. Årsaken til at GSM ikke kan eller vil bli slukket samtidig som 3G forårsakes primært av to faktorer.

1. Ikke alle mobiltelefoner støtter i dag tale over 4G (VoLTE¹⁴).
2. Andelen M2M¹⁵-utstyr ute i nettet som kun støtter GPRS/EDGE¹⁶-teknologi er meget høy og GSM kan ikke slukkes før dette utstyret er skiftet ut. (Denne utfordringen er størst for Telenor da de har flest kunder på dette produktet.)

Teleoperatørens sitt hovedfokus nå og i årene fremover vil primært være 4G-aktivering på eksisterende basestasjoner samt kapasitetsoppgraderinger i form av flere frekvensbånd i eksisterende nett. Nye tilgjengelige frekvensbånd i 700 MHz-båndet vil også være en sterk påvirkende faktor for deknningen langs jernbanesporet i distriktene.

Det bygges færre og færre helt nye basestasjoner, og disse bygges primært knyttet mot nye boliger og nye hytteområder, samt innendørsdekning i næringsbygg og ny dekning for veg og tunnel for biltrafikk. Utbygging i nye veitunneler foregår i dag som prosjekter der partene deler på den totale kostnaden for utbyggingen.

På grunn av lav kommersiell lønnsomhet er det per i dag liten eller ingen utbygging av helt ny dekning som har som primærhensikt å dekke eksisterende jernbanestrekninger fra teleoperatørens side. Teleoperatørene har derved heller ikke plan som fokuserer på dette i årene fremover. Dette betyr at jernbanestrekninger hvor det ikke er dekning i dag, heller ikke uten videre kan forventes en merkbar endring i fremtiden. For de områder av jernbanen som går i tettere bebygde områder eller parallelt med hovedvegstrekninger vil det fortsatt kunne oppleves en bedret 4G-dekning og mobildatakapasitet.

¹⁴ VoLTE: Voice over LTE. Innebærer at man kan ringe og ha en normal telefonsamtale når telefonen bruker 4G-dekning.

¹⁵ M2M: Maskin-til-maskin kommunikasjon. Utstyr som bruker mobilnettet, men ikke til eksempelvis tale eller datasurfing. Typisk betalingsterminaler, strøm-målere, alarmer, hytteovervåkning etc. Mye av dette utstyret er gammelt og bruker 2G-nettet som «bærer» av tjenesten.

¹⁶ GPRS/EDGE: Benevnelsen på den databærende tjenesten i et 2G (GSM) nett, maksimal datahastighet ca 200 Kb/s

7 Ambisjonsnivå for mobildekning

De togreisende har en forventning om god nok taledekning, internettilgang og digitale tjenester ikke bare i hjemmet og på arbeid, men også underveis når de er på reise. For at tog som transportmiddel skal bli enda mer attraktivt er det nødvendig å imøtekomme deres forventninger også under deres togreiser. Mange av dagens arbeidsoppgaver og gjøremål kan utføres underveis på reise forutsatt at mobildekningen er god. Således bidrar bedre mobildekning på tog til at flere velger kollektivtransport og man er et skritt i nærmere retning av mer bærekraftig utvikling. Nyten vil potensielt bli størst fra omlandet omkring de store byområdene hvor bilkøer er et daglig problem.

7.1 Måltall for tilfredshet med mobiltjenester settes til 80%

NSB gjennomfører månedlig en markedsundersøkelse, også kalt omdømmetracker. I disse undersøkelsene måles de reisendes opplevelse av internett om bord i toget. Basert på omdømmetrackeren og NSBs kundetilfredshetsundersøkelser foreligger en del resultater, jfr. vedlegg 1 og vedlegg 11 som er av interesse for denne planen:

- 4 av 5 passasjerer mener at tilgang til internett er viktig (80%).
- Totalt sett er trenden at rundt halvparten av kundene er fornøyd med internetttilgangen.
- Tilfredsheten er noe dårligere (46%) i Østlandsområdet der det er flest kunder som reiser med tog.
- I pendlergruppen mener over 85% at internett er viktig.
- Pendlerne er litt mindre fornøyd (i snitt er under 40% fornøyd).
- Ferie og fritidsreisende er litt mer fornøyd (noe over 50%).
- Jo oftere man tar toget, desto større sannsynlighet er det at man er misfornøyd.

I tillegg til omdømmetrackeren gjennomfører NSB også en kundetilfredshetsundersøkelse. Denne er relativt omfattende og utføres to ganger årlig. Frem til nå har den ikke inneholdt spørsmål om de reisendes opplevelse av internetttilbudet om bord, men i møte med NSB den 25.01.2018 ble det fortalt at dette ble inkludert fra høsten 2017.

I det videre arbeidet settes måltallet for tilfredshet med internetttilgangen til 80%. Måltallet er basert på forholdene beskrevet under, samt punktet over om at 80% av de reisende mener tilgang til internett er viktig. De beskrevne og anbefalte tiltak i denne planen sikter mot 80% tilfredshet på omdømmetrackeren innen en seksårsperiode. Det forventes at 60% skal være oppnådd i løpet av maksimalt 4 år, etter at systematisk forbedringsarbeid er iverksatt i henhold til anbefalingene i planen.

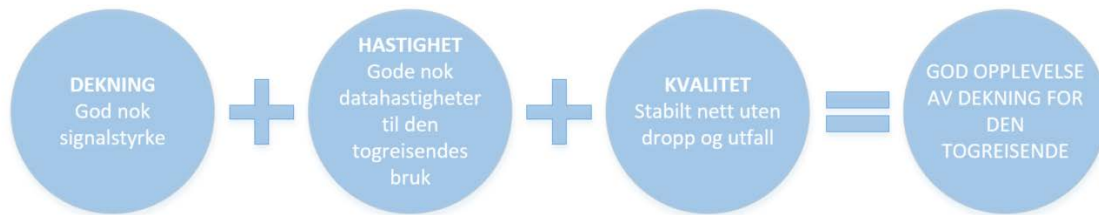
Av ulike teknologiske årsaker vil man ikke kunne oppnå en reise med mobildekning som til enhver tid fungerer optimalt sett fra alle de reisendes ståsted. Et måltall om 100% tilfredshet er således i praksis neppe oppnåelig. Det er mange forhold som kan påvirke den reisendes opplevelse av mobildekning i negativ grad. I det videre er noen av forholdene beskrevet.

7.1.1 Individuelle ønsker og behov

Blant de reisende om bord på tog vil det være individuelle forskjeller på oppfattelsen av «god» hastighet på dataforbindelser. Enkelte reisende vil kunne ha spesielle tekniske behov og dermed også ha forventninger om høyere kapasitet og hastighet sammenlignet med flertallet av de reisende. Eksempler her kan være opplasting av store tunge filer eller strømming av meget høyoppløselig lyd og bilde.

7.1.2 Teknologiens tilgjengelighet og pålitelighet

Tre hovedelementer må oppfylles for å oppnå opplevelse av god mobildekning. Aller først må det være god nok styrke på selve radiosignalet der den reisende oppholder seg. Deretter må det være tilstrekkelig kapasitet (båndbredde) på signalene slik at kunden får benyttet de tjenestene de ønsker. Nødvendig kapasitet vil være direkte påvirket av antall samtidige brukere innenfor et geografisk område. Til sist må nettet levere en høy stabil kvalitet og oppetid. Samtlige av disse tre faktorene må være tilstede for at kunden i deres vurdering vil oppleve dekningen som god.



Figur 13 Tre hovedelementer som må oppfylles for å oppnå opplevelse av god mobildekning

Mobilnettene som mater mobilforsterkerne på togene kan aldri garanteres å være 100% feilfrie. Parameterfeil, databasefeil, radiostøy og interferens påvirker et mobilnett og kan føre til utfordringer med korte dropp i samtaler og brudd på datatilkoblinger i enkelte geografiske områder. Områder som typisk er utfordrende er ved inn- og utganger av tunneler samt i områder der en større mengde basestasjoner dekker det samme området. Bruk av ulovlig radioutstyr, eksempelvis ikke-godkjente mobilforsterkere og annet ulovlig anskaffet radioutstyr kan også påvirke kvaliteten på teleoperatørene sine lisensierte frekvensbånd. Både teleoperatørenes basestasjoner og Bane NOR-s mobilforsterkere og antennesystemer kan feile grunnet strømbrydd, transmisjonsbrudd, kabelbrudd eller annen form for teknisk svikt.

Det kan naturligvis også oppstå teknisk feil i mobilutrustningen om bord i togene. Feilrettingstid på utstyr montert i tog kan i enkelte tilfeller være mye lengre sammenlignet med stasjonært montert utstyr. Årsaken til dette er at togene er i «konstant» bevegelse. Således må feilretting legges til beste egnede sted med tanke på geografisk plassering og tidsvindu tilgjengelig til å utføre feilrettingen.

7.2 Operasjonalisering av måltall

Bruken av internett vil erfaringsmessig i stor grad variere mellom de ulike typer reisende. En stor andel forventer å kunne strømme både video og musikk. Slike strømmetjenester er de mest ressurskrevende nettjenestene. For å kunne strømme en video på mobile enheter i tilfredsstillende kvalitet for slike enheter så er det bred enighet, også mellom teleoperatørene, om at det kreves en datahastighet på minimum 5 Mb/s. Dette er også en hastighet andre fagmiljøer, som Nkom, mener vil gi en god brukeropplevelse. Videostrømming fordrer også høy stabilitet i tjenesten. Tabellen nedenfor gir en enkel oversikt over hvilke hastigheter som per i dag kreves for de ulike tjenester.

Hastighet	Tjenester
<2 Mb/s	Helt enkle tjenester vil fungere i øvre sjikt av hastighet. Treg nedlasting av store filer og hakkete videostrømming.
2-5 Mb/s	Normal nettsurfing vil fungere, men kan oppleves som sakte ved opplasting av enkelte web-sider og video.
5-15 Mb/s	All vanlig nettsurfing vil fungere. Man kan se video og lyd i god oppløsning på en mobil enhet.
15 Mb/s>	Alle applikasjoner, spill og tjenester som er tilgjengelig for mobile enheter vil fungere svært godt.

Tabell 5 Sammenheng mellom netthastighet og brukeropplevelse

7.2.1 Målsetning for hastighet i tilkobling til internett

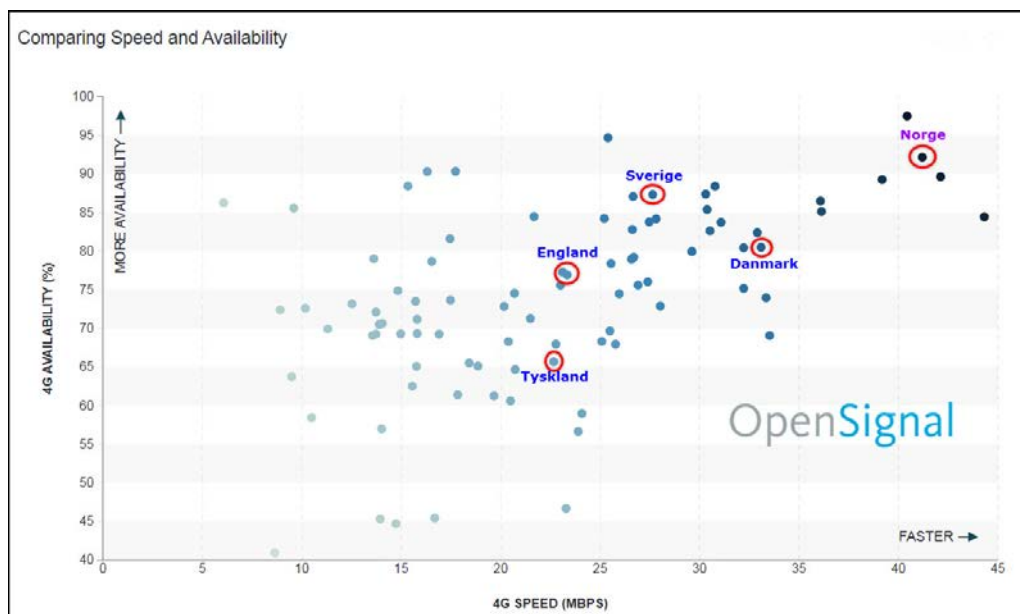
For å nå mål om tilfredshet med mobildekning bør opplevd datahastighet være 5 Mb/s eller mer. Videre er det en forutsetning at det også skal være mulig å gjennomføre avbruddsfrie telefonsamtaler i togene langs alle landets jernbanestrekninger.

I praksis har en stor andel reisende i dag et bruksmønster som ikke krever en hastighet på 5 Mb/s. Det er imidlertid grunn til å anta at antall brukere som til enhver tid ønsker å være tilkoblet et mobilnett øker og at stadig flere reisende vil forvente hastigheter på 5Mb/s eller høyere. Det utvikles stadig flere og mer avanserte mobilapplikasjoner og annen ny ressurskrevende teknologi. På den annen side utvikles også forbedrede komprimeringsteknikker som bidrar til at internett-tjenestene krever mindre båndbredde. Det antas således at den største utfordringen på kapasitet i fremtiden ikke primært ligger i nye tjenester og produkter, men at antallet samtidige brukere som har behov for den samme høye hastigheten vil øke. Basert på disse vurderingene så forventes en gjennomsnittlig hastighet på minimum 5 Mb/s for den enkelte reisende å kunne være godt nok de neste 5-15 årene.

7.2.2 De reisendes forventninger

Norge står i en særstilling når det gjelder folks forventninger til internettdækning og herunder også hastighet på mobile datatilkoblinger. Helt fra starten med verdens første kommersielle 4G-nett i Oslo i 2009 og frem til i dag har Norge ligget helt i toppen av alle statistikker. Dette er vist i årlig publiserte rapporter basert på målinger utført av ulike aktører som Ookla.net, Bredbandskollen, Open Signal og Simula Research Laboratory. Teleoperatørene Telia og Telenor ligger helt i topp på verdensbasis med tanke på datahastigheter, og det samme gjelder kvalitet, stabilitet og pålitelighet på mobilnettene.

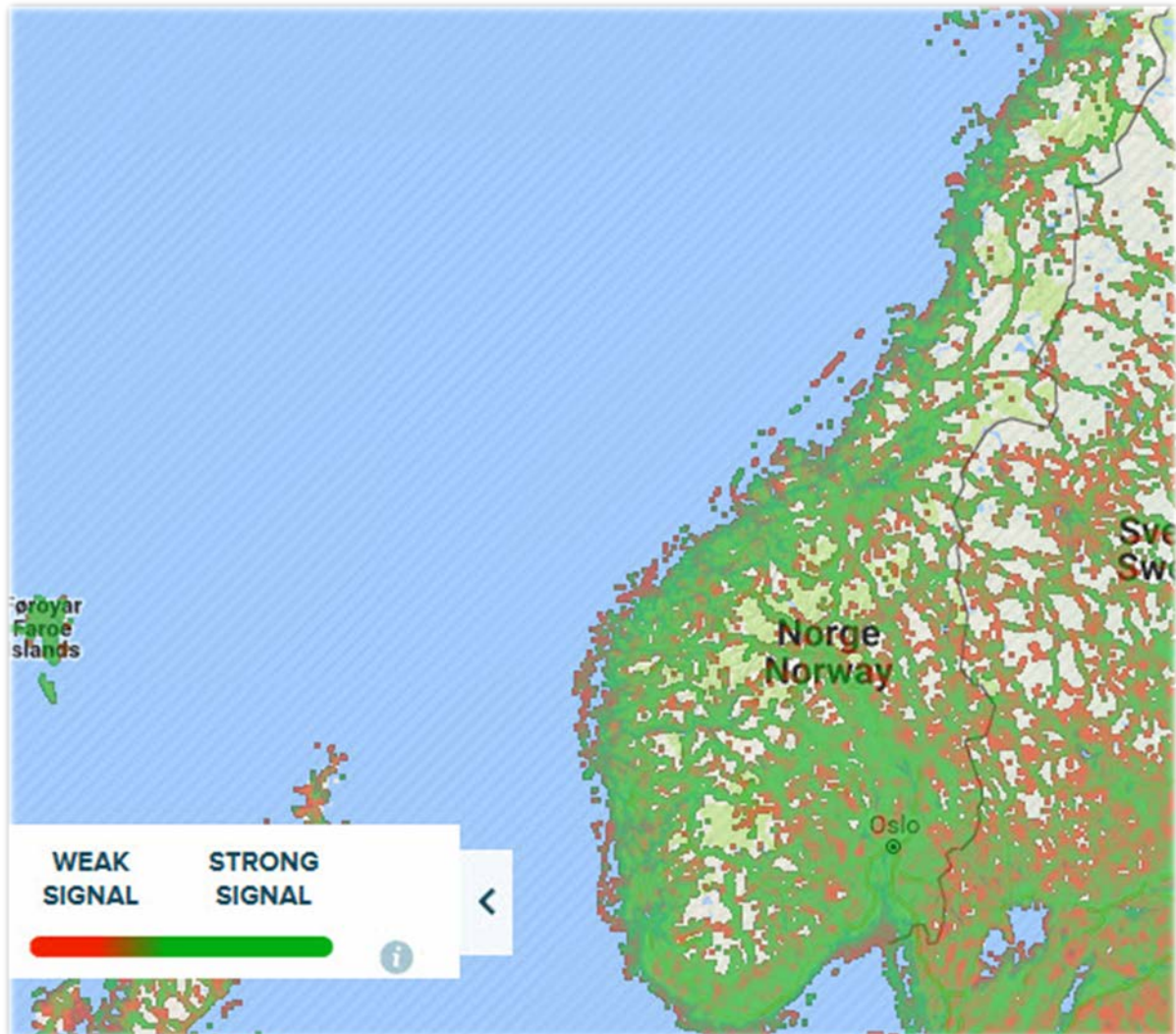
Grafen under viser til Open Signal.net sine resultater fra deres rapport fra februar 2018 "State-Of-LTE"¹⁷. Dette er en global sammenlikning av status på generell landbasert 4G-dekning, hastighet og kvalitet mellom landene. Norge er som her vist helt i toppen og ligger på tredje plass både når det gjelder 4G-tilgjengelighet og 4G-hastighet ([februar 2018, kilde OpenSignal](#)).



Figur 14 4G-tilgjengelighet og datahastighet internasjonalt (februar 2018), kilde OpenSignal

¹⁷ LTE: Long-Term Evolution, markedsført som 4G LTE (eller bare 4G). En standard for høyhastighets-telekommunikasjon.

Samme rapport fra november 2017 viser følgende dekningskart for 4G utført med Open Signal¹⁸ sin måleapplikasjon av kundene i de norske mobilnettene. Målepunktene viser resultatet der kunder har utført deknings- og hastighetsmåling med Open Signal.net sin måleapplikasjon for smarttelefoner.



Figur 15 4G-tilgjengelighet Norge (november 2017), kilde OpenSignal

Tall fra teleoperatørene viser parallelt at det har vært en gjennomsnittlig økning i kundenes bruk av mobildata på 70% årlig de siste fem årene. Årsaken til denne økningen ligger primært i at antall

¹⁸ OpenSignal: Et selskap som spesialisere seg på oversikter over nettdekning. Baserer informasjonen om dekning ved å samle data fra alle brukere (Crowdsourcing) som har installert appen fra OpenSignal på sin mobile enhet.

applikasjoner, tjenester og produkter som krever mobil datatilgang øker. En stadig bedret tilgjengelighet til dekning og kapasitet er også med på å øke bruken av data over mobilnettet.

Dette henger nært sammen med den norske mobilbrukers høye krav og forventning også knyttet til generell mobildekning for taletjenester historisk sett. God dekning historisk gir høye forventninger. Norske forbrukere av mobiltjenester står dermed i en særstilling, noe som også vil gjelde reisende med tog.

Til sammenligning har Network Rail¹⁹ i Storbritannia satt et mål for perioden 2019-2024 på mobile datahastigheter til 2 Mb/s per bruker. [ref.10:Telecoms-Patchy and Un-scalable-Digital Tran & Trackage Connectivity]. RSSB²⁰ sin rapport fra juni 2016 [ref.9: Standard for Internett Access on Trains -RIS-0700-CCS Iss 1] benytter seg av en matrise med ulike kunde/brukersegmenter for å beskrive forventede og nødvendige datahastigheter om bord på tog i fremtiden. I denne matrisen har man satt et spenn på forventede datahastigheter på 2 - 12 Mb/s.

Retail. Class D priority	Customer Leisure	2 – 12 Mbit/s*
	Customer Business	2 – 12 Mbit/s*
	Customer Entertainment	2 – 12 Mbit/s*
	Ticketing and Revenue Collection	200 kbit/s
	On board Catering / Retailing	200 kbit/s

Figur 16 Netthastighet for ulike brukersegment, kilde RSSB

Note: * Customer bandwidth requirements may double every few years. It is expected that each customer may wish to access 8 Mbit/s in order to achieve the experience they desire by 2018 and 12 Mbit/s to each customer may be required by 2022.

Figur 17 Datahastigheter om bord på tog i fremtiden, kilde RSSB

RSSB presiserer at det ikke er tatt høyde for å tilby disse hastighetene over hele banestrekninger og heller ikke for en sammenhengende dekning langs hele sporet, jfr. utsnitt av dokumentet under.

G 2.1.2.3 Internet access and customer Wi-Fi may not be possible at all times in a journey due to local infrastructure: for example, tunnels and deep cuttings blocking the signal coverage along the rail corridor.

Figur 18 Reservasjon overfor muligheter for manglende mobildekning, kilde RSSB

Danmark er et land med en særdeles enklere topografi enn Norge, noe som skulle tale for god dekning og hastighet. Imidlertid har myndighetene der begrenset seg til at sluttbruker skal kunne forvente å bruke toget som «en funksjonsdyktig arbeidsplass». Myndighetene påpeker at arbeidsrelatert nettbruk tåler kortvarige utfall i dekningen. I mobildatahastighet vil det kreve

¹⁹ Network Rail: Eier av jernbaneinfrastruktur i England, Skottland og Wales (UK)

²⁰ RSSB: Rail Safety and Standards Board (<https://www.rssb.co.uk/>) i UK

området 2-5 Mb/s for å kunne bruke toget som en funksjonsdyktig arbeidsplass, typisk bruk av e-posttjenester, dokumenthåndtering og enklere internettsøk, men da ikke strømming av video. [ref.8: Bane Danmark "En moderne jernbane -udmøntning af Togfonden DK"]

7.3 Gode mobiltjenester i fremtiden

For fremtiden forventes det at hastighetskravene i mobildatakrevende applikasjoner vil flate noe ut, men at antallet samtidige brukere vil øke.

I et 0-5-årsperspektiv vil antall brukere med behov for mobildatahastighet på 5 Mb/s øke kraftig. Opp mot 80% av alle reisende vil på enkelte strekninger ønske å bruke mobile datatjenester som krever slike hastigheter.

I et lengre perspektiv, 5-15 år frem i tid så vil tilnærmet alle reisende ha behov for mobildatahastigheter på minimum 5Mb/s. I tillegg antas det at en stor og økende andel reisende vil ha behov for enda høyere hastigheter. Det forventes også at det vil komme nye tjenester, for eksempel live-strømming og ikke minst spillapplikasjoner som krever datahastigheter utover 5 Mb/s for å fungere godt nok.

Dagens teknologiske løsninger er godt i stand til å ivareta 5-årsperspektivet. Det forutsetter imidlertid at mobilforsterkerutrustning i togene installeres der dette mangler eller oppgraderes der det er foreldet. I tillegg må frittlandsdekningen forsterkes og mobilforsterkerutstyr også oppgraderes eller bygges ut i tunneler slik at alle hovedelementene for at den reisende skal oppleve god mobildekning er ivaretatt.

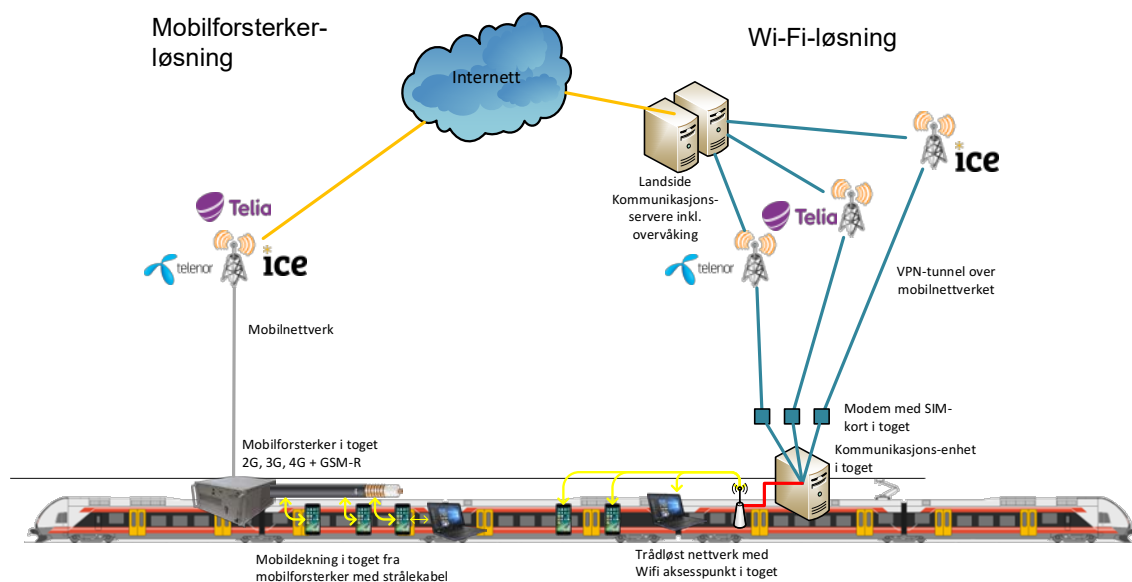
5-15 år fremover i tid vil det være et behov for økt kapasitet i nettene. Det krever at togmonterte mobilforsterkere oppgraderes til MIMO løsninger for å håndtere det økende antallet samtidig brukere og de forventede fremtidige mer resurskrevende applikasjonene.

8 Tekniske løsninger og vurderinger, dagens togmateriell

8.1 Eksisterende teknologi

Dagens teknologi for nettbaserte mobile tjenester i tog er designet med to alternative løsninger for tilgang til internett:

- Wifi-løsning der et innendørs Wifi-anlegg via flere modemer fanger opp teleoperatørens dekning på utsiden av toget og gjør disse signalene om til innendørs Wifi-dekning for de reisende.
- Mobilforsterkerløsning der forsterkere montert i tog fanger opp teleoperatørens dekning på utsiden av toget, forsterker signalene og sender dem ut igjen som tradisjonell mobildekning inne i toget.



Figur 19 Mobilforsterkerløsning og Wifi-løsning i tog

8.2 Oversikt over mobilforsterkere og Wifi i dagens tog

Tabellen under gir en oversikt over de ulike operative togtypene i Norge samt deres status på utstyr om bord som både bidrar til direkte mobildekning og Wifi-løsning. Det er et betydelig antall tog som er utrustet med Wifi-løsning. Årsaken til dette er at mye teknisk utstyr benytter Wifi-teknologi til intern tog-operativ bruk. Unntak er tog Type 69 som er planlagt faset ut fra 2023, samt Type 72 som har planlagt midtlivsoppgradering fra 2018 til 2023.

Når det gjelder mobilforsterkerløsning om bord er bildet mer nyansert. Det er kun togene av Type 74 og Type 75 som har mobilforsterker for 4G i dag. Dette er tog som omtales som FLIRT og trafikkerer region- og lokallinjer på Østlandet, samt Bergen - Arna og Bergen - Voss (fra juni 2018).

En del togsett av Type 70, 73A/B og vogner av Type 5 og 7 har eldre mobilforsterkere som kun forsterker 2G/GSM-R-signaler Tilstand og status på disse er i dag variabel og følges ikke opp.

Tog			Wi-Fi		Mobilforsterker	
Type	Antall	Kommentar	Antall	Status	Antall	Status
5	56	Vogner. Oppgradert i perioden 2008-2013	56	1,2	56	11
7	59	Vogner. Oppgradert 2007	57	1,2	57	11
69B,D,G	6, 15, 8	Eldre lokaltogsett. Planlagt utfaset før 2026	0	0	0	0
69C2, H	13, 10	Eldre lokaltogsett. Planlagt utfaset før 2026	9	1,3	0	0
70	16	Eldre regiontogsett. Innsatstog i rushtid.	16	1,2	64	11
72	36	Midtlivsoppgradering fra 2018 til 2020	13	1,3	0	0
73A,B	14, 6	Midtlivsoppgradering ferdigstilt 2017	20	1,2	80	11
74	36	Nye togsett fra 2012	36	1,2	36	12
75	45	Nye togsett fra 2012	45	1,2	45	12
75	26	Nye togsett fra 2017 (opsjon 3)	26	1,4	26	12
74,75,76	43	Nye togsett fra 2019. FLIRT (opsjon 4 & 5)	43	5	86	13
92	14	Diesel lokaltog. Planlagt utfaset før 2026	14	1,2	0	0
93	15	Diesel togsett. Planlagt utfaset før 2027	15	1,2	0	0
WLAB2	20	Sovevogn	20	1,2	0	0

Tabell 6 Status på Wifi og mobilforsterkere i togsett i Norge, januar 2018, grønn betyr at den ikke skal byttes ut

Status på mobilforsterker- og Wifi-utrustningen, relatert til numrene i statuskolonnene i tabell 6 er angitt i tabell 7.

Wi-Fi - Status		Mobilforsterker - Status	
0	Ikke installert	0	Ikke installert
1	4G Cat 3 modem	11	2G, GSMR mobilforsterker ingen overvåkning, status ukjent, delvis defekt
2	801.11abg aksesspunkt	12	4-bånds, 2G,3G, GSMR,4G SISO mobilforsterker installert.
3	801.11abg(n) aksesspunkt	13	Leveres med oppgradert løsning for mobilforsterker. Detaljer avklares.
4	801.11ac aksesspunkt		
5	Leveres med oppgradert Wifi-løsning. Detaljer avklares.		

Tabell 7 Relasjonstabell status Wifi og mobilforsterkere

Både Wifi- og mobilforsterkerløsning har fordeler og ulemper. De identifiserte fordelene og ulempene presenteres i tabellen under.

	Wifi	Mobilforsterker
Fordeler	<p>For reisende</p> <ul style="list-style-type: none"> • Per i dag gratis tilgang til internett • Tilgang uavhengig av teleoperatør • Tilgang uten egen mobildatatilkobling (SIM-kort) • Kan kombinere dekning fra flere teleoperatører <p>For togoperatør</p> <ul style="list-style-type: none"> • Togoperatøren kan kontrollere tilgang og levere innholdstjenester 	<p>For reisende</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bedre utnyttelse av tilgjengelig datahastighet enn Wifi • Gir også god taledekning • Konkurransen mellom teleoperatørene gir insentiv til å bygge bedre dekning langs sporet • Ingen ekstra pålogging for å komme på nett <p>For togoperatør / Norske tog</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mindre teknisk komplisert utstyr på toget, færre fysiske komponenter. • Utstyret er mindre teknologispesifikt enn Wifi. • Sjeldnere behov for oppgradering av komponentene gir lengre levetid enn Wifi • Enklere og rimeligere vedlikehold enn Wifi • Togoperatør bærer ingen kostnad mot teleoperatørene for datatrafikken de reisende benytter.
Ulemper	<p>For reisende</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tilgjengelig datahastighet deles mellom alle brukere om bord i toget, medfører ikke tilstrekkelig datakapasitet når det er svært mange reisende i toget. • Støtter ikke tradisjonell taletelefoni • Krever per i dag aktiv manuell pålogging på Wifi <p>For togoperatør/Norske tog</p> <ul style="list-style-type: none"> • Togoperatør betaler abonnementskostnaden for datatrafikken • Kostbart å oppgradere for å følge utviklingen i mobilbransjen • Ofte behov for oppgradering av de fysiske komponentene i togene 	<p>For reisende</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bruker av eget mobilabonnement og datakvote • Har mobildekning kun hvis egen teleoperatør har dekning utenfor toget <p>For togoperatør/Norske tog</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ingen identifiserte ulemper

Tabell 8 Fordeler og ulemper med Wifi-løsning og med mobilforsterkerløsning

Wifi er på den ene siden en gunstig løsning for den togreisende ettersom den per i dag gir gratis tilgang til internett. Tilgangen er også uavhengig av teleoperatør, slik at brukeren antageligvis vil oppleve mer sammenhengende dekning på reisen siden det er variabel geografisk mobildekning mellom de ulike teleoperatørene. Imidlertid har Wifi klare begrensninger knyttet til det store antallet samtidige brukere. Grensesnittet mellom modem fra Wifi til mobile nettjenester langs sporet er en kjent flaskehals. Wifi alene vil ikke kunne gi god kapasitet til alle reisende som er brukere av mobile enheter.

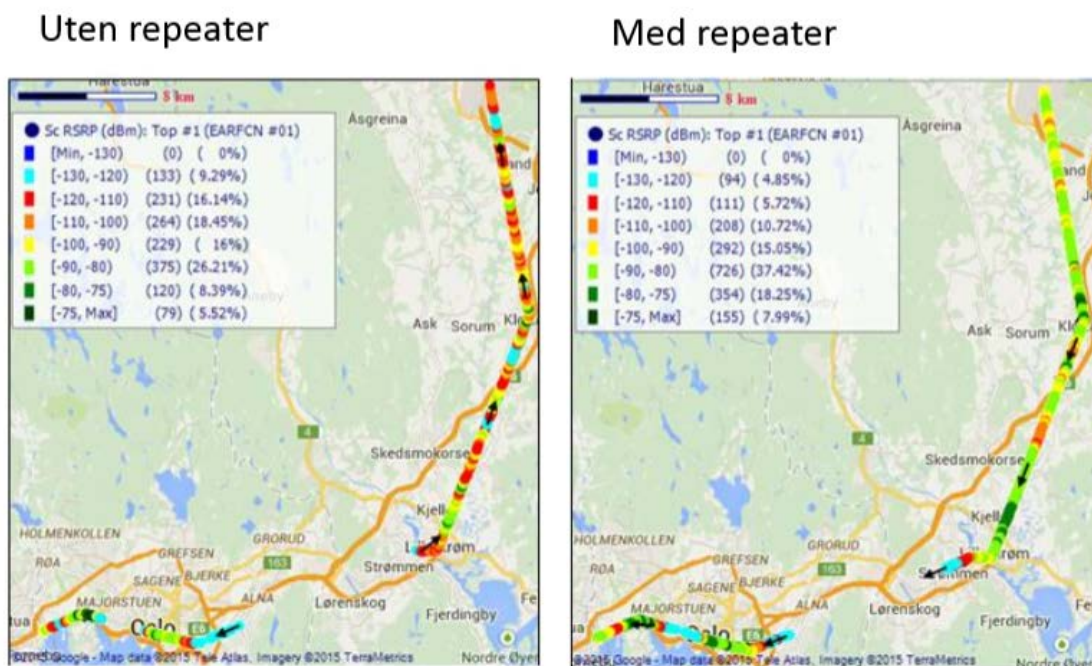
En mobilforsterkerløsning derimot vil kunne gi den nødvendige kapasiteten til det store antallet samtidige brukere. For den reisende vil tilgangen trolig også oppleves som enklere ettersom brukeren har samme tjeneste i toget som hun er vant med til vanlig. En ulempe for brukeren er imidlertid at man må benytte seg av eget mobilabonnement og således belaste egen datakvote. Dette anses imidlertid som en mindre begrensning for de reisende. For teleoperatørene er sistnevnte absolutt ønskelig, og bidrar til å styrke deres forretningsmodell.

En mobilforsterkerløsning er i tillegg den minst krevende løsningen når det gjelder teknisk kompleksitet. Den innebærer færre fysiske komponenter enn en Wifi-løsning, og de enkelte komponentene har også lengre antatt levetid. Således blir både vedlikeholdet enklere og levetidskostnaden lavere. Samlet sett tilsier dette at mobilforsterkerløsning om bord i togene er den mest hensiktsmessige løsningen for raskest mulig å tilby opplevelse av bedre mobildekning til de reisende. Derved gis mobilforsterkerløsning fokus i det videre arbeidet med å kartlegge omfang av ombygging og oppgradering av utrustning i de ulike togene.

8.3 Erfaring med mobilforsterkere på Type 74/75

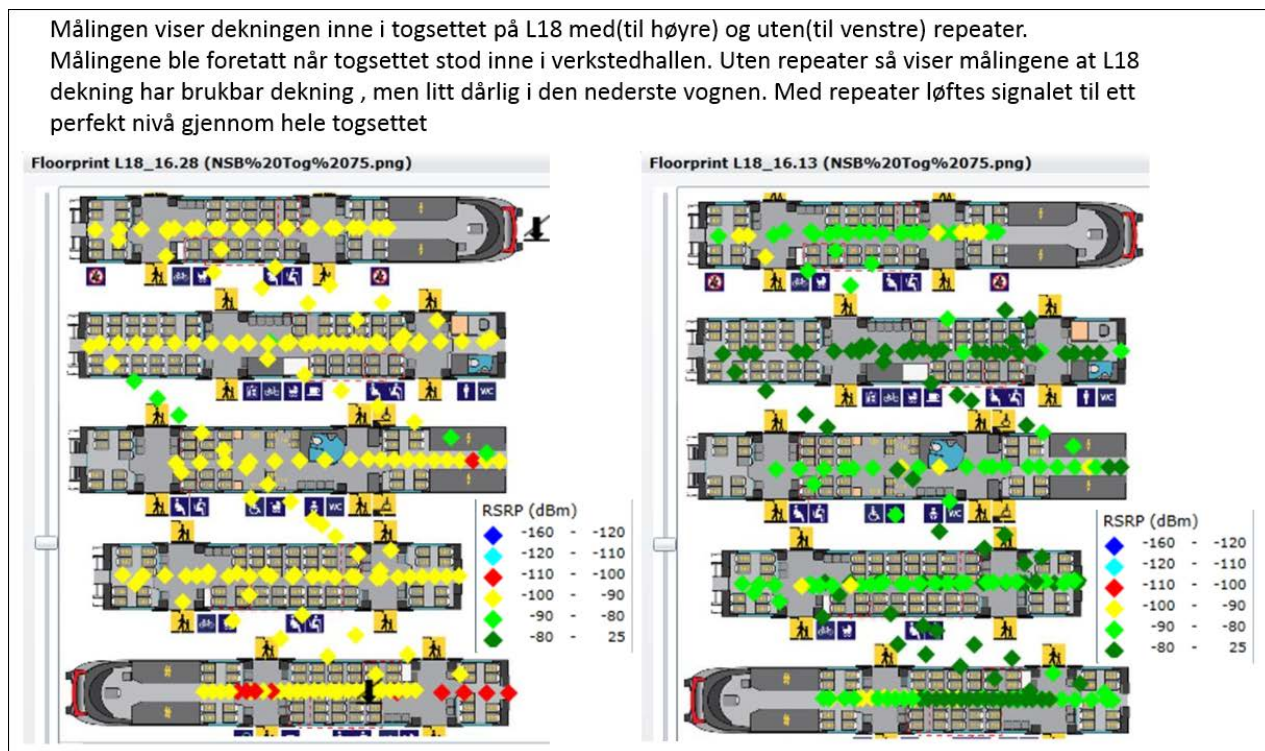
Telenor har i samarbeid med Norske tog gjort målinger på Type 74/75 som allerede har fått montert 4-bånds 4G mobilforsterkere og gjort sammenligninger med tilsvarende togsett uten slike forsterkere.

Målingene er gjennomført inne i toget under reise og på samme plass i kupé og på samme banestrekning. Strekningen som vises i figur 20 er mellom Asker og Gardermoen. Målingene viser en betydelig bedret mobildekning inne i toget, og andelen målinger bedre enn -100 dBm øker fra 57% til 79%. Dette er uten at det er gjort noen endringer på frittlandsdekningen fra teleoperatørens side eller endring i tunneler fra Bane NOR sin side. Testen på akkurat denne konkrete banestrekningen viser en bedring av mobildekning med hele 22%-poeng kun ved å montere mobilforsterkere inne i togsettet.



Figur 20 Mobildekning uten og med mobilforsterker, i tog mellom Asker og Gardermoen

Det ble deretter gjort en tilsvarende test på et stillestående tog Type 75 der man gjorde en dekningsmåling på L18²¹ rundt i hele togsettet. Også her gjorde man like målinger i et tog med mobilforsterker og i ett uten forsterker. Resultatet av denne testen er enda mer tydelig, og man ser av figur 21 at togsettet med mobilforsterker har 100% mobildekning gjennom alle vogner og med en vesentlig kraftigere signalstyrke enn tilsvarende tog uten forsterker.



Figur 21 Mobildekning inne i tog uten og med mobilforsterker (repeater)

8.4 Overvåking, drift og vedlikehold

Mobilforsterkere og eventuelt Wifi-utstyr montert inne i motorvognsett og vogner må tilstrebes å ha en like god oppetid tilsvarende det som er vanlig i teleoperatørens nett. Stabil drift og lave feilrettingstider er en viktig forutsetning for gode kundeopplevelser for de reisende og det er derfor meget viktig at anskaffet utstyr repareres raskt når det oppstår feil.

I dag ligger oppetiden for teleoperatørens nett på over 99%. I praksis betyr dette at Norske tog som eier av mobilforsterkerne må se til at det etableres avtaler og rutiner for både overvåking og feilretting slik at tilsvarende oppetidskrav overholdes på utrustningen i togene. Det betyr også at kontinuerlig overvåking av tilstanden på mobilforsterkerne må etableres og at det legges til rette for at defekt utstyr kan repareres også utenfor det planlagte periodiske vedlikeholdet av togene.

²¹ L18: Benevnelse for LTE1800. 4G på 1800 MHz frekvensbåndet.

8.4.1 Wifi

NSB har i dag en rammeavtale med Nomad Digital Limited for drift og vedlikehold av den installerte Wifi-løsningen. Denne avtalen inkluderer overvåkning og feilretting, samt drift av landserver NOC (Network Operation Centre). Feilretting kan i mange tilfeller gjøres via nettverk (på avstand), men fysiske feil på noen av komponentene må gjøres inne på verksted. Dersom feilretting krever at komponenter må byttes, så er det etablert prosedyrer for hvordan samhandlingen mellom Nomad Digital Limited, NSB og NSBs vedlikeholdsutøver Mantena skal foregå.

8.4.2 Mobilforsterker

I slutten av 2016 ble det inngått en avtale mellom NSB og Telenor om overvåkning av nye 4G-mobilforsterkere på FLIRT (Type 74 og 75). Telenor overvåker også Type 70 og 73. Dette er eldre generasjons 2G mobilforsterkere. Grunnet manglende reservedeler og utdatert teknologi, så slås disse mobilforsterkerne av når feil detekteres. Feilretting av nye 4G mobilforsterkere foregår p r i dag kun i sammenheng med annet togvedlikehold, noe som fører til at nedetid på disse i enkelte tilfeller kan være relativt lang. Norske tog er i ferd med å starte arbeidet med å etablere nye avtaler som skal sikre oppetidskrav tilsvarende teleoperatørenes mobilnett.

9 Forventet teknologisk utvikling

Det er allerede helt tydelig at hele den videre teknologiske utviklingen i mobilbransjen vil være fokusert på å ende opp med en ren 4G-løsning i løpet av få år. Nedstengingen av dagens 3G-nett er allerede i gang fra både Telia og Telenor sin side og 3G vil med stor sannsynlighet være borte som teknologi om maksimalt 3-4 år. 2G-teknologien vil også være borte i løpet av maksimalt 4-7 år. Årsaken til at 2G-teknologien trolig vil vare noe lengre enn 3G er den store andelen M2M-utstyr som finnes ute i markedet og som må erstattes med nytt 4G-kompatibelt utstyr før 2G kan stenges ned. Eksempler på slikt utstyr er strømmålere, hyttealarmer, betalingsterminaler etc.

ICE har allerede utelukkende 4G LTE-teknologi i sitt mobilnett uten en underliggende GSM eller 3G-teknologi.

Alle mobile tjenester med både tale og data vil produseres over eksisterende 4G (LTE)-dekning og nye generasjoner/utviklinger innenfor LTE. Neste generasjons mobilteknologi (5G) er nå under siste fase av standardisering og spesifisering. I henhold til [15] - «[Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017](#)» så vil produktivitetsnivå nås om 5 til 10 år. 5G vil være en teknologi som supplerer 4G med primært meget høye datahastigheter og en kraftig øket kapasitet i utvalgte områder. Man kan anta at 5G i et relativt langt perspektiv ikke vil være en erstatning for 4G-teknologien, men heller vil spille sammen med 4G som en kapasitetsfyller der 4G-teknologien på sikt kapasitetsmessig ikke strekker til.

5G vil i stor grad operere på vesentlig høyere frekvensbånd og båndbredder (>100 MHz) enn dagens teknologier og vil derfor være en teknologi som sikrer behovet for meget høye datahastigheter og kapasitet i områder med høy tetthet av mobile brukere. For mobildekning langs jernbanen kan dette da spesielt vise seg nødvendig på større stasjonsområder og de aller høyeste trafikkerte strekningene og tunnelene. Per i dag er det verken behov for slike datamengder basert på kriteriet for god mobildekning, ei heller mulig å estimere omfang av fremtidige 5G-løsninger.

Teleoperatørene vil innen 2021 få muligheten til å tilegne seg kapasitet også i 700 MHz-båndet. Dette båndet brukes i dag i DTT (TV) Bakkenettet, men i 2015 vedtok Samferdselsdepartementet å omdisponere dette båndet til bruk for mobile tjenester. Norkring AS²² har startet planleggingen med å bygge om sine TV-sendere slik at de får frigjort dette båndet senest innen fristen sommeren 2021. Nasjonal Kommunikasjonsmyndighet vil i 2019 gjennomføre en frekvensauksjon for dette frekvensbåndet, men hvem som vil få disse er ikke mulig å si noe om per i dag. 700 MHz-båndet er likevel meget interessant for dekning langs jernbanen da dette er en frekvens med meget god rekkevidde og gode penetrerende egenskaper. En utstrakt bruk av 700 MHz på basestasjonene ute i distriktet vil således bedre arealdekningen og dekningen for de togmonterte mobilforsterkerne i vesentlig grad. Siden man per nå ikke kjenner til hvordan fordelingen av båndbredde vil være for den enkelte teleoperatør er det ikke mulig å si noe nøyaktig om hvordan dette vil påvirke den enkelte operatør sine kapasiteter i nettet. Skulle man derimot anta at hver av de tre teleoperatørene får 10 MHz båndbredde i 700-båndet betyr dette i praksis rundt 75 Mb/s teoretisk økning i tilgjengelig kapasitet hver.

Mobilforsterkerne som i dag støtter 4G og brukes på FLIRT-togsettene (Type 74 og 75) er SISO-løsning som støtter inntil fire bånd (samtidige frekvenser). Med de frekvenstillatelser teleoperatørene har blitt tildelt av Nkom i dag, anses det at dette er mobilforsterkere som vil kunne ha en levetid på minimum 10 år. Det samme gjelder for den passive kablingen og antenner som distribuerer signalene fra forsterkerne og ut til de reisende. Dagens 4-bånds SISO mobilforsterkere

²² Norkring AS besørger utsending av TV- og radiosignaler for kunder.

kan inngå i en oppgradert MIMO-løsning ved å montere flere mobilforsterkere og flere kabler og antenner i eksisterende togsett.

Med en fremtidig økning i både frekvensbånd, i første omgang 700 MHz-båndet, og båndbredde vil det være et behov for oppgradering av det togmonterte utstyret. Dette vil også gjelde mobilforsterkere og strålekabler i tunneler.

I første omgang vil et slikt behov for oppgradering gjelde for 700 MHz-båndet. Teleoperatørene sine basestasjoner og antenner er i liten grad tilpasset denne nye frekvensen, og det må derfor også gjøres endringer på alle de basestasjoner der de ønsker å ta i bruk denne nye frekvensen.

Tester det seneste året har også vist at det er mulig å gjenbruke strålekabler benyttet til MIMO med å sende ulike bitstrømmer begge veier på kablene, såkalt interleaved MIMO. På denne måten oppnår man en MIMO-effekt selv med kun én strålekabel istedenfor to. Ulempen med løsningen er at den krever at aktivt senderutstyr må stå i begge ender av kabelen. Det er fortsatt usikkerhet rundt implementering av slik løsning, men teknologien må følges opp nøye fremover som et potensiale for å øke anleggenes ytelse uten ytterligere montasje i selve tunnelen eller i togsettene.

10 Nødvendige tiltak for å realisere bedre mobildekning

For å oppnå bedre mobildekning for de reisende settes aktuelle tiltak i sammenheng. Prioriteringsrekkefølgen på jernbanestrekninger er gitt ut fra totalt antall reisende på strekningene i Norge og hvilke tekniske tiltak som i størst grad og raskest vil være bidragsyter til å forbedre mobildekningen.

Teleoperatørene har allerede god dekning og i all hovedsak oppgradert eksisterende infrastruktur til 4G-teknologi der det gir god kommersiell lønnsomhet. Det er imidlertid fortsatt både små og store dekningshull langs jernbanenettet. Årsaken til dekningshullene er at teleoperatørene prioriterer dekning der kundemassen er størst. Mange jernbanestrekninger ligger stedvis langt utenfor områder hvor det er byer, hus eller større hytteområder. Det er teleoperatørene som må etablere frittlandsdekning i dekningshullene langs jernbanen. Det er også store mangler i mobildekningen i Bane NOR sine jernbanetunneler og snøoverbygg. Dette har Bane NOR ansvar for å utbedre.

10.1 Strekingsprioritering

Basert på utgangspunktet om at størst nytte oppnås ved at strekninger med flest reisende prioriteres først, så gir dette følgende hovedprioritering, angitt som Po (Prioritetsområder):

Po1: Norges fire største byer som jernbaneknutepunkt med omland (lokaltog/IC)

Po2: Omland med pendlere inn mot byene i prioritet 1

Po3: Langdistanse mellom storbyer

Po4: Øvrige strekninger

Prioritetsområdene dekker forholdsvis mange delstrekninger. De er fastlagt for å skape et omforent utgangspunkt og grunnlag for helhetlig og koordinert planlegging av tekniske tiltak mellom aktørene som skal sørge for bedring i mobildekningen.

Po	Strekning	Po	Strekning
1	Oslo-S - Lillestrøm/Romeriksporten, (Oslo-S) - Ski, (Oslo-S) - Drammen, Stavanger - Sandnes, Bergen - Arna, (Lillestrøm) - Eidsvoll, (Jessheim) - Dal, (Ski) - Moss, Melhus - Stjørdal, (Lysaker) - (Asker), (Oslo-S) - (Lillestrøm)/Hovedbanen, (Drammen) - Tønsberg	2	(Sandnes) - Egersund, (Arna) - Voss, Støren - (Melhus), (Stjørdal) - Steinkjer, (Moss) - Halden, (Lillestrøm) - Kongsvinger, (Drammen) - Kongsberg, (Asker) - Spikkestad, (Oslo S) - Roa, (Eidsvoll) - Lillehammer, (Tønsberg) - Skien
3	(Lillehammer) - (Støren), (Kongsberg) - (Egersund), (Halden) - Kornsjø/Riksgrensen, (Ski) - Rakkestad, (Roa) - Gjøvik, (Hokksund) - (Voss)	4	(Dombås) - Åndalsnes, (Stjørdal) - Meråker - (Riksgrensen), (Hamar) - (Støren), (Skien) - Notodden, (Nelaug) - Arendal, (Steinkjer) - Bodø, (Myrdal) - Flåm, Narvik - Riksgrensen,

Tabell 9 Innledende prioritering av strekninger

Stedsangivelse angitt i parentes betyr at stasjonen ikke inkluderes i angitt delstrekning. Betydningen er således gitt av eksempel: (Asker) - Spikkestad; (Asker) betyr fra Asker, men ikke inkludert Asker stasjon, til og med Spikkestad stasjon.

10.2 Forutsetninger for teknisk dimensjonering av kapasitet i mobilnettet langs jernbanen

Basert på at det er antallet reisende i det enkelte tog som er dimensjonerende for tiltakene, så er det nødvendig å klargjøre forutsetningene for dimensjoneringen. Man kan anta at ikke alle reisende er brukere av mobilnettet til enhver tid. Videre synes det usannsynlig at alle mobilnettbrukerne faktisk laster ned eller opp data til sine mobilenheter. Utgangspunktet er derved at flesteparten eksempelvis leser noe som er nedlastet, og således ikke laster ned data. Unntaket er brukere som ser på video, eller lytter til musikk uten at dette er lastet ned i forkant av reisen.

Rammen under angir forutsetningene som er lagt til grunn for analyse av hva som skal til for å skape bedre dekning til de reisende med tog.

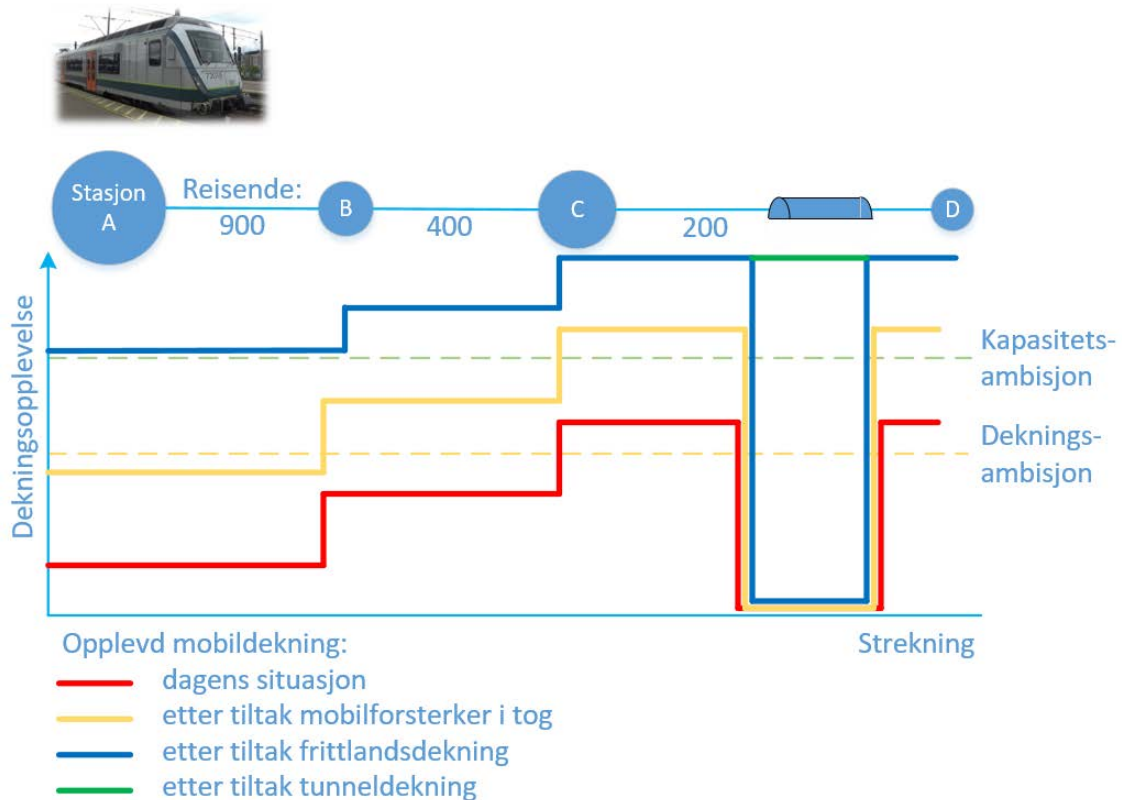
- **Andel reisende som faktisk benytter utstyr som bruker mobilnett: 80%**
- **Andel terminaler med samtidig aktiv bruk av mobilnett: 33%**
- **Tilgjengelig båndbredde for hver aktive bruker: Minimum 5 Mb/s**

10.3 Tekniske tiltak generelt

For å få mobilsignalene inn i togene, så må de være utrustet med mobilforsterkere og tilhørende antennesystemer som håndterer 4G-teknologien. Det er i dag en variabel standard på utrustning av mobilforsterkere i togene. Kapittel 8 belyser dagens situasjon. Ikke utrustede tog må få nytt utstyr installert, og de tog som har utdatert utrustning må oppgraderes.

Sammenliknet med å tette hull i mobilnettet, så er utrustning av mobilforsterkere i togene mindre ressurskrevende og bidrar direkte til bedring av mobildekningen på hele strekningen som togene trafikkerer. Derfor er det hensiktsmessig å prioritere oppgradering og bygging av mobilforsterkere i togene tidligst mulig. Eksemplet fra England, jfr. kapittel 5.1, viser potensiell forbedring per banestrekning som også finnes i Norge med et slikt tiltak. Dette blir belyst mer i detalj i dette kapittelet.

Figuren under illustrerer grovt sett gevinsten av de tekniske tiltakene på generell basis. Ambisjonsnivå for gjennomsnittlig datahastighet er satt til 5 Mb/s og illustreres som kapasitetsambisjon i figur 22. Det er antallet samtidige reisende i togene er dimensjonerende for tiltakene.



Figur 22 Illustrasjon på tiltak som bedrer brukeropplevelsen

10.4 Tekniske tiltak i tog

Mobilsignalene fra frittlandsdekningen eller mobilforsterkere i tunneler utenfor toget dempes av togets karosseri og vinduer. Nyere tog har høyere signaldempning enn eldre tog. Materialvalg i karosseri samt solskjermede vinduer er hovedårsaken til dette. Løsninger for å redusere denne dempingen uten behov for installasjon av innvendige mobilforsterkere er blant annet under utprøving i Tyskland der man tester vinduer med lav signaldempning [Ref 14 - Urban Mobility Siemens]. Dette er dog en løsning som krever meget jevn frittlandsdekning der basestasjoner har fri innstråling mot jernbanesporet over en lengre strekning. Norges topografi vil i stor grad negativt påvirke en slik mulig løsning siden jernbanesporet svært ofte befinner seg i skjæringer, mellom åser og blant andre mulige signalhindringer for frittlandsdekningen.

For å oppnå tilstrekkelig signalstyrke for tilfredsstillende mobildekning inne i togene må signalene på utsiden derfor forsterkes. På denne måten vil mobilsignalene utenfor toget nå frem til de reisende inne i toget. Den mest brukte og beste løsning i dag er mobilforsterkere som ved hjelp av utvendige antenner fanger opp dekningen fra utsiden av toget, sender disse signalene inn til en aktiv forsterker inne i toget som igjen distribuerer signalene til mobilbrukeren via antenner eller «strålekabler» inne i toget.

10.4.1 Strategi for prioritering av oppgraderingsrekkefølge

For eksisterende tog er oppgradering av eksisterende mobilforsterker eller nyinstallasjon av mobilforsterker sannsynligvis det alternativet som gir best nytte.

Det er flere alternative strategier for prioritering av rekkefølge for oppgradering av tog med mobilforsterkere. Følgende hovedaspekter er del av vurderingene:

- Togtypens gjenværende levetid
- Antall reisende på strekninger der togtypen benyttes.
- Togtypen inngår i en av de konkurranseutsatte trafikkpakkene.
- Togtypens signaldempning
- Effektivisering ved serieproduksjon. Komplette gjennomføring av oppgradering/bygging av mobilforsterkere i samme togtype bør kunne gi effektive arbeidsprosesser og derved kostnadsbesparelser.
- Tog er tilgjengelig for oppgradering med minst mulig ulempe for trafikkavvikling.
- Samordning med ombygging i forbindelse med ERTMS²³ er også noe som kan være av betydning i forbindelse med prioritering av tog. Det kan imidlertid være slik at ombyggingen av tog i forbindelse med ERTMS blir såpass krevende at andre aktører ikke får tilgang til togene i ombyggingsfasen grunnet tidspresset i ERTMS-prosjektet. Dette punktet er det per i dag ikke mulig å forutse.

Eksempel:

Det er besluttet at 11 av 36 togsett av Type 72 skal dedikeres til togoperatøren som vinner trafikkpakke 1 Sør. Trafikkpakke Sør har planlagt oppstart i juni 2019. Resterende Type 72 er planlagt for trafikkavvikling på Østlandet med mange reisende. Type 72 har høy signaldempning i karosseriet og har ikke mobilforsterker i dag. I Oslo-området er det stort sett tilfredsstillende frittlandsdekning. Oppgradering av Type 72 med mobilforsterkere vil være en av forutsetningene for å levere tilfredsstillende mobildekning i togene. Om resterende tog av Type 72 flåten også oppgraderes med mobilforsterkere vil det også komme et stort antall reisende på Østlandet til gode, samtidig gir serieproduksjon effektive byggeprosesser. Type 72 bør derfor være blant de høyest prioriterte togene for installasjon av mobilforsterkere. Togtypen har også lang gjenværende restlevetid.

²³ ERTMS: European Rail Traffic Management System. Europeisk standardisert system for togkontroll og -signalering.

Med utgangspunkt i strategien skissert ovenfor anbefales følgende prioritering av de ulike togtypene:

Togtype	Antall	Prioritering	Planlagt tiltak og begrunnelse for prioritering
70	16	1	Gjenværende levetid er kort, men benyttes av svært mange reisende. Prioriteres derved høyst for få utnyttet mobilforsterkerløsningen mest mulig før utfasing.
72	36	2	Installasjon av ny flerbånds mobilforsterker ²⁴ med 2X2 MIMO. Inngår i trafikkkpakke 1 og betjener mange reisende i lokaltrafikk Stavanger og Oslo.
73A	14	3	Erstatte dagens 2G mobilforsterker med ny flerbånds, 2X2 MIMO. Inngår i trafikkkpakke 1 og 2, brukes også på Østfoldbanen vestre linje som reserve.
73B	6	3	Erstatte dagens 2G mobilforsterker med ny flerbånds, 2X2 MIMO. Brukes på Østfoldbanen med høyt antall reisende. Prioriteres sammen med øvrig Type 73 grunnet effektivitet i serieproduksjon og høyt antall reisende.
7	57	4	Erstatte dagens 2G mobilforsterker med ny flerbånds mobilforsterker, SISO. Inngår i trafikkkpakke 1 og 3.
5	56	5	Erstatte dagens 2G mobilforsterker med ny flerbånds mobilforsterker, SISO. Inngår i trafikkkpakke 2 og 3.
WLAB2	20	6	Installere ny flerbånds mobilforsterker, SISO. Inngår i trafikkkpakke 1, 2 og 3.
93	15	7	Installasjon av ny flerbånds mobilforsterker, SISO. Inngår i trafikkkpakke 2.
74/75	107	-	Har flerbånds mobilforsterker SISO, ved leveranse. Inngår i trafikkkpakke 3 og brukes på Østlandet.
74/75/76 Opsjon 4/5	43	-	Ivaretas av leveransen av nye tog til Norske tog (med flerbånds mobilforsterker, 2X2 MIMO). Leveres til Norske tog fra 2019.
69	45	-	Gjenværende levetid er kort og lav signaldempning. Brukes i trafikkkpakke 1 og lokaltrafikk Østlandet.
92	14	-	Gjenværende levetid er kort og lav signaldempning. Inngår i trafikkkpakke 2 og blir erstattet av Type76.

Tabell 10 Prioritering av togtypene

10.5 Tekniske tiltak i frittlandsdekning

10.5.1 Oppgradering av kapasitet på eksisterende basestasjoner

Teleoperatørene må oppgradere sine eksisterende basestasjoner langs de enkelte banestrekninger. De må ha tilstrekkelig kapasitet tilgjengelig for å sikre en god kundeopplevelse for det maksimale antall samtidig reisende på strekningen.

²⁴ Flerbånds mobilforsterker er forsterkere som er teknologiavhengige. Det vil si at de forsterker signaler fra både 2G-, 3G- og 4G-basestasjoner. De dekker over flere frekvensbånd slik at eksempelvis en 4-bånds mobilforsterker vil forsterke alle teknologier på de 4 frekvensbånd den er satt opp til å støtte. Normalt per i dag vil det være en mobilforsterker som dekker 800, 900, 1800 og 2100 båndet og alle tre teknologiene 2G, 3G og 4G. Disse forsterkerne vil også fungere på GSM-R-teknologi.

For å øke kapasiteten på en eksisterende basestasjon må det bygges flere frekvensbånd (eksempelvis fra kun 800 til 800 og 1800). Videre må det sikres at inngående transmisjonskapasitet på fiberlinje eller radiolinje til basestasjonen er tilstrekkelig dimensjonert til å kunne håndtere den maksimalt beregnede kapasitetsbelastningen til basestasjonen.

10.5.2 Bygging av nye fortetningsbasestasjoner

I de tilfeller der økning av kapasitet på eksisterende basestasjoner ikke vil være tilstrekkelig til å levere den totale nødvendige kapasiteten som trengs i et gitt område må det etableres nye basestasjoner, kalt fortetningsstasjoner.

Slike stasjoner bygges primært ikke for å gi ny arealdekning eller kraftigere signalstyrke, men for å fortette antall dekningsceller og minke dekningsområdet for den enkelte celle. Effekten av dette er at kapasiteten til å håndtere trafikkmengden øker.

10.5.3 Bygging av nye dekningsstasjoner

I de tilfeller der det er identifisert at signalstyrken fra basestasjoner er for lav, eller at det ikke er dekning i det hele tatt må det bygges helt nye basestasjoner langs banestrekningen. Kapasitet på disse nye stasjonene må tilpasses kapasitetsbehovet på strekningen.

10.6 Tekniske tiltak i tunneler

Alle nye tunneler som bygges må planlegges og bygges med en mobilforsterkerløsning som enten fanger opp den eksisterende frittlandsdekningen på utsiden av tunnelen, eller med en egen dedikert basestasjon som sender sine signaler gjennom tunnelen via en kjede av mobilforsterkere. Det er viktig at basestasjoner som gir signaler til slike mobilforsterkere har en kapasitet som er tilpasset den maksimale beregnede kapasitetsbelastningen, som gis av antall brukere.

Det vil være fordelaktig å oppgradere mobildekningen i tunneler koordinert med annet planlagt vedlikehold eller oppgradering. En slik koordinering gir potensielt betydelig bedre skiftutnyttelse enn å gjøre tilsvarende arbeid i perioder hvor det ikke er rutemessig tog på strekningene (hvite tider).

For basestasjoner som dekker mobilforsterkere i tunneler må det i hvert enkelt tilfelle gjøres en vurdering av hvor mange frekvensbånd man skal ta i bruk. I områder der frittlandsdekningen består av «lav-bånd» frekvenser på 700, 800 og 900 MHz med 2X2 MIMO kan det likevel være en rimeligere løsning å bygge tunneldekningen med eksempelvis 800, 900, 1800 og 2100 MHz SISO-løsning da en MIMO-løsning inne i tunnel krever den dobbelte mengden av strålekabler. Slike faktorer er viktig å ta hensyn til i hvert enkelt tilfelle. Det er imidlertid av vesentlig betydning at frekvensbåndene i både frittlandsdekningen og i tunneler er harmonisert med de frekvensbåndene som mobilforsterkerne i togene er utrustet med på aktuell jernbanestrekning.

10.7 Administrative tiltak – avtaleinngåelser

10.7.1 Intensjonsavtale og oppfølging av denne

Den 30.01.2015 inngikk Telenor, NSB og daværende Jernbaneverket en intensjonsavtale om bygging og drift av mobil infrastruktur for betjening av togpassasjerer [ref. 3]. Avtalen beskriver prioriteringer av strekninger som skulle oppgraderes, samt oppdateringsmekanismer for prioriteringslistene. Telia er i ettertid også innlemmet i avtalen. Avtalen har ikke vært bindende for noen av partene. I praksis har heller ikke avtalen blitt fulgt slik intensjonen la til grunn. Intensjonsavtalen skal nå revideres. Inngangsdokument for intensjonsavtalen er ambisjonsnivå og prioriteringsrekkefølger slik anbefalt i denne planen.

For å lykkes med systematisk forbedring av infrastrukturen, så er det viktig at koordineringsarbeidet følges opp. Det sikrer at forbedringene i mobildekningen for de reisende skjer systematisk og at den som har koordineringsansvaret også har løpende oversikt over hvor de reisende kan forvente effekt, hvilken effekt som kan forventes og plan for videre styrking av nettet. Koordinatoransvarlig må også ha oversikt over eventuelle justeringer av tjenesteleveranseavtale som er inngått mellom Jernbanedirektoratet og togoperatørene.

10.7.2 Avtale for overvåking, drift og vedlikehold av utrustning i tog

Norske tog AS fikk i forbindelse med jernbanereformen eierskapet til tog²⁵ for persontrafikk med innmontert utstyr, herunder mobilforsterkerutrustningen og Wifi-utrustningen. Norske tog er i ferd med å iverksette arbeid med hensiktsmessige avtaler for overvåking, drift og vedlikehold av både mobilforsterkerutstyret og Wifi-utstyr. Krav til oppetid blir utgangspunktet for avtaleutforming. Realistisk utgangspunkt for oppetidskrav er 99%. En fremtidig avtale kan i noen grad inneholde en oppetidstrapping, avhengig av hvilket tilbud togoperatøren ønsker å tilby sine kunder. Sistnevnte må følge krav gitt av Jernbanedirektoratet til togoperatørene. Et slikt krav forutsetter også at det etableres effektive ordninger som gjør det mulig at defekt fysisk utstyr kan skiftes ut uten at man må vente til aktuelt tog ankommer verksted for planlagt vedlikehold, eller andre større reparasjoner.

²⁵ Unntatt Flytoget, 5 stykk EL18 og Type 3-vogner (Flåmsbana) og Kongevogna.

11 Hva skal til for å opprettholde god mobildekning

11.1 Administrativt

For å sikre kontinuitet og fremdrift i årene fremover anbefales det at det tildeles en rolle som koordinator for mobildekning, denne rollen bør være hos Jernbanedirektoratet. Koordinator vil være bindeledd mellom alle interessenter og sørge for jevnlig samlinger med alle involverte parter der kortsiktige og langsiktige planer samt forpliktende avtaler etableres.

Det forutsettes at rollen ivaretar oppgaver knyttet til:

- Innspill Nasjonal Transportplan
- Budsjettering
- Koordinere arbeid mellom interessenter
- Sørge for avtaleinngåelse med interessenter
- Innsamling og offentliggjøring av leveranser

For å sikre at de valgte investeringer er fremtidsrettede og langsiktige er det viktig å ta hensyn til flere faktorer både i anskaffelsen av nytt utstyr samt etableringen av ansvarsmatrise og rutiner knyttet til drift og vedlikehold av utstyr.

11.2 Fremtidige kostnader knyttet til oppgradering og nyinvestering av utstyr

11.2.1 Togmonterte mobilforsterkere

De togmonterte mobilforsterkerne som eksisterer i dag og de som velges benyttet i nye installasjoner har en forventet levetid på rundt 10 år. Utskifting og oppgradering av utstyr i fremtiden samt installasjon i nye tog må utføres av Norske tog AS. Midler til dette må tildeles over budsjett. Tog som bytter geografisk kjøreområde må i enkelte tilfeller bytte frekvensbånd i sine mobilforsterkere, dette som følge av at toget beveger seg i et nytt geografisk område der andre frekvensbånd er i bruk. Kostnader til slike endringer må detekteres så tidlig som mulig slik at behov for tildeling av midler kan legges inn i Norske tog AS sine budsjetter.

11.2.2 Mobilforsterkere og basestasjoner i tunnel

På lik linje med togmonterte mobilforsterkere gjelder det samme for mobilforsterkere og tekniske anlegg knyttet til mobildekning i tunneler. Bane NOR som anleggseier må tildeles midler over budsjetter for oppgradering av utstyr i allerede eksisterende mobilforsterkeranlegg og investeringer i alle fremtidige tunnelprosjekter.

11.2.3 Teleoperatørens utstyr

Teleoperatørens utstyr moderniseres kontinuerlig, og kostnader knyttet til basestasjoner bygget for bedret frittlandsdekning vil normalt inngå i den enkelte operatørs totale omfang av normal og nødvendig modernisering og oppgradering. Man må likevel være forberedt på mulige forhandlinger rundt kostnader knyttet til fremtidige oppgraderinger i ikke kommersielt interessante områder.

Det er også en mulighet for at noen av de basestasjonene med minimalt trafikkpotensiale og størst geografisk utilgjengelighet (for eksempel på Hardangervidda) vil ha et krav fra teleoperatørens side om delfinansierte årlige driftskostnader (OPEX). Den store kostnadsdriveren her er kraft og linje til basestasjonen.

11.3 Fremtidige kostnader knyttet til overvåkning, feilretting og vedlikehold.

11.3.1 Togmonterte mobilforsterkere

For å sikre en fremtidig god oppetid på de togmonterte mobilforsterkere må det etableres en god og langsiktig avtale om ende-til-ende-overvåkning, feilretting og vedlikehold med en egnet tredjepart. Det anbefales at en slik avtale konkurranseutsettes av Norske tog AS i samråd med togoperatørene for å sikre best mulig kvalitet og lavest mulig kostnad.

11.3.2 Tunnelmonterte mobilforsterkere

Bane NOR må tilrettelegge og dimensjonere sitt overvåkningssenter til å kunne håndtere overvåkning, feilretting og vedlikehold for alle mobilforsterkere montert inne i tunneler. Mobilforsterkere og passivt utstyr brukt i tunneler er felles for GSM-R og de kommersielle mobilnettene. Bane NOR må budsjettere for vedlikehold av dette utstyret, men det må vises til en kostnadsfordeling mellom de ulike formålene.

11.3.3 Teleoperatørens basestasjoner

De basestasjoner som bygges av teleoperatørene med hensikt å bedre frittlandsdekning vil normalt etter idriftsettelse inngå i den enkelte teleoperatørs nettverk på lik linje med alle deres andre basestasjoner. Overvåkning, drift og vedlikehold av disse vil således håndteres innenfor den enkelte teleoperatørs vanlige portefølje.

12 Alternative strategier for bedring av mobildekningen

Mobildekningen for de reisende med tog kan forbedres basert på ulike tilnærminger. I dette kapittelet beskrives mulige strategier til forbedring. Strategiene er beskrevet på funksjonsnivå, mens relevante tekniske tiltak er beskrevet i kapittel 10. Strategiene er delvis overlappende. Under følger en beskrivelse av premissene for strategiene, og i det videre en beskrivelse av strategiene.

Dagens teknologi samt den sannsynlige teknologiske utviklingen tilsier at man i noen grad må velge mellom såkalte lavbåndsfrekvenser (LB) og høybåndsfrekvenser (HB). Mobilforsterkerne som er tilgjengelige i dag håndterer ikke alle ønskelige frekvenser samtidig.

LB innebærer at man benytter lavbåndsfrekvenser i spekteret 700, 800 og 900 MHz. Disse frekvensene har lang rekkevidde fra en basestasjon, og på den måten kan man med relativt få nye basestasjoner innføre dekning til større områder. Innføring av LB vil altså si at man tetter såkalte «dekningshull». Som forklart tidligere i denne rapporten er dekning en viktig del av en brukers opplevelse. Bruk av lavbåndsfrekvenser vil imidlertid innebære at kapasiteten i nettet er relativt lav. I områder med mange samtidige brukere av nettet vil brukerne derved kunne oppleve sakte ned- og opplasting av data.

HB innebærer bruk av høye frekvenser i spekteret 1800, 2100 og 2600 MHz. Ved bruk av HB vil basestasjonene måtte stå tettere sammenlignet med LB, ettersom disse frekvensene har kortere rekkevidde enn LB. På den annen side vil høybåndsfrekvenser innebære at kapasiteten i nettet blir bedre, slik at brukeren ikke opplever sakte ned- og opplasting av data.

Tiltak for å forbedre mobildekningen for de reisende med tog kan gjøres på flere områder; i tog, i tunneler og i frittlandsdekningen. Tiltak i tog er identifisert som et separat område som kan og bør holdes adskilt fra de to andre områdene, og er beskrevet i kapittel 10.4. Tiltak for tog gjennomføres og koordineres av Norske tog. Tiltak for tunneler gjennomføres og koordineres av Bane NOR. Tiltak i frittlandsdekningen gjennomføres og koordineres av teleoperatørene. Det er av vesentlig betydning at mobilforsterkerne i togene er harmonisert med frekvensspekteret teleoperatørene tilbyr på de respektive strekningene.

Tiltak i tunneler og tiltak i frittlandsdekningen bør ses i sammenheng, med geografi som kriterium. Hvis mobildekningen i en tunnel og i frittlandsdekningen utenfor tunnelen ikke ligger på samme nivå, vil brukeren oppleve et ujevnt nett, noe som antas å gjøre opplevelsen dårligere.

Tilstanden til mobildekningen som er beskrevet tidligere tilsier at på strekningene på det sentrale Østlandet og nær de store byene er dekningen allerede minst på nivå med LB. På lengre sikt antas det at LB ikke vil være tilstrekkelig på disse strekningene.

Forbedring av mobildekningen kan ha ulike mulige tilnærminger. Utbedring kan gjøres trinnvis eller ved en mer fullstendig løsning med en gang. Med en trinnvis tilnærming vil de reisende trolig oppleve raskere forbedring, ettersom dekningshullene kan tettes relativt raskt. Det vil imidlertid ta noe lengre tid å oppnå dekning på nivå HB med en trinnvis tilnærming. Ved å sette i gang tiltak i infrastrukturen som gir dekning på nivå HB med en gang, vil man trolig komme raskere til dette nivået, men det vil ta lengre tid å få en jevn opplevelse for de reisende.

På bakgrunn av dette er det utarbeidet tre strategier for forbedring av mobildekningen som er utredet videre. Strategiene er beskrevet kort i tabellen under. Mer fylldig beskrivelse følger i delkapitlene under.

Alt	Beskrivelse
1	Kjøretøystrategi Ingen utbygging av infrastruktur. Komplett etablering/oppgradering av mobilforsterker i tog.
2	Dekningsstrategi Trinnvis utbygging av infrastruktur. Innføre grunndekning (LB) på strekninger prioritetsområde (Po) 1 og 2 (befolkningstette områder og omland). Deretter HB på strekninger Po 1 og Po 2 parallelt med LB på strekninger Po 3 og Po 4. Komplett etablering/oppgradering av mobilforsterker i tog.
3	Kapasitetsstrategi Innføre HB på alle strekninger. Komplett etablering/oppgradering av mobilforsterker i tog.

Tabell 11 Kort beskrivelse av de alternative strategiene

Noe av innsatsen i alternativene er overlappende, noe som også vil forklares i det videre i dette kapitlet.

12.1 Beskrivelse av alternativ 1 – Kjøretøystrategi

Gjennomføring av alternativ 1 innebærer å etablere mobilforsterkerløsning i alle tog. Alle nye leveranser av tog blir levert med tilstrekkelig kapasitet til å håndtere antall brukere toget er dimensjonert for. Eksisterende tog blir oppgradert med tilsvarende kapasitet, basert på forutsetningene angitt i kapittel 10.2. Det blir ikke gjennomført ekstratiltak i infrastrukturen, hverken av Bane NOR eller teleoperatørene. Bane NOR bygger mobildekning i de tunnelene som bygges nye. Teleoperatørene bygger dekning uavhengig av jernbanestrekningene.

Gjennomføringstiden er om lag 4 år, avhengig av tilgang til togene for oppgradering eller innbygging av mobilforsterkerløsningen.

12.2 Beskrivelse av alternativ 2 – Dekningsstrategi

Dekningsstrategien legger opp til en trinnvis utbygging av infrastrukturen. De første tiltakene i frittlandsdekningen innebærer å etablere dekning der det er dekningshull i dag for Po1 og Po2, men ikke å etablere tilstrekkelig kapasitet.

I tunnelene etableres også hensiktsmessig mobilforsterkerløsning. Tunneldekningen baseres på utnyttelse av eksisterende antenneløsning som allerede er i drift og benyttes av GSM-R og nødnett. Nær de største byene, i indre Inter City-område, forsterkes mobildekningen i tunnelene fordi det er påvist at eksisterende løsning går i metning allerede i dag når togene på det nærmeste er fylt opp med reisende. Gjennomføringstiden for dette første trinnet er anslått til i underkant av to år, siden tiltakene i tunneler er begrenset til minimum. Etter gjennomføring av disse første tiltakene vil nettet fremstå som dekningsstabil, men svakt med hensyn på kapasitet. Ambisjonsnivået på 5 Mb/s vil ikke være oppfylt overalt. Særlig i tunneler og i områdene noe utenfor de større byene vil kapasiteten være for svak. Nær de større byene har teleoperatørene allerede dimensjonert kapasiteten ut fra høy befolkningstetthet og de reisende vil oppleve god kapasitet i mobilnettet. Typisk vil enkel bruk av mobilnettet i form av e-post, nedlasting av små dokumenter og liknende fungere forholdsvis greit for de reisende. Likeledes vil anrop kunne gjennomføres uten avbrudd. Den brukergruppen som utfører kontorarbeid uten applikasjoner som utveksler omfattende datamengder vil kunne oppleve god nytte av mobildekningen. Avbrudd som oppleves i dag vil forbedres etter hvert som tiltakene i infrastrukturen gjennomføres.

Etter tetting av dekningshull i frittlandsdekningen og i tunnelene vil arbeidet fortsette i neste trinn. Dette trinnet innebærer å etablere HB i dekningen på strekningene i prioritetsområde (Po) 1 og Po 2 og å etablere LB på strekninger i Po3 og Po4. Ved innføring av HB vil kapasiteten i nettet heves betraktelig, noe som antas å være et viktig moment for å gi de reisende en bedret opplevelse. Strekninger i Po3 og Po4 har færre reisende, og her antas LB å gi tilstrekkelig kapasitet.

En strategi som innebærer trinnvis utbygging vil trolig være noe mer ressurskrevende enn en strategi hvor man går for full utbygging med en gang.

Dekningsstrategien, alternativ 2, innbefatter alternativ 1 Kjøretøystrategien. Årsaken er at det har liten hensikt å styrke dekning i infrastrukturen dersom mobilsignalene ikke kommer inn i togene. Således er alternativ 1 et nødvendig trinn for å oppnå effekt av alternativ 2. Det er kun i begrenset grad nyttig å koordinere innsatsen i tog med infrastrukturtiltak, annet enn harmonisering av frekvensbånd mellom frittlandsdekningen og mobilforsterkerne i togene. Årsaken er at de reisende vil merke en forbedring i forhold til dagens situasjon allerede etter at togene er blitt utrustet med moderne mobilforsterkere, jfr. vurdering av alternativ 1 i kapittel 14.4 nedenfor. Det er viktigere å etablere serieproduksjon i togtypene enn å strekke ut prosessen i påvente av infrastrukturtiltak. Også konkurranseutsetting av trafikkpakkene er vurderingsparameter knyttet til når tiltak i tog bør prioriteres. Togets levetid, tidspunkt for midtlivsoppgradering og koordinering med ombygging knyttet til ERTMS er også av stor betydning for prioriteringsrekkefølge. Anbefalt rekkefølge er allerede behandlet tidligere i denne planen, se kapittel 10.4 ovenfor.

Tiltakene og trinnene beskrevet over er et utgangspunkt for utbedringen av mobildekningen. Praktiske forhold vil spille inn på rekkefølgen i utbyggingen, og vil avklares i senere planleggingsfaser. Total gjennomføringstid er anslått til om lag seks år.

12.3 Beskrivelse av alternativ 3 – Kapasitetsstrategi

Forskjellene mellom Dekningsstrategien og Kapasitetsstrategien er at i alternativ 3 – Kapasitetsstrategien innføres dekning på nivå HB med en gang, og på alle landets jernbanestrekninger. Kapasitet tilsvarende ambisjonsnivået på 5 Mb/s per bruker oppnås allerede ved første tiltak i infrastrukturen. Samordning av tiltakene i frittlandsdekning og tunneler er vesentlig, på lik linje med dekningsstrategien.

Tiltakenes omfang øker betydelig i Kapasitetsstrategien sammenliknet med Dekningsstrategien. Dermed vil også kostnadsbildet bli et annet, og på et høyere nivå. Tidsperspektivet vil også utvides før hele Kapasitetsstrategien er gjennomført. Det vil således ta lengre tid å få gjennomført alle tiltakene både for teleoperatørene og tunnelene nasjonalt.

Kapasitetsstrategien, alternativ 3, innbefatter alternativ 1 Kjøretøystrategien. Årsaken er at det har liten hensikt å styrke dekning i infrastrukturen dersom mobilsignalene ikke kommer inn i togene, som beskrevet også for alternativ 2 Dekningsstrategien.

Tiltakene beskrevet over er et utgangspunkt for utbedringen av mobildekningen. Praktiske forhold vil kunne spille inn på rekkefølgen i utbyggingen, og vil avklares i senere planfaser. Total gjennomføringstid er anslått til om lag åtte år.

12.4 Kostnader for strategialternativene - basisestimater

Kostnad deles på estimat av en investeringsdel og en del som belyser estimat for å opprettholde mobildekningen i form av drifts- og vedlikeholdskostnader over 10 år.

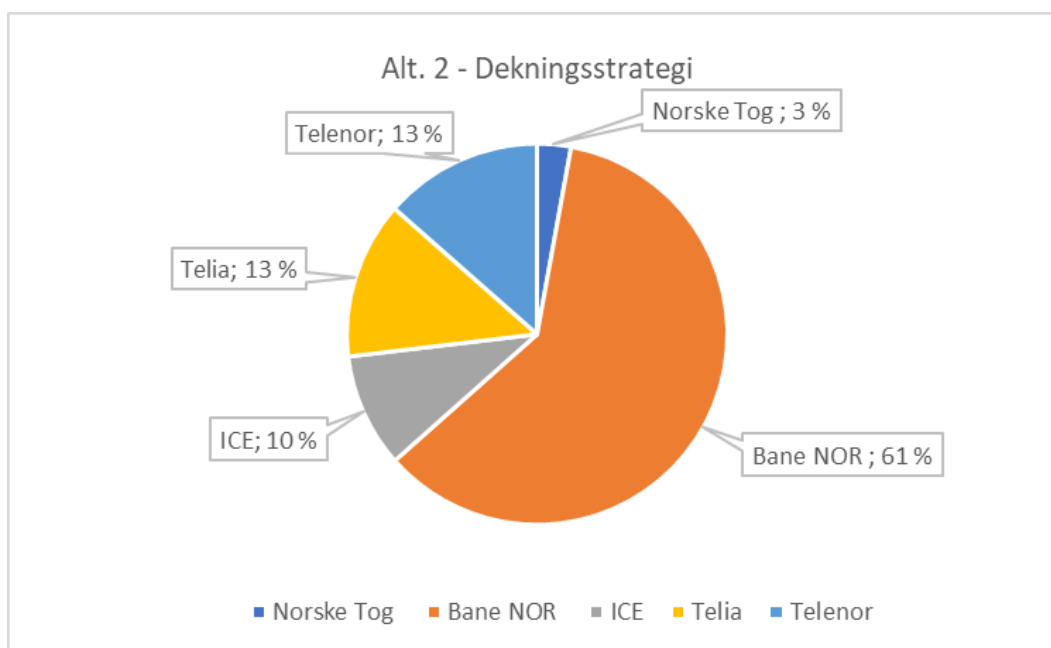
Det er ikke tatt høyde for å bygge mobilforsterkere i tog som har en utfasingsplan, og skal erstattes i løpet av kommende få år. Av den grunn er Type 69 og 92 ikke prioritert. FLIRT (Type 74 og 75) har allerede 4G mobilforsterkere. De vil etter hvert måtte oppgraderes, men det vil ikke skje før midtlivsoppgradering av togsettene, og er derfor ikke med i estimatet. Kostnadene for mobildekning i infrastruktur er fordelt på teleoperatørene og Bane NOR, og forutsetter mobilforsterkerutrustning i togene for å nå mål om god brukeropplevelse. Basisestimaterne for strategialternativene er som vist i

tabellen under. Forventet kostnad etter usikkerhetsanalyse er angitt i kapittel 13.1. Estimatenes er angitt i millioner kroner.

Kostnadsposter	Alt. 1 - Kjøretøystrategi	Alt. 2 - Dekningsstrategi	Alt. 3 - Kapasitetsstrategi
Norske Tog	113	113	113
Investering	82	82	82
D&V (10 år)	31	31	31
Bane NOR	0	2 067	2 862
Investering	0	1 734	2 425
D&V (10 år)	0	333	437
Teleoperatørene	0	1 629	1 710
ICE – Investering	0	277	317
ICE – D&V (10 år)	0	293	229
Telia – Investering	0	382	411
Telia – D&V (10 år)	0	143	154
Telenor – Investering	0	387	435
Telenor – D&V (10 år)	0	145	163
Summer			
Sum Investering	82	2 863	3 670
Sum D&V (10 år)	31	946	1 015
Sum	113	3 809	4 685

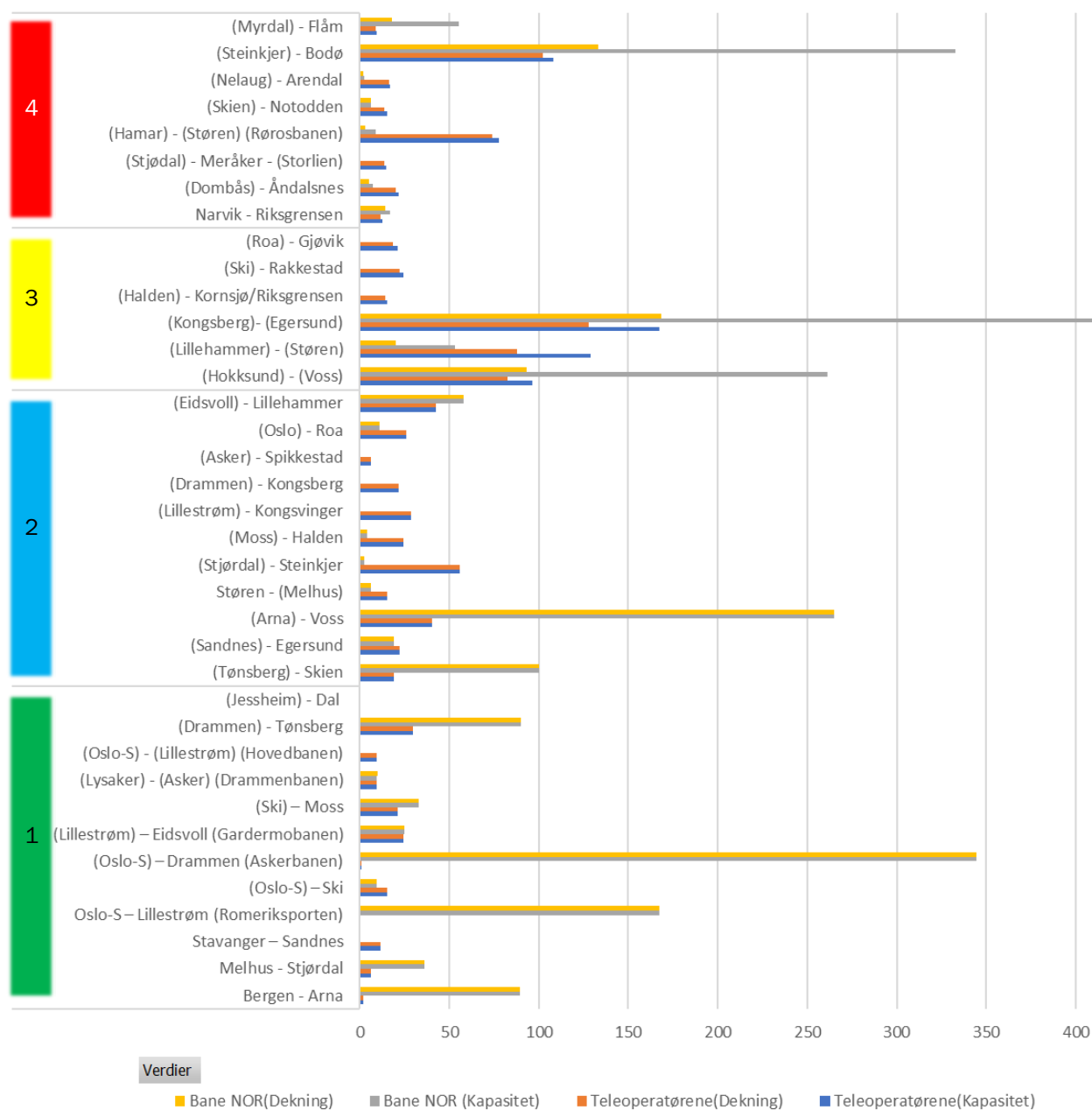
Tabell 12 Basisestimat kostnader, millioner kroner

Diagrammet i figur 23 illustrerer fordelingen av investeringskostnad mellom de ulike aktørene i alternativ 2, dekningsstrategi. Kostnadsfordelingen endrer seg ikke signifikant for kapasitetsstrategien.



Figur 23 Fordeling av investeringskostnad i alternativ 2 mellom Norske tog, Bane NOR, ICE, Telia og Telenor

Grafen i figur 24 viser forskjellen i investeringskostnad for dekningsstrategien i forhold til kapasitetsstrategien fordelt på strekningene. Det er ikke relevant å vise kostnaden for oppgradering eller bygging av mobilforsterkerløsning i togene i geografiorientert oversikt. Årsaken til det er at togene dekker strekningene i større geografiske områder og i tillegg er mobile ettersom de av og til rokeres til å kjøre i andre områder. Kostnadsestimatene for tiltak i tog er fordelt på de ulike togtypene (jfr. vedlegg 4) og vises ikke i figur 24. Tallene til venstre angir prioritetsområdene 1 til 4.



Figur 24 Investeringskostnader i millioner kroner per strekning fordelt på teleoperatørene og Bane NOR, henholdsvis dekning- og kapasitetsstrategi. Tall i fargelagt boks viser prioritetsområdene 1 til 4.

13 Usikkerhetsanalyse

Metier har utført en usikkerhetsanalyse av plan for bedre nettdækning for togreisende. Analysens formål har vært å gi et kvalitativt og kvantitativt bilde av usikkerheten i de tre alternativene i planen. Utgangspunktet for analysen er basisestimatene slik angitt i tabell 12.

Følgende endringer ble gjort i basisestimatet i forbindelse med analysen:

- Drift og vedlikehold (OPEX²⁶) per år er ganget med 8, for å dekke kostnaden for 8 år.
- Fjernet tall for Bane NOR fra nullalternativet og kjøretøystrategi
- Endret investeringskostnad (CAPEX²⁷) Bane NOR:
 - Dekningsstrategi: fra 1680 til 1734
 - Kapasitetsstrategi: fra 2342 til 2425

Usikkerhet i kostnadselementene er normalt knyttet til mengde og prisusikkerhet, men kan også inkludere annen usikkerhet som gjelder spesielt for det enkelte kostnadselement. Usikkerheten til hver kostnadspost er vurdert av analysegruppen og tildelt optimistisk, mest sannsynlig og pessimistisk verdi. Tripplestimatene angir usikkerheten i basisestimatet gitt at forutsetningene for kalkylen slår til.

Usikkerheter (trusler og muligheter) innenfor noen «temaer» er gruppert i usikkerhetsdrivere. Disse kan ha konsekvens for alle eller enkelte av prosjektets kostnadselementer. Usikkerhetsdriverne er angitt med beskrivelser av forutsetningene, optimistisk, mest sannsynlig og pessimistisk scenario.

Følgende usikkerhetsdrivere er identifisert:

- U1 - Rammebetingelser og eierstyring
- U2 - Brukere, aktører og interessenter
- U3 - Modenhet i tekniske løsninger
- U4 - Prosjektorganisasjon og gjennomføringsevne
- U5 - Lokale forhold
- U6 - Markedsusikkerhet

Resultatet etter usikkerhetsanalysen er tatt ut for investeringskostnader og driftskostnader separat i tabellen nedenfor. Totale driftskostnader omfatter 8 års drift og vedlikehold av installasjonene og ivaretar daværende anslag på gradvis etablering over ca. 3 år.

De kvantitative resultatene av analysen vises i oppsummert analyseresultat, tabell 13.

²⁶ OPEX: Operating expense (Drift- og vedlikeholdskostnad)

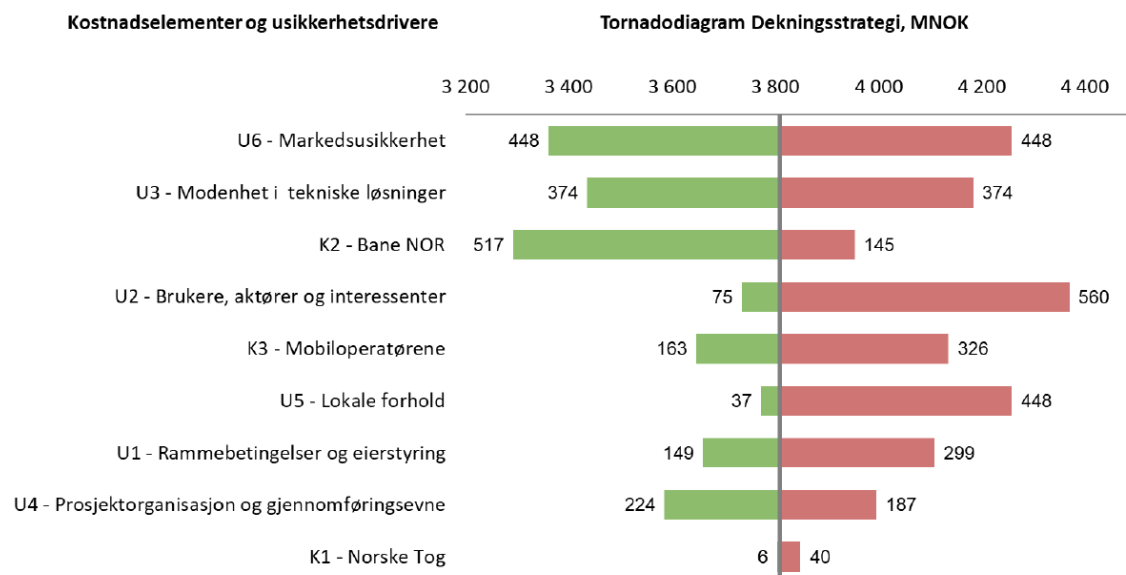
²⁷ CAPEX: Capital Expenditure (Investeringskostnad)

Kostnadsnivåer	Nullalt		Kjøretøy		Dekning inkl. kjøretøy		Kapazität inkl. kjøretøy	
	MNOK	%	MNOK	%	MNOK	%	MNOK	%
Investeringskostnad	36		82		2 863		3 670	
Forventet tillegg	0	0 %	11	13 %	235	8 %	327	9 %
Forventet kostnad	36		93		3 098		3 997	
Usikkerhetsavsetning	0	0 %	22	24 %	538	17 %	724	18 %
P85	36		115		3 636		4 724	
Standardavvik	0	0 %	22	24 %	519	17 %	699	17 %
Drifts- og vedlikeholdskostnad	5		31		946		1 015	
Forventet tillegg	0	0 %	4	13 %	109	12 %	136	13 %
Forventet kostnad	5		35		1 055		1 151	
Usikkerhetsavsetning	0	0 %	9	26 %	181	17 %	218	19 %
P85	5		44		1 236		1 369	
Standardavvik	0	0 %	8	23 %	175	17 %	210	18 %

Tabell 13 Analyseresultat for investeringskostnader og drift- og vedlikeholdskostnader over første 10-års periode

Rapport fra usikkerhetsanalysen, se vedlegg 8.

Det er noe forskjellig usikkerhet i alternativene, Tornadodiagrammet for alternativ «Dekningsstrategi» er vist nedenfor:



Figur 25 Tornadodiagram, alternativ 2 - Dekningsstrategi

Usikkerheter er vurdert å være sammenliknbare for betydelige deler av investerings- og vedlikeholdskostnadene og disse er derfor vurdert sammen i denne planfasen. Analysen er gjennomført på foreliggende alternativer og er ikke benyttet for videre optimalisering av de enkelte alternativene.

Analysen viser at det er størst usikkerhet knyttet til kjøretøystrategien med 13 % forventet tillegg og 23 % standardavvik, men at alternativet omfatter et begrenset omfang.

For dekningsstrategien og kapasitetsstrategien er usikkerheten noe mindre, med 9-10 % forventet tillegg og 17-18 % standardavvik.

13.1 Forventede kostnader

Usikkerhetsanalysen kommer fram til følgende forventede kostnader i millioner kroner:

Investeringskostnad	Alt. 1 - Kjøretøystrategi	Alt. 2 - Dekningsstrategi	Alt. 3 - Kapasitetsstrategi
Norske tog	93	93	93
Bane NOR og teleoperatørene	0	3005	3904
Sum	93	3098	3997

Tabell 14 Forventede investeringskostnader i millioner kroner

Drift- og vedlikeholdskostnaden forventes å dekke de 10 første årene.

Drift og vedlikeholdskostnad	Alt. 1 - Kjøretøystrategi	Alt. 2 - Dekningsstrategi	Alt. 3 - Kapasitetsstrategi
Norske tog	35	35	35
Bane NOR og teleoperatørene	0	1020	1116
Sum	93	1055	1151

Tabell 15 Forventede drift og vedlikeholdskostnader i millioner kroner

14 Samfunnsøkonomiske vurderinger

14.1 Problembeskrivelse

Befolkningen i et høyteknologisk samfunn som Norge har klare forventninger til nettbaserte tjenester. De aller fleste har en forventning om å være tilkoblet internett til enhver tid. Forventningen går ut på at man skal kunne bruke internett til flere ulike gjøremål uten avbrudd eller forsinkelser i tilkoblingen. Mange drar med seg denne forventningen inn i andre situasjoner enn bare i hjemmet og på jobben. Derved er en slik forventning også gjeldende for togreisende. Det er imidlertid helt andre tekniske premisser som gjelder når det handler om brukere om bord i tog kontra brukere som befinner seg i ro på mer avgrensede områder.

For det første er overføring av trådløse signaler mer krevende når sender og/eller mottaker er i til dels svært hurtig bevegelse som om bord i et tog. For det andre er det også krevende å legge inn teknisk/fysisk infrastruktur i Norges mange tunneler. For det tredje er tilgangen til internett basert på at teleoperatørene tilbyr dekning der hvor toget kjører, noe som ikke er tilfellet overalt ettersom teleoperatørene styrer mot bedriftsøkonomisk lønnsomhet. I tillegg er togene i seg selv også tekniske hindre for de reisendes tilgang til internett, ettersom de fleste togtyper i Norge i dag har karosseri og vinduer som sperrer mobilsignaler

I sum gir dette en tilstand som oppleves som ikke tilfredsstillende for flertallet av de reisende. Som beskrevet tidligere er det under halvparten av de reisende som opplever tilgangen til internett om bord i toget som tilfredsstillende. Målet er altså å tilby bedre mobildekning for de reisende om bord i tog.

For mobiltjenester vil man i fremtiden forvente rask teknologisk utvikling, økt bruk av mobildatakrevende applikasjoner og økt antall brukere. Det forventes at brukeropplevelsen for mobilbrukere stadig forbedres i byer og tettsteder samt langs veinettet. Jevnt over vil folk få ytterlig økte forventninger til nettbaserte tjenester, noe som naturligvis også vil gjelde de reisende i tog. For toget forutsettes det videreføring eller økning av dagens passasjertall.

Videre i dette kapittelet gjøres det vurderinger av de tre strategiene som ble utledet i kapittel 12. Disse strategiene imøtekommer utfordringene beskrevet over på ulike måter. Det gjøres også en utledning og en vurdering av et nullalternativ for referanse. Vurderingene gjøres på et overordnet nivå.

14.2 Konsekvenser av strategiene, metodikk

14.2.1 Ikke-prissatte konsekvenser, metodikk

Nytten av tiltakene er ikke kvantifisert. Det dreier seg om å heve kvaliteten på en tjeneste, mobildekningen, noe det er krevende å skulle tallfeste. Nytttevurderingene er i stedet gjort som en vurdering av ikke-prissatte konsekvenser, ved bruk av pluss-minus-metoden. Denne metodikken er basert på DFØ-s veileder for samfunnsøkonomiske analyser²⁸. For alle strategiene under er samlet nytte oppsummert med en konsekvens på en skala fra fire pluss til fire minuser (++++...0...- - - -). Ikke-prissatte konsekvenser er vurdert for to områder; for de reisende, og for landskapsbildet. Konsekvensene er vurdert som endringer fra nullalternativet.

14.2.2 Kostnader, metodikk

Kostnadsberegning er gjort i samsvar med gjeldende litteratur på området, her i særlig grad DFØ-s veileder for samfunnsøkonomiske analyser. Alle kostnader som presenteres er nåverdier. Nåverdier brukes for å sammenligne alternativene. Forutsetningene for nåverdiberegning er gitt i tabell 16. Analyseperioden er noe kortere enn i standard analyser. Grunnen til det er at den teknologiske

²⁸ Direktoratet for økonomistyring. Veileder i samfunnsøkonomiske analyser

utviklingen går meget raskt på området denne planen beskriver. Telekommunikasjon har de seneste årene hatt en akselererende utvikling, og det forventes at denne trenden fortsetter. Det er antatt en levetid på 10 år for mobilforsterkere i tog. Enkelte komponenter kan ha lengre levetid enn analyseperioden på ti år. For disse er det gjort en vurdering av restverdi. Skattefinansieringskostnaden er et påslag på alle offentlige utgifter fordi det oppstår et effektivitetstap når utgiftene skal finansieres med skatt.

I vedlegg 9 Samfunnsøkonomiske vurderinger finnes øvrige forutsetninger, og i vedlegg 10 Samfunnsøkonomiske vurderinger – beregninger finnes beregning av nåverdiene og bakgrunnstall for disse.

Kalkulasjonsrente	4 %
Analyseperiode	10 år
Skattefinansieringskostnad	20 %

Tabell 16 Forutsetninger for nåverdberegning

14.3 Nullalternativet

For å kunne si noe om effektene og konsekvensene av strategiene for forbedring, må de ha noe å måles mot. Til dette brukes det som kalles nullalternativet. Nullalternativet innebærer en videreføring av dagens situasjon.

I nullalternativet gjennomføres ingen oppgraderingstiltak i eksisterende tog. Kun nye tog som anskaffes vil utstyres med mobilforsterkere. Foreldede mobilforsterkere i togene blir ikke fornyet, men kun deaktivert når feil på utstyret oppstår. Grunnen er at reservedeler ikke finnes i markedet. For tunneler er det ikke satt av midler til oppgradering av mobildekning, kun de tunnelene som bygges nye vil bygges med mobildekning, men ikke nødvendigvis med tilstrekkelig kapasitet for å møte ambisjonsnivået i denne planen. Teleoperatørene bygger ikke forbedret dekning rettet spesifikt mot jernbanestrekningene i Norge.

14.3.1 Konsekvens for de reisende

Man kan forvente at de reisendes opplevelse av tilgangen til internett om bord i toget blir dårligere med videreføring av dagens standard. Den mobildekningen som allerede eksisterer vil oppleves som forverret med tiden. Brukerbelastningen på eksisterende mobildekning vil øke, og større avbøtende tiltak vil ikke gjennomføres. Tog som transportmiddel vil dermed oppleves som et mindre attraktivt alternativ å benytte for de som har behov for å bruke mobile enheter til tale eller internett. Manglende utvikling av tilbudet vil ikke bidra til å forbedre omdømmet til jernbanen som transportmiddel for de reisende.

14.3.2 Konsekvens for landskapsbildet

Ingen konsekvens, ettersom ingen tiltak gjennomføres.

14.3.3 Kostnader

Videreføring av dagens situasjon innebærer kostnader som knytter seg til to forhold. Det ene gjelder CAPEX for nye leveranser av tog, hvor det er gjort en beregning av mobilforsterkernes bidrag, og OPEX for mobilforsterkere i tog. Det andre gjelder kostnader for tunneler som vedrører OPEX for dagens anlegg. Det forutsettes at kostnader for frittlandsdekningen bæres av teleoperatørene, og således ikke vedkommer nullalternativet.

Nåverdien av samlede kostnader for nullalternativet er 119 millioner kroner.

14.3.4 Oppsummering

Videreføring av dagens situasjon oppfyller på ingen måte ønsket om bedre mobildekning for de reisende.

14.4 Alternativ 1 – Kjøretøystrategi

Dette alternativet innebærer etablering av komplett løsning med mobilforsterkere i tog. For tunneler er det kun de tunnelene som bygges nye som bygges med mobildekning, men ikke nødvendigvis med tilstrekkelig kapasitet for å møte ambisjonsnivået i denne planen. Teleoperatørene bygger ikke forbedret dekning rettet spesifikt mot jernbanestrekningene i Norge.

14.4.1 Konsekvens for de togreisende

Kjøretøystrategien forventes å gi de reisende en substansiell forbedring i opplevelse av dekning. Imidlertid fordrer det at det allerede finnes frittlandsdekning for den teleoperatøren den enkelte har abonnement hos. Det samme gjelder for de tunneler som allerede har etablert dekningsløsning. Strategien innebærer ikke kapasitetstilpasning til det antall reisende som til enhver tid er i opp- eller nedlastingsmodus fra internett eller i en mobil samtale. Således vil mobilbrukerne oppleve tjenesten som svak dersom det er mange samtidige brukere, men bedre dersom det er få brukere om bord i toget. Avbrudd både i anrop og bruk av internett vil forekomme, ettersom det ikke gjennomføres tiltak i mobilnettet langs jernbanen.

Tiltaket med mobilforsterkere i tog vil komme reisende over hele landet til gode. Anbefalingen av prioritert rekkefølge for oppgradering av tog er gitt i kapittel 10.4.1. Gjennomføringstiden er anslått til 4 år, men gevinster vil høstes allerede i løpet av år 2 etter igangsettelse.

Konsekvensen for de reisende vurderes til ++ på skalaen (++++ ...0 ... ---).

Virkning for de togreisende	Konsekvens
Totalt for Alternativ 1 Kjøretøystrategien	++

Tabell 17 Konsekvens for de togreisende av Kjøretøystrategien

14.4.2 Konsekvens for landskapsbildet

Landskapsbildet vil ikke endres, ettersom det ikke innføres tiltak i infrastrukturen, som basestasjoner og ledninger.

Konsekvensen for landskapsbildet vurderes til 0 på skalaen (++++ ...0 ... ---).

Virkning for landskapsbildet	Konsekvens
Totalt for Alternativ 1 Kjøretøystrategien	0

Tabell 18 Konsekvens for landskapsbildet av Kjøretøystrategien

14.4.3 Kostnader

Kostnader for Kjøretøystrategien innebærer kostnader som i all hovedsak knytter seg til to forhold. Det ene gjelder CAPEX og OPEX for tog, mens det andre gjelder kostnader for tunneler som vedrører OPEX for dagens anlegg. I tunneler, både CAPEX og OPEX. Tiltak i tunneler antas videreført på lik linje med nullalternativet.

Nåverdien av samlede kostnader for Kjøretøystrategien er 232 millioner kroner.

14.4.4 Restverdi

Noe av infrastrukturen i et tog kan ha en lengre levetid enn 10 år. Det gjelder fastmontert utstyr som for eksempel kabler og antenner.

14.4.5 Oppsummering

Gjennomføring av kjøretøystrategien forventes å forbedre de reisendes opplevelse av mobildekningen betydelig. Ved å gjennomføre tiltaket med mobilforsterkere i tog vil man hente ut den største gevinsten til den laveste kostnaden. Etablering av mobilforsterkere i tog har heller ingen negative konsekvenser for landskapsbildet.

14.5 Alternativ 2 – Dekningsstrategi

Dette alternativet innebærer tiltak i infrastrukturen gjennomført i faser. Først vil det gjennomføres raske tiltak for å tette dekningshull på de mest trafikkerte strekningene, deretter vil det gjennomføres tiltak for å øke kapasiteten i mobilnettet for å imøtekomme ambisjonsnivået på 5 Mb/s beskrevet tidligere for Po 1 og 2. Alternativet innebærer også etablering av komplett løsning med mobilforsterkere i tog, som i Alternativ 1 – Kjøretøystategien. .

14.5.1 Konsekvens for de togreisende

Dekningsstrategien forventes å gi de reisende en kraftig forbedret opplevelse av mobildekningen. Tiltaket med mobilforsterkere i tog vil alene gi en substansiell forbedring. De tidlige tiltakene i infrastrukturen vil gi de reisende en jevnere dekning enn hva de opplever i dag. Den brukergruppen som utfører vanlig kontorarbeid, det vil si uten applikasjoner som utveksler omfattende datamengder, vil kunne oppleve forbedret nytte tidlig. Bruk av mobilnettet i form av e-post, nedlasting av små dokumenter og lignende fungerer forholdsvis greit for de reisende. Ved gjennomføring av de videre tiltakene i infrastrukturen vil kapasiteten i mobilnettet øke, og det vil oppleves en forbedring særlig når det er mange samtidige brukere. De aller fleste mobilapplikasjoner vil da fungere på de mest passasjertunge strekningene.

Samlet nytte av tiltakene avhenger i hovedsak av to faktorer. Den ene er antall reisende som berøres, og den andre er tiden det tar før gevinster kan realiseres. I 2016 ble det foretatt i overkant av 74 millioner påstigninger på norsk jernbane²⁹. Av disse skjedde omtrent 54 millioner i og rundt de store byene Oslo, Trondheim, Bergen og Stavanger. Dekningsstrategien søker å maksimere gevinsten for de reisende i disse trafikkerte områdene ved å sette inn tiltak som raskt forbedrer opplevelsen der. Strategien legger opp til å nå flest mulig raskest mulig, betinget av tilgang på ressurser og tilkomst.

En annen faktor som kan spille inn i nyttevurderingen er reisens formål. Det er rimelig å anta at i bynære områder er andelen arbeidsreiser relativt høy sammenlignet med reiser i andre områder. Arbeidsreiser verdsettes vanligvis høyere enn andre typer reiser, som fritidsreiser, og til sammen tilsier dette at tiltak i bynære områder bør prioriteres.

Mer spesifikk anbefaling av prioritering av strekninger er beskrevet i kapittel 10.1.

Konsekvensen for de reisende vurderes til +++ på skalaen (++++ ...0 ... ---).

Virkning for de togreisende	Konsekvens
Totalt for Alternativ 1 Dekningsstrategien	+++

Tabell 19 Konsekvens for de togreisende av Dekningsstrategien

14.5.2 Konsekvens for landskapsbildet

Dekningsstrategien innebærer å etablere ny dekning og økt kapasitet i frittlandsdekningen. For å få til det er det nødvendig med ny infrastruktur. Det er anslått fra teleoperatørens side et behov for i underkant av ni hundre nye basestasjoner. En basestasjon er vanligvis en liten hytte med ei mast. I bynære områder plasseres disse i tilnærmet alle tilfeller på eksisterende infrastruktur, som husvegger og lignende. Disse vil knapt synes. For områder med færre slike eksisterende bygg må det bygges nytt, og vanligvis plasseres slik infrastruktur på steder som er synlige i terrenget, ettersom de fungerer best etter hensikten når de har fri sikt. Det er imidlertid et poeng for alle involverte å etablere færrest mulig slike bygg og master, og langs jernbanen vil man i stor grad kunne samlokalisere også med Bane NOR der de har master og lignende til bruk av for eksempel GSM-R og nødnett.

²⁹ SSB, persontransport 2016.

Det antas at basestasjoner oppleves som visuell støy og dermed har en negativ konsekvens på landskapsbildet. Konsekvensen for landskapsbildet vurderes til - på skalaen (++++ ...0 ... ----).

Virkning for landskapsbildet	Konsekvens
Totalt for Alternativ 1 Dekningsstrategien	-

Tabell 20 Konsekvens for landskapsbildet av Dekningsstrategien

14.5.3 Kostnader

De største kostnadene i Dekningsstrategien gjelder CAPEX for tunneler og for frittlandsdekning. I tillegg kommer OPEX for denne infrastrukturen. Kostnader knyttet til tiltak i togene er den minste posten.

Nåverdien av samlede kostnader for Dekningsstrategien er 4589 millioner kroner.

14.5.4 Restverdi

Noe infrastruktur forventes å ha en lengre levetid enn 10 år. Det gjelder fastmontert utstyr som for eksempel kabler i tog og all infrastruktur både i tunneler og i frittlandsdekningen. Det er knyttet stor usikkerhet i fremtidig bruk av dette utstyret, ettersom 10 år anses å være lang tid på området telekommunikasjon.

14.5.5 Oppsummering

Gjennomføring av Dekningsstrategien forventes å forbedre de reisendes opplevelse av mobildekningen kraftig. Ved å gjennomføre tiltaket med mobilforsterkere i tog vil man hente ut den største gevinsten til den laveste kostnaden. Deretter vil tiltak i infrastrukturen gi de reisende en mer helhetlig dekningsopplevelse, og på sikt en opplevelse som antas å møte behovet til de fleste reisende. Landskapsbildet vil påvirkes negativt, men i liten grad.

14.6 Alternativ 3 – Kapasitetsstrategi

Dette alternativet innebærer tiltak i infrastrukturen som vil gi både dekning og forbedret kapasitet i mobilnettet. Alternativet imøtekommer ambisjonsnivået om forbedret mobildekning for alle reisende. Alternativet innebærer også etablering av komplett løsning med mobilforsterkere i tog, som i alternativ 1 og alternativ 2.

14.6.1 Konsekvens for de reisende

Kapasitetsstrategien forventes å gi de reisende en kraftig forbedret opplevelse av mobildekningen. Tiltaket med mobilforsterkere i tog vil alene gi en substansiell forbedring. Ved gjennomføring av tiltakene i infrastrukturen vil kapasiteten i mobilnettet øke, og det vil oppleves en forbedring særlig når det er mange samtidige brukere.

Samlet nytte av tiltakene avhenger i hovedsak av to faktorer. Den ene er antall reisende som berøres, og den andre er tiden det tar før gevinster kan realiseres. I 2016 ble det foretatt i overkant av 74 millioner påstigninger på norsk jernbane³⁰. Kapasitetsstrategien søker å maksimere gevinsten for alle reisende ved å imøtekomme ambisjonsnivået for alle reisende med en gang.

Det vil imidlertid ta noe tid før man kan høste gevinster av tiltakene i Kapasitetsstrategien. Grunnen er at det er noe mer ressurskrevende å bygge høy kapasitet enn kun å tette dekningshull, slik det er beskrevet i første trinn av Alternativ 2 – Dekningsstrategien.

Konsekvensen for de reisende vurderes til ++++ på skalaen (++++ ...0 ... ----).

³⁰ SSB, persontransport 2016.

Virkning for de togreisende	Konsekvens
Totalt for Alternativ 1 Kapasitetsstrategien	++++

Tabell 21. Konsekvens for de togreisende av Kapasitetsstrategien

14.6.2 Konsekvens for landskapsbildet

Kapasitetsstrategien innebærer å etablere ny dekning og økt kapasitet i frittlandsdekningen. For å få til det er det nødvendig med ny infrastruktur. Det er anslått fra teleoperatørens side et behov for i overkant av ni hundre nye basestasjoner. En basestasjon er vanligvis en liten hytte med ei mast. I bynære områder plasseres disse i tilnærmet alle tilfeller på eksisterende infrastruktur, som husvegger og lignende. Disse vil knapt synes. For områder med færre slike eksisterende bygg må det bygges nytt, og vanligvis plasseres slik infrastruktur på steder som er synlige i terrenget, ettersom de fungerer best etter hensikten når de har fri sikt. Det er imidlertid et poeng for alle involverte å etablere færrest mulig slike bygg og master, og langs jernbanen vil man i stor grad kunne samlokalisere også med Bane NOR der de har master og lignende til bruk av for eksempel GSM-R og nødnett.

Det antas at basestasjoner oppleves som visuell støy og dermed har en negativ konsekvens på landskapsbildet. Konsekvensen for landskapsbildet vurderes til - på skalaen (++++ ...0 ... - - - -).

Virkning for landskapsbildet	Konsekvens
Totalt for Alternativ 1 Kapasitetsstrategien	-

Tabell 22. Konsekvens for landskapsbildet av Kapasitetsstrategien

14.6.3 Kostnader

Den største kostnaden i Kapasitetsstrategien gjelder CAPEX for tunneler. CAPEX for frittlandsdekning er også en stor kostnad. I tillegg kommer OPEX for denne infrastrukturen. Kostnad knyttet til tiltak i togene er den minste posten.

Nåverdien av samlede kostnader for Kapasitetsstrategien er 5640 millioner kroner.

14.6.4 Restverdi

Noe infrastruktur forventes å ha en lengre levetid enn 10 år. Det gjelder fastmontert utstyr som for eksempel kabler i tog og infrastruktur både i tunneler og i frittlandsdekningen. Det er imidlertid stor usikkerhet knyttet til fremtidig bruk av dette utstyret, ettersom 10 år anses å være lang tid på området telekommunikasjon.

14.6.5 Oppsummering

Gjennomføring av Kapasitetsstrategien forventes å forbedre de reisendes opplevelse av mobildekningen kraftig. Ved å gjennomføre tiltaket med mobilforsterkere i tog vil man hente ut den største gevinsten til den laveste kostnaden. Deretter vil tiltak i infrastrukturen gi de reisende en opplevelse som antas å møte behovet til de fleste reisende. Landskapsbildet vil påvirkes negativt, men i liten grad.

14.7 Oppsummering og anbefaling samfunnsøkonomiske vurderinger

Ingen av de vurderte strategiene har andre identifiserte prissatte konsekvenser enn kostnader. Strategiene har også ulike nyttegevinster. Vurdering av samfunnsøkonomisk lønnsomhet gjøres derfor som en kostnadsvirkningsanalyse.

I tabell 23 er strategiene oppsummert. Her ser man at det er store forskjeller på kostnadssiden, og forskjeller også i konsekvens for de reisende. For landskapsbildet er forskjellene mindre.

	Nåverdi, MNOK	Konsekvens for de reisende	Konsekvens for landskapsbildet
Nullalternativ	119		
Kjøretøystrategi	232	++	0
Dekningsstrategi	4 589	+++	-
Kapasitetsstrategi	5 640	++++	-

Tabell 23 Oppsummering strategiene

På bakgrunn av forholdene beskrevet i dette kapittelet så peker Dekningsstrategien seg ut som beste alternativ. Denne strategien vil forbedre de fleste reisendes opplevelse av mobildekningen kraftig, samt hente ut gevinster relativt raskt. Dekningsstrategien innebærer betydelig høyere kostnader enn Kjøretøystrategien, men også lavere enn Kapasitetsstrategien. Dekningsstrategien forventes å imøtekomme planens ambisjonsnivå for i overkant av 70% av de reisende. Kapasitetsstrategien forventes å imøtekomme planens ambisjonsnivå for alle reisende, men til en betydelig høyere kostnad enn Dekningsstrategien.

15 Anbefalinger og prioriteringer

Alternativene som ligger til grunn for planen bidrar alle til å oppnå en opplevelse av bedre mobildekning for de reisende. Det er stor demping av signalstyrken i tog. Derved er det essensielt å kompensere dempingen ved å utruste togene med mobilforsterkere. Isolert sett gir kjøretøystrategien således raskest og størst bidrag til bedring. Det gir ingen signifikant bedring av brukeropplevelsen å forbedre mobildekning i frittland og tunneler uten at togene er utrustet med mobilforsterkere. Uten å legge på tiltak som tetter igjen dekningshullene, så vil brukerne fortsatt oppleve avbrudd i tjenesteleveransen totalt sett. Derfor anbefales det at det gjennomføres tiltak både i tog og i frittlandsdekningen. Således gjenstår valg mellom alternativ 2 – Dekningsstrategi og alternativ 3 – Kapasitetsstrategi. Kapasitetsstrategien gir mobildekning i henhold til ambisjonsnivå for alle strekninger. Imidlertid vil det ta forholdsvis lang tid å oppnå forbedret dekning. Kostnad knyttet til kapasitetsstrategien er betydelig høyere enn for dekningsstrategien. Teknologit utviklingen forventes å bidra til bedre utnyttelse av eksisterende infrastruktur. Derved anbefales det å fokusere på dekningsstrategien i det videre arbeidet.

15.1 Strekningsprioritering

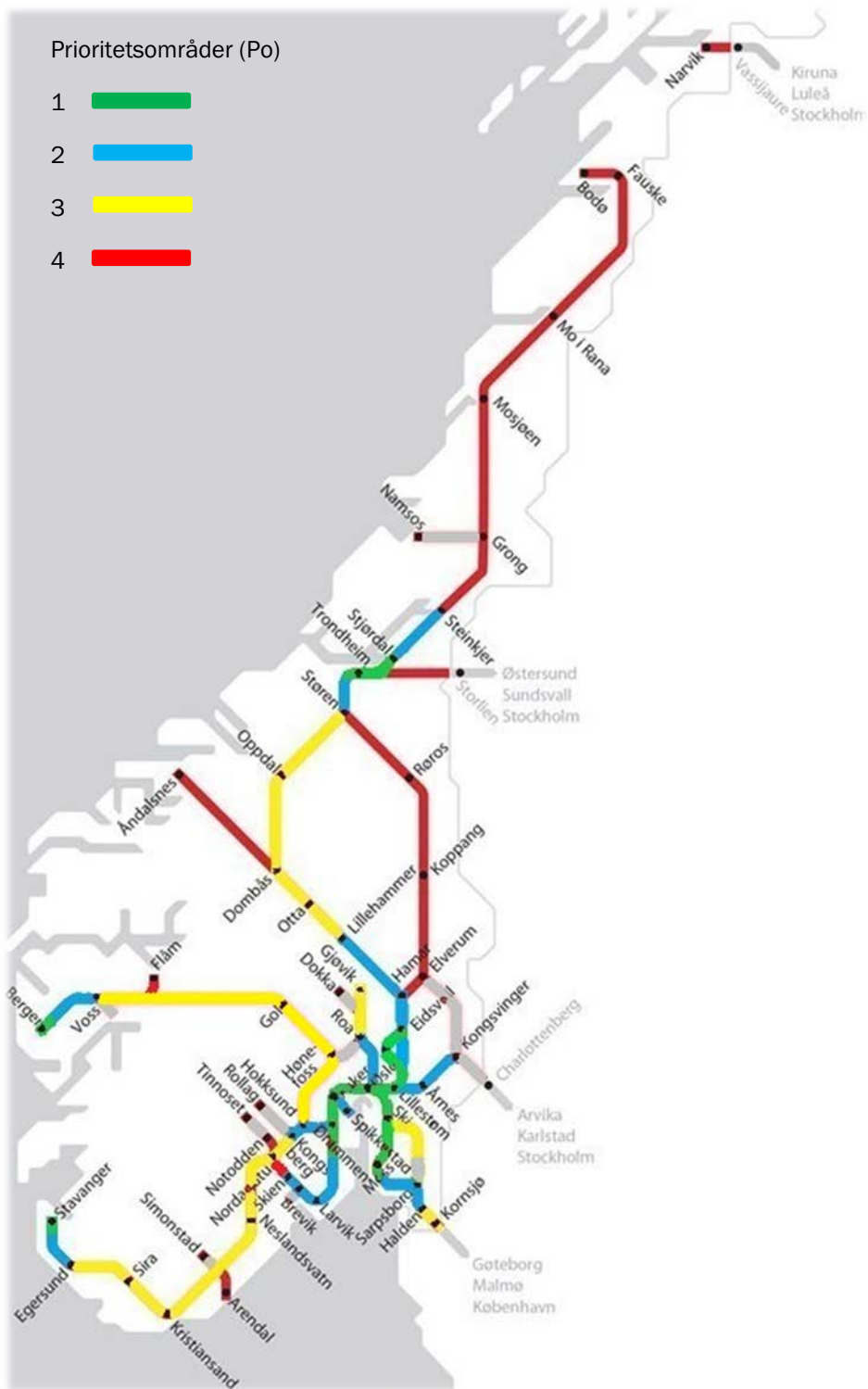
Totalt antall reisende er utgangspunktet for prioritering av strekninger. Det ivaretar hensynet til at flest mulig reisende opplever bedring i mobildekningen raskest mulig. Sammenhengen mellom antall tog og antall reisende regnes som god nok for prioritering av strekninger.

Det anbefales fire prioriterte områder (dekningspakker). De prioriterte områdene inndeles igjen i prioriterte delstrekninger. Oversikt over strekningene er angitt i tabell 24:

Po	Strekning	Po	Strekning
1	1. Oslo-S – Lillestrøm (Romeriksporten)	2	1. (Sandnes) - Egersund
	2. (Oslo-S) – Ski,		2. (Arna) - Voss
	3. (Oslo-S) – Drammen		3. Støren - (Melhus)
	4. Stavanger – Sandnes		4. (Stjørdal) – Steinkjer
	5. Bergen - Arna		5. (Moss) – Halden
	6. (Lillestrøm) – Eidsvoll		6. (Lillestrøm) – Kongsvinger
	7. (Jessheim) – Dal		7. (Drammen) – Kongsberg
	8. (Ski) – Moss		8. (Asker) – Spikkestad
	9. Melhus - Stjørdal		9. (Oslo S) – Roa
	10. (Lysaker) - (Asker)		10. (Eidsvoll) – Lillehammer
	11. (Oslo-S) - (Lillestrøm) (Hovedbanen)		11. (Tønsberg) – Skien
	12. (Drammen) – Tønsberg		
3	1. (Hokksund) – (Voss)	4	1. (Dombås) – Åndalsnes
	2. (Lillehammer) – (Støren)		2. (Stjørdal) - Meråker – (Riksgrensen)
	3. (Kongsberg)- (Egersund)		3. (Hamar) – (Støren)
	4. (Halden) - Kornsjø/Riksgrensen		4. (Skien) - Notodden
	5. (Ski) - Rakkestad		5. (Nelaug) – Arendal
	6. (Roa) – Gjøvik		6. (Steinkjer) - Bodø
	7. (Myrdal) – Flåm		
	8. Narvik - Riksgrensen		

Tabell 24 Prioritering av strekninger

Strekningene angitt i tabell 24 er illustrert i kartet figur 26. Delprioritering innenfor dekningspakkene er av praktiske hensyn ikke synliggjort i kartet.



Figur 26 Kart med prioritetsområder angitt med farge. Grønt er Po 1, blått er Po 2, gult er Po 3 og rødt er Po 4

15.2 Tiltak basert på alternativ 2 – Dekningsstrategi

Dekningsstrategien består av flere elementer som gjennomføres trinnvis. Det er som tidligere beskrevet sentralt å utruste togene med mobilforsterkere slik at signalstyrken som er tilgjengelig i infrastrukturen slipper inn i togene. Tiltaket vil umiddelbart gi opplevelse av bedre dekning for de reisende etter hvert som togene utrustes. Derved gis dette tiltaket høyeste prioritet, fordi det gir best nytte også i forhold til tiltakets kostnad. Det er viktig å merke seg at mobilforsterkerne bør være flerbåndsforsterkere. Per i dag finnes det leverandører i markedet som tilbyr 5-bånds mobilforsterkere. Større antall frekvensbånd gir økt fleksibilitet overfor de frekvensbånd teleoperatørene har designet løsningen langs jernbanen med. Det forutsettes at Norske tog sørger for harmonisering av frekvensbåndene i samarbeid med teleoperatørene og Bane NOR, slik at dette ikke skaper dekningsproblematikk i seg selv.

Teleoperatørene og Bane NOR samordner tiltakene i frittlandsdekning og tunneldekning, slik at gjennomførte tiltak i sum bidrar til best mulig opplevelse for de reisende.

Skisse til framdrift er vist i figur 27.

Prioritet	År	1	2	3	4	5	6	
1	Mobilforsterkere i tog							
2	Dekning i område angitt i Po 1							
3	Dekning i område angitt i Po 2							
4	Kapasitet i område angitt i Po 1							
5	Kapasitet i område angitt i Po 2							
6	Dekning i område angitt i Po 3							
7	Dekning i område angitt i Po 4							

Figur 27 Skisse til framdrift, dekningsstrategi

Erfaringen hittil har vist at bransjen stadig utvikler løsninger som evner å utnytte eksisterende infrastruktur bedre og bedre. Derfor er det smart å avvente bygging av kapasitet i henhold til ambisjonsnivå på de strekningene som har lavest prioritet. En revisjon av planen og tiltakene midtveis i gjennomføringen vil antakelig være hensiktsmessig. Derved kan man vurdere nye muligheter og tiltak sett i lys av teknologiutviklingen og de reisendes bruksmønster.

16 Ordforklaringer

Terminologi	Forklaring
2G	2G er andregenerasjons automatiske mobilsystem. Oftest kjent som GSM (opprinnelig Groupe Spécial Mobile) er et digitalt system for mobiltelefoni. I utgangspunktet for tale og SMS.
Basestasjon	Teleoperatørene sine radiostasjoner som er koblet sammen inn mot en sentral via fiber, radiolinjespeil eller kobberkabler. Basestasjonen sender ut sine signaler til kunder via antenner montert i master, på hustak, i stolper etc.
Båndbredde	Båndbredde angir størrelsen/mengden tilgjengelig kapasitet innfor et gitt frekvensområde. Jo større båndbredde man har tilgjengelig, desto større mengder data eller høyere datahastigheter kan man prosessere/levere innen det angitte frekvensområdet. Disponerer man eksempelvis alle frekvenser mellom 695 til 705 MHz, har man tilgjengelig en båndbredde på 10 MHz. utviklet for jernbaner i Europa.
CAPEX	Capital Expenditure (Investeringskostnad)
Carrier Aggregation	Kommersielt benevnt som 4G+-teknologi. Innebærer at man fra samme basestasjon og i samme celle sender ut signaler på samme teknologi, men i flere forskjellige frekvensbånd. Brukerens telefon, som da må støtte denne teknologien, er i stand til å «lytte» på flere frekvensbånd samtidig og benytte seg av kapasiteten i alle de bånd den lytter på. En enkel sammenligning er énfelts kjørevei kontra flerfeltsvei der effekten er bedre kapasitet til å håndtere en høyere trafikkmengde.
dBm	Signalstyrken angis i dBm (desibel-milliwatt). Jo større negativ verdi i dBm, desto dårligere dekning. De ulike teknologiene 2G, 3G og 4G har ulike grensetall for hva som regnes som god dekning. God dekning for 2G ligger i intervallet -60 til -90 dBm, for 3G ligger det i intervallet -70 til -100 dBm og for 4G i intervallet -90 til -110 dBm. Lavere enn dette angis som svak dekning.
Flerbånds Mobilforsterker	Flerbånds mobilforsterker er forsterkere som er teknologiavhengige. Det vil si at de forsterker signaler fra både 2G-, 3G- og 4G-basestasjoner. De dekker over flere frekvensbånd slik at eksempelvis en 4-bånds mobilforsterker vil forsterke alle teknologier på de 4 frekvensbånd den er satt opp til å støtte. Normalt per i dag vil det være en mobilforsterker som dekker 800, 900, 1800 og 2100 båndet og alle tre teknologiene 2G, 3G og 4G. Disse forsterkerne vil også fungere på GSM-R-teknologi.
Femtocell	Liten basestasjon for innendørs bruk som dekker et begrenset fysisk område med begrenset kapasitet. Krever egen gateway for å kommunisere inn mot det normale mobilnettet og er således i meget lite bruk i dag.
Dekning	Dekning er at signalstyrken på radiosignalene som en mobilenhet mottar fra en basestasjon er så sterke at brukeren kan ringe eller koble seg opp på datanett.

Terminologi	Forklaring
ERTMS	European Rail Traffic Management System. Europeisk standardisert system for togkontroll og -signalering.
Frittlandsdekning	Dekningen fra teleoperatører ute i åpent landskap.
GPRS/EDGE	Benevnelsen på den databærende tjenesten i et 2G (GSM) nett, maksimal datahastighet ca 200 Kb/s.
GSM-R	GSM-R (R for railway) er et lukket mobilnett (digitalt radiosystem)
Hastighet	Hvilken datahastighet kunden kan forvente å oppnå på sin dataforbindelse mellom telefon og basestasjonsnettet. Benevnes i antall Mb/s.
Kapasitet	Den enkelte teleoperatørs mulighet til å levere god nok mobildatahastighet i et gitt område til en gitt mengde samtidige brukere. Eksempelvis en basestasjon som sender med 300 Mb/s kapasitet som alle kunder innenfor dekningsområdet til stasjonen samlet har til rådighet.
L18	Benevnelse for LTE1800. 4G på 1800 MHz frekvensbåndet
LTE	Long-Term Evolution, markedsført som 4G LTE (eller bare 4G). En standard for høyhastighets-telekommunikasjon.
M2M	Maskin-til-maskin. Kommunikasjonsenheter brukt både til fjernovervåking og fjernstyring. Eksempel på slikt utstyr er strømmålere, hyttealarmer, betalingsterminaler, posisjoneringsutstyr og andre typer overvåking.
MIMO	«Multiple-Input, Multiple-Output». Metode i datakommunikasjon. Metoden bruker flere signalveier mellom basestasjon og mobilenhet og krever flere antenner, typisk to (2X2 MIMO) eller fire (4X4 MIMO).
Network Rail	Eier av jernbaneinfrastruktur i England, Skottland og Wales (UK)
OPEX	Operating expense (Drift- og vedlikeholdskostnader)
OpenSignal	Et selskap som spesialiserer seg på oversikter over nettdekning. Baserer informasjonen om på dekning ved å samle data fra alle brukere (Crowdsourcing) som har installert appen fra OpenSignal på sin mobile enhet.
OPL	Flytogets operative ledelse (driftsoperative senter)
Opplevd hastighet	Den hastigheten som teleoperatørens kunder i praksis kan oppleve å få på sin nettforbindelse mot en basestasjon.
RAT	Radio Access Technology. Underliggende forbindelsesmetode i radiobasert kommunikasjon. Dagens mobiltelefoner kommuniserer på ulike former for RAT: 2G, 3G, 4G, LTE, Wifi, Bluetooth
Repeater	Mobilforsterker. Et apparat som forsterker mobilsignaler innenfor fastsatte frekvensbånd.
RSSB	Rail Safety and Standards Board (https://www.rssb.co.uk/) - UK

Terminologi	Forklaring
SISO	«Single-Input, Single-Output». Metode i datakommunikasjon. Bruker én signalvei med én enkelt antenne.
Teleoperatør	Selskapet som leverer mobilsignalene og abonnement / SIM-kort til kunden. En teleoperatør har eget radionett som sender ut signaler til kundenes telefoner og terminaler.
Togoperatør	Den organisasjonen som har ansvaret for å fremføre toget.
Trackside-teknologi	Trackside-teknologi betyr at det langs jernbanesporet, gjerne bare få meter unna skinnegangen, legges strålekabel eller «tett i tett» med et stort antall små antenner som er kjedet sammen. Fra disse antennene sendes det signaler med relativt lav effekt, men nok til at mottakerantennene montert på toget kan fange dem opp og distribuerer dem inne i toget. Prinsippet kan brukes på flere ulike teknologier, men mest vanlig i dag er å benytte ulisensierte frekvenser og Wifi som teknologibærer.
Transmisjonskapasitet	Den maksimale datahastighet en teleoperatør har tilgjengelig inn til sin basestasjon, enten via kobber, fiber eller radiolinje.
Tunneldekning	Signalstyrken og kapasiteten som Bane NOR sine mobilforsterkere inne i tunnelene leverer.
VoLTE	Voice over LTE. Innebærer at man kan ringe og ha en normal telefonsamtale når telefonen bruker 4G-dekning.

17 Referanser

1. Bedre mobiltjenester på tog, Rapport utarbeidet for Samferdselsdepartementet, Offentlig versjon 30. april 2015
2. KTI Internett i tog NSB august 2017
3. Intensjonsavtale om bygging og drift av mobil infrastruktur for betjening av togpassasjerer JBV ref. 201612690-1. Da inngått mellom Telenor Norge AS, NSB AS og Jernbaneverket. Avtalen ble signert den 30.01.2015.
4. Norske mobilnett i 2016 (CRNA Simula Report)
5. Investigating Packet Loss in Mobile Broadband Networks under Mobility; Dziugas Baltrunas, Ahmed Elmokashfi, Amund Kvalbein, Özgü Alay
6. Simula Research Laboratory, Oslo, Norway
7. Nexia, Oslo, Norway
8. bane danmark; God internet og mobildækning til togpassagererne i hele Danmark: <http://www.ft.dk/samling/20151/almindel/tru/bilag/382/1666913.pdf>. (02.10.2017)
9. England: 2016. RSSB - Standard for Internet Access on Trains - RIS-0700-CCS Iss 1. (04.10.2017)
10. England: 2015. Network Rail. Telecoms - Patchy and Un-scalable Digital Train & Tracksides Connectivity. (02.10.2017)
11. England: The connected journey. <https://www.railengineer.uk/2016/06/03/the-connected-journey/> (03.06.2016)
12. SSB. Reisetatistikk.
13. Direktoratet for økonomistyring. Veileder i samfunnsøkonomiske analyser
14. Tyskland: Urban Mobility - Better Surfing in Trains. <https://www.siemens.com/innovation/en/home/pictures-of-the-future/mobility-and-motors/urban-mobility-high-frequency-train-windows-from-siemens.html>
15. Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies, 2017 <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017/>

18 Vedlegg

Vedlegg 1	Internett fra KTI, NSB 2017
Vedlegg 2	Dimensjonerende passasjertall
Vedlegg 3	Bane NOR Underlag for beregning av mobildekning og kapasitet per banestrekning
Vedlegg 4	Norske tog. Kostnader for mobilforsterkerløsning i kjøretøy
Vedlegg 5	Prioritert Strekninger ICE v3_inkl_LB-kost
Vedlegg 6	Kostnad Telia bygging prioriterte strekninger
Vedlegg 7	Innspill dekningskost Telenor
Vedlegg 8	Usikkerhetsanalyse, Metier, 20180314
Vedlegg 9	Samfunnsøkonomiske vurderinger
Vedlegg 10	Samfunnsøkonomiske vurderinger – beregninger
Vedlegg 11	Internet på tog NSB august 2017