



Rapport for KMD

Kostnadsanalyse 2020 - bredbåndsdekning i ulike varianter



Amund Kvalbein, Harald Wium Lie,

Stein Gudbjørgrud

Juni 2020

Ref: XKMD001

Innhold

1	Bakgrunn og oppsummering	1
2	Valg av aksessteknologier	4
3	Alternativ A: Gigabit-nett (1000/100 Mbit/s)	6
3.1	Datakilder og metode	6
3.2	Gigabit – full landsdekning	7
3.3	Gigabit – 95% landsdekning	11
3.4	Gigabit – 95% til 100% dekning	11
4	Alternativ B: 100 Mbit/s-nett (100/10 Mbit/s)	15
4.1	Datakilder og metode	15
4.2	100/10 Mbit/s-nett: Full landsdekning	16
4.3	100/10 Mbit/s-nett: 95% landsdekning	19
4.4	100/10 Mbit/s-nett: 95% til 100% dekning	19
5	Referanser	22

Vedlegg: Estimerer på fylkeskommunalt og kommunalt nivå

Copyright © 2020. The information contained herein is the property of Analysys Mason and is provided on condition that it will not be reproduced, copied, lent or disclosed, directly or indirectly, nor used for any purpose other than that for which it was specifically furnished.

Analysen er gjennomført av Harald Wium Lie, Amund Kvalbein og Stein Gudbjørgrud i perioden mellom desember 2019 og juni 2020. Vi ønsker å takke fagfolk hos norske teleselskaper for tilgang til erfaringsdata og verdifulle innspill til metodikk. Vi ønsker også å takke Ewan Jaouen fra Simula Research Laboratory for utmerket bistand med modellering og prosessering av data.

Analysys Mason AS
Tjuvholmen allé 19
Oslo 0252
Norway
Tel: +47 920 49 000
oslo@analysysmason.com
www.analysysmason.com

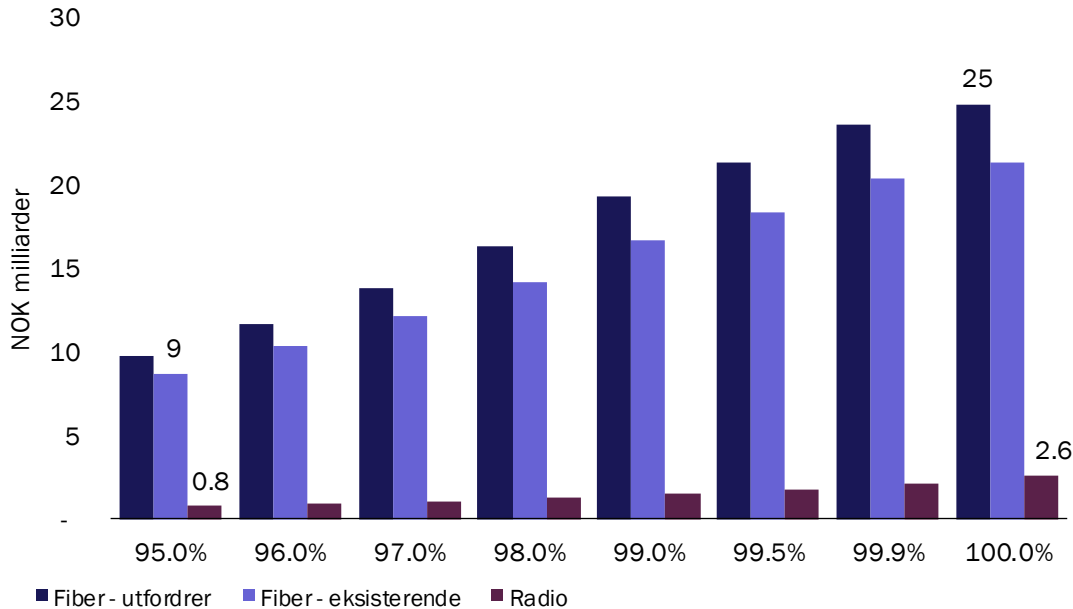
1 Bakgrunn og oppsummering

Formålet med analysen er å estimere totale investeringskostnader og offentlig støttebehov forbundet med fremtidig utbygging av ulike scenarier for bredbåndsdekning i Norge. Rapporten inneholder estimater for kostnader og offentlig støttebehov forbundet med å nå henholdsvis 95, 96, 97, 98, 99, 99,5, 99,9 og 100% bredbåndsdekning for husstander og virksomheter for to hastighetsklasser:

- Alternativ A: 1 Gbit/s nedlastningshastighet og 100 Mbit/s opplastningshastighet
- Alternativ B: 100 Mbit/s nedlastningshastighet og 10 Mbit/s opplastningshastighet

For kostnadsmodelleringen ble fiber valgt som aksessteknologi for Alternativ A og 4G/5G-basert radio ble valgt som aksessteknologi for Alternativ B. For Alternativ A er det liten tvil om at fibernett er den riktige aksessmetoden å bruke for nye tilkoblinger, og teknologisk og regulatorisk utvikling de nærmeste årene vil sannsynligvis muliggjøre bruk av radiobasert akses til å levere hastigheter som møter kravene i Alternativ B.

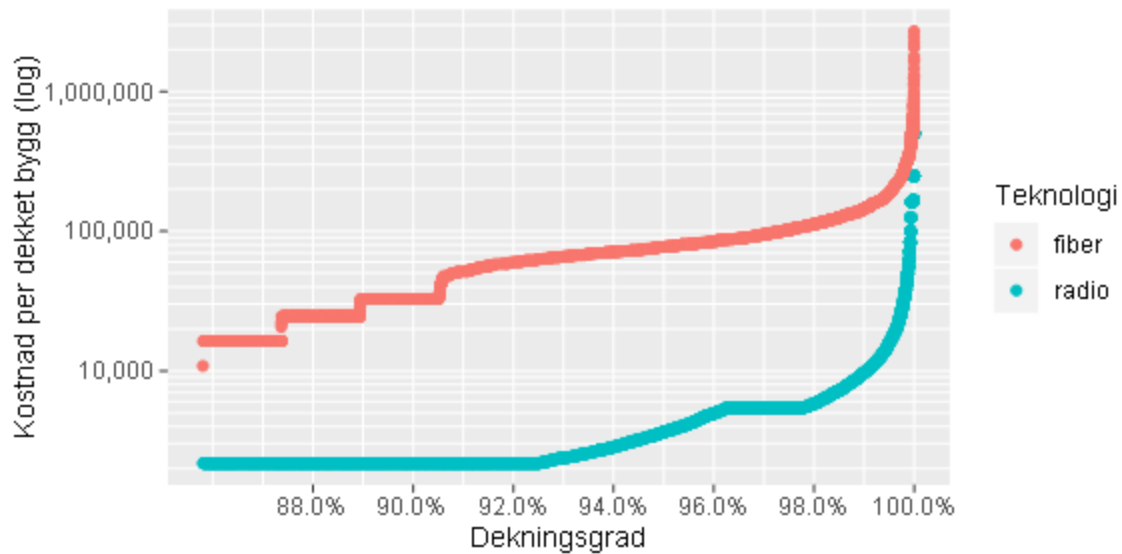
Alternativ A er dyrere enn Alternativ B. Etablering av fiberaksesnett til de 360 000 byggene som mangler et slikt tilbud i dag vil koste opptil 25 milliarder avhengig av dekningskrav og operatørvalg, som vist i Figur 1. Etablering av et radionett med 100/10 Mbit/s hastighet vil koste opptil 2,6 milliarder avhengig av dekningskrav.



Figur 1. Est. etableringskost for gigabit- og 100/10-nett for ulike dekningskrav. Kilde: Analysys Mason

Figur 2 viser hvordan estimert etableringskostnad per dekket bygg stiger med krav til dekningsgrad og valg av aksessteknologi. For fibernett vokser kostnaden per dekket bygg kraftig for de siste 25 000 byggene som representerer dekning fra ca. 99,0% til 100,0%. I 4G/5G-radionett er estimert kostnad per bygg litt over 2 000 kroner for dekning opptil ca. 92%. Så stiger kostnaden jevnt til en

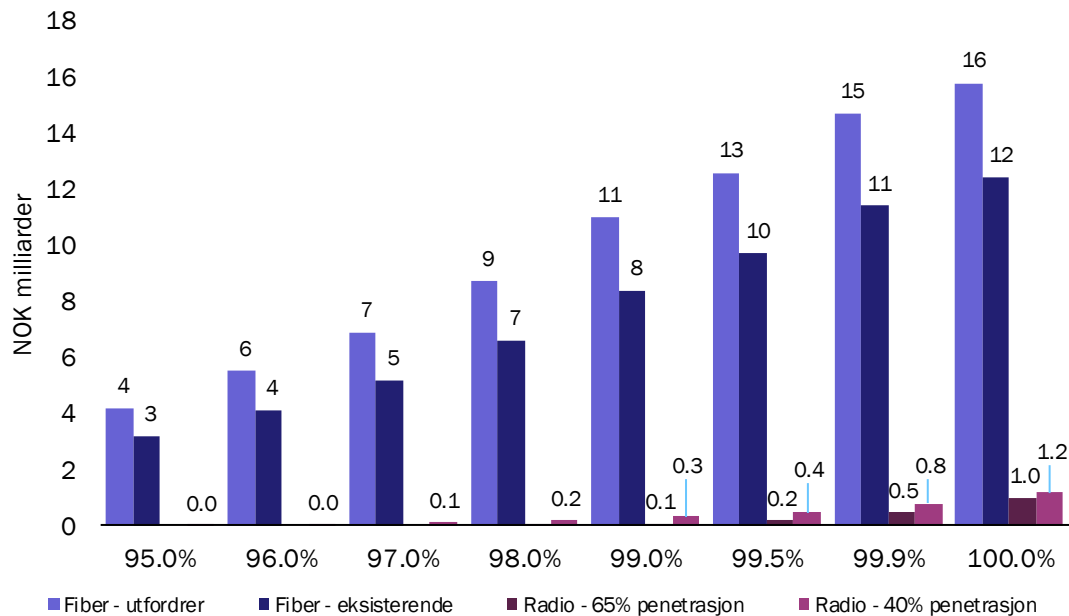
dekning på rundt 98%, og etter dette vokser kostnaden kraftig til 500 000 kroner for de dyreste byggene¹.



Figur 2. Kostnad per dekket bygg for gigabit- og 100/10-nett. Kilde: Analysys Mason

Figur 3 viser estimert støttebehov for ulike dekningsgrader i begge alternativene. For gigabit-nett varierer støttebehovet mellom 3 milliarder kroner (for 95% dekning og bruk av etablerte utbyggere) til rundt 16 milliarder kroner for 100% dekning og utbygging av utfordrere som ikke har aksessnett i kommunen fra før av.

¹ Merk at y-aksen som viser kostnad per dekket bygg er vist i logaritmisk (log10) skala.



Figur 3. Est. støttebehov 95-100% dekning med gigabit- og 100/10-nett. Kilde: Analysys Mason

Dersom radiobasert bredbånd blir en populær aksessmetode med 65% penetrasjon estimerer vi at det vil være lønnsomt for operatørene å bygge til rundt 98% med lav eller ingen offentlig støtte. For dekning over 98% stiger støttebehovet og ender på rundt 1 milliard for 100% dekning. I alternativet med 40% penetrasjon – hvor 40 av 100 som får dekning faktisk velger å bli kunde - er støttebehovet generelt noe høyere.

De estimerte støttebehovene for en radiobasert 100/10-tjeneste er betydelig lavere enn hva tilfellet er for etablering av gigabit-nett. I 2019 var den statlige støtten til bredbåndprosjekter rundt 250 millioner kroner. I tillegg finnes det både krav om og tradisjon for at andre myndigheter og virksomheter bidrar med utbyggingsmidler i tillegg til de statlige midlene. Dersom disse ordningene fortsetter er det realistisk å tro at det vil være mulig å realisere meget høy 100/10-dekning i løpet av noen år.

Samfunnets bevissthet om verdien av tilgang til bredbånd med høy kapasitet er stigende, og denne bevisstheten er ytterligere styrket våren 2019 når Korona-viruset har spredd seg i Norge og store deler av befolkningen har måttet jobbe eller studere hjemmefra. Et radiobasert tilbud med kapasitet på 100 Mbit/s vil ha høy verdi for mange som mangler et slikt tilbud i dag. Det er imidlertid liten tvil om at de fleste vil foretrekke et gigabit-alternativ med fibernet: Gjennomsnittlig nedlastningshastighet for norske privatbrukere er over 150 Mbit/s [1] og behovet for stabile samband med høy kapasitet vil etter all sannsynlighet fortsette å øke i årene som kommer.

2 Valg av aksessteknologier

Valg av aksessteknologi er den viktigste driveren for kostnader og støttebehov. For Alternativ A (1000/100 Mbit/s) er det liten tvil om at fibernett er den riktige aksessmetoden å bruke for modellering av nye tilkoblinger siden fibernett er førstevalg for utbygging av nye gigabit-nett i Norge og de aller fleste andre land. Utbygging av nye Kabel-TV-nett² kan også levere gigabit-hastigheter, men gjøres i liten grad i Norge og vil ha et kostnadsnivå som er sammenliknbart med rene fibernett. Det er også mulig å realisere gigabit-nett med radiosamband, men vi kjenner ingen tilbydere som har eller planlegger å ha et slikt tilbud til privatmarkedet.

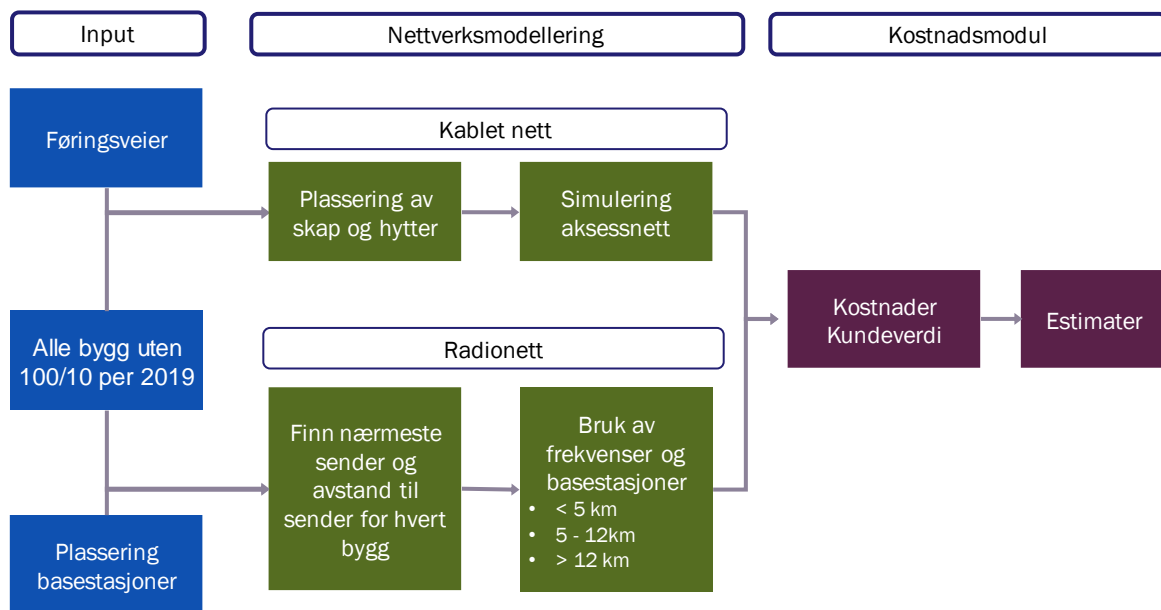
Det er vanskeligere å velge aksessteknologi for Alternativ B (100/10 Mbit/s). I dag dominerer kablede nett som fibernett og oppgraderte Kabel-TV-nett denne hastighetsklassen, og det er ingen tvil om at begge teknologier kan brukes for å møte hastighetskravene i Alternativ B. Vi mener imidlertid at det om kort tid også vil være mulig å tilby slike hastigheter gjennom radiobasert aksess som bruker 4G eller 5G-teknologi. Takket være en rask teknologisk utvikling og regulatorisk tilrettelegging i senere år finnes det nå kommersielt tilgjengelig radioutstyr som kan levere en stabil 100/10 Mbit/s-tjeneste, og i årene framover er det grunn til å tro at denne utviklingen vil forsterkes. Det særlig to drivere som er viktige for dette:

- Utvikling og bruk av "Massive MIMO" antenneutstyr gjør det mulig å øke kapasiteten i et radionett uten å bruke mer radiospektrum. Massive MIMO blir trolig en viktig komponent i de nye 5G-nettene som skal ruller ut i de nærmeste årene.
- Norske myndigheter har gjennom lang tid jobbet for å gjøre mer spektrum tilgjengelig for tilbydere av radiobasert bredbånd, og i årene framover skal Nkom dele ut mange nye frekvenstillatelser som bl.a. kan brukes til radiobasert bredbånd.

Med bakgrunn i redegjørelsen ovenfor er analysen basert på fiber som aksessteknologi for Alternativ A (også kalt gigabit-nett) og radio som aksessteknologi for Alternativ B. Figur 4 viser datakilder og metode for alternativene, og de neste kapitlene beskriver dette i mer detalj.

² Fiberaksessnett forkortes ofte til FTTH eller FTTB og oppgraderte Kabel-TV-nett forkortes ofte til HFC.

Figur 4. Datakilder og metode [Kilde: Analysys Mason, 2020]



Vi har lagt til grunn at all utbygging skal gjennomføres av en eksisterende nettoperatør med tilgang til grunnleggende nettverksressurser (som kjernenett og transportnett til kommuner som trenger utbygging), planleggingskapasitet og nødvendige radiofrekvenser. Vi har derfor ikke tatt med slike kostnader i modelleringen.

3 Alternativ A: Gigabit-nett (1000/100 Mbit/s)

3.1 Datakilder og metode

Vi har primært brukt to datakilder for simulering av fiberutbygging:

- Elveg: Databasen over alle kjørbare veger i Norge som Kartverket og Statens Vegvesen har gjort fritt tilgjengelig. Vi har brukt kjørbare veger som et proxy for føringsveier for fibernet. Fiberutbyggere kan bruke andre føringsveier: Mange kommuner og virksomheter har lagt trekkør for fiber i lang tid, og i mange områder er det mulig å bruke eksisterende strøm- og telestolper. Vi er imidlertid ikke kjent med nasjonale datakilder med slik informasjon, og har basert all simulering på etablering av fibernet langs kjørbare veg³.
- Dekningsdata fra Dekningsundersøkelsen 2019 [1]. Nasjonal kommunikasjonsmyndighet (Nkom) har i mange år publisert detaljert informasjon om bredbåndsdekningen i Norge, og de to siste årene har slik informasjon vært tilgjengelig for hver bolig i Norge.

Analysen er basert på en antakelse om at det må etableres ny fiberdekning til bygninger som mangler tilbud om 100 Mbit/s i dag. Dette kan virke kontra-intuitivt; det åpenbare alternativet ville være å simulere utbygging til alle bygg som ikke har tilbud om 1000/100 Mbit/s i dag. Ifølge [1] er dekningsgraden for gigabit-nett per juni 2019 rundt 54% slik at 46% mangler slik dekning. Etter vårt skjønn er det imidlertid sannsynlig at alle bygninger som i dag har tilbud om fiberaksess eller HFC-nett vil få tilbud om gigabithastigheter i løpet av de nærmeste årene. Vi har derfor tatt utgangspunkt i den samlede dekningen per juni 2019 for FTTH- og HFC-nett som er rundt 86% for boliger og 74% for næringsbygg og simulert utbygging til bygg som ikke har slik dekning. I sum dreier dette seg om rundt 360 000 bygg.

For å simulere utbygging av fibernet for Alternativ A og radionett for Alternativ B utviklet vi en utbyggingsmodul i dekningsystemet TABS. Utbygging av fibernet er modellert ved hjelp av en «Spanning Tree» algoritme i TABS som beregner korteste vei mellom en rekke noder. Med slik funksjonalitet kan man beregne antall meter framføring som må til for å bygge et kablet nett som dekker boliger som i dag ikke har et tilbud om høykapasitetsnett. Kostnader for etablering av dekning fram til husvegg for alle bygg er inkludert uavhengig av kundeforhold. De fleste fiberutbyggere vil etablere fiber fra nærmeste kum og fram til husvegg etter at kundeavtale er underskrevet, slik at man kun tar slike investeringer når man er sikret en inntekt. Kostnadsestimatene for fiberutbygging ville blitt noe lavere om vi hadde modellert det på samme måte.

Bildet under viser et eksempel på modellering av fibernet fra Hjelmeland kommuner i Rogaland. Kommunen har rundt 1 100 husstander og blant disse har rundt 470 et 100/10 Mbit/s tilbud i dag. Disse er merket med svarte punkter i kartet, mens boliger uten dekning er merket med oransje

³ Med Sentralt Informasjonspunkt («SIP») som vil bli etablert med hjemmel i bredbåndsutbyggingsloven, vil tilgang til informasjon om rør bli forenklet.

punkter. De røde linjene viser det simulerte fibernet som dekker alle boliger med kortest mulig framføringslengde. Tilsvarende øvelse har vi gjennomført for hele Norge utenfor tettsteder.

Figur 5. Fibersimulering i Hjelmeland kommune. Kilde: Analysys Mason



Kostnadsestimatene for spredtbygde strøk er basert på denne analysen, mens estimatene for tettbygde strøk er basert på intervjuer med fiberutbyggere og erfaringsdata fra andre Analysys Mason-prosjekter. Resultatene fra simuleringen er sjekket med flere utbyggere som har erfaring med utbygging utenfor tettsteder.

Alternativ A er tatt fram i to varianter: En hvor utbygger kun har ett termineringspunkt for fiber i kommunen («Utfordrer») og en annen hvor utbygger allerede har et fiberaksessnett i deler av kommunen («Eksisterende»). I Hjelmeland kommune er det allerede bygd en god del fiberaksess som vist med svarte punkter på kartet. Fibersimuleringen tar hensyn til bygg som allerede har dekning, men det er allikevel nødvendig å etablere fiber gjennom områder som allerede har et tilbud. Den eksisterende netteier kan i stor grad gjenbruke eksisterende fibernet i slike tilfeller. Vi har skjønnsmessig redusert antall grøftemeter med 20% i denne varianten.

Vi understreker at kostnadsestimatene er estimater som er basert på teoretiske beregninger. Derfor er kostnadene som vises i tabeller i mange tilfeller rundet av til nærmeste 10 eller 100 millioner.

3.2 Gigabit – full landsdekning

Figur 6 viser fylkesvise kostnadsestimater for å oppnå full gigabit-dekning til norske husstander og virksomheter. Estimert utbyggingskost uten tilgang til eksisterende fiberaksessnett er litt under 25

milliarder kroner, mens den reduseres til rundt 21,5 milliarder dersom man kan bruke eksisterende aksessnett. Det samlede støttebehovet er mellom 12 og 15,5 milliarder kroner.

Figur 6. Kostnadsestimat full dekning med gigabit-nett i millioner kroner. Kilde: Analysys Mason

Gigabit - full dekning Fylke	Dekkede bygg	Aktive kunder	Etableringskost		Kunde verdi	Støttebehov	
			Utfordrer	Eksisterende		Utfordrer	Eksisterende
Akershus	25,100	19,100	1,410	1,230	640	790	600
Aust-Agder	8,900	6,900	800	680	230	570	450
Buskerud	20,300	15,500	1,370	1,190	510	870	690
Finnmark	5,500	4,200	590	510	140	450	370
Hedmark	24,600	19,400	1,960	1,660	670	1,290	1,000
Hordaland	22,500	17,000	1,550	1,350	560	1,000	800
Møre og Romsdal	22,600	17,300	1,500	1,290	580	930	730
Nordland	31,800	24,700	2,420	2,070	840	1,590	1,240
Oppland	26,800	21,000	1,830	1,560	720	1,110	840
Oslo	5,700	4,000	160	160	120	50	50
Østfold	25,600	19,400	1,440	1,260	640	820	640
Rogaland	21,800	16,400	1,440	1,250	540	910	730
Sogn og Fjordane	12,600	9,700	1,180	1,010	320	870	690
Telemark	17,200	13,100	1,270	1,100	440	840	670
Troms	15,300	11,600	1,010	880	380	640	510
Trøndelag	41,400	32,200	3,050	2,610	1,100	1,970	1,520
Vest-Agder	15,200	11,500	1,030	890	380	660	520
Vestfold	16,100	12,200	820	720	400	430	330
Norge totalt	359,000	275,400	24,800	21,400	9,200	15,800	12,400

Utbyggingskostnader utenfor tettsteder

Til sammen må det etableres nesten 75 000 km med fibernett for å realisere nødvendig utbygging utenfor tettsteder. Dette er en reduksjon fra en tilsvarende analyse fra 2013 [2] hvor det var nødvendig med mer enn 110 000 km fibernett. Antall meter per dekket bygg har imidlertid steget betydelig: I gjennomsnitt må det for hver bolig i grisgrendte strøk etableres 205 meter med nett langs veg og 103 meter nett fra vei og til husvegg. I 2013 var tilsvarende estimer 177 meter med nett langs veg og 75 meter nett fra vei og til husvegg. Årsaken til dette er at de byggene som gjenstår i dag oftest er mer grisgrendt beliggende enn hva tilfellet var i 2013.

Meterkostnaden for utbygging av fibernett varierer med regulatoriske forhold og hvilken føringsvei som benyttes. I de senere årene har norske myndigheter arbeidet bevisst med å forbedre regimet for føringsveier, og vårt inntrykk fra samtaler med utbyggere er at situasjonen er forbedret i de fleste kommuner. I tillegg er det ofte enklere og rimeligere å etablere fibernett i grisgrendte strøk hvor de aktuelle byggene som inngår i analysen er plassert. På bakgrunn av dette har vi økt 2013-kostnadene med 1,5 % per år til 275 kroner per meter langs vei og 165 kroner per meter fra vei til husvegg, noe som er lavere enn den generelle prisstigningen. Vi understreker at man er nødt til å inkludere bruk av rimelige føringsveier som luftstrekk eller mikrogrøfting for å oppnå slike gjennomsnittskostnader.

I tillegg til framføring må det etableres fibernoder. Vi har simulert utbygging med to nodetyper: fiberhytter og fiberskap. Vi har antatt at en fiberhytte kan betjene opptil 2 000 boliger og har en etableringskost på 200 000 kroner. Et fiberskap koster mindre (100 000 kroner) men har lavere kapasitet. I tillegg har vi inkludert en nodekostnad per kunde («kost per port») på 500 kroner og kostnad for tilknytning til nærmeste node på 250 000 kroner for fiberhytter og 125 000 kroner for

fiberskap. Vi har ikke inkludert kostnader for etablering av transportnett inn til kommunene siden vi antar et utbygger allerede har etablert et slikt punkt. For både fiberhytter og fibernoder har vi regnet med en maksimal avstand i veglengde mellom husvegg og fibernode på 15 km. Til sammen trengs rundt 1 630 noder for å sikre full dekning utenfor tettsteder. Dette er en nedgang på 18% sammenliknet med 2013-analysen. Til sammenlikning er antall bygg som ikke har dekning nesten halvert. Dette illustrerer at de byggene som ikke har nødvendig dekning i dag ligger langt fra hverandre, slik at hver nye node dekker færre bygg enn i 2013.

Det er også nødvendig å selge og installere utstyr til sluttbruker. Disse kostnadene er til sammen estimert til 7 500 kroner. I estimatene er imidlertid disse nullt ut siden vi har antatt etableringsinntekter på samme beløp.

I sum estimerer vi en gjennomsnittlig kostnad per dekket bygg i grisgrendte strøk på mellom 60 000 og 69 000 kroner. Med en forventet penetrasjon⁴ utenfor tettsteder på 80%⁵ tilsvarer dette en gjennomsnittlig utbyggingskostnad per kunde på mellom 78 000 og 90 000 kroner.

Utbyggingskostnader i tettsteder

Selv om tilbudet om bredbånd er relativt godt i norske tettsteder vil det være nødvendig å bygge til rundt 100 000 boliger og nesten 120 000 bolig- og næringsbygg for å sikre full dekning til husstander og virksomheter. Vi har delt tettsteder inn i tre grupper med hhv. lav, medium og høy utbyggingskostnad, og antatt en gjennomsnittlig utbyggingskost på 35 000 kroner per kunde. Dette er høyere enn vanlig utbyggingskostnad i tettsteder men det er grunn til å tro at det er i hovedsak de dyreste byggene som gjenstår i tettsteder. Med en forventet penetrasjon i tettsteder på 70 % tilsvarer vårt estimat en gjennomsnittlig kostnad per dekket bygg på rundt 24 500 kroner⁶. Vi har brukt en lavere penetrasjon i tettsteder siden det ofte finnes flere alternativer i slike områder og siden en større andel av husstander leier bolig i tettsteder.

Kunde verdi

Utbygging av et bredbåndsnett krever høye investeringer før nettet kan generere inntekter. I etterkant forventer utbygger høye kunde bidrag for å rettferdiggjøre investeringen. For kunder i høykapasitetsnett er det vanlig å regne med en månedsinntekt på mer enn 750 kroner ekskl. mva. for tilgang til Internett-, tv- og taletjenester. Ulike tilbydere har ulike kostnadsnivåer og finansieringsbetingelser, men vi kjenner flere operatører som bruker verdier på mellom 30 000 og 35 000 kroner som verdi per privatkunde når framtidige kontantstrømmer neddiskonteres og regnes om til en nåverdi. Fiberaksessnett kan også ha en strategisk verdi som har ført til at norske nett har vært omsatt til verdier på rundt 50 000 kroner per kunde. I kalkylen har vi satt kunde verdi til 30 000 kroner per

⁴ Penetrasjon er antall kunder delt på antall mulige kunder i et gitt område.

⁵ Gjennomsnittlig penetrasjon i norske høykapasitetsnett er rundt 80%. Kilde: Nkom

⁶ Kostnad per dekket bygg blir lavere enn kostnaden per kunde fordi det er flere dekkede bygg enn kunder. Om vi hadde brukt en penetrasjon på 100% ville kostnaden vært den samme.

kunde i tettsteder og 35 000 kroner utenfor tettsteder siden vi antar at konkurransesituasjonen vil være mindre intens i gravgrendte strøk.

Nettutbyggere som vi har snakket med understreker at kundeverdien er avhengig av at utbygger selv får levere tjenester til sluttbruker. Dette er den dominerende modellen for høykapasitets nett i Norge, og det finnes kun en håndfull mindre operatører som praktiserer full åpenhet hvor mange tjenesteleverandører får anledning til å levere Internett og TV-pakker til sluttbrukere. Særlig er Internett-tjenesten viktig fordi denne kjennetegnes av høye driftsmarginer. En endring av det regulatoriske regimet mot «tvangsåpning» av fiberaksessnett kan redusere forventet kunde verdi og dermed øke støttebehovet. Vi understreker imidlertid at en samfunnsøkonomisk vurdering av evt. regulatoriske endringer ikke er en del av denne rapportens mandat, og at tilgang til fiberaksessnett kan øke konkurransen, redusere kostnader til kundeføring og gi inntekter fra grossistsalg.

Støttebehov

Støttebehovet er definert som differansen mellom utbyggingskost og estimert kunde verdi og er beregnet for hver node. For noen få noder er estimert kunde verdi høyere enn utbyggingskost og i slike tilfeller er støttebehovet annullert. For full gigabit-dekning er støttebehovet estimert til mellom 12,4 og 15,8 milliarder kroner. I tettsteder er det en relativt liten forskjell mellom utbyggingskost og estimert kunde verdi, og mange områder vil trolig bygges ut uten noen form for offentlig støtte. Det finnes imidlertid deler av tettsteder, eksempelvis småhus i storbyer som ligger mellom næringsbygg og leilighetskomplekser, som neppe vil bli bygd ut på et rent kommersielt grunnlag.

Vår analyse omfatter ikke en vurdering av ulike modeller for offentlig støtte. Det finnes mange måter å gjennomføre slik støtte på, og rundt om i norske fylker finnes det erfaring med flere ulike modeller. For å minimere støttebehovet er det viktig å unngå parallell utbygging og fortsette arbeidet med et fornuftig framføringsregime.

3.3 Gigabit – 95% landsdekning

Gigabit - 95% dekning Fylke	Dekkede bygg	Aktive kunder	Etableringskost		Kunde verdi	Støttebehov	
			Utfordrer	Eksisterende		Utfordrer	Eksisterende
Akershus	21,600	16,400	980	860	540	460	340
Aust-Agder	4,000	3,000	160	140	100	70	50
Buskerud	12,400	9,100	470	410	290	190	140
Finnmark	2,700	2,000	100	90	60	40	30
Hedmark	16,200	12,700	880	750	430	450	320
Hordaland	13,900	10,100	460	430	320	160	130
Møre og Romsdal	14,200	10,600	580	550	350	250	200
Nordland	19,100	14,500	880	790	480	420	320
Oppland	18,300	14,300	910	780	490	430	300
Oslo	5,500	3,800	130	130	110	30	30
Østfold	18,000	13,300	740	660	430	330	250
Rogaland	11,300	8,100	320	300	250	90	70
Sogn og Fjordane	5,500	4,000	190	180	120	70	60
Telemark	10,300	7,700	430	390	250	190	150
Troms	10,900	8,100	410	370	260	170	130
Trøndelag	24,900	19,000	1,140	1,000	640	520	380
Vest-Agder	9,400	6,900	330	310	220	130	100
Vestfold	13,600	10,200	560	500	330	230	170
Norge totalt	231,900	173,700	9,700	8,700	5,700	4,200	3,200

Figur 7. Kostnadsestimert 95% dekning med gigabit-nett i millioner kroner. Kilde: Analysys Mason

Dersom dekningskravet reduseres til 95% vil estimerte utbyggingskostnader synke. Denne beregningen tar utgangspunkt i listen over de 1 850 nodene som må bygges for å oppnå full dekning og sorterte denne i rekkefølge basert på utbyggingskost per dekket bygg. Videre ble de dyreste nettene ekskludert slik at kun de rimeligste nettene gjenstår for å sikre 95% dekning.

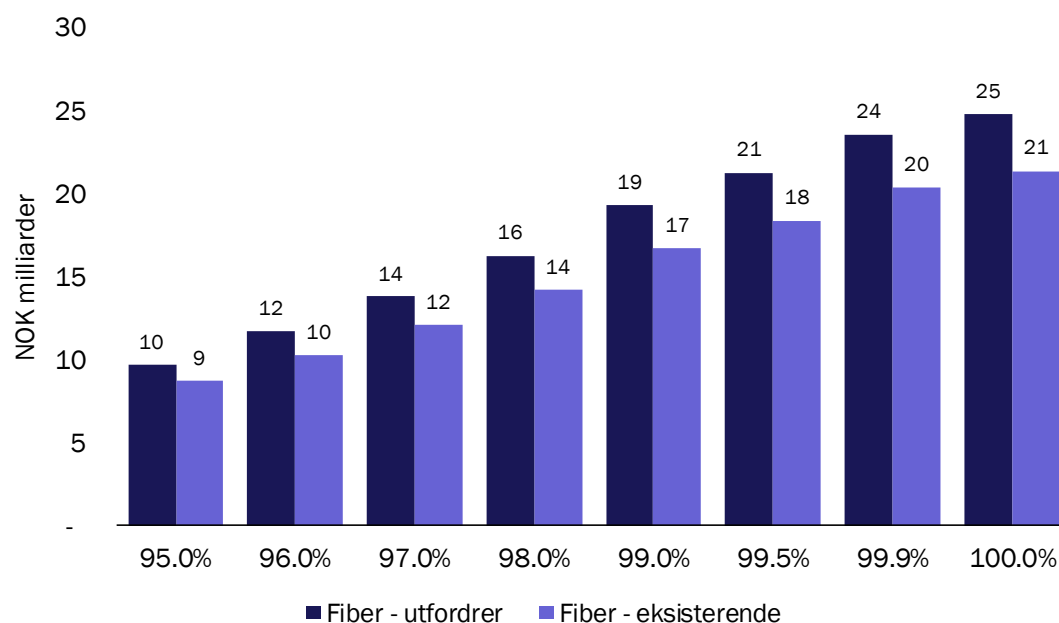
Figur 7 viser at estimerte etableringskostnader synker med mellom 13 og 15 milliarder til mellom 8,7 og 9,7 milliarder kroner. Kostnaden for utbygging i tettsteder blir den samme som i alternativet for full dekning siden samtlige tettsteder bygges ut. Kostnaden for utbygging i spredtbygde strøk blir imidlertid betydelig lavere.

Det er to årsaker til dette: Færre bygg og lavere kost per bygg. I 95%-alternativet synker antall bygg som trenger dekning med over 125 000 bygg. I tillegg synker estimert utbyggingskostnad per dekket bygg (i griségrende strøk) med over 35 000 kroner til mellom 24 000 og 27 000 kroner. Dette skyldes særlig en kraftig nedgang i antall noder som er nødvendig for å nå 95% dekning som synker fra nesten 1 650 noder til litt under 300 noder. I tillegg reduseres gjennomsnittlig antall meter per kunde fra 308 meter til 206 meter.

Estimert støttebehov reduseres med rundt 10 milliarder kroner sammenliknet med 100%-alternativet til hhv. 3,2 og 4,2 milliarder.

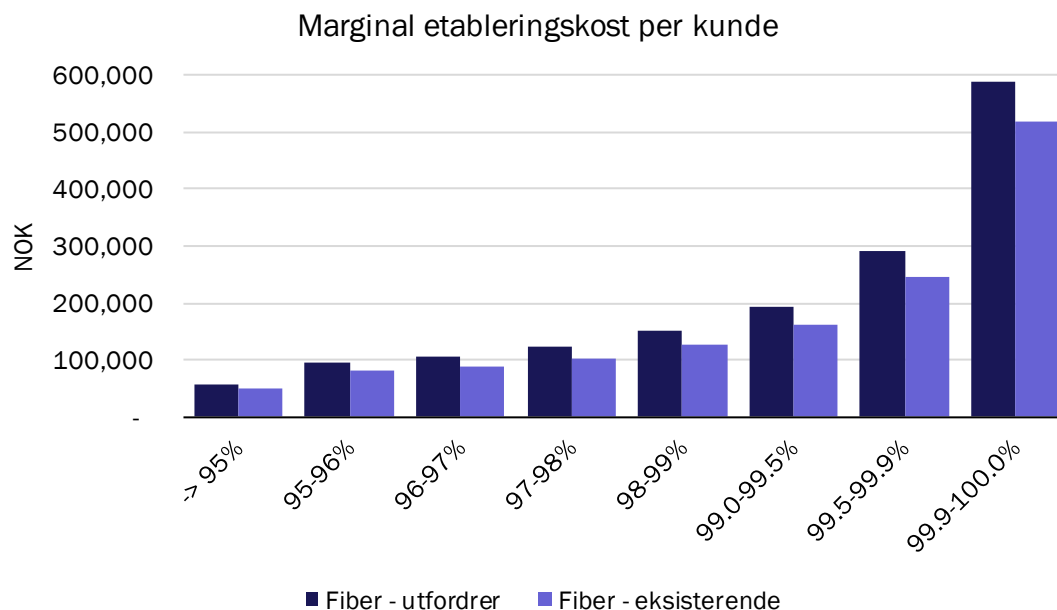
3.4 Gigabit – 95% til 100% dekning

Analysen som er diskutert i de foregående kapitlene er også gjennomført for andre dekningsgrader. Figur 8 viser at estimert etableringskostnad for en utfordrer er mellom 10 og 25 milliarder kroner avhengig av dekningsgrad, mens tilsvarende kostnad for et eksisterende nett er mellom 9 og 21 milliarder kroner.



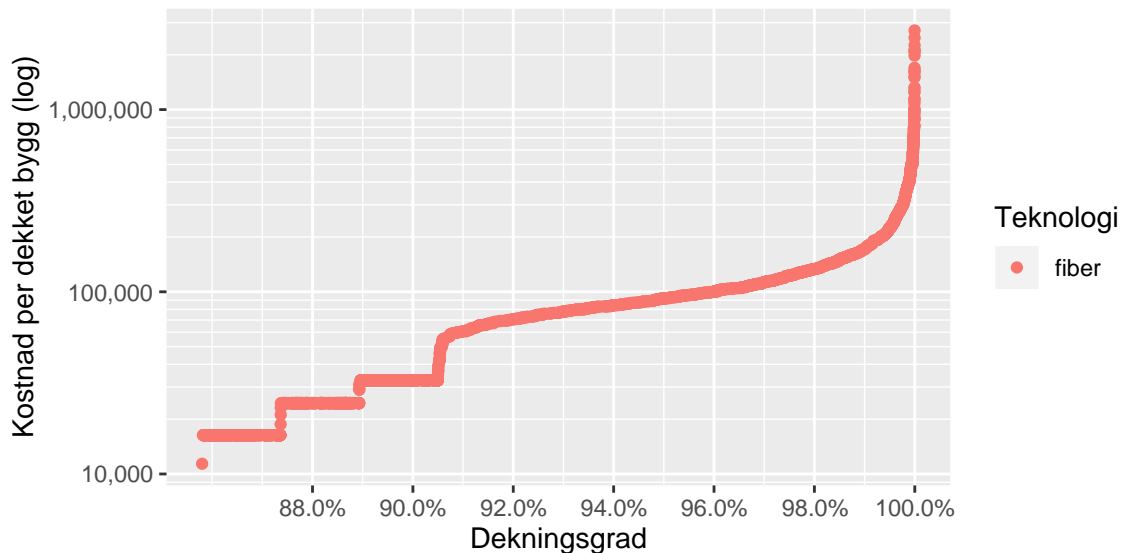
Figur 8. Est. etableringskost 95-100% dekning med gigabit-nett. Kilde: Analysys Mason

Figuren over viser samlede etableringskostnader for de ulike nivåene. Det er imidlertid store forskjeller i kostnader pr. dekket bygg mellom de ulike dekningsgradene. Figur 9 viser at estimert etableringskostnad per kunde i den første gruppen – opptil 95% dekning – er rundt 50 000 kroner i begge alternativer. I den aller dyreste gruppen, de 2 500 byggene i gruppen mellom 99,9 og 100%, er etableringskostnaden per kunde mer enn 10 ganger så høy. Denne gruppen inkluderer også rundt 350 bygg som vi ikke kunne simulere fiberutbygging til på grunn av manglende vei til eiendommen. I slike tilfeller har vi antatt utbygging av et punkt-til-punkt radiosamband med gigabit-kapasitet til 500 000 kroner per samband. Dersom vi hadde brukt fiber som aksessmetode til disse byggene også ville kostnaden trolig blitt betydelig høyere.



Figur 9. Marginal etableringskost per kunde for gigabit-nett. Kilde: Analysys Mason

Figur 10 viser kanskje enda tydeligere den høye kostnaden ved å etablere gigabit-nett til de aller dyreste byggene: Kostnaden per dekket bygg vokser kraftig for de siste 25 000 byggene som representerer dekning fra ca. 99,0% til 100,0%. De flate linjene i området fra ca. 86% til litt over 90% er utbygging (med tre ulike kostnadsnivåer) i tettsteder som mangler gigabit-dekning i dag⁷.

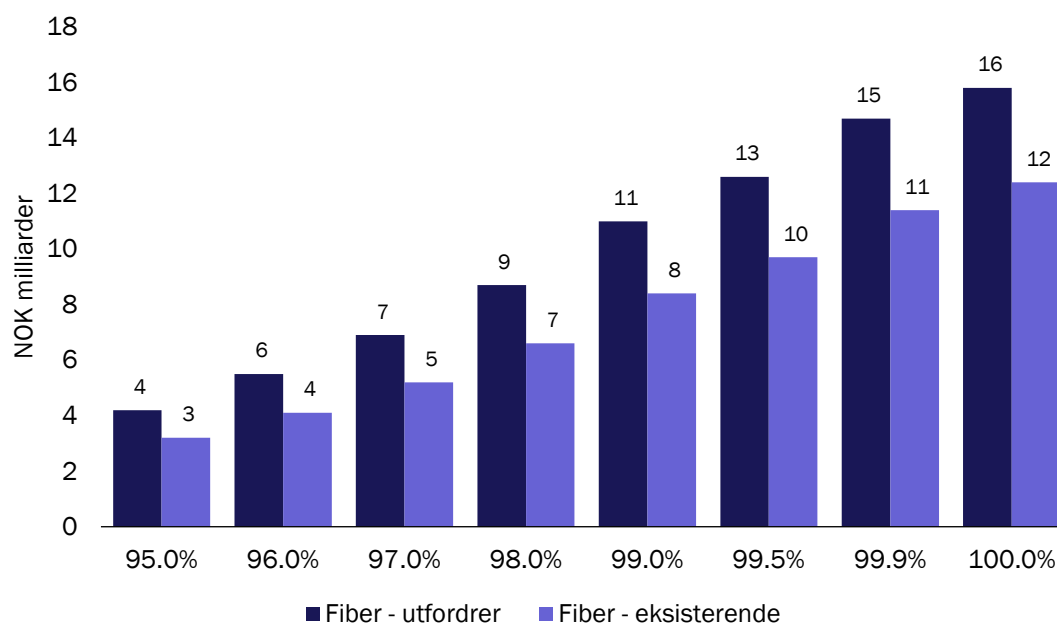


Figur 10. Kostnad per dekket bygg for gigabit-nett. Kilde: Analysys Mason

Figur 11 viser estimert støttebehov for ulike grader av dekning med gigabit-nett. Støttebehovet varierer mellom 3 milliarder (for 95% dekning og bruk av etablerte utbyggere) til rundt 16 milliarder

⁷ Merk at y-aksen som viser kostnad per dekket bygg er vist i logaritmisk (log10) skala.

kroner for 100% dekning og utbygging av utfordrere som ikke har aksessnett i kommunen fra før av.



Figur 11. Est. støttebehov 95-100% dekning med gigabit-nett. Kilde: Analysys Mason

Grafen illustrerer flere viktige poenger. For det første viser den et betydelig støttebehov selv for dekning på relativt lave 95 prosent. I analysen fant vi kun et lite antall noder som ville bygges uten noen offentlig støtte. Dette indikerer at vår modell er konservativ i den forstand at vi enten vurderer utbyggingskost for høyt eller kunde verdi for lavt: Det bygges stadig mye fiberaksessnett i Norge uten noen form for offentlig støtte. Videre er det et tegn på at midlene i dagens program for bredbåndsstøtte faktisk fungerer og driver mye utbygging.

Estimatene viser også at behovet for støtte langt overstiger dagens budsjetter. I 2019 var den statlige støtten til bredbåndsutbygging rundt 250 millioner kroner. Selv med betydelige kommunale og fylkeskommunale tilskudd vil det ta mange år før hele landet har tilbud om gigabit-nett. Da kan det være nyttig å se på andre og rimeligere aksessmetoder, eksempelvis de som drøftes i neste kapittel om 100 Mbit/s-nett.

4 Alternativ B: 100 Mbit/s-nett (100/10 Mbit/s)

4.1 Datakilder og metode

Radiobasert bredbånd leveres over mange ulike frekvenser, men kommersielle tjenester mot sluttbrukere har vanligvis hastigheter som ligger betydelig under 100/10 Mbit/s. For å levere slike hastigheter er det nødvendig med mye spektrum, avanserte antenner og et begrenset antall brukere på hver basestasjon og radiosektor. Simuleringer av radioutbygging i denne analysen er basert på to "radiopakker" som realistisk kan levere en 100/10-tjeneste.

Den første pakken bruker 3,5 GHz båndet for nedstrøms trafikk og kan levere rundt 1 500 Mbit/s per celle med et 4x4 MIMO antennesystem. Dersom vi antar en faktor 5 for overbooking, som mange tilbydere bruker, betyr dette at hver mobiloperatør kan ha maksimum 75 kunder i hver sektor for å kunne levere minimum 100 Mbit/s til den enkelte kunde. Vi har også antatt at opptil to mobiloperatører vil etablere en 3,5 GHz-tjeneste dersom det er kommersielt grunnlag for det.

I tillegg har vi inkludert en pakke som bruker 1500 MHz-båndet for nedstrøms trafikk. Dette båndet har mindre kapasitet enn 3,5 GHz-båndet, men har bedre dekningssegenskaper. Vi har lagt til grunn at en (og bare en) operatør kan ha opptil 30 kunder per sektor i dette båndet. For begge pakkene har vi konservativt antatt at en operatør vil bruke opptil to sektorer per frekvensbånd⁸. Figur 12 viser mer informasjon om de to pakkene.

Radiopakke	3.5 GHz	1500 MHz
Nedstrøms frekvensbånd	3500 MHz	1500 MHz
Oppstrøms frekvensbånd	1800 MHz	800 MHz
Nedstrøms kapasitet per operatør	100 MHz	40 MHz
Antall operatører	2	1
Antall sektorer per operatør og bånd	2	2
Nedstrøms kapasitet per sektor (4x4 MIMO)	1500 Mbit/s	600 Mbit/s
Overbooking	5	5
Nedstrøms kapasitet til salgs (Mbit/s)	7500	3000
Max kunder per sektor for 100 Mbit/s nedstrøm	75	30

Figur 12. Radiopakker for 100/10-nett. Kilde: Analysys Mason

Neste problemstilling blir å vurdere hvilken radius fra basestasjon som skal benyttes for radiopakkene. Vi har ikke hatt anledning til å ta fram detaljerte propagasjonsmodeller for de byggene som mangler dekning. I stedet har vi jobbet sammen med radioeksperter på Analysys Mason og hos norske mobiloperatører og sett på erfaringer med kombinasjoner av hastighet og rekkevidde. Basert på dette har vi brukt 5 km rekkevidde for 3,5 GHz-systemer og 12 km rekkevidde for 1500 MHz-systemer. Vi har tatt som utgangspunkt at en 100/10-tjeneste primært etableres på eksisterende

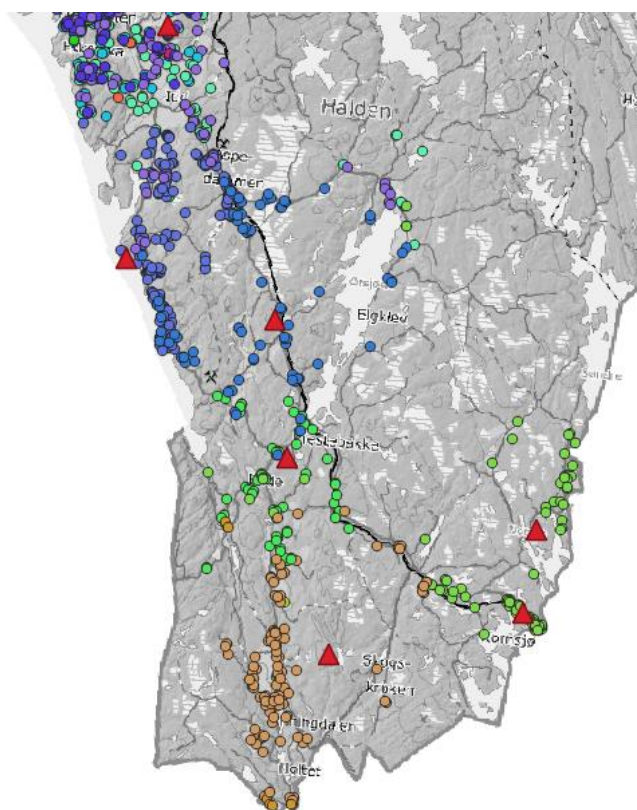
⁸ Det er vanlig å bruke tre sektorer på en sendestasjon. I vår modellering er det liten kostnadmessig forskjell mellom bruk av to eller tre sektorer.

sendestasjoner av operatører som allerede har et mobilnett. Alternativet til dette – å etablere mange nye sendestasjoner – vil trolig være betydelig mer kostbart.

Simulering ble gjennomført som en optimeringsoppgave hvor vi minimerte antall basestasjoner og systemer i bruk for å sikre full dekning. Figur 13 viser plassering av sendestasjoner i Halden kommune for å sikre at alle boliger som ikke har tilbud om 100 Mbit/s nedlastningshastighet i dag ligger under hhv. 5 eller 12 km fra en kjent sendestasjon. Sendestasjoner er markert med rød trekant og sirklene viser dekkede bygg. Sirklene har ulik farge hvor alle sirklene med samme farge er tilknyttet samme sendestasjon. Faktisk dekning vil variere med topografi og beliggenhet til basestasjon, og en faktisk utbygging vil måtte baseres på en radioplan for hvert område. I sum anser vi imidlertid at rekkeviddene er realistiske.

Vi understreker at kostnadsestimatene er estimater som er basert på teoretiske beregninger. Derfor er kostnadene som vises i tabeller i mange tilfeller rundet av til nærmeste 10 eller 100 millioner.

Figur 13. Radiosimulering i Halden kommune. Kilde: Analysys Mason



4.2 100/10 Mbit/s-nett: Full landsdekning

Figur 14 viser fylkesvise kostnadsestimater for å oppnå full 100/10-dekning til norske husstander og virksomheter. Estimert utbyggingskost er rundt tre milliarder kroner. Det samlede støttebehovet er mellom 1 og 1,2 milliarder kroner.

Figur 14. Kostnadsestimat full 100/10-dekning i millioner kroner. Kilde: Analysys Mason

100/10 - full dekning Fylke	Dekkede bygg	Aktive kunder		Etableringskost		Kunde verdi		Støttebehov	
		40%	65%	40%	65%	40%	65%	40%	65%
Akershus	24,300	12,300	20,000	100	100	100	170	30	20
Aust-Agder	9,600	5,200	8,500	70	70	40	70	30	30
Buskerud	20,100	11,000	17,800	120	120	90	150	50	40
Finnmark	5,800	3,400	5,500	200	260	30	50	170	220
Hedmark	24,600	12,000	19,600	170	170	100	160	90	70
Hordaland	21,300	12,800	20,800	160	160	110	180	70	60
Møre og Romsdal	21,000	12,000	19,400	150	150	100	160	70	40
Nordland	32,800	16,900	27,500	280	300	140	230	160	130
Oppland	28,400	13,900	22,700	160	160	120	190	70	50
Oslo	4,600	3,100	5,000	20	20	30	40	-	-
Østfold	25,200	13,100	21,300	110	110	110	180	20	10
Rogaland	23,200	13,000	21,100	130	130	110	180	50	30
Sogn og Fjordane	13,700	8,600	14,000	130	130	70	120	70	50
Telemark	17,800	9,700	15,800	110	110	80	130	50	40
Troms	14,600	8,300	13,500	130	130	70	110	70	60
Trøndelag	41,400	22,700	36,900	300	310	190	310	140	110
Vest-Agder	14,300	8,000	13,000	80	80	70	110	30	20
Vestfold	16,500	8,700	14,200	60	60	70	120	10	10
Norge totalt	359,100	195,000	317,000	2,480	2,600	1,640	2,670	1,180	990

Utbyggingskostnader

For å sikre full dekning må det etableres rundt 4 600 radiosystemer på litt over 3 000 sendestasjoner hvor et radiosystem er definert som én operatør i ett bånd. Med to operatører i 3,5 GHz-båndet og en operatør på 1500 MHz-båndet er det modellert med maksimum tre systemer per sendestasjon. Dette er en konservativ forutsetning og det er teknisk mulig å ha flere systemer per sendestasjon. I motsetning til fiberanalysen skiller ikke analysen mellom tettbygde og grisgrendte strøk.

Kostnaden per system er satt til 500 000 kroner. Dette er høyere enn forventede priser for utsyr og montasje, men vi har inkludert kostnader for oppgradering av sendestasjoner: Noen sendestasjoner vil trenge oppgradering av transportnett og andre vil trenge forsterkning av master og annen infrastruktur. Det er også grunn til å tro at utstyrskostnaden vil reduseres over tid ettersom globale volumer vil øke med tilhørende prisreduksjoner.

Et tusentalls bygg ligger utenfor rekkevidde til alle sendestasjoner. For disse har vi kalkulert med en fast kostnad på 250 000 kroner per bygg for å etablere punkt-til-punkt radioforbindelser med 100/10 Mbit/s-kapasitet. Rundt 150 bygg er plassert slik at kapasiteten på alle aktuelle sendestasjoner er brukt opp. For disse har vi antatt en marginal etableringskost på 10 000 kroner per kunde. Vi er trygge på at operatørene vil finne løsninger for disse kundene som i utgangspunkt holder til i lønnsomme områder. En mulighet vil være å utvide antall radiosektorer fra to til tre på disse sendestasjonene.

Det er også nødvendig å selge og installere utstyr til sluttbruker. Disse kostnadene er til sammen estimert til 6 000 kroner. I estimatene er imidlertid disse nullet ut siden vi har antatt etableringsinntekter på samme beløp.

I sum estimerer vi en gjennomsnittlig etableringskostnad per dekket bygg på rundt 7 000 kroner. Snittkostnaden per kunde er rundt 8 200 kroner med en penetrasjon på 65% og rundt 12 700 med 40% penetrasjon. Radiobasert bredbånd med høy hastighet bare i liten grad kommersielt tilgjengelig

i Norge i dag, så vi har ikke et godt erfaringsgrunnlag for å estimere penetrasjon. Vi har derfor modellert med to alternativer – 65% og 40%.

Kunde verdi

Vi har kalkulert med en kunde verdi på rundt 8 400 kroner per kunde med bruk av følgende formel og parametre:

$$Kunde\ verdi = \sum_{i=1}^3 \frac{(månedspris * 12 * margin)_i}{(1 + r)^i}$$

- Månedspris: 350 kroner ekskl. mva.
- Margin: 75%
- Rentekrav: 6%
- Kundevarighet antall år (i): 3

I fibernett er kundevarigheten vanligvis mye lenger enn tre år. Det er imidlertid stor usikkerhet rundt kundevarighet for radiobaserte 100/10-nett. Dersom mange operatører etablerer slike tjenester kan det fort bli stor rift om kundene og tilhørende høy kundeavgang. I tillegg vil trolig mange kunder gå over til gigabit-nett i form av fiber- eller HFC-nett når dette etableres i området.

Støttebehov

Støttebehovet er definert som differansen mellom utbyggingskost og estimert kunde verdi og er beregnet for hver node. For rundt halvparten av systemene er estimert kunde verdi høyere enn utbyggingskost og i slike tilfeller er støttebehovet annullert. Dette betyr at støttebehovene ikke tilsvarer differansen mellom etableringskost og kunde verdi siden vi har antatt at operatørene ikke vil subsidiere utbygging i et ulønnsomt område med overskudd fra lønnsomme områder. For full 100/10-dekning i hele landet er støttebehovet estimert til mellom 1 og 1,2 milliarder kroner.

4.3 100/10 Mbit/s-nett: 95% landsdekning

100/10 - 95% dekning Fylke	Dekkede bygg	Aktive kunder		Etableringskost		Kunde verdi		Støttebehov	
		40%	65%	40%	65%	40%	65%	40%	65%
Akershus	20,400	10,400	16,900	60	60	90	140	-	-
Aust-Agder	6,000	3,300	5,300	20	20	30	40	-	-
Buskerud	14,900	8,300	13,500	50	50	70	110	-	-
Finnmark	900	600	1,000	-	-	10	10	-	-
Hedmark	14,800	7,300	11,900	40	40	60	100	-	-
Hordaland	13,500	8,500	13,800	50	50	70	120	-	-
Møre og Romsdal	12,000	7,100	11,500	40	40	60	100	-	-
Nordland	15,500	8,200	13,300	50	50	70	110	-	-
Oppland	18,900	9,300	15,100	50	50	80	130	-	-
Oslo	4,200	2,900	4,700	20	20	20	40	-	-
Østfold	20,300	10,600	17,300	60	60	90	150	-	-
Rogaland	16,900	9,600	15,700	60	60	80	130	-	-
Sogn og Fjordane	6,400	4,200	6,700	30	30	30	60	-	-
Telemark	11,600	6,500	10,500	40	40	50	90	-	-
Troms	7,000	4,300	7,000	20	20	40	60	-	-
Trøndelag	24,700	14,000	22,700	80	80	120	190	-	-
Vest-Agder	10,400	5,900	9,600	30	30	50	80	-	-
Vestfold	14,600	7,700	-	40	40	60	110	-	-
Norge totalt	232,700	129,000	197,000	800	800	1,100	1,800	-	-

Figur 15. Kostnadsestimert 95% dekning med 100/10-nett i millioner kroner. Kilde: Analysys Mason

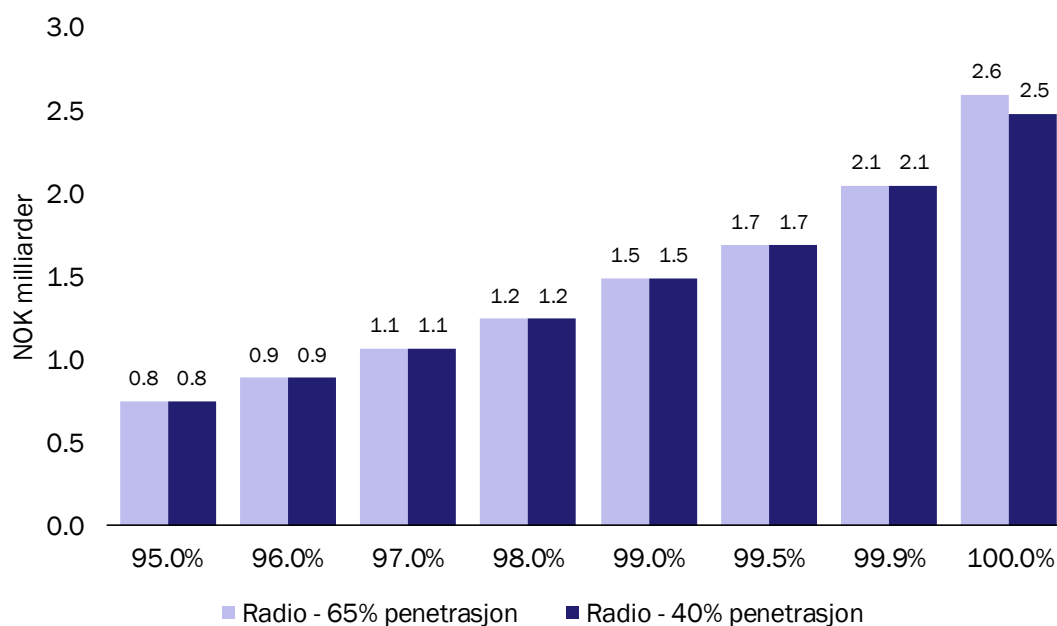
Dersom dekningskravet reduseres til 95% vil estimerte utbyggingskostnader synke. Vi tok utgangspunkt i listen over de 4 600 radiosystemene som må bygges for å oppnå full dekning og sorterte denne i rekkefølge basert på utbyggingskost per dekket bygg. Videre ble de dyreste systemene ekskludert slik at vi kun tok med de rimeligste nettene for å sikre 95 % dekning.

Figur 15 viser at estimerte etableringskostnader synker med mellom 1,7 og 1,9 milliarder til rundt 800 millioner kroner i begge alternativer. Det er to årsaker til dette: Færre bygg og lavere kost per bygg. I 95%-alternativet synker antall bygg som trenger dekning med over 125 000 bygg. I tillegg synker estimert utbyggingskostnad per dekket bygg med over 35 000 kroner til mellom 24 000 og 27 000 kroner. Dette skyldes særlig en kraftig nedgang i antall systemer som er nødvendig for å nå 95% dekning som synker fra nesten 4 600 noder til litt under 1 500 noder. Antall dekkede bygg per system øker fra 78 til 155 bygg i gjennomsnitt.

Vi anser at det er mulig å få til 95% dekning for en 100/10 Mbit/s radiobasert tjeneste uten noen form for offentlig støtte, men understreker at vi ikke har inkludert evt. kostnader for frekvensressurser i kalkylen.

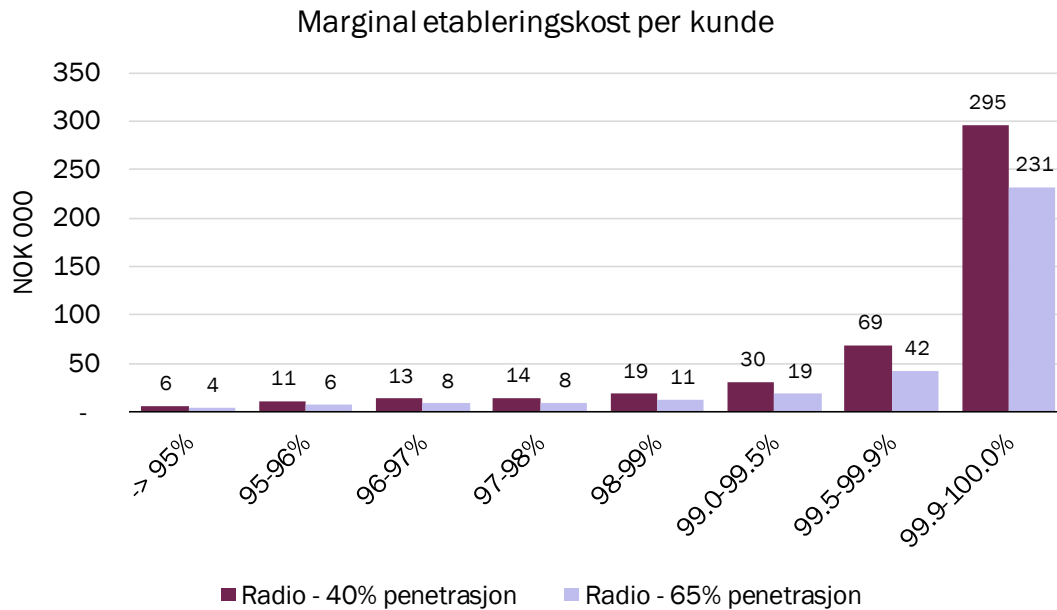
4.4 100/10 Mbit/s-nett: 95% til 100% dekning

Analysen som er diskutert i de foregående kapitlene er også gjennomført for andre dekningsgrader. Figur 16 viser at estimert etableringskostnad i alternativet med 40% penetrasjon er mellom 0,8 og 2,5 milliarder kroner avhengig av dekningsgrad, mens tilsvarende kostnad med 65% penetrasjon er mellom 0,8 og 2,6 milliarder. Den lave kostnadsforskjellen mellom alternativene indikerer at etableringskostnadene er primært drevet av behovet for dekning og i mindre grad av behov for kapasitet.



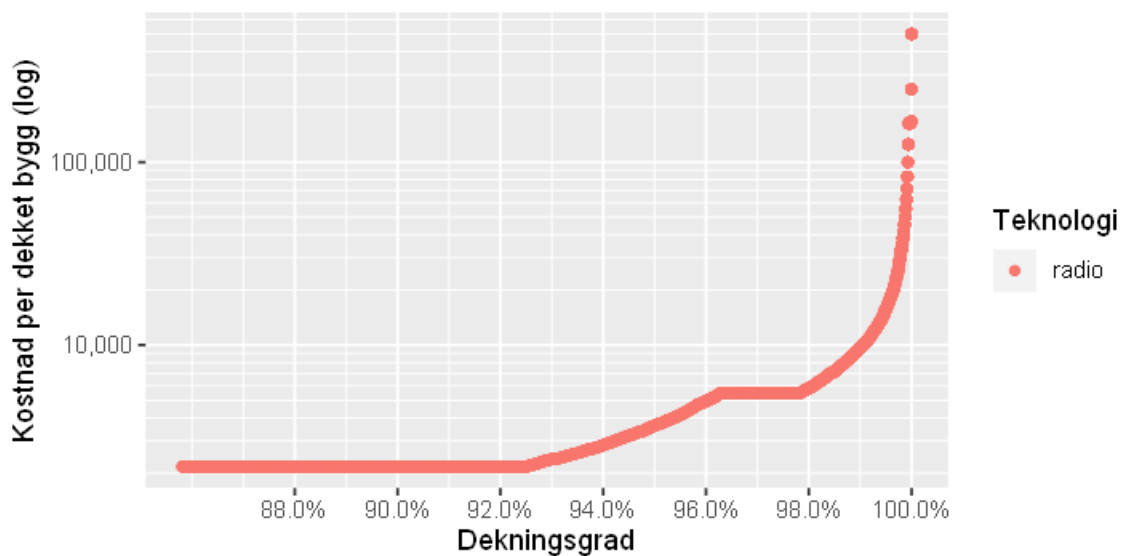
Figur 16. Est. etableringskost 95-100% dekning med 100/10-nett. Kilde: Analysys Mason

Figuren over viser samlede etableringskostnader for de ulike nivåene. Det er imidlertid store forskjeller i kostnader mellom de ulike dekningsgradene. Figur 17 viser at estimert etableringskostnad per kunde i den første gruppen – opptil 95% dekning – er rundt 5 000 kroner i begge alternativer. I den aller dyreste gruppen, de 2 500 byggene i gruppen mellom 99,9 og 100%, er etableringskostnaden per kunde mellom 230 000 og 295 000 kroner. Denne gruppen inkluderer bygg som ligger utenfor rekkevidden til alle sendestasjoner. Som vi har allerede diskutert er slike bygg inkludert med en etableringskostnad på 250 000 kroner per bygg.



Figur 17. Marginal etableringskost per kunde for 100/10-nett. Kilde: Analysys Mason

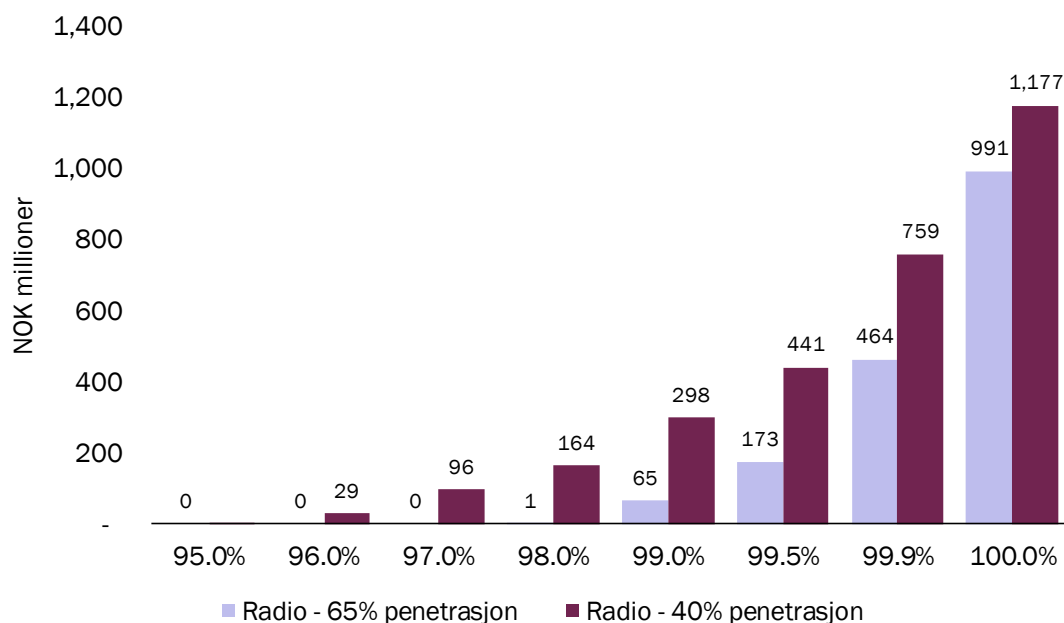
Figur 18 viser hvordan estimert etableringskostnad per dekket bygg i 65%-alternativet stiger med dekningsgrad. Opptil ca. 92% dekning er kostnaden per bygg litt over 2 000 kroner. Så stiger kostnaden jevnt til en dekning på rundt 98%, og etter dette vokser kostnaden kraftig til 500 000 kroner for de dyreste byggene.



Figur 18. Kostnad per dekket bygg for 100/10-nett. Kilde: Analysys Mason

Figur 19 viser estimert støttebehov for ulike grader av dekning med 100/10-nett. Dersom radiobasert bredbånd blir den dominerende aksessmetoden med 65% penetrasjon estimerer vi at det vil være lønnsomt for operatørene å bygge til rundt 98% med svært lav eller ingen offentlig støtte. For

dekning over 98% stiger støttebehovet bratt og ender på nesten 1 milliard for 100% dekning. I alternativet med 40% penetrasjon er støttebehovet generelt noe høyere.



Figur 19. Est. kumulativt støttebehov 95-100% dekning med 100/10-nett. Kilde: Analysys Mason

De estimerte støttebehovene for en radiobasert 100/10-tjeneste er betydelig lavere enn hva tilfellet er for etablering av gigabit-nett. I 2019 var den statlige støtten til bredbåndsprosjekter rundt 250 millioner kroner. I tillegg finnes det både krav om og tradisjon for at andre myndigheter og virksomheter bidrar med utbyggingsmidler i tillegg til de statlige midlene. Basert på dette er det realistisk å tro at det vil være mulig å realisere full 100/10-dekning i løpet av noen år. Vi anser også at kostnadsnivået vil gå ned over tid som følge av reduserte utstyrspriser.

5 Referanser

[1] SSB, “Intenett-målinga,” Desember 2019. [Online].

[2] Nkom, “Bredbåndsdekning 2019,” September 2019.

[3] Nexia Management Consulting, “Kostnadsanalyse – bredbåndsdekning i ulike varianter,” 2013.

