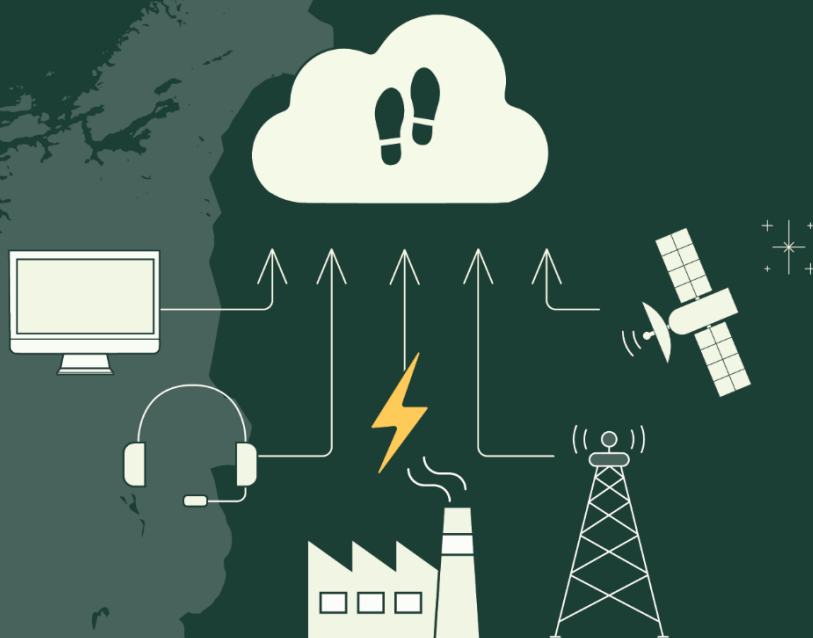


Scenarioanalyse av klimafotavtrykket fra norsk digital infrastruktur

En studie gjennomført av Asplan Viak på oppdrag fra
Nasjonal kommunikasjonsmyndighet



Dato: 14.03.2025

Versjon: **1.0**



Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver: Nasjonal kommunikasjonsmyndighet

Tittel på rapport: Scenarioanalyse av klimafotavtrykket fra norsk digital infrastruktur

Oppdragsnavn: Analysis of the environmental footprint from the Norwegian digital infrastructure

Oppdragsnummer: 644253-01

Utarbeidet av: Kjartan Steen-Olsen, Andrea Arntzen Nistad, Molly Bazilchuk

Oppdragsleder: Molly Bazilchuk

Tilgjengelighet: Åpen

Henvising: Nasjonal kommunikasjonsmyndighet (Nkom), 2025. Scenarioanalyse av klimafotavtrykket fra norsk digital infrastruktur (Versjon 1.0). Utarbeidet av Asplan Viak.

1.0	14. mar. 2025	Hovedrapport	KSO, AAN, MB	CS
Ver	Dato	Beskrivelse	Utarb. av	KS

Sammendrag

Denne rapporten vurderer klimafotavtrykket fra Norges digitale infrastruktur og hvordan utslippene kan utvikle seg frem mot 2030 og 2050 under ulike scenarier. Digital infrastruktur, som omfatter sluttbrukerenheter, nettverk og datasentre, spiller en stadig viktigere rolle i det moderne samfunnet, men veksten medfører også utfordringer knyttet til klimamålene. Analysen baserer seg på dagens klimafotavtrykk og benytter scenariomodellering for å illustrere mulige utviklingsbaner.

Tre hovedscenarier er definert: referansescenarioet, et høyvekstscenario og et grønt scenario («Grønn digital infrastruktur», GDI). Referansescenarioet antar en moderat vekst i digital infrastruktur med en gradvis reduksjon i utslipp per enhet grunnet renere energikilder, men totalt sett stabile utslipp. I høyvekstscenarioet forutsetter vi rask utbredelse av teknologier som kunstig intelligens og økt datasenterkapasitet, med tilhørende økning i klimagassutslipp. GDI-scenarioet beskriver et optimistisk fremtidsbilde der økt energieffektivitet og bærekraftige forbruks- og produksjonsmønstre fører til betydelige utslippskutt.

I referansescenariet er utslippsutviklingen relativt stabil over hele perioden fram til 2050, og ligger på 0,85 MtCO₂e både i 2024 og 2050. Bak dette overordnede bildet skjuler det seg imidlertid en betydelig reduksjon i utslipp fra sluttbrukerenheter, som blir oppveid av en økning i utslipp fra datasentre, mens utslipp fra nettverkssegmentet er relativt stabile. I høyvekstscenarioet øker utslippene med en faktor på 2,7 mot 2050, drevet av en kraftig utvikling i bidrag fra datasentre og fra produksjon av sluttbrukerenheter. I GDI-scenariet blir utslippene derimot redusert med 55 % innen 2050.

I de vurderte scenarioene er det først og fremst vekst i datasentre og nettverk som vil være de største driverne for utslippsvekst. Utslippsbidraget fra sluttbrukerenheter, som i dag er det viktigste utslippsbidraget til det totale fotavtrykket, er svært usikkert og vil avhenge av hvordan ulike nye utstyrstyper utvikles og i større eller mindre grad brer om seg i markedet. Tiltak som energieffektivisering, forlenget produktlevetid og grønnere elektrisitmiks kan bidra til å redusere utslippene betydelig. De største utfordringene fremover er knyttet til usikkerheten i teknologiutvikling og politiske rammevilkår, samt utviklingen av internasjonale energimarkeder.

Gjennom å kartlegge drivere og foreslå strategier for å redusere klimafotavtrykket, bidrar rapporten til en helhetlig forståelse av hvordan den digitale sektoren kan utvikles i tråd med ambisiøse klimamål.

Innholdsfortegnelse

1. Innledning	4
2. Utforming av scenario for 2030 og 2050	6
2.1. Litteraturgjennomgang	7
2.2. Relevante drivere	7
2.3. Framskrivinger	13
2.4. Definisjon av scenario	27
3. Fotavtrykksanalyse mot 2030 og 2050	32
3.1. Resultat	32
3.2. Resultat uten sluttbrukerutstyr	39
3.3. Usikkerhet og sensitivitet	42
3.4. Konklusjoner	46
3.5. Virkemidler for reduserte utslipp	47
Vedlegg	52
Hovedfunn fra litteraturgjennomgang	52

1. Innledning

Den digitale sektoren vokser og utvikler seg raskt, både nasjonalt og globalt. Den digitale infrastrukturen, som utgjør ryggraden i vår digitale hverdag, ekspanderer i takt med denne veksten. Som en følge av dagens rivende digitale utvikling forventes en mulig vekst i klimagassutslipp og andre miljøeffekter. Dette kan utgjøre en utfordring i forhold til de svært ambisiøse klimamålene som er satt for samfunnet i Norge og i EU som helhet, der utslipp må kuttes drastisk i alle deler av samfunnet i løpet av de neste årene og tiårene. Digital infrastruktur kan sees på som en muliggjørende teknologi for andre typer omstilling; det er allikevel viktig at veksten i denne sektoren er så grønn som mulig.

Det er vanskelig å spå utviklingen til den digitale sektoren mer enn noen få år frem i tid, både med tanke på den enorme utviklingen man har sett de siste tiårene, og de potensielt samfunnsomveltende mulighetene teknologier som kunstig intelligens, maskinlæring eller kvantedatamaskiner bringer. For å kunne ha et utgangspunkt for å diskutere strategier for å få den digitale sektoren og infrastrukturen i rute med klimamålene, er det likevel viktig å gjøre et forsøk på å trekke linjer fremover, basert på den informasjonen og kunnskapen som er tilgjengelig i dag samt noen alternative skisser for hvordan andre typer av samfunns- og teknologiutviklingsbaner kan komme til å påvirke utslippsbildet fremover.

I denne analysen tar vi utgangspunkt i dagens klimafotavtrykk slik det er estimert i rapporten «Fotavtrykket fra norsk digital infrastruktur 2024», og lager et sett utslippsframskrivninger basert på antagelser om blant annet produksjons- og salgsnivåer av ulike typer utstyr og enheter, gjennomsnittlig produktlevetid, teknologiforbedring og energimiks.

Fotavtrykksberegningene i denne rapporten er gjort med lokasjonsbasert prinsipp for utslippsberegning av strømforbruk, som vil si utslippene forbundet med strøm som forbrukes i Norge i løpet av et år.¹ Denne strømmiksen inneholder mye vannkraft, men også kraft importert fra utlandet. Utslippsfaktoren for strøm benytter i denne studien inneholder full livsløpsvurdering, og er på 50 gCO₂e/kWh.

Lokasjonsbasert er valgt framfor markedsbasert fordi det er stor usikkerhet i hvordan markedet for opprinnelsesgarantier vil utvikle seg og hvordan de ulike bransjene vil

¹ For en nærmere beskrivelse av metodikk for å beregne utslippsfaktor for strøm, se Vedlegg.

forholde seg til kjøp av slike garantier. Derfor fokuserer vi på den fysiske sammenhengen mellom energibruk og utslipp på makronivå.

Første del av rapporten (Kapittel 2) fokuserer på utforming og definisjoner av scenarier for 2030 og 2050, basert på en vurdering av ulike drivere for utvikling på samfunnsnivå, og av de ulike konkrete komponentgruppene fotavtryksanalysen er sentrert rundt. Andre del (Kapittel 3) presenterer og diskuterer det resulterende klimafotavtrykket årlig mot 2030 og 2050 for de ulike scenariene, før vi diskuterer usikkerheter og trekker noen oppsummerende konklusjoner til slutt.

2. Utforming av scenario for 2030 og 2050

Utgangspunktet for scenarioanalysen er en framskriving av det estimerte klimafotavtrykket for digital infrastruktur, inklusive sluttbrukerenheter, nettverk og datasenter, per i dag til tilsvarende utslipp frem mot henholdsvis 2030 og 2050. For å gjøre dette lager vi en kondensert, parametrisert versjon av utslippsmodellen som ble laget for å estimere dagens klimafotavtrykk. I denne versjonen uttrykker vi dagens fotavtrykk som en sum av fotavtrykket fra de viktigste enhetene/komponentene eller mer overordnede grupper av disse. Slik kan vi lage framskrivninger av hver enkelt faktor, basert på separate forutsetninger eller antagelser, og se hvordan det samlede utslippsbildet kan komme til å utvikle seg i framtiden.

For å lage framskrivninger av de ulike faktorene, og senere definere alternative scenarioer for utvikling, vurderer vi hvilke drivere for utvikling som er mest relevante for sektoren, og hvordan disse kan komme til å utvikle seg i årene som kommer. For å strukturere arbeidet tar vi utgangspunkt i et mye brukt rammeverk for dette, PESTEL, som kategoriserer drivere på makronivå innen hovedkategoriene politikk, økonomi, sosiokulturelle forhold, teknologi, miljø og juridiske forhold.² Oversikten gir ikke et komplett bilde over potensielle drivere, men et utvalg relevante drivere for sektoren.

I scenarioanalysen tar vi utgangspunkt i et referansescenario for fremtiden. Her forsøker vi ikke å spå med størst mulig grad av treffsikkerhet hvordan verden generelt, og den digitale sektoren spesielt, vil komme til å se ut i 2030 – for ikke å snakke om 2050. Denne typen framskrivninger er generelt vanskelig, og den digitale sektoren er i særstilling uforutsigbar både med tanke på den utviklingen sektoren har sett gjennom de siste tiårene, for ikke å si bare de siste fem årene. Det at vi nå potensielt står på terskelen til en helt ny æra med videre utvikling og bruk av kunstig intelligens gjør dette ekstra utfordrende.

I stedet vil vi i scenarioanalysen tegne opp noen skisser for 2030 og 2050, som hver for seg skal beskrive ulike utviklingsbaner som er kvalitativt og/eller kvantitativt vesensforskjellige, men som samtidig skal være plausible scenarier for samfunns- og teknologiutviklingen videre.

² Av engelsk **P**olitical, **E**conomical, **S**ocietal, **T**echnological, **E**nvironmental, **L**egal drivers

2.1. Litteraturgjennomgang

En rekke ulike kilder har i større eller mindre grad bidratt til antagelsene og forutsetningene som er lagt til grunn for scenarioanalysen.

- WIK-Consult (2023) Market study on the Norwegian Data Economy (2403800)
- Statnett (2023) Forbruksutvikling i Norge 2022-2050
- DNV (2024) Energy transition Norway 2024
- NVE (2023) Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2023
- VHL/Viegand Maagøe (2020) ICT impact study
- IEA 4e TCP EDNA (2021) Total Energy Model for Connected Devices (med addendum)
- IEA 4e EDNA (2019) Intelligent Efficiency For Data Centres & Wide Area Networks
- OECD (2024) OECD Digital Economy Outlook 2024 (Volume 2)
- Meld. St. 28 (2020-2021) - Vår felles digitale grunnmur
- Malmodin et al. (2024) ICT sector electricity consumption and greenhouse gas emissions 2020 outcome
- Nøland et al. (2024) Will Energy-Hungry AI Create a Baseload Power Demand Boom?
- McKinsey & Company (2024) Global Energy Perspective 2024 & The role of power in unlocking the European AI revolution
- JLL (2024) Data Centers 2024 Global Outlook
- FN-konferansen om handel og utvikling (UNCTAD) (2024) Digital Economy Report 2024. Shaping an environmentally sustainable and inclusive digital future
- IEA (2024) What the data centre and AI boom could mean for the energy sector

Noen sentrale resultater fra en håndfull av disse kildene er oppsummert i vedlegg.

2.2. Relevante drivere

Hvordan klimafotavtrykket fra Norges digitale infrastruktur vil utvikle seg vil være avhengig av utviklingen til en rekke andre mer eller mindre viktige faktorer eller drivere i samfunnet, både når det gjelder teknologiutvikling, tilgang til energi og viktige materialkomponenter, makroøkonomiske faktorer, og politiske og sosiokulturelle utviklingstrekk. I dette kapittelet forsøker vi å gi en oversikt over sentrale drivere og diskuterer overordnet utviklingstrekk for disse individuelt og i samspill med hverandre, og hvordan dette relaterer seg til klimafotavtrykket fra den digitale infrastrukturen.

Energi- og materialtilgang

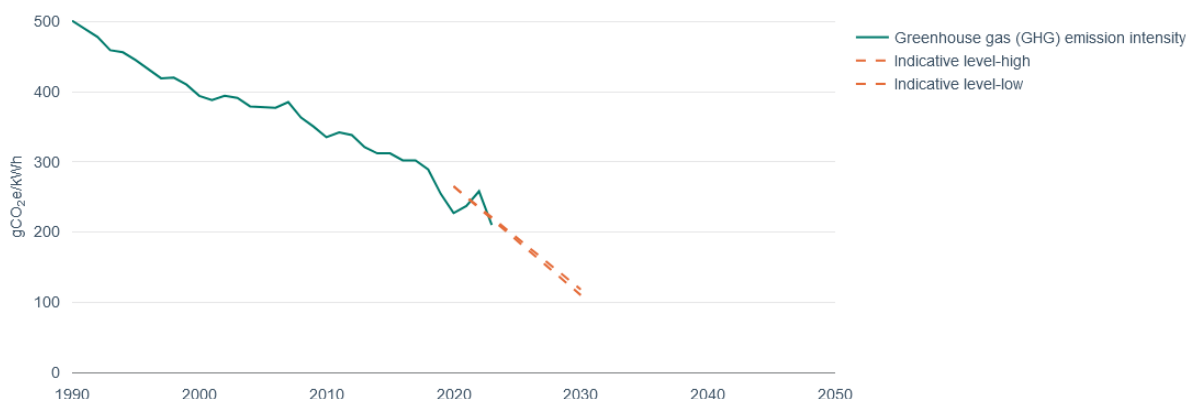
Det samlede klimafotavtrykket fra den digitale infrastrukturen i Norge er tett knyttet til utslipp fra energibruk både i drifts- og produksjonsfasen av ulike typer utstyr og enheter. Det vil derfor være sentralt hvordan utslippsbildet fra energisektoren både nasjonalt og internasjonalt vil utvikle seg i fremtiden. I en internasjonal kontekst er den norske energisituasjonen utypisk ved at elektrisitetsproduksjonen i overveldende grad er basert på vannkraft og har vært det i lang tid. Dermed er også norskprodusert strøm veldig lite utslippsintensiv sammenlignet med de fleste andre land. Både NVE, Statnett, DNV med flere spår at for Norges del vil det først og fremst være havvind som utover 2030-tallet vil stå for det største bidraget til å supplere strømproduksjon i Norge (Christiansen et al., 2023; Kirkerud et al., 2023).

Den strømmen vi faktisk forbruker i Norge vil også til en viss grad være produsert i andre land, fordi vi eksporterer og importerer strøm gjennom et felles kraftmarked. Det er bred enighet om at vi i Norge i løpet av få år vil få et kraftunderskudd på grunn av en raskt økende etterspørsel som på kort sikt ikke vil dekkes av økt produksjon innenlands, og vi vil derfor måtte importere mer fra våre naboland i Norden og på kontinentet (Ibid.).

Det er for tiden høyt fokus i EU på å redusere klimagassutslipp og overgangen til et lavutslippssamfunn gjennom EUs grønne giv og «Klar for 55»-pakken. Utslipp fra elektrisitetsproduksjon i Europa ligger for tiden på rundt 200 gram CO₂-ekvivalenter (CO₂e) per kWh samlet sett, og har helt siden 90-tallet gått kraftig og vedvarende nedover, altså selv før de seneste års innsats. EUs energibyrå EEA indikerer at dette trolig vil fortsett med samme trend i alle fall til 2030, uten å vise tegn til å avta (Figur 1).

Globalt sett er utslippsintensiteten i underkant av 500 g CO₂e/kWh og har vært relativt stabil de siste tretti årene, men med en svak, men tydelig nedadgående trend det siste tiåret, hovedsakelig knyttet til en tilsvarende reduksjon i utslipp fra strømproduksjon i Kina.³ IEA forutsetter i sitt baseline-scenario STEPS at sol- og vindkraft vil ha en kraftig vekst framover, og samlet stå for over halvparten av verdens elektrisitetsproduksjon i 2050, mens fossil kraft vil ha en tilsvarende dramatisk nedgang (IEA, 2023).

³ <https://ourworldindata.org/grapher/carbon-intensity-electricity?tab=chart>



Figur 1. Utslipp fra elektrisitetsproduksjon i EU. Figur hentet fra EUs energibyrå EEA⁴

Stål og betong er sentrale materialer i ethvert større produksjonsnettverk eller økonomiske sektor i et makroperspektiv. Utvikling av tilgang til og utslipp fra disse vil dermed påvirke den digitale sektorens klimafotavtrykk. Begge materialtyper er relativt utslippsintensive og utgjør ofte store utslippsbidrag i byggeprosjekter. Samtidig arbeides det intensivt med utslippsreduksjoner i bygg- og anleggsbransjen, med økt oppmerksomhet på lavkarbonalternativer og sirkulære løsninger der en i større grad vurderer alternativer for gjenbruk og rehabilitering, arealeffektivisering og så videre. I tillegg jobbes det aktivt med å redusere direkte klimagassutslipp i anleggsfasen ved bruk av elektriske anleggsmaskiner og kjøretøy.

Den digitale sektoren er spesielt avhengig av tilgang til en rekke sjeldne jordmetaller og andre kritiske materialer som trengs i produksjonen av elektroniske komponenter. En del slike materialer er bare tilgjengelige fra et fåtall kilder i verden, og tilgangen kan være utsatt for konflikter og geopolitiske svingninger eller at etterspørselen overgår den naturlige tilgangen.

PESTEL-drivere

Politisk vilje og reguleringer vil spille inn i utviklingen av den digitale sektoren og Norges digitale infrastruktur og dens tilhørende klimafotavtrykk. Det er uttalt politisk interesse for og vilje til digital satsning både på nasjonalt og lokalt plan, og den digitale utviklingen i Norge har generelt kommet langt, samtidig som vi ligger litt etter våre naboland når det gjelder utvikling av datasenterindustrien (Kroon mfl., 2024).

⁴ <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/greenhouse-gas-emission-intensity-of-1/greenhouse-gas-emission-intensity-of-electricity-generation-eu-level>

For nettverksinfrastruktur spiller økende vekt på sikkerhet og beredskap inn som en faktor som har påvirkning på sektorens videre utvikling. Behovet for bedre robusthet mot ekstremvær og andre trusler gir igjen økt behov for redundans og økte investeringer. Myndighetene gir per i dag støtte for å forsterke nettverk der det ikke er kommersiell interesse.

I tillegg har sikkerhetspolitiske faktorer blitt viktigere de siste årene, og ser ut til å ville bli det i større grad fremover enn hva som har vært tilfellet de siste tiårene. Cybertrusler og hybride trusler mot kritisk infrastruktur utgjør en økende utfordring, og Norge må tilpasse seg et stadig mer komplekst sikkerhetsbilde. Dette krever både oppgradering av eksisterende digitale infrastruktur og utvikling av nye teknologier for å beskytte mot fremtidige sikkerhetstrusler. Det er i dag politisk enighet om en betydelig økt satsning på forsvar, og investeringer her vil stille nye krav til landets digitale infrastruktur. Moderne militære systemer er avhengige av rask, stabil og sikker datakommunikasjon, med de krav til kapasitet og redundans det medfører.

Samtidig er den generelle politiske trenden økt oppmerksomhet på utslippsreduksjoner i alle bransjer, ikke minst er det et betydelig og økende press fra EU på dette området. De innrapporterte og avtalte klimamålene vil medføre et betydelig press også på den digitale bransjen for å redusere sine utslippsbidrag.

Den **makroøkonomiske** situasjonen vil påvirke investeringsevnen i den digitale sektoren, og generelt påvirke mange av de andre driverne. Høy eller lav grad av økonomisk vekst vil blant annet kunne føre til tilsvarende høy eller lav investeringsvilje til utvikling og innføring av ny teknologi. De siste par årene har vi hatt svak økonomisk vekst i Norge, men dette er ventet å snu fra 2025 og de neste par årene (SSB, 2024). Utsiktene på lengre sikt er langt mer usikre, og vil blant annet avhenge av utviklingen av energisituasjonen i Europa og i hvilken grad norske bedrifter lykkes med å omstille seg i en situasjon der petroleumsnæringen går inn i en gradvis nedtrappingsfase.

Flere **sosiokulturelle** drivere er relevante for framskrivningene av utslipp.

Klimafotavtrykket fra Norges digitale infrastruktur henger i stor grad sammen med privat forbruk av og etterspørsel etter ulike former for digitale produkter og tjenester, og utviklingen av befolkningens forbruksmønstre, vaner og preferanser vil i vesentlig grad bestemme sektorens framtidige klimafotavtrykk. Noen eksempler på forhold som påvirker forbruket og etterspørsel;

- Sluttbrukerenheter: Per i dag har norske innbyggere et høyt forbruk av digitale artikler og topper OECDs statistikk for EE-avfall per person.⁵ Ifølge Klimabarometeret 2024⁶ er redusert personlig forbruk hva flest har vært opptatt av det siste året for å begrense eget fotavtrykk. Dette taler for at man kan se en utvikling mot et mer bevisst forhold til forbruk og et forbrukerstyrt fokus på forlenget produktlevetid, reparasjon framfor nykjøp og så videre. På den annen side kan man også se for seg at det kan komme en motreaksjon enten det er motivert av opposisjon eller apati og en følelse av maktesløshet. Klimabarometeret 2024 peker på at mange oppfatter klimasaken som viktig, men den står lavere på prioriteringslisten nå enn foregående år.
- Nettverk: Under og etter koronapandemien har man sett en kraftig økning i videostrømming i forbindelse med hjemmekontor samtidig som videostrømming for underholdning har økt kraftig de siste årene. Dette er en viktig driver for vekst i datatrafikk. Videre er eksempler på andre sosiokulturelle drivere adaptasjonen av utvidet virkelighets teknologier (XR) og gaming. Andre elementer som økende mengder inkludert mobildata i mobilabonnement øker forbruket totalt sett.

Utviklingen av ulike **teknologiske** drivere vil kunne være helt avgjørende for klimafotavtrykket. Ikke minst vil den fortsatte utviklingen og utbredelsen av KI i alle deler av samfunnet, maskinlæring, blokkjedeteknologi og kvantedatabehandling kunne utgjøre disruptive elementer som kan gi store omveltninger på kort tid. Tidlige prognoser for KI la til grunn at mye av regnekraften ville gå til å trene modellene, men det har vist seg at generative teknologier har stilt store krav til regnekraft også under bruken av KI. Dette er kun et eksempel på hvorfor utviklingen av slike teknologier er vanskelige å forutsi, selv på kort sikt.

Spesielt utviklingen innen KI og datasentre har gått svært fort de siste par årene. De fleste kildene vi har undersøkt er samstemte i at denne utviklingen vil fortsette, selv om usikkerheten er stor. Samtidig har energieffektiviseringen innenfor utviklingen av databrikkene som brukes også økt med eksponentiell hastighet over lang tid (IEA, 2024). Noen mener gullalderen for energieffektivisering i denne bransjen nå er forbi (Goldman

⁵ https://www.oecd.org/en/publications/oecd-digital-economy-outlook-2024-volume-2_3adf705b-en/full-report/component-7.html?utm_campaign=STI%20News%2026%20November%20-%20MOIP%20etc&utm_content=DEO%20chapter%203&utm_term=sti&utm_medium=email&utm_source=Adestra#chap-3

⁶ https://kantar.no/globalassets/fra-webnodes/ekspertiseomrader/politikk-og-samfunn/klimabarometer/2024/klimabarometer-2024_presentasjon_for-publisering.pdf

Sachs, 2024), men det er usikkert hvordan dette vil utvikle seg. Veksten i energiforbruk kan uansett forventes å være betydelig mer moderat enn vekst i datasenterkapasitet.

Andre teknologiske endringer i den norske sektoren som er kjent og pågående er som beskrevet i Stortingsmelding 28 (2020-2021) – Vår felles digitale grunnmur:⁷

- Modernisering av mobilnettet gjennom utvikling av 4G og utbygging av 5G som er forventet å gi økt kapasitet og funksjonalitet, men samtidig er forventet å gi sterk forbruksvekst. Bruk av IoT og fast trådløst bredbånd er eksempler på forbruksvekst som forventes i forbindelse med oppgradering av mobilnettene.
- Økt kapasitet i fastnett gjennom utfasing av eksisterende kobbernett og innfasing av fiberkabler. Økt bruk av blant annet PON-teknologi som reduserer kabel og annet utstyr per kunde.

En grunnleggende x-faktor i framskrivningene mot 2050 er hva slags teknologier som vil bli tilgjengelige i markedet, og i hvilken grad de ulike av disse vil dominere markedet og hvordan vår framtidige digitale hverdag ser ut. McKinsey & Co. (2024b) går i sin Technology Trends Outlook 2024-rapport gjennom 15 ulike teknologitrender som alle i større eller mindre grad kan komme til å bli relevante i årene som kommer. Dette inkluderer blant annet generativ KI, sky- og kantprosessering, robotikk, og kvanteteknologier. Rapporten gir en grundig gjennomgang, men ingen tallfestede prognoser utover at noen av teknologiene vil komme til å bli viktige, andre i mindre grad. Det konkluderes likevel generelt med at utviklingen av KI vil fortsette, og bre om seg til stadig nye sektorer og bruksområder, og at KI-utviklingen vil føre til en ny æra av mer avanserte og kapable industrielle roboter.

Miljømessige drivere er nevnt tidligere, men kan også påvirke utviklingen mer direkte, gjennom faktorer som ressursknapphet eller økt forekomst av naturkatastrofer, som i sin tur kan ha negativ innvirkning på andre PESTEL-områder.

De mest sentrale **juridiske** driverne på kort til mellomlang sikt er den fortsatte utviklingen, innfasingen og innstramningen av EUs ulike direktiver. For eksempel vil EUs taksonomi for bærekraftige investeringer kunne sette begrensninger og forme sektorens videre utvikling.

De ulike driverne som er nevnt her påvirker alle utviklingen av den digitale infrastrukturen i Norge direkte, samtidig som driverne også påvirker hverandre innbyrdes og dermed kan føre til andreordens effekter. For eksempel kan politiske føringer være medbestemmende

⁷ <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-28-20202021/id2842784/?ch=1#kap4>

for i hvilken grad ny teknologi blir utviklet og innfaset i samfunnet og for utbyggingstakt av datasentre i Norge, mens både sosiokulturelle drivkrefter og den makroøkonomiske situasjonen både i Norge og ellers i verden vil påvirke politiske drivere. En helhetlig vurdering basert på alle de ulike sidene er derfor viktig for å etablere realistiske fremtidsbilder, samtidig som det også er klart at både utfallsrommet og usikkerheten fremover, ikke minst mot 2050, er svært stort.

2.3. Framskrivinger

Vi fremskriver utslippene mot 2030 og 2050 som en sum av fotavtrykket fra de viktigste enhetene/komponentene eller mer overordnede grupper av disse. De viktigste enhetene/komponentene er identifisert basert på klimafotavtrykket per i dag og relevante drivere beskrevet i kap. 2.1.

Tabell 2-1 oppsummerer parameter som inngår i modellen og koblingen mellom parameter og drivere.

I dette kapittelet beskrives forutsetninger for framskrivningene i referansescenarioet. I de andre scenarioene skruer vi på utvalgte parametere. Forutsetningene i hvert scenario er beskrevet i kap. 2.4.

Tabell 2-1 Parametere som inngår i scenario-modellen.

Teknisk segment	Eksempel på relevante drivere	Parameter
Sluttbrukerenheter	Endringer i etterspørsel/holdninger/forbruksmønster hos forbruker. Økt fokus/krav til produsent ift. økodesign, «rett-til-å-reparere» osv. kan øke levetiden på produkter. Oppgradering av teknologi kan føre til at sluttbrukerenheter skiftes ut tidligere. Nye teknologier som gjør seg gjeldende (eks. roboter, enheter knyttet til XR etc.)	• Antall enheter produsert/solgt årlig • Gjennomsnittlig levetid • Årlig energiforbruk per enhet
Datasenter	Politiske føringer og rammebetingelser for etablering av datasenterindustri i Norge. Tilgang på kraft. Vekst i datatrafikk som følge av andre drivere som videostrømming, bruk av IoT, KI etc. Bruk av KI, graden av trening av KI i norske datasenter.	• Utnyttet kapasitet (MW) • Årlig energiforbruk

Nettverk	Vekst i datatrafikk som følge av andre drivere som videostrømming, bruk av IoT, KI etc. Krav og føringer for utbygging av nett; grad av samlokalisering, behov for robusthet/redundans i infrastruktur, tilrettelegging for konkurranse. Ny teknologi; fiberteknologi, 5G, 6G og andre ukjente teknologier på sikt. Energieffektivisering gjennom tiltak eller ny teknologi.	• Omfang kjernenett • Omfang fastnett – aksess • Basestasjoner som bygges • Basestasjoner som oppgraderes • Årlig energiforbruk, kjernenett • Årlig energiforbruk, fastnett • Årlig energiforbruk, mobilnett
Felles i modell	Ambisjoner og realisering av energiomstilling i Norge, Europa og globalt.	• Elektrisitetsmiks / klimagassutslipp fra elektrisitetsproduksjon
	Drivere for redusert klima- og miljøbelastning i produksjon; Energiomstilling; reduserte klimagassutslipp fra elektrisitet, skifte fra fossile energikilder til elektrisk, energieffektivisering Sirkulær økonomi; økt bruk av resirkulerte materialer og metaller, økt grad av ombruk og resirkulering Rammebetingelser i form av CSRD, EU-taksonomien, SBTi etc.	• Utslipp per enhet produsert

2.3.1. Metode

For å estimere klimafotavtrykket fra Norges digitale infrastruktur fram mot 2030 og 2050 etablerer vi en kondensert, forenklet versjon av modellen som ble utarbeidet for å regne ut dagens klimafotavtrykk. Denne modellversjonen oppsummerer resultatene fra hovedmodellen og uttrykker dagens fotavtrykk som en funksjon av et sett parametere på mindre detaljert nivå enn hovedmodellen⁸.

I scenariomodellen er utgangspunktet, dagens klimafotavtrykk, brutt ned som en sum av bidrag fra ulike kategorier av komponenter eller enheter. For hver slik kategori regner vi ut to hovedbidrag av utslipp; på den ene siden oppstrøms⁹ klimafotavtrykk fra produksjon av

⁸ Merk at dette medfører at totalutslippet i scenariomodellen blir en del lavere enn i selve fotavtrykksanalysen.

⁹ Inkluderer her også utslipp fra avhendingsfasen (end-of-life)

de enhetene som har blitt solgt/installert i inneværende år, og på den andre siden utslipp fra driftsfasen (energibruk) fra alle de enhetene som er i bruk dette året.

For begge disse perspektivene blir det samlede utslippsbidraget regnet ut som et produkt av to eller flere faktorer: én eller flere som uttrykker mengder solgt/installert og én som tallfester en gjennomsnittlig utslippsfaktor per mengdeenhet. Produktet av disse faktorene gir totale utslipp per år.

Ved å summere denne utregningen for alle de ulike komponentgruppene, får vi dagens klimafotavtrykk. Merk at det ved denne metoden blir et visst avvik fra resultatene fra hovedmodellen, på grunn av visse forenklinger og antagelser som må gjøres for å lage denne forenklede parametriserte versjonen. Dette bør likevel ikke påvirke de framskrevne trendene i vesentlig grad. Fotavtryksberegningene i denne rapporten er gjort med lokasjonsbasert prinsipp for utslippsberegning av strømforbruk, til forskjell fra hovedrapporten der markedsbasert prinsipp generelt er brukt i figurer og tabeller.

For å utarbeide framskrivninger av klimafotavtrykket lager vi deretter framskrivninger av hver enkelt faktor årlig fram til 2030 og 2050. Disse framskrivingene er et estimat basert på dagens situasjon og trender. I noen tilfeller har vi tallfestede konkrete estimater fra slik supplerende litteratur, enten i form av en antatt årlig vekstrate, eller i form av et tallfestet estimat for et framtidig år. I begge tilfeller kan det være ulike tidsperioder for framskrivingene i litteraturen. Der vi har benyttet oss direkte av slike tallfestede estimater fra andre kilder, har vi estimert verdier for mellomliggende eller påfølgende år ved hjelp av enkle regresjoner basert på egne antagelser og vurderinger.

2.3.2. Sluttbrukerenheter

Klimafotavtrykket for sluttbrukerenheter fremskrives basert på forutsetninger om:

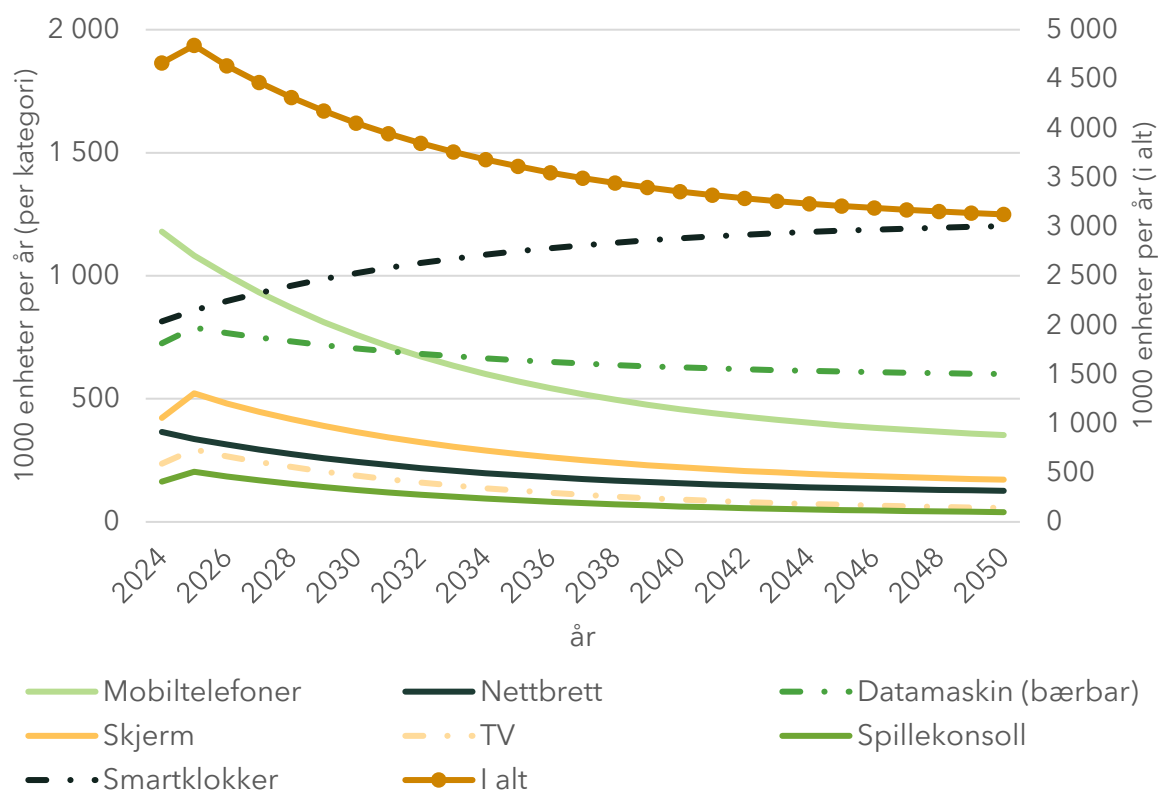
- Antall enheter solgt årlig
- Årlig energiforbruk per enhet

Antall enheter solgt årlig: er beregnet basert på en videreføring av trend basert på data for solgte enheter i 2016-2024, samt en antagelse om utviklingen av nye typer enheter. Statistikken vi har innhentet viser for de fleste typer sluttbrukerenheter en stabil utvikling eller en nedgang i salg, slik at samlet salgsvolum viser en nedadgående trend. Denne trenden fremskriver vi, men vi antar samtidig at nye typer enheter vil komme og bre seg i markedet. Vi etablerer derfor en egen kategori kalt «Nye enheter», som omfatter nye typer av sluttbrukerenheter som i dag ikke er (bredt) tilgjengelige i markedet. Merk at vi

ikke forsøker å modellere konkret hvilke typer utstyr dette vil være, på grunn av svært stor uvisshet, men ser heller på det store bildet med tanke på utslipp og energibruk.

Vi antar videre at en del av utstyret i kategorien «Nye enheter» allerede blir solgt i dag, men ikke blir fanget opp av den statistikken vi har funnet, siden det er en viss tidsforsinkelse fra en ny type enhet eller teknologi blir utbredt i markedet til den blir klassifisert og fanget opp i makrostatistikk over salgsvolumer.

Vi venter altså en viss nedgang i antall solgte enheter av dagens produkttyper av sluttbrukerutstyr (ekskludert IoT-enheter) basert på trend fra de siste årene (Figur 2). Denne trenden er her framskrevet til 2030 for hver produktkategori.



Figur 2. Framskrevet utvikling av salgstall for sluttbrukerenheter i kategorien "Dagens utstyrstyper". Noen mindre kategorier er utelatte for å gjøre figuren mer lesbar.

For perioden fra 2030 til 2050 er det mer utfordrende å spå utviklingen. For det første er det svært vanskelig å forutsi utviklingen av salgstall av individuelle typer utstyr, som mobiltelefoner, nettbrett osv. mer enn et par år fram i tid. Ikke minst må vi som nevnt anta at det i framtiden vil bli en utfasing av flere av dagens typer utstyr, mens nye typer utstyr vil vokse fram og dominere i sluttbrukermarkedet. I stedet for å forsøke å gjøre framskrivninger

for hver konkrete utstyrstype, holder vi fokus på de store linjene og hovedspørsmålet vårt: Hvor mye energibruk og utslipp vil kunne tilskrives sluttbrukerelektronikkmarkedet mot 2050?

Når det gjelder salgsvolumer er det flere elementer som spiller inn. På den ene siden forventer vi en fortsatt kraftig digitaliseringstrend i samfunnet, på den andre siden har vi altså sett en viss reduksjon i salgsvolumer de siste årene til tross for denne pågående trenden. Siden vi heller ikke vet hvilke typer utstyr og komponenter husholdningene vil kjøpe i framtiden, er det vanskelig å si noe om salgstall, utslipp per enhet eller energibruk per enhet. Som et alternativ kan vi derfor heller prøve å si noe om samlet utslipp og energibruk, og dermed la det være åpent hvorvidt dette kommer av at hver person eier flere enheter som utfører egne oppgaver eller leverer egne tjenester, eller om man bare vil eie noen få enheter som utfører flere oppgaver.

Vi antar her at samlet salgstall for sluttbrukerenheter per innbygger vil øke i perioden 2030-2050, men med relativt moderat hastighet. Dette fordi det altså er vanskelig å si om en fortsatt økende grad av digitalisering av samfunnet nødvendigvis vil bety flere sluttbrukerenheter per person.

Når det gjelder utviklingen av IoT-enheter er denne for tiden i en voldsom vekst. Vi antar at denne veksten fortsatt vil være stor over hele perioden mot 2050, selv om det er usikkert nøyaktig hvordan IoT-bildet konkret vil se ut i fremtiden.

Gjennomsnittlig årlig energiforbruk per enhet holdes konstant i referansescenariet, tilsvarende kWh/enhet som beskrevet i kap. 4 i hovedanalysen.¹⁰ I dette foreligger en antagelse om at eventuelle energieffektivisering på teknologisiden kanselleres av økt forbruk. Utslipp fra produksjonssiden (og i mindre grad fra driftsfasen) antas derimot gradvis redusert per enhet, i takt med at energimiksen i samfunnet blir renere.

2.3.3. Nettverk

2.3.3.1 Mobilnett – aksessnett

Klimafotavtrykket for mobilnettet fremskrives basert på forutsetninger om:

- Årlig energiforbruk; produktet av vekst i datatrafikk (PB) og utvikling i energieffektivitet (kWh/GB)
- Antall nye basestasjoner bygd

¹⁰ Se for eksempel Urban mfl. (2021), som viser at gjennomsnittlig energiforbruk per sluttbrukerenhet i USA historisk har hatt en nedadgående trend, men har i de senere år stabilisert seg.

- Antall basestasjoner oppgradert per år (til ny teknologi, 5G/6G etc.)

Det har manglet tilstrekkelig datagrunnlag til å utforske koblingen mellom kapasitet i mobilnettet/antallet nye basestasjoner, vekst i datatrafikk og energieffektivitet. Disse faktorene er dermed modellert delvis uavhengig av hverandre.

Det er per dags dato planer om at 2G-nettet vil stenges i perioden 2025-2027. Det er dermed sett bort i fra 2G-nettets rolle i scenarioanalysen siden det er forventet at dette vil stenges snart. Det har ikke vært mulig å kvantifisere effekten av dette på samlet energiforbruk i mobilnettet siden det kun er aggregert energiforbruk for alle teknologier som er kjent.

Datatrafikk: Oslo Economics (2023) har på vegne av Nkom utarbeidet en analyse av bredbåndsbehovet til norske sluttbrukere frem mot 2030. Analysen gir tre ulike scenarier for vekst i datatrafikk i mobilnettet. Basis-scenario for vekst i datatrafikk i mobilnett er lagt til grunn i referansescenariet her. Dette tilsier en vekst i datatrafikk fra ca. 1000 PB i 2024 til 4000 PB i 2027 og 10 000 PB i 2030. Dette gir en gjennomsnittlig årlig vekstrate i perioden 2024-2030 på 50 %. IEA-4E EDNAs rapport «Intelligent Efficiency For Data Centres & Wide Area Networks» anslår veksten i mobilnett til over 40 % årlig frem mot 2030, mens Ericsson forventer en lavere vekst i datatrafikken på ca. 20% årlig.¹¹ Basis-scenarioet utarbeidet for Norge legges til grunn i referansescenariet.

5G er mer effektiv i kWh/GB enn 4G teknologi, når man kun vurderer direkte energiforbruk. En del av energieffektiviseringene til 5G kommer blant annet fra økt bruk av søvnmodus, men dette forutsetter også et tettere nettverk av basestasjoner for å fungere optimalt. Williams mfl. (2022) utforsket kobling mellom direkte og indirekte energiforbruk i 5G teknologi, og viste at en lavere tetthet av basestasjoner er optimalt når en tar hensyn til indirekte energiforbruk enn hvis man optimaliserer kun på direkte energiforbruk. Livsløpsevurderinger burde derfor legges til grunn i utrulling av ny teknologi.

¹¹ <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility-report/dataforecasts/mobile-traffic-forecast>

Årlig energiforbruk: Dagens energiforbruk i det norske mobilnettet (aksessnettet) er ca. 0,3 kWh/GB. 5G vil teknisk sett kunne gi en gevinst i energieffektivitet (kWh/GB) på 1/10 av energiforbruket for 4G,^{12 13 14}.

I praksis vil gevinstene ofte være mindre. Ett eksempel fra én lokasjon i Norge (med kun én operatør) viser at bytte fra 4G til 5G reduserte forbruket med ca. 1500 kWh/år. Dette vil si ca. 10 % reduksjon i energiforbruket årlig. Det var her implementert søvnmodus på 4G stasjonen, men ikke implementert på 5G foreløpig. Reduksjonen vil dermed være noe større etter at søvnmodus er i drift også for 5G.

Bruk av mmWave teknologi vil kunne gi enda lavere energibruk, ned mot 1/100 av energiforbruket for 4G, men vil primært benyttes til å fortette nettet og øke kapasiteten i storbyer.

I framskrivningene av energiforbruk og energieffektivitet i IEA-4E EDNAs rapport «Intelligent Efficiency For Data Centres & Wide Area Networks» legges det til grunn 10 % årlig energieffektivisering i 2G/3G/4G-nettet og 20 % årlig i 5G-nettet, både som en konsekvens av energieffektivisering og vekst i dataforbruket. En stor andel av energibruken for nettverk er statisk slik at økt forbruk av data reduserer kWh/GB.

Basert på tall fra én av operatørene i Norge oppgis det at energiforbruket økte med ca. 1,5 % fra 2023 til 2024. Datatrafikken for operatøren er ikke kjent, men på landsbasis vokste datatrafikken fra ca. 910 PB til ca. 1000 PB.¹⁵ Antas det at tilsvarende økning gjaldt for overnevnte operatør gir dette en energieffektivisering på 10 % som følge av økt utnyttelse av installert kapasitet (vekst i dataforbruk) og energieffektiviseringstiltak (som økt bruk av søvnmodus).

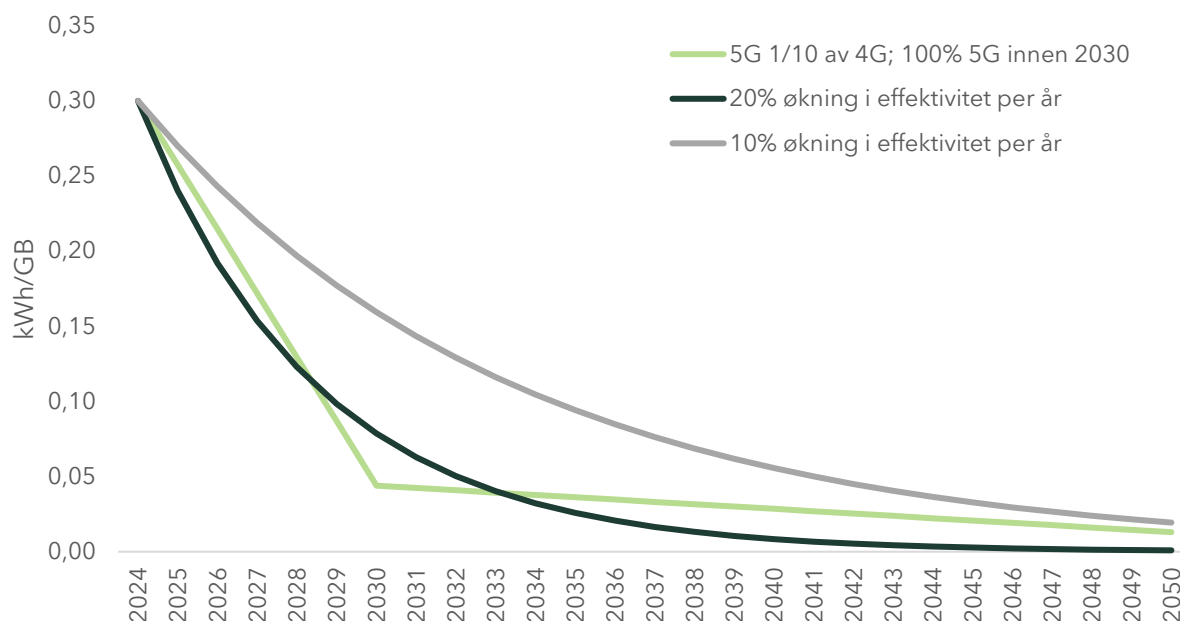
¹² [https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/sites/default/files/2020-11/IA_report-ICT_study_final_2020_\(CIRCABC\).pdf](https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/sites/default/files/2020-11/IA_report-ICT_study_final_2020_(CIRCABC).pdf)

¹³ https://www.iea-4e.org/wp-content/uploads/publications/2019/05/A1b_-_DC_WAN_V1.0.pdf

¹⁴ <https://carrier.huawei.com/~media/CNBGV2/download/program/Industries-5G/Curtailing-Carbon-Emissions-Can-5G-Help.pdf>

¹⁵ https://nkom.no/statistikk/statiske-rapporter-og-analyser/_attachment/inline/fd104817-a5c2-43be-b5a5-f012d39b0728:ef8d90706109936b3681f9a155789fa29ef6a421/2024%20%20Ekomstatistikken%20hel%C3%A5r%202023%20-%20Nasjonale%20tall.pdf

Figur 3 nedenfor viser utvikling i energieffektivitet basert på antakelser fra refererte kilder i avsnittet over. For referansescenariet legger vi til grunn den grå linjen med 10 % økning i effektivitet per år. Når dette legges sammen med framskrivning for vekst i dataforbruk får man en endring i energiforbruket fra ca. 310 GWh i 2024 til 1000 GWh i 2027 og 900 GWh i 2030.



Figur 3. Energiforbruk per GB trafikk i mobilnettverk basert på ulike forutsetninger for energieffektivitet.

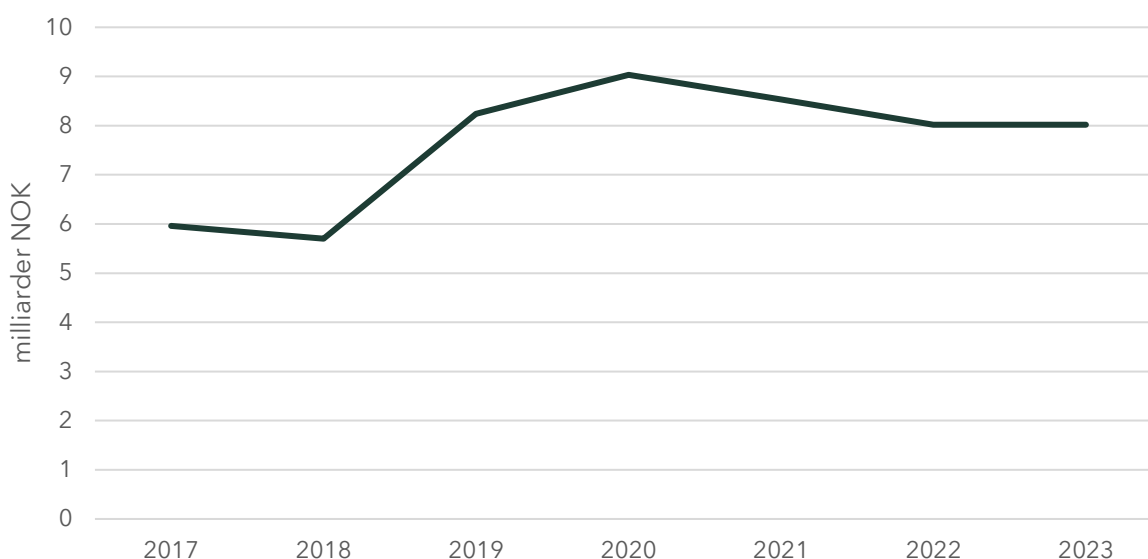
Årlig nye og oppgraderte basestasjoner: Som nevnt har det ikke vært rom til å utforske hvor mange basestasjoner som må til for å kunne støtte opp under både veksten i datatrafikk og energieffektivitet. Basert på offentlig tilgjengelige pressemeldinger og informasjon fra Telenor, Telia og Lyse/Ice er 15-20 % av basestasjonene blitt oppgradert årlig, mens antallet nybygde basestasjoner årlig er ca. 10 % av eksisterende basestasjoner. De siste årene har oppgraderingen av basestasjoner vært gjort for å bygge ut 5G, og det er forventet at nye teknologier vil komme ca. i 10-årsintervaller. I referansescenariet legges det til grunn at 10 % av lokasjonene oppgraderes årlig og at det bygges nye lokasjoner tilsvarende 5 % av dagens antall i perioden 2025-2030 og 2 % i perioden 2030-2050.

2.3.3.2 Fastnett - aksessnett

Klimafotavtrykket for fastnettet fremskrives basert på forutsetninger om:

- Antall km fiberkabel installert årlig
- Årlig energiforbruk
- Antall hjemmesentraler solgt og i bruk

Antall km fiberkabel installert årlig: Fra Nkom sin statistikk og rapport «Ekonomstatistikken 2023 – Investeringer»¹⁶ ser en at investeringene i fastnettet er rundt 8 milliarder NOK i 2022 og 2023, hvorav 75 % av investeringene er knyttet til aksessnettet.¹⁷



Figur 4. Investeringer i fastnettet, KPI-justerte verdier.

Basert på uttrekk fra Nkom sin oversikt over fiberdekning fikk 115 000 flere adresser fiberdekning fra én leverandør fra 2022 til 2023, mens 1000 flere adresser fikk fiberdekning fra to leverandører. Utbygging fremover vil i stor grad være «overbygging», dvs. at husstander får flere mulige leverandører der de allerede har tilgang per i dag. For å anslå km fiberkabel som legges årlig benytter vi disse tallene og gjennomsnittlig meter kabel per husstand/abonnent fra klimafotavtryksanalysen for 2024.

¹⁶ [Microsoft Word - Ekom rapport helår 2023 - investeringer](#)

¹⁷ https://nkom.no/statistikk/statiske-rapporter-og-analyser/_/attachment/inline/2e6c6e6d-6999-4a0d-a0a8-8e4dfb50a484:c10e4d084a026420e25055ddff390fe34f353202/2024%203%20Ekonomstatistikken%20hel%C3%A5r%202023%20-%20Investeringer.pdf

Basert på følgende antakelser anslås det ca. 15 000 km ny fiber årlig i fastnettet (aksess), dvs. ca. 10 % av dagens totale estimerte kabellengde på 165 000 km.

- Det bygges fiberkabel til ca. 120 000 nye adresser per år.
- For alle disse antas det 125 meter kabel per adresse.¹⁸ I praksis vil typisk kabellengden være lengre for husstander uten dekning (spredtbygd), og kortere for husstander hvor det bygges overdekning.

En av de større operatørene i Norge er også kontaktet og estimerer at 5-15 % er et fornuftig intervall for årlig utbygging av nye kabler sammenlignet med installert.

I referansescenariot antas det at det installeres og oppgraderes kabler tilsvarende 10 % av dagens installerte kabler, dvs. 16 500 km/år, i perioden 2025-2030 og 5 % i perioden 2030 - 2050.

Årlig energiforbruk: Energiforbruk i fastnettet estimeres til rundt 100 GWh eksklusive router og hjemmesentral og ca. 400 GWh totalt. Basert på dette anslås energiintensiteten til 0,08 kWh/GB.

I IEA-4E EDNAs rapport «Intelligent Efficiency For Data Centres & Wide Area Networks» legges det til legges det til grunn 20 % vekst i årlig datatrafikk i fastnettet. Videre anslås 5% årlig energieffektivisering i fastnettet. I VHK and Viegand Maagøe (2020) ICT Impact study anslås energiforbruket for fastnett å være relativt konstant i perioden frem mot 2025, på tross av en vekst i dataforbruk.¹⁹ Dette vurderes som fornuftig i og med at energiforbruk i større grad er uavhengig av datamengde i fastnett enn i mobilnettet.^{20 21}

Veksten i IoT-komponenter er forventet å gi liten økning i datamengde og krav til hastighet sammenlignet med andre drivere til økt hastighet/mengde som videostrømming og AI. Dermed er det ikke tatt hensyn til at dette vil gi økning i energiforbruk for fastnett.

¹⁸ I hovedanalysen er 66 meter/adresse lagt til grunn, men dette vil være et lavt estimat for mange av adressene som i dag ikke har fiber. Gjennomsnittlig lengde for å oppnå fulldekning i Norge anslås av Analysys Mason til å være i størrelsesorden 200-300 meter per kunde ifølge rapport: <https://www.regjeringen.no/contentassets/5f9b5b61363d4dad8afb48425a8bc408/kostnadsanalyse-2020--bredbandsdekning-i-ulike-varianter.pdf>. 125 meter er beregnet basert på gjennomsnitt av 66 meter, 100 meter og 200 meter.

¹⁹ [IA_report-ICT_study_final_2020_\(CIRCABC\).pdf](#)

²⁰ https://methodology.scope3.com/data_transfer

²¹ [Proceedings_EGG2020_v2.pdf](#)

Antall routere og hjemmesentraler solgt og i bruk: De fleste husstander i Norge har i dag tilgang til fast bredbånd. Antallet hjemmesentraler antas dermed konstant fremover, og skiftes ut i takt med levetid. Energiforbruket for hjemmesentralen antas likt som i hovedanalysen i referansescenariet.

2.3.3.3 Transmisjons- og kjernenettet

Klimafotavtrykket for transmisjons- og kjernenettet er fremskrevet basert på:

- Årlig energiforbruk
- Antall km fiberkabel installert årlig

Årlig energiforbruk: Energiforbruk er fremskrevet basert på trend i VHK & Viegand Maagøe (2020) ICT Impact study, som viser stabilt energiforbruk i perioden frem til 2030.

Antall km fiberkabel: Kabellengden i transmisjons- og kjernenettet har vært mer eller mindre konstant i lengre tid.²² Utbyggingen av nye kabler er i størst grad i form av enkeltprosjekter (slik som Tampnets utbygging mellom Oslo og Stavanger). Det er dermed lagt til grunn en betydelig lavere utbyggingstakt i transmisjons- og kjernenettet enn i fastnettet (aksess). Samtidig inkluderer estimatet på kabellengde føringsveier til basestasjoner. I og med at vi antar utbygging av nye basestasjoner antas det økt kabellengde grunnet dette. Totalt antas det at det bygges fiber tilsvarende 5 % av årlig kabellengde installert per i dag. Det vil si ca. 7 000 km årlig.

2.3.4. Datasenter

Klimafotavtrykket for datasenter fremskrives basert på forutsetninger om:

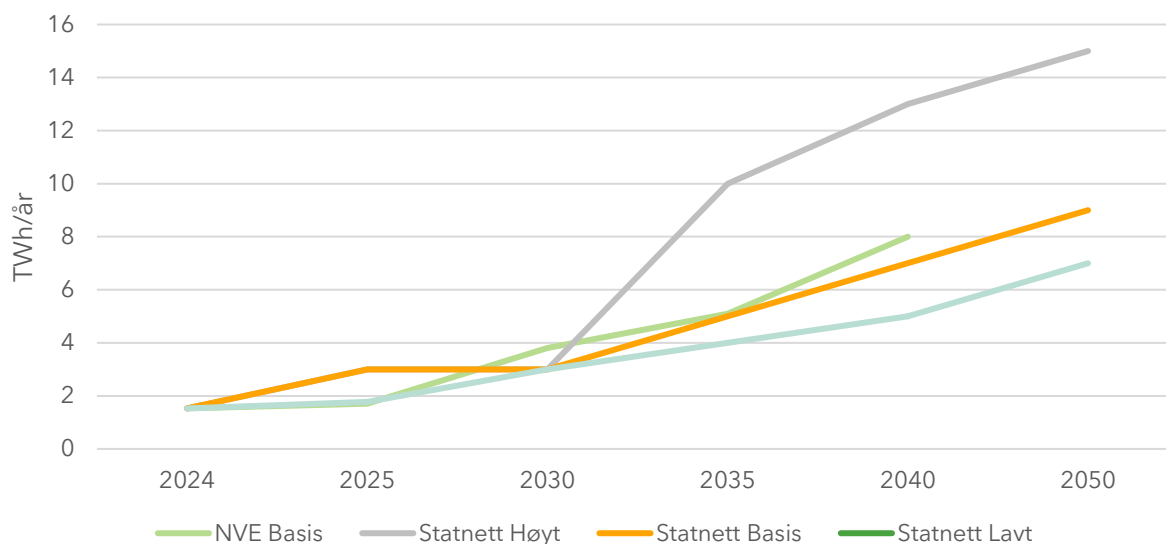
- Årlig energiforbruk
- Årlig installert MW kapasitet

En gjennomgang av tilgjengelig litteratur viser at det ventes kraftig vekst i installert datasenterkapasitet mot 2030, kanskje i området 15-20 % årlig, men en mer moderat utvikling i tilsvarende energiforbruk (5-15 % årlig) på grunn av forventet energieffektivisering. Utviklingen fra 2030 til 2050 er mer usikker – det ventes fortsatt betydelig vekst, men kanskje i litt lavere takt. Gjennomgående er det likevel at

²² Basert på personlig kommunikasjon (desember 2024) med en av aktørene i bransjen.

framskrivningene er svært usikre, og det kan også være at forventninger i KI-drevet vekst har vært overdrevent store (Nøland mfl. 2024).

Vi framskriver energiforbruk basert på langsiktige markedsanalyser mot 2030 fra NVE (2023) og Statnett (2022). Deres scenario er vist i Figur 5. Basis-scenariot legges til grunn for referansescenariet vårt.



Figur 5. Framskrivning i energiforbruk i datasenter basert på Statnett og NVE. Basis er lagt til grunn for referansescenariet.

For referansescenariot gir dette 3,8 TWh i 2030 og 9 TWh i 2050. DNVs «Energy transition outlook» for Norge i 2024 legger til grunn 6 TWh i 2030 og 13 TWh i 2050, mens norsk datasenterindustri selv anslår et forbruk på 5 TWh innen 2030.²³ I perioden 2024-2040 gir dette en årlig vekst i energiforbruk fra datasenter på 11 %, mens det antas en mindre vekst i perioden 2040-2050. Vi vurderer dette som en representativ framskriving basert på andre studier (se for eksempel DNV (2024), Granskog mfl. (2024), Nøland mfl. (2024), JLL (2024)).

I høyvekst-scenariot antar vi dobbel så høy vekst som i referansescenariot. Dette gir 18 TWh i 2050, noe høyere enn Statnetts høyvekst-scenariot.

Fra energiforbruk estimerer vi installert kapasitet. Det vil være en forskjell mellom installert kapasitet og utnyttet kapasitet. Per 2024 er installert kapasitet 508 MW, mens utnyttet kapasitet er 247 MW. Energiforbruket i 2024 var 1530 GWh. Per i dag er energiforbruket

²³ <https://www.datasenterindustrien.no/myte-3>

sammenlignet med installert kapasitet²⁴ dermed 34 %. Det antas at denne faktoren vil øke, og det forutsettes 50 % i alle scenarier²⁵.

Tabell 2-2 oppsummerer forutsatt energiforbruk, MW utnyttet og MW installert i de ulike scenarioene

Tabell 2-2 Oppsummering av forutsetninger for energiforbruk og MW utnyttet og installert.

Scenario	Enhet	2024	2030	2050
Referanse	TWh/år	1,5	3,8	9
Høyvekst	TWh/år	1,5	5,7	18
GDI	TWh/år	1,5	3,0	7
Referanse	MW utnyttet	246	612	1449
Høyvekst	MW utnyttet	246	918	2898
GDI	MW utnyttet	246	483	1127
Referanse	MW installert	508	868	2055
Høyvekst	MW installert	508	1301	4110
GDI	MW installert	508	685	1598

En nylig publisert analyse fra norsk datasenterindustri «Verdiskapning i norsk datasenterindustri»²⁶ gir en oversikt over status for tilknytningssaker om datasentre hos Statnett som viser en reservert kapasitet på 2178 MW og kapasitetskø på 2211 MW. I tillegg venter 2486 MW på vurdering fra Statnett om prosjektet er driftsmessig forsvarlig. Høyvekst-scenariot legger dermed til grunn at reservert kapasitet og kapasitetskøen per i dag realiseres innen 2050. Veksten i hvor mye kapasitet som realiseres vil i stor grad avhenge av tilgjengelighet på kraft og kapasitet i nettet.

I analysen legges det til grunn en kraftutnyttelse på 70 % av installert kapasitet, mens vi i vår studie legger til grunn 50 %.

²⁴ Beregnet som: Energiforbruk / (Installert effekt*8760)

²⁵ <https://eta-publications.lbl.gov/sites/default/files/2024-12/lbnl-2024-united-states-data-center-energy-usage-report.pdf>

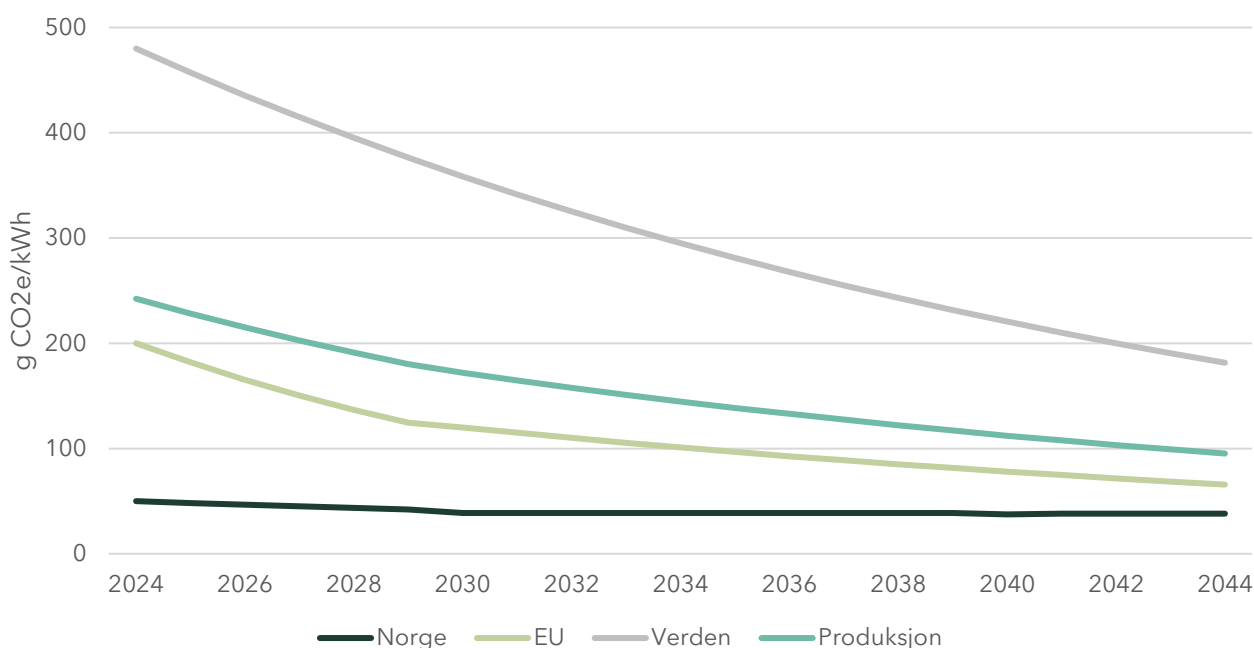
²⁶ <https://static1.squarespace.com/static/6129463e215bea534c574c7f/t/6762c0050c0c6e1d7cd3afb4/1734524934229/R33-2024+Verdiskaping+i+norsk+datasenterindustri.pdf>

2.3.5. Felles forutsetninger

For å ta høyde for endringer som påvirker klimagassutslipp fra energibruk og produksjon skruer vi på utslipp fra elektrisitetsforbruk (g CO₂e/kWh) og utslipp per enhet produsert (eks. kg CO₂e/mobiltelefon produsert eller kg CO₂e/km fiberkabel installert).

2.3.5.1 Utslipp fra elektrisitetsforbruk

Basert på historiske endringer i klimagassutslipp for elektrisitetsproduksjon i EU (se Figur 1) og videreføring av klima-/energipolitikk forventes nedadgående utslipp per kWh fremover. For energibruk i drift er det lagt til grunn lokasjonsbasert energimiks. Siden det allerede er stor grad av fornybar energiproduksjon i Norge forventes en liten nedgang i utslipp per kWh fremover. I alle scenarier er det lagt til grunn utslippskurven for Norge vist i Figur 6. Utslipp fra elektrisitetsbruk i oppstrøms verdikjeder vil i stor grad bestå av bidrag i andre deler av verden, og disse utslippene er derfor forventet å bli redusert i referansescenariet som beskrevet nedenfor.



Figur 6. Klimagassutslipp fra elektrisitetsproduksjon i g CO₂e/kWh for hhv. Norge / lokasjonsbasert miks, EU, og snitt for resten av verden. Produksjon beskriver gjennomsnittet av Norge, EU og Verden og er benyttet til å fremskrive endringer i utslippsfaktorer knyttet til produksjon, distribusjon og avfallshåndtering.

2.3.5.2 Utslipp fra investeringer (oppstrøms utslipp)

I referansescenariet er det lagt til grunn at utslippene fra investeringer, dvs. fra produksjon, distribusjon, emballasje og EOL, endres over tid. I referansescenariet er det forutsatt at

utslippsreduksjoner per enhet er knyttet til endringer i utslipp i elektrisitet som benyttes i produksjon.

Basert på LCA-modellen anslås det bidraget fra elektrisitet i utslippene oppstrøms per enhet er:

- 59 % for sluttbrukerenheter
- 16 % for datasenter
- 10 % for installasjon av kabel

Basert på endringer i elektrisitetsproduksjon som vist i kurven «Produksjon» i Figur 6 og andelene for bidraget fra elektrisitet anslås det gjennomsnittlig 3 % årlig reduksjon i klimafotavtrykket for sluttbrukerenheter og 1 % for basestasjoner, datasenter og installasjon av kabel.

2.4. Definisjon av scenario

Vi definerer tre scenario for 2030/2050 som basis for utslippsframskrivingene.

2.4.1. Referansescenariet

Referansescenarioet representerer en kvalifisert gjetning for hvordan verden kan se ut i 2030 og 2050 ut fra dagens situasjon og trendene vi har vurdert for de ulike driverne. I referansescenariet fortsetter den generelle veksten i digital utvikling vi ser i dag. Samtidig antar vi at energisektoren vil bli stadig grønnere både i Norge og ikke minst i verden for øvrig, med innfasing av en større andel fornybar energi på bekostning av fossil energi. I Norge er fornybarandelen allerede svært høy, og vi antar at dette bildet vil holde seg mer eller mindre stabilt fremover.

Vi har sett tendenser til nedgang i salgsvolumer for sluttbrukerenheter utenom IoT-kategorien de siste årene, om enn med en del variasjon mellom produktkategorier. Salget av smartklokker har for eksempel sett en økning. Vi antar likevel at digitaliseringstrenden i samfunnet vil fortsette for fullt, med stadig nye typer produkter på markedet, men at dette ikke nødvendigvis vil føre til en tilsvarende kraftig økning i antallet sluttbrukerenheter per person. Derimot antar vi at antallet nettverkstilknyttede enheter både i IoT-segmentet og ellers i samfunn og næringsliv i form av sensorer, industriroboter og så videre vil fortsette å øke kraftig.

I referansescenariet antar vi at utslipp per enhet fra produksjonssiden vil bli redusert en god del som følge av at energisektoren blir renere, siden utslipp fra

elektrisitetsproduksjon i utlandet utgjør en betydelig andel av oppstrøms utslipp fra produksjon av ulike typer komponenter og utstyr. Dette demper den forventede utslippsveksten i forhold til veksten i volum.

Referansescenariet er kvantifisert i modellen basert på antakelser for hvert segment som vist i Tabell 2-3 nedenfor.

Tabell 2-3. Nøkkelparametere i referansescenariet.

Segment	Parameter	Enhet	Antakelser i scenario
Sluttbruker-enheter	Antall enheter produsert/solgt årlig	antall/år	Trend basert på historiske salgstall mot 2030. I tillegg gradvis innfasing av kategori «nye typer enheter» for hele perioden, slik at samlet salgsvolum av sluttbrukerenheter per person (unntatt IoT) øker med 2 % årlig. Fra 2030-2050 antas samlet salgsvolum for sluttbrukerenheter unntatt IoT-enheter å øke med en takt på 1 % per innbygger, ved at nye produkttyper fases inn samtidig med at dagens produkter gradvis fases ut. IoT forutsettes med kraftig vekst over hele perioden, ved å anta at de siste årenes kraftige vekst vil fortsette i noenlunde samme takt.
	Energibruk per enhet	kWh/år	Ingen endring fra dagens nivå (antar at energieffektivisering utjevnes av økt bruk).
	Gjennomsnittlig levetid	år	Ingen endring fra dagens nivå.
Datasenter	Totalt volum/kapasitet	MW	Beregnes basert på TWh. Se kap. 2.3.4.
	Energibruk	TWh/år	Basert på basis-scenario fra NVE og Statnett. 3,8 TWh i 2030 og 9 TWh i 2050.
Nettverk	Omfang kjernenett	Km /år	Installerer og oppgraderer kabler tilsvarende 5 % av dagens installerte kabler, dvs. 6 600 km/år.
	Omfang fastnett - aksess	Km /år	Installerer og oppgraderer kabler tilsvarende 10 % av dagens installerte kabler, dvs. 16 500 km/år, i perioden 2025-2030 og 5 % i perioden 2030 - 2050.
	Basestasjoner	Antall/år	Oppgradering: 10 % av dagens antall lokasjoner per år, dvs. ca. 1750 (og et økende antall ettersom antallet lokasjoner blir flere) Nybygg: 5 % av dagens antall lokasjoner per år, dvs. ca. 1750 i perioden 2025-2030 og 2 % i perioden 2030-2050.
	Energiforbruk, kjernenett	GWh/år	Ingen endring fra dagens nivå. 100 GWh/år.
	Energiforbruk, fastnett	GWh/år	Ingen endring fra dagens nivå. 100 GWh/år.
	Energiforbruk, mobilnett	GWh/år	Økning i tråd med 5G-utrolling og økt databruk. Se kap. 2.3.3.1.
Felles i modell	Elektrisitetsmiks (driftsfase)	Kg CO ₂ e/kWh	Lokasjonsbasert elektrisitetsmiks legges til grunn. 2024: 50 g CO ₂ e/kWh, 2050: 38 g CO ₂ e/kWh.
	Utslipp per enhet produsert	kgCO ₂ e/enhet	Sluttbruker: 3 % årlig forbedring, dvs. 20 % reduksjon i 2030 og 50 % reduksjon i 2050 (på grunn av mindre utslippsintensiv elektrisitetsmiks i produksjon). Nettverk og datasenter: 1 % årlig forbedring, dvs. 5 % reduksjon i 2030 og 20 % reduksjon i 2050 (på grunn av mindre utslippsintensiv elektrisitetsmiks i produksjon).

2.4.2. Høyvekst

I dette scenariet antar vi en vesentlig kraftigere vekst i KI og tilhørende utbygging av datasentre i årene som kommer. Samtidig antar vi at ny teknologi innenfor robotikk og bruk av cobots i industrien, utvidet virkelighet (XR), kvanteteknologier og så videre for alvor gjør sitt inntog i samfunnet.

Når det gjelder utslipp fra produksjon, antar vi at vekst i hvor avansert konstruksjonen av en gjennomsnittlig enhet er, fører til økte material- og energikrav i produksjonskjeden i den grad at det oppveier utslippsgevinster fra en kontinuerlig renere energimiks i verden. Med andre ord antar vi fortsatt en kontinuerlig renere energimiks, men vi holder gjennomsnittlige produksjonsutslipp per sluttbrukerenhet konstante.

Denne utviklingen modellerer vi ved å anta en utvikling i salgsvolumer av sluttbrukerutstyr i kategorien «Nye kategorier» som øker kraftigere enn i referansescenariet, og tilsvarende for IoT-enheter.

Tabell 2-4. Parametre i høyvekst-scenariet.

Segment	Parameter	Enhet	Antakelser i scenario
Sluttbruker-enheter	Antall enheter produsert/solgt årlig	antall/år	Som for referansescenariet, men med høyere veksttakt på hhv 5 % årlig til 2030 og 2 % årlig fra 2030-2050. Antar fortsatt økning i IoT.
	Energibruk per enhet	kWh/år	Antar her at økt gjennomsnittlig grad av tjenestefunksjon per enhet fører til økt gjennomsnittlig energibruk i drift per enhet til tross for effektivitetsforbedringer.
	Gjennomsnittlig levetid	år	Ingen endring fra dagens nivå.
Datasenter	Totalt volum/kapasitet	MW	Beregnes basert på TWh. Se kap. 2.3.4.
	Energibruk	TWh/år	Dobbelt så høyt som i referansescenarioet, 5,7 TWh i 2030 og 18 TWh i 2050.
Nettverk	Omfang kjernenett	Km /år	Installerer og oppgraderer kabler tilsvarende 10 % av dagens installerte kabler, dvs. 13 500 km/år.
	Omfang fastnett - aksess	Km /år	Installerer og oppgraderer kabler tilsvarende 10 % av dagens installerte kabler, dvs. 16 500 km/år, i perioden 2025 - 2030 og 5 % i perioden 2030 - 2050.
	Basestasjoner/lokasjoner	Antall/år	Oppgradering: 10 % av dagens antall basestasjoner per år, dvs. ca. 1750 (og et økende antall ettersom antallet basestasjoner blir flere). Nybygg: 10 % av dagens antall lokasjoner per år, dvs. ca. 1750 i perioden 2025-2030 og 5 % i perioden 2030-2050.
	Energiforbruk, mobilnett	GWh/år	Økning i tråd med 5G-utrulling, kraftig vekst i databruk som følge av nye enheter. Antar ca. 2x vekst i energiforbruket i referansescenarioet..

2.4.3. Grønn digital infrastruktur (GDI)

Dette scenariet er det mest optimistiske fra et klimaperspektiv. Her forutsetter vi reduksjon i forbruk og en samtidig positiv teknologisk utvikling med generelt lavere utslippsintensiteter fra produksjon.

Grønnere teknologi: Det forutsettes en betydelig teknologibasert klimamessig forbedring. Dette innebærer kraftige reduksjoner i utslippsintensitet i produksjon av digitale og elektroniske komponenter, utvikling av nye kjølemetoder i datasentre, effektiviseringssprang i KI, men også en raskere utfasing av fossil energi og utbygging av ny fornybar energi på globalt nivå, sammenlignet med den takten som allerede er antatt i referansescenariet.

Dette beskrives ved å endre følgende parameter i modellen utover det som gjøres i referansescenariet:

Tabell 2-5. Endring av parametre basert på en antagelse om grønnere teknologi.

Segment	Parameter	Antakelser i scenario
Sluttbrukerenheter	Energibruk per enhet	1 % årlig energieffektivisering.
Datasenter	Energibruk	20 % reduksjon sammenlignet med referansescenario i 2030 og 30 % reduksjon sammenlignet med referansescenario i 2050.
Nettverk	Energiforbruk, kjernenett	20 % reduksjon sammenlignet med referanse i 2030 og 30 % reduksjon sammenlignet med referanse i 2050.
	Energiforbruk, fastnett	20 % reduksjon sammenlignet med referanse i 2030 og 30 % reduksjon sammenlignet med referanse i 2050.
	Energiforbruk, mobilnett	Økning i tråd med 5G-utrulling og økt databruk. Se kap. 2.3.3.1.
Felles i modell	Utslipp per enhet produsert	Sluttbrukerenheter: 5 % årlig forbedring i snitt (noe høyere 2024-2030 enn 2030-2050). Dvs. 35 % reduksjon i 2030 og 75 % reduksjon i 2050.

Grønnere forbruk: Fra forbrukssiden antas det i dette scenariet at både privatpersoner, myndigheter og næringsliv, styrer det private forbruksnivået mot et betydelig mer bærekraftig nivå. Dette kan komme både av forbrukerstyrte pådriv, eller at reguleringer fra myndighetshold er med på å styre forbrukere og forbruk i mer klimavennlig retning. Dette vil ha innvirkning på de parameterne som forbrukere har størst mulighet til å påvirke, først og fremst salg av sluttbrukerenheter. Et mer bevisst forhold til forbruk leder i dette scenariet til økt gjennomsnittlig produktlevetid, fokus på å reparere og kjøpe/selge brukte enheter. Denne endringen i forbrukerpreferanser antar vi i sin tur vil føre til tilhørende politiske føringer og tilrettelegging i samme retning, med insentiver og reguleringer for gjenbrukbarhet, reparasjonsmuligheter og så videre.

Dette beskrives ved å endre følgende parameter i modellen utover det som gjøres i referansescenarioet:

Tabell 2-6. Endring av parametre basert på en antagelse om et grønnere forbruksmønster.

Segment	Parameter	Antakelser i scenario
Sluttbruker-enheter	Antall enheter produsert/solgt årlig	Antar at en kombinasjon av økt gjennomsnittlig produktlevetid og en endring mot et mer behovsstyrt/edruelig nivå til sammen fører til en årlig reduksjon på 2 % sammenlignet med referansescenariet.
	Gjennomsnittlig levetid	Antas økt fra dagens antatte snitt til maksimumsnivå i henhold til ADEME-rapporten. Modelleres implisitt i form av reduksjon i antall enheter solgt årlig.
Datasenter	Totalt volum/kapasitet	Beregnes basert på TWh. Se kap. 2.3.4.
	Energibruk	Basert på lavt scenario fra NVE, dvs. 3 TWh i 2030 og 7 TWh i 2050.
	Energiforbruk, mobilnett	Økning i tråd med 5G-utrudding og økt databruk. Se kap. 2.3.3.1. Lavt scenario for datavekst gir lavere energiforbruk.

I analysen modelleres summen av disse to effektene ved å for hver parameter plukke verdier avhengig av hvilke som gir lavest utslippsbidrag. Vi modellerer ikke eventuelle samspillseffekter som kan oppstå ved samtidig endring av parameterne og føre til at netto utslippsreduksjoner blir lavere. Vi antar likevel at et slikt «effekttap» vil være moderat, siden settet av parameter for redusert forbruk og bærekraftig teknologi innebærer endringer i parametere som ikke har store opplagte innbyrdes koblinger eller overlapp.

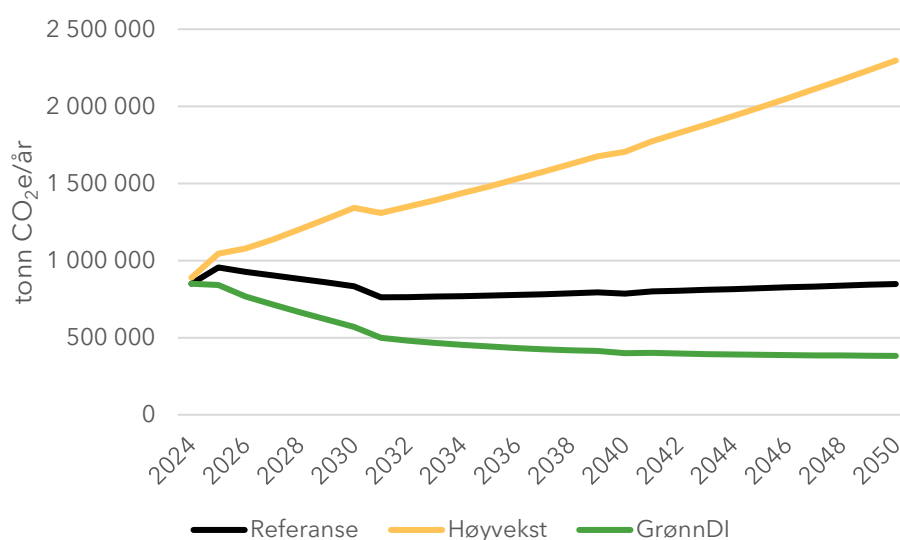
3. Fotavtrykksanalyse mot 2030 og 2050

3.1. Resultat

Figur 7 viser klimafotavtrykket frem mot 2030 og 2050 i de ulike scenariene.

Som nevnt er det et avvik i beregnet klimafotavtrykk for 2024 på grunn av ulik tilnærming i LCA-analysen og scenario-analysen, der fotavtrykket i scenarioanalysen ligger omtrent 25 % lavere enn i LCA-analysen. I tillegg er det en del utslippsbidrag som ikke fanges opp av en LCA-analyse, blant annet indirekte utslipp fra tilknyttede tjenester og andre immaterielle bidrag. Man kan derfor anta at det totale fotavtrykket er en del høyere enn det som blir presentert her. Vi antar likevel at trendene for scenarioanalysene ikke påvirkes i vesentlig grad av dette.

I scenarioanalysen fremskriver vi de viktigste komponentene/bidragene til utslipp og satellitt er ekskludert. Dermed er utslippene noe lavere sammenlignet med LCA-analysen.



Figur 7. Scenarier for utvikling i klimagassutslipp for digital infrastruktur i Norge.

Referansescenariet viser relativt stabile klimagassutslipp frem mot 2030 og 2050. Som vist er trenden relativt stabil, slik at utslippsnivået i 2050 ligger på samme nivå som i dag (0,85 MtCO₂e).

I høyvekstscenariet antar vi en betydelig mer omfattende utvikling av nettverkstilknyttede enheter innenfor IoT-segmentet og nye typer sluttbrukerenheter. Dessuten antar vi en

vesentlig høyere vekst i utbygging av datasentre, som følge av en antatt fortsatt kraftig utvikling og utbredelse av KI i alle deler av samfunnet. I høyvekstscenariet vokser utslippene med en gjennomsnittlig årlig rate på 4 %, og utslippene i 2030 og 2050 er henholdsvis 1,3 og 2,3 MtCO₂e i 2030 og 2050.

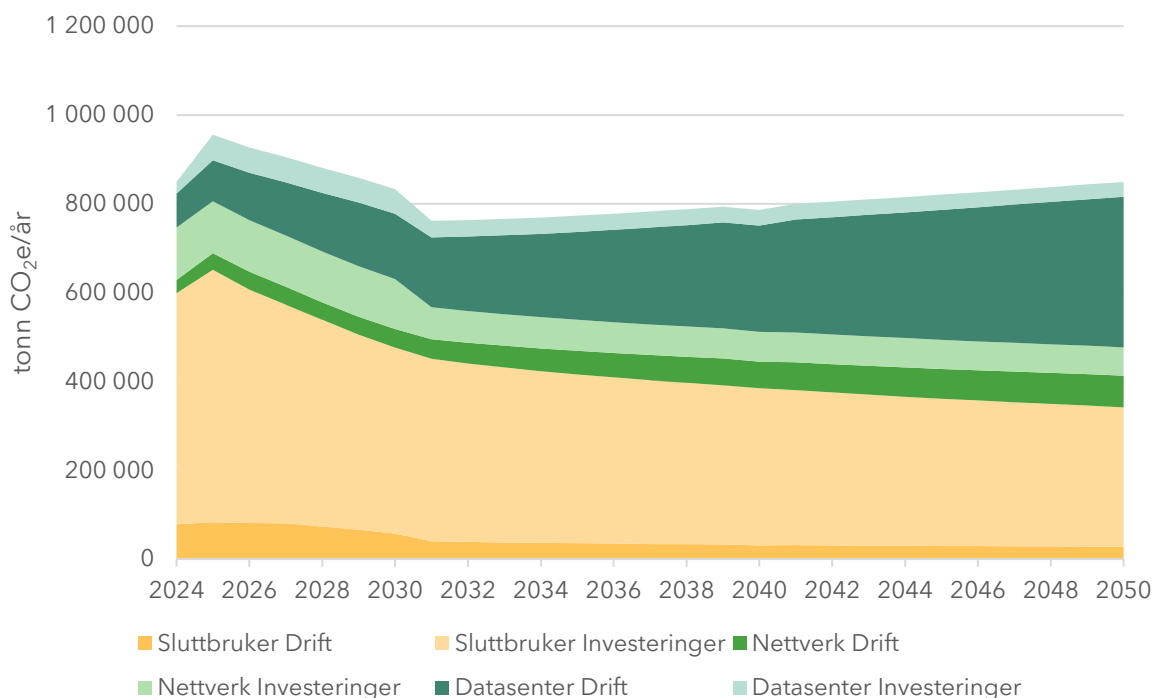
I scenarioet Grønn digital infrastruktur (GDI) ser vi derimot en betydelig utslippsreduksjon mot 2030, og deretter en utflating i perioden fra 2030-2050. Sammenlignet med referansescenariet er utslippene 32 % lavere i 2030 (0,57 MtCO₂e) og 55 % lavere i 2050 (0,38 MtCO₂e). Disse utslippsreduksjonene kommer som følge av en kombinasjon av antagelser om forbrukerstyrte endringer i form av lavere forbruk og etterspørsel, og mer teknologioptimistiske antagelser og tilhørende lavere utslipp og energibruk per enhet.

Tabell 3-1 Endring i 2030 og 2050 sammenlignet med 2024 i de ulike scenariene.

Scenario	Økning i 2030 sml. med 2024	Økning i 2050 sml. med 2024	Økning i 2030 sml. med referansescenariet	Økning i 2050 sml. med referansescenariet
Referansescenariet	-2 %	0 %		
Høyvekst	+58 %	+170 %	+61 %	+171 %
Grønn digital infrastruktur	-33 %	-55 %	-32 %	-55 %

3.1.1. Referansescenariet

Figur 8 viser klimagassutslipp mot 2030 og 2050 i referansescenariet. Utslippene i referansescenariet reduseres så vidt, fra 0,85 MtCO₂e i 2024 til 0,83 MtCO₂e i 2030, og øker deretter svakt til 0,85 MtCO₂e i 2050. Mens utslippene i 2024 er dominert av sluttbrukerenheter, snur dette i løpet av perioden i referansescenariet, slik at det i stedet er utslipp knyttet til nettverk og datasentre som er de viktigste bidragsyterne til klimafotavtrykket.



Figur 8 Klimagassutslipp mot 2030 og 2050 - referansescenariet.

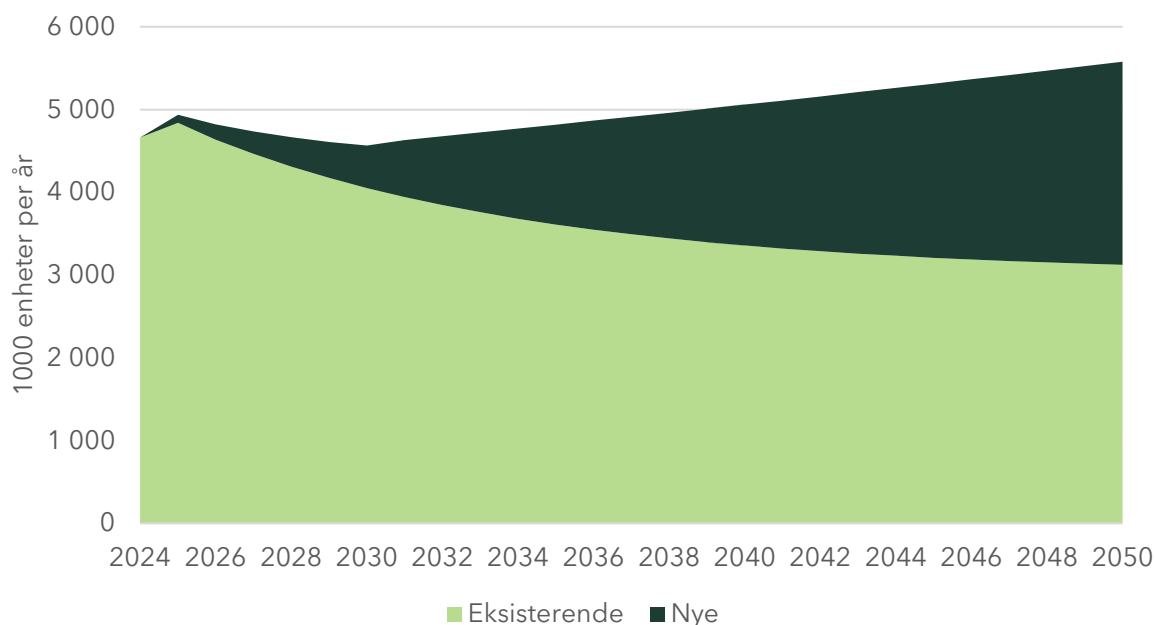
Tabell 3-2 Endring i utslipp per segment sammenlignet med 2024 - referansescenariet.

	Utslipp 2030	Sml. 2024	Utslipp 2050	Sml. 2024
Sluttbrukerenheter	0,48	-21 %	0,34	-43 %
Nettverk	0,15	+4 %	0,14	-8 %
Datasenter	0,20	+96 %	0,37	+261 %
I alt	0,83	-2 %	0,85	0 %

I dette scenariet forventes en gradvis reduksjon i salgsvolum av dagens eksisterende kategorier av sluttbrukerutstyr unntatt IoT-enheter, basert på salgstrender for de senere år.²⁷ Samtidig antar vi at nye typer produktkategorier som i dag ikke er tilgjengelige på det brede markedet vil bre om seg, slik at den samlede mengden enheter vil øke moderat (Figur 9). Likevel ser vi en betydelig reduksjon i utslipp fra sluttbrukersegmentet framover i referansescenariet. Dette kommer hovedsakelig av at vi forutsetter at gjennomsnittlige utslipp fra produksjon per enhet vil avta som følge av at verdens energimiks blir stadig renere. En betydelig del av klimafotavtrykket fra ulike typer sluttbrukerutstyr kommer fra

²⁷ [Bransjetall og statistikk](#)

elektrisitetsproduksjon i ulike deler av verden, og vi legger her til grunn at fornybar energi i stadig større grad vil bre om seg i det globale markedet. Denne antatte utviklingen påvirker i mindre grad utslipp fra driftsfasen, siden norsk elektrisitet allerede blir produsert med lave utslipp.

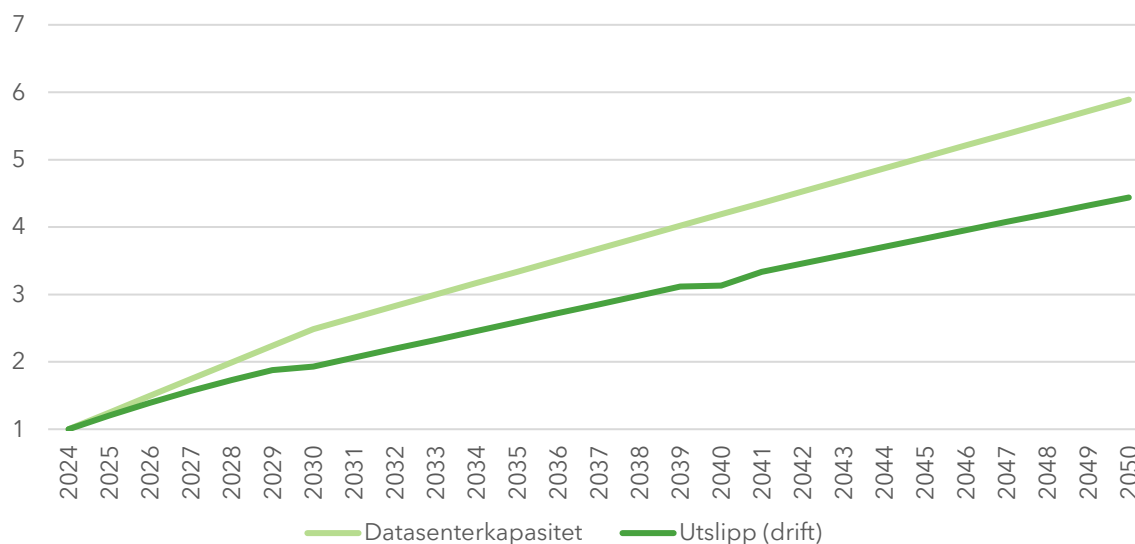


Figur 9. Framskrevet salgsvolum av sluttbrukerutstyr i referansescenariet. "Eksisterende" produktkategorier inkluderer blant annet smarttelefoner, bærbare og stasjonære PCer, og smartklokker. "Nye" kategorier kan for eksempel være utstyr for utvidet virkelighet (XR).

Salg av IoT-enheter er i referansescenariet forventet å fortsette å øke kraftig over hele perioden, som følge av at stadig flere deler av samfunnet, fra gatelys til industriroboter og utstyr til smarte hjem blir tilknyttet nettverket. I framskrivningene i referansescenariet blir det i 2050 solgt godt over 50 millioner IoT-enheter årlig i Norge, og den totale mengden IoT-enheter installert i Norge er antatt å være rundt det tidoble av dette. Det er likevel antatt at både utslipp i produksjon og energibruk i drift vil være svært små per enhet sammenlignet med andre typer utstyr som i dag, slik at det samlede utslippsbidraget fra IoT-segmentet likevel blir relativt moderat, totalt 0,058 MtCO₂e eller litt under 7 % av det totale klimafotavtrykket.

Utslipp fra datasenter øker vesentlig i første del av perioden, før det flater ut på 2040-tallet i referansescenariet. Mens utslippene fra datasentersegmentet i 2024 er estimert til 0,10 MtCO₂e, øker dette i referansescenariet til 0,20 i 2030 og videre til 0,37 MtCO₂e i 2050. Den forventede økningen kommer av en fortsatt kraftig vekst i etablering av nye datasenter med tilhørende utslipp ved utbygging og energiforbruk i drift. I dette scenariet

øker den totale datasenterkapasiteten²⁸ med i snitt 7 % årlig i perioden 2024-2050, slik at total datasenterkapasitet seksdobles (Figur 10). Som figuren viser er veksten i utslipp fra drift mer moderat (5 % årlig vekst) som følge av renere energimiks i samfunnet.



Figur 10. Utvikling av samlet datasenterkapasitet og samlede utslipp fra datasentersegmentet i referansescenariet sammenlignet med 2024-verdier.

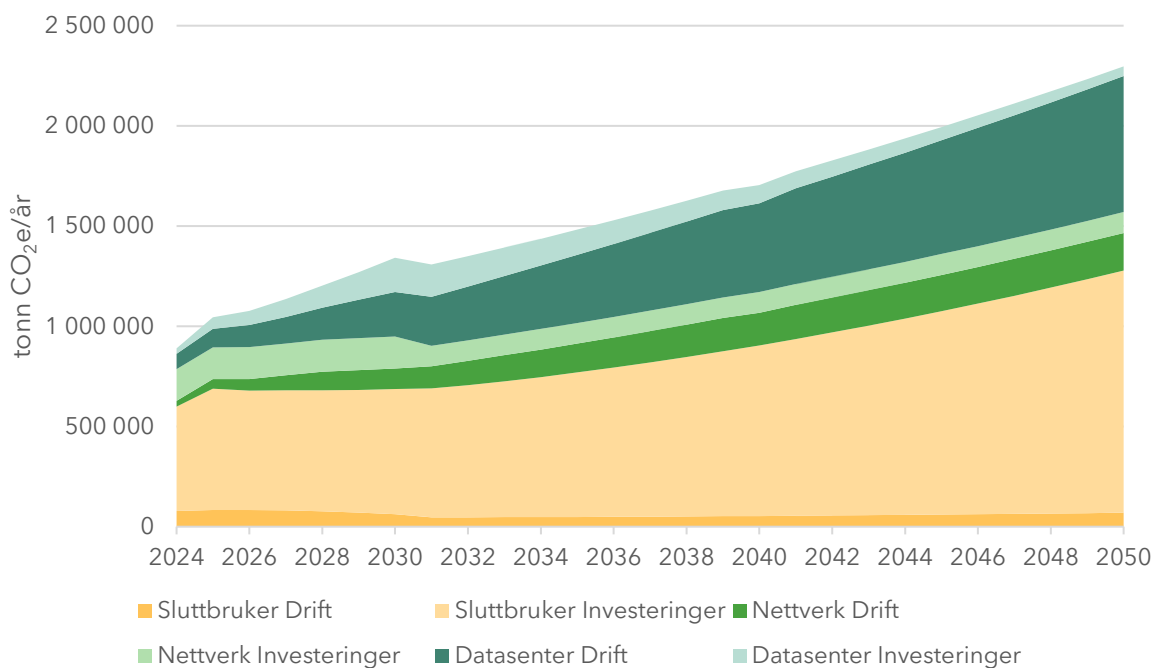
For nettverk forventes det stabile utslipp rundt 0,15 MtCO₂e i hele perioden. Dette kommer av en antatt økningen fra fortsatt utbygging av nett, oppgradering og utbygging av basestasjoner og økt energiforbruk i mobilnett, som blir oppveiet av renere energimiks. Det er forutsatt en økning i energiforbruk i mobilnett som følge av økt dataforbruk. Energiforbruket i fastnett og kjerne-/transmisjonsnett er forventet å ikke øke under forutsetninger om at energiforbruket i liten grad påvirkes av datatrafikken.

3.1.2. Høyvekst

I høyvekstscenariet forutsetter vi en enda mer omfattende digitalisering av samfunnet enn i referansescenariet, ved at IoT-segmentet brer om seg over stadig større deler av samfunnet og antallet enheter vokser kraftig gjennom hele perioden til 2050. Videre antar vi at nye typer sluttbrukerenheter vil komme for fullt og føre til en kraftig vekst i salgsvolumer. Fortsatt utvikling og utbredelse av generativ KI medfører en kraftigere vekst i datasenterutbygging.

²⁸ Vi snakker her om total *utnyttet* datasenterkapasitet, som vil være lavere enn total installert kapasitet. Per 2024 var total installert kapasitet ca 500 MW, mens faktisk utnyttet kapasitet var noe under halvparten av dette.

Alt i alt øker utslippene med 58 % til i 2030 sammenlignet med i dag, og med 170 % innen 2050. Som Figur 11 viser skyldes det meste av veksten økte utslipp fra produksjon av sluttbrukerenheter inkludert IoT-enheter og økt energibruk knyttet til datasenter. Selv om utviklingen av utslippsreduksjoner per enhet som følge av renere energimiks i samfunnet er forutsatt som i referansescenariet, fører volumøkningen likevel til at utslippene øker kraftig.



Figur 11. Utvikling av utslipp mot 2050 i høyvekstscenariet.

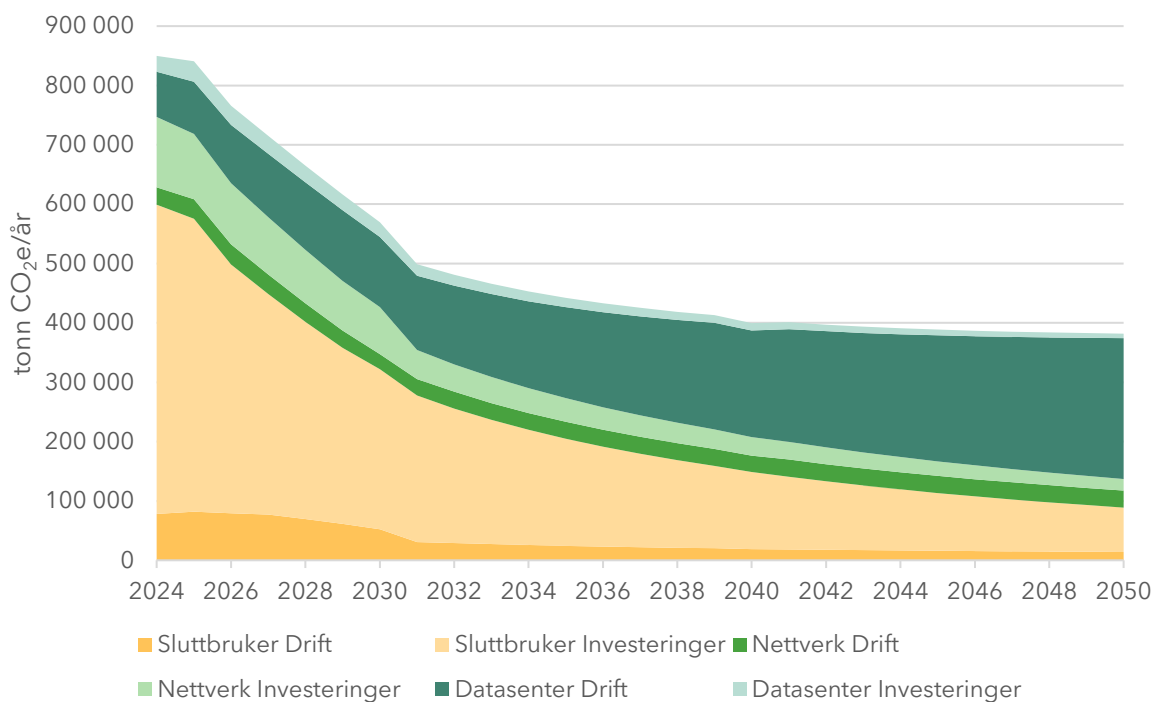
Sammenlignet med referansescenariet er utslippene fra sluttbrukerenheter i 2050 nesten tre ganger høyere i høyvekstscenariet.

Tabell 3-3 Utslipp per segment i 2030 og 2050 sammenlignet med 2024 i høyvekst-scenariet.

	Utslipp 2030	Sml. 2024	Utslipp 2050	Sml. 2024
Sluttbrukerenheter	0,69	+15 %	1,28	+113 %
Nettverk	0,26	+78 %	0,29	+98 %
Datasenter	0,39	+282 %	0,73	+605 %
I alt	1,34	+58 %	2,30	+170%

3.1.3. Grønn digital infrastruktur

I scenariet Grønn digital infrastruktur (GDI) tar vi en optimistisk tilnærming, både når det gjelder forbrukssiden og teknologi. I dette scenariet minker utslippene med i alt 33 % i 2030 og med 55 % i 2050 sammenlignet med i dag (Figur 12).



Figur 12. Utvikling av utslipp mot 2050 i GDI-scenariet.

Utslippsreduksjonene kommer som et resultat av ulike mekanismer i scenarioantagelsen. Fra teknologisk perspektiv kommer det utslippsreduksjoner som følge av:

- Lavere utslipp fra produksjon som følge av renere elektrisitetsmix, substitusjon av fossile energikilder, energieffektivisering, sirkulær økonomi (økt ombruk og resirkulering)
- Energieffektivisering i bruksfasen for alle segmenter.

Fra forbrukssiden fører flere forbrukertrender i retning av et mer klimavennlig levesett til utslippsreduksjoner:

- Lengre gjennomsnittlig levetid på sluttbrukerenheter som følge av endrede holdninger, design for lengre levetid og økt grad av ombruk og reparasjon, fører til redusert etterspørsel etter nye sluttbrukerenheter
- Økt grad av samlokalisering og endrede reguleringer/krav i nettverk reduserer mengden fiberutbygging og basestasjoner

- Lavere vekst i datatrafikk som følge av eksempelvis mindre dataintensiv videostrømming, begrensninger på datatrafikk inkludert i mobilabonnement
- Lavere investeringstakt og dermed energiforbruk i datasenter i Norge.

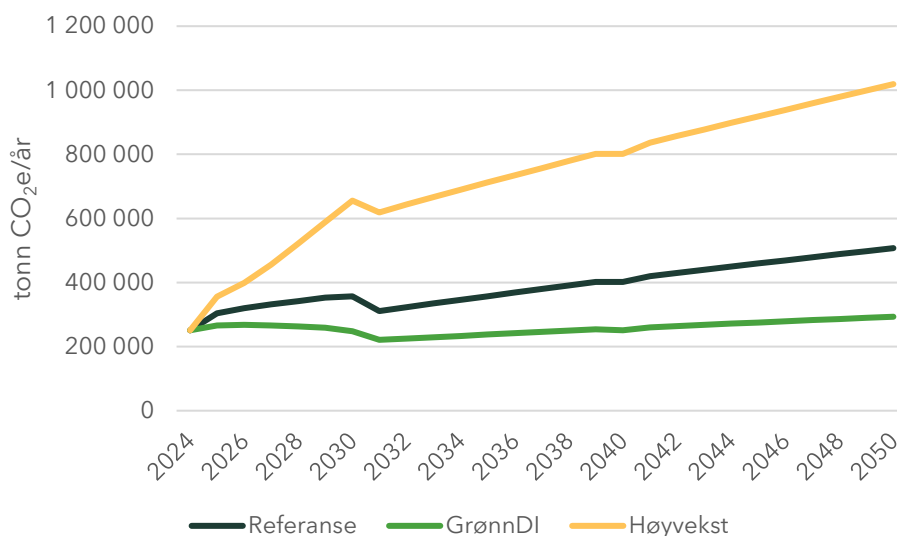
Tabell 3-4. Utslipp per segment i 2030 og 2050 sammenlignet med 2024 i GDI-scenariet

	Utslipp 2030	Sml. 2024	Utslipp 2050	Sml. 2024
Sluttbrukerenheter	0,32	-46 %	0,09	-85 %
Nettverk	0,10	-29 %	0,05	-67 %
Datasenter	0,14	+39 %	0,24	+138 %
I alt	0,57	-33 %	0,38	-55 %

Utslipp fra datasenter er forventet å øke på tross av en nedgang i utslipp fra infrastruktur og energieffektivisering på 20 % og 40 % sammenlignet med referansescenarioet. Grunnen til dette er den store veksten som forventes. For nettverk forventes en nedgang i utslipp gjennom hele perioden mot 2050.

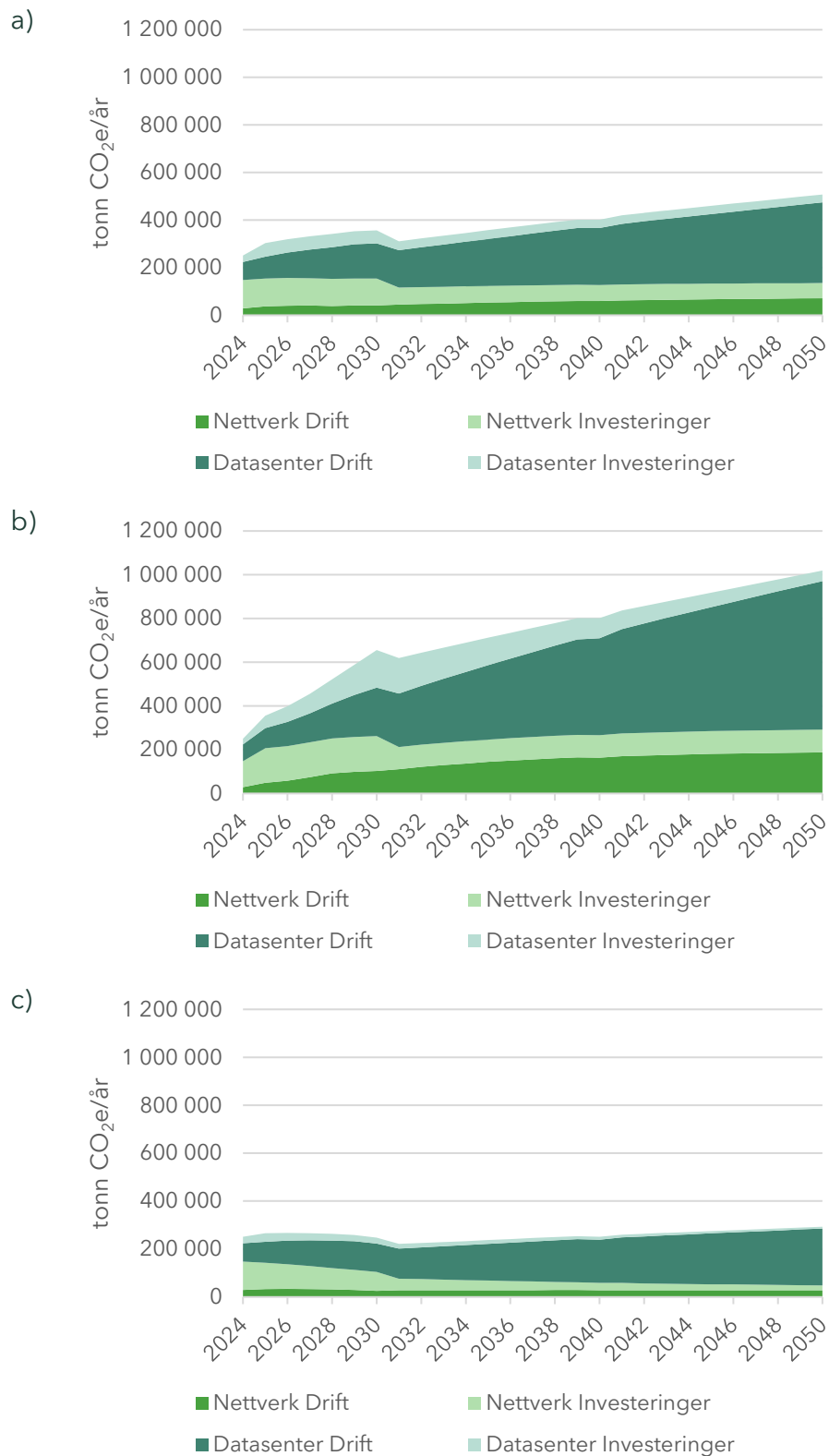
3.2. Resultat uten sluttbrukerutstyr

I dette delkapittelet vises resultater fra de tre scenariene uten bidrag fra sluttbrukerenheter. Når sluttbrukerenheters bidrag tas ut ser man at utviklingen også i referansescenariet går mot en betydelig økning i utslipp, drevet av en forventet kraftig økning i utslipp fra datasentre. Totalt blir utslippene i referansescenariet om lag doblet over perioden, fra 0,25 MtCO₂e i 2024 til 0,51 MtCO₂e i 2050 (Figur 13). Samme utvikling, men med betydelig høyere stigningstakt ses i høyvekstscenariet, der utslippsnivået i 2050 ligger på 1,0 MtCO₂e. I GDI-scenariet er utslippsutviklingen ganske stabil for perioden sett under ett, med kun en svak økning i utslippene til 0,29 MtCO₂e i 2050.



Figur 13. Scenarier for utvikling i klimagassutslipp for digital infrastruktur i Norge, ekskludert bidrag fra sluttbrukerutstyrsegmentet.

I Figur 14 vises utviklingen for de tre scenariene videre nedbrutt med bidrag fra drifts- og investeringsutslipp fra henholdsvis nettverk- og datasentersegmentene. Som vist er det i dag betydelige bidrag fra investeringer i nettverk, men for alle tre scenarier bidrar utslipp forbundet med drifting av datasentre i større og større grad til det samlede klimafotavtrykket. Dette bildet er mest slående i GDI-scenariet (panel c), der utslipp fra nettverkssegmentet synker over perioden, mens utslipp fra datasentersegmentet stiger i såpass stor grad at det totale klimafotavtrykket likevel økes noe, og i 2050 totalt domineres av datasentre. I høyvekstscenariet (panel b) ser vi i 2050 enda større utslipp knyttet til datasentre, men også betydelige bidrag fra nettverkssiden. For nettverkssegmentet domineres utslippene i dag av bidrag fra investeringer, men dette går mer over til driftsrelaterte utslipp i alle scenariene.



Figur 14. Utvikling av utslipp per segment (ekskl. sluttbrukerutstyr) i referansescenariet (a), høyvekstscenariet (b) og GDI-scenariet (c)

3.3. Usikkerhet og sensitivitet

Som nevnt tidligere vil det være store usikkerheter i framskrivingene. Dette gjelder generelt for utslippsanalyser i et lengre tidsperspektiv, men kanskje spesielt for utslipp forbundet med den digitale økonomien og den digitale infrastrukturen. Å vurdere salgs- og produksjonstall for sluttbrukerenheter er spesielt utfordrende, siden det trolig vil være nye, hittil ukjente produkter og produkttyper på sluttbrukermarkedet i 2050, som i dag ikke er tilgjengelig eller sågar påtenkt. I hvilken grad utbredelse og innføring av KI i samfunnet generelt vil kaste om på resultatene er også et åpent spørsmål.

Å lage framskrivinger av utslippstall for mange år framover, spesielt for segmenter som er i rask endring, er krevende. Små endringer i antagelser fra dagens bilde kan gi store utslag i 2050. Vi har her gjort skjønnsmessige vurderinger fra kategori til kategori, basert på det vi ser i det historiske tallgrunnlaget, kvantitative og kvalitative framskrivninger og prognoser fra supplerende litteratur, og egne vurderinger. For noen serier har vi gjort lineære framskrivninger med eller uten demping, for andre har vi gjort antagelser om fast eller avtagende/økende årlig prosentvis endring, mens for noen har vi brukt andre typer framskrivninger.²⁹ Alle disse valgene som har blitt gjort i analysen kan diskuteres og medfører naturligvis usikkerheter.

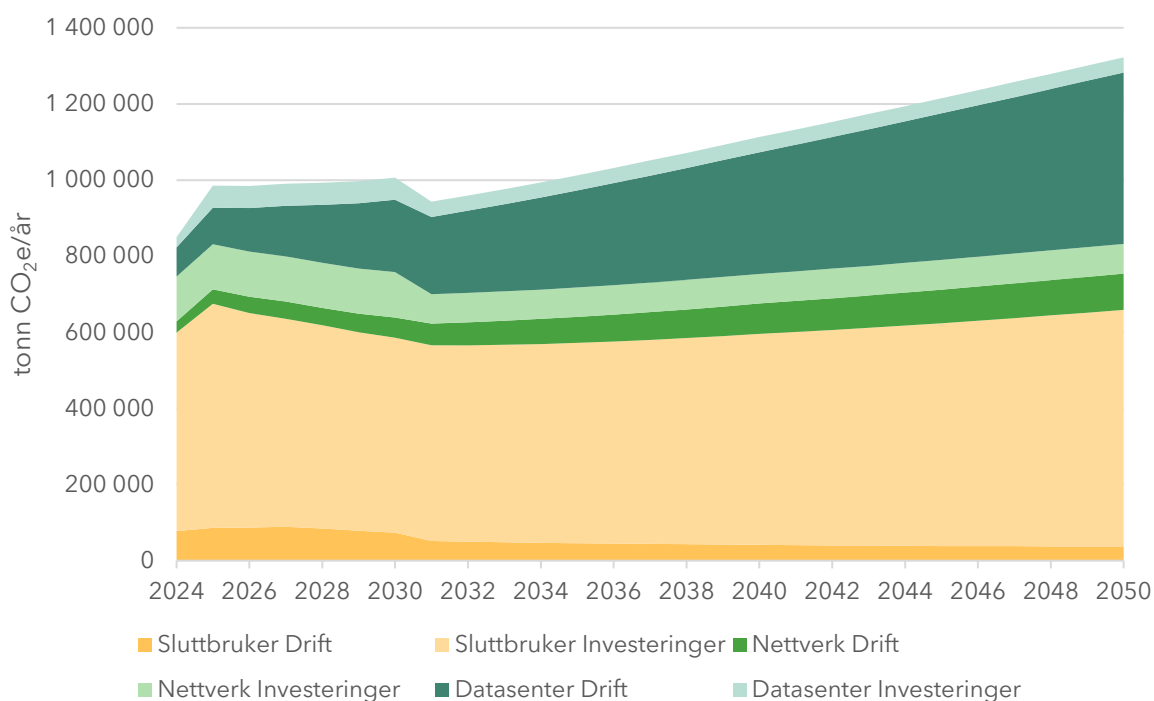
Generelt er utslippene for de ulike kategoriene en funksjon av antatt produksjonsvolum, utslipp per produsert eller installert enhet, og antatt energibruk i drift. Alle disse er svært usikre for fremtiden. Ikke minst gjelder dette kategorien «nye sluttbrukerenheter», som her ikke er nærmere fastsatt, men som kan bestå av mange ulike typer utstyr som i dag ikke finnes.

Et sentralt spørsmål når det gjelder utvikling av utslipp er i hvilken grad en antatt fortsatt digitalisering av samfunnet vil følges av en tilsvarende vekst i antallet enheter, og om en gjennomsnittlig enhet nødvendigvis vil bli mer utslipps-/energiintensiv i henholdsvis produksjon og drift.

For datasentersegmentet er et viktig usikkerhetsmoment i hvilken grad energieffektiviseringen vil klare å holde tritt med volumveksten, samt hvorvidt den kraftige veksten i KI vi har sett de siste årene vil vedvare.

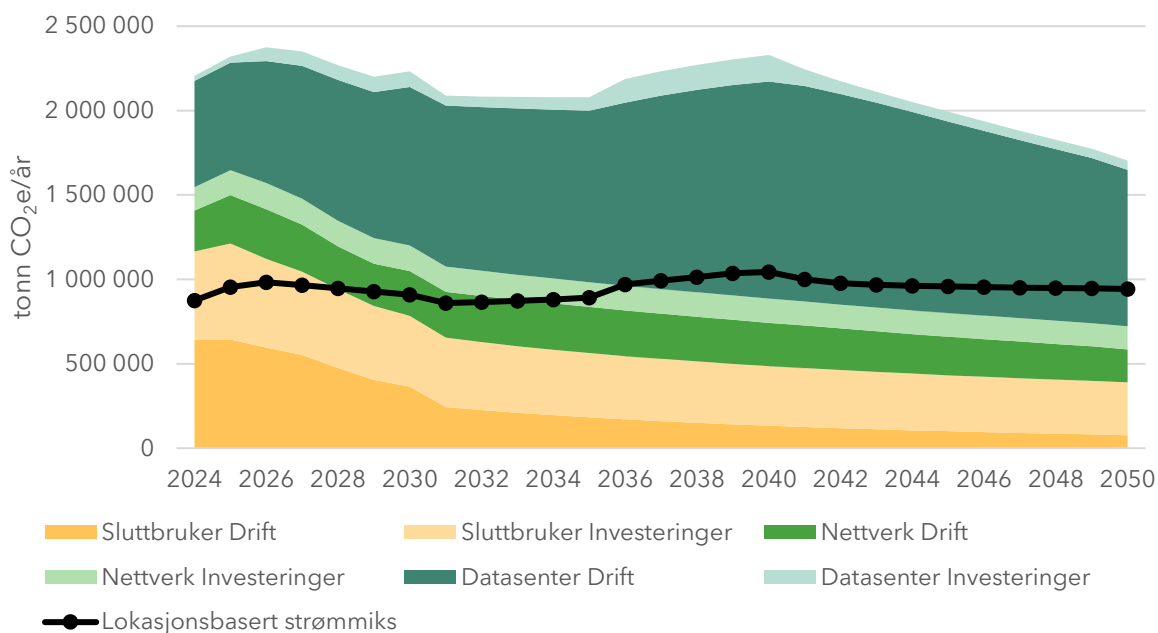
²⁹ Konkret er det for en del salgsvolumer for blant annet eksisterende sluttbrukerutstyr brukt en andreordens eksponentiell glattingsfunksjon, også kjent som Holts lineær trend, med demping.

Som nevnt er en stor del av utslippene i det samlede klimafotavtrykket knyttet til strømforbruk, både i drift, men ikke minst oppstrøms i produksjonsnettverkene, siden utslipp fra strømproduksjon i mange deler av verden er svært mye høyere enn det som er tilfellet her til lands. En viktig antagelse i våre scenarioanalyser er at verdens energimiks i snitt vil bli grønnere og grønnere etter hvert som verdenssamfunnet fortsetter arbeidet med å redusere klimagassutslipp og ny fornybar energi blir stadig mer konkurransedyktig. Denne antagelsen gir en betydelig demping av utslippsframskrivningene mot 2050. Figur 15 illustrerer hvordan utviklingen i referansescenariet ser ut om vi antar at utslipp per kWh strøm vil være lik 2024-nivået for hele perioden. I dette tilfellet øker klimafotavtrykket til 1,3 MtCO₂e i 2050, eller 56 % høyere enn i referansescenariet.



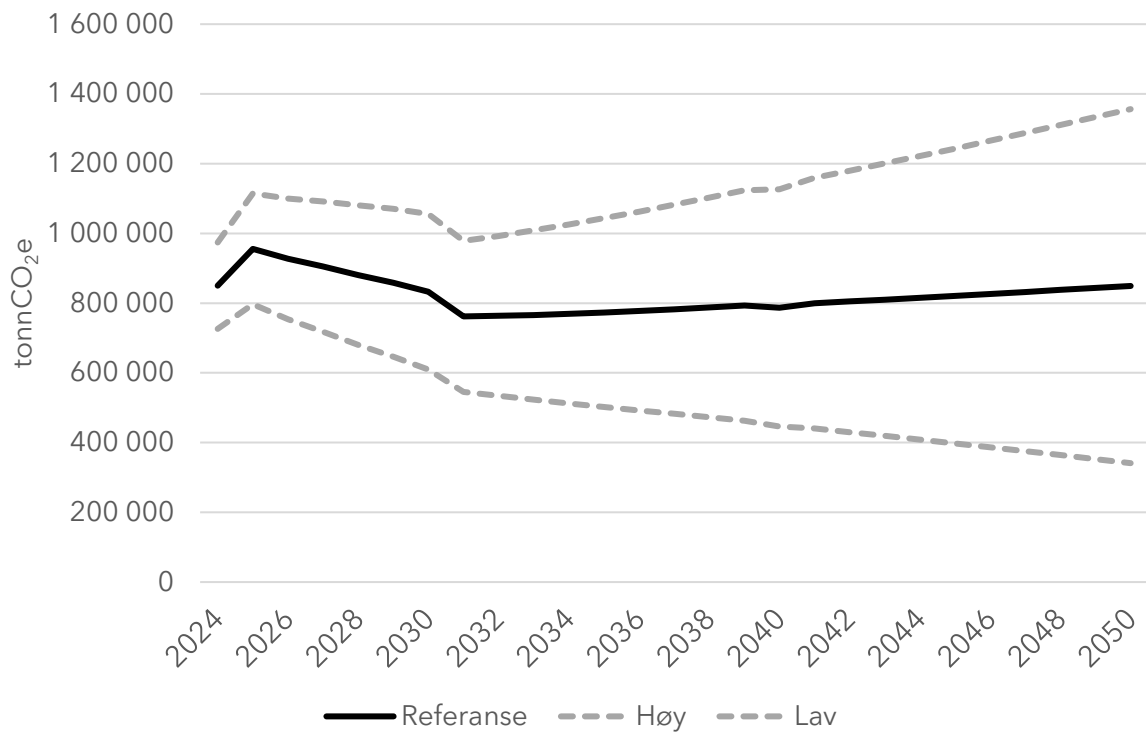
Figur 15. Framskrivinger av utslipp i referansescenariet ved antagelse om konstant utslippsfaktor for strøm.

Videre er det av stor betydning at vi legger den lokasjonsbaserte utslippsfaktoren til grunn. Som vist i hovedanalysen gir dette betydelig lavere utslipp enn en markedsbasert utslippsfaktor. Figur 16 viser utslippene hvis vi legger den markedsbaserte utslippsfaktoren til grunn sammenlignet med den lokasjonsbaserte. For begge utslippsfaktorer er det antatt en renere energimiks over tid, men effekten vil være betydelig større for den markedsbaserte enn lokasjonsbaserte utslippsfaktoren.



Figur 16. Framskrivinger av utslipp i referansescenariet ved antagelse om markedsbasert utslippsfaktor for strøm.

Ved å vurdere usikkerheten av de individuelle modellparameterne både for dagens situasjon og fram mot 2030 og 2050 kan vi skaffe oss et bilde av den samlede usikkerheten i fotavtrykksestimatet. Dette er visualisert i Figur 17. Konfidensintervallene er basert på en enkel Monte Carlo-analyse med våre egne vurderinger av parameterusikkerheter både i dag og fremover. Basert på forutsetningene får vi et 95 % konfidensintervall som tilsvarer ± 27 % utslipp i 2030 og ± 60 % utslipp i 2050 sammenlignet med antagelsene i referansescenariet.



Figur 17. Estimert 95% konfidensintervall for framskrivningen av referansescenariet i fotavtryksanalysen.

3.4. Konklusjoner

Norges klimalov³⁰ fastsetter at klimagassutslippene skal reduseres med minst 55 % fra nivået i 1990 innen 2030, og med 90-95 % innen 2050. Samtidig peker Klimautvalget 2050³¹ på at norsk politikk også må redusere det norske globale klimafotavtrykket og bidra til at verden blir et lavutslippssamfunn. Resultatene i denne studien er egnet til å vurdere reduksjon av klimafotavtrykket.

Flere aktører i sektoren har satt seg mål etter Science Based Targets Initiative (SBTi). SBTi har utviklet reduksjonskurver og målsetninger for sektoren i samarbeid med International Telecommunication Union, FNs organisasjon for informasjonsteknologi og telekommunikasjon (ITU)³². For å være i tråd med Parisavtalen og internasjonale målsetninger må reduksjoner i bransjen være i størrelsesorden 45-65 % innen 2030 sammenlignet med 2020. SBTi krever at disse reduksjonsmålene omfatter utslipp i scope 1 og scope 2 (direkte utslipp og indirekte utslipp fra energibruk), mens det utarbeides eget mål for scope 3 (andre indirekte utslipp) i tilfeller hvor dette utgjør en stor andel av utslippene.

For at den digitale sektoren skal bidra til reduksjoner i klimagassutslipp i tråd med nasjonale og internasjonale forventninger og forpliktelser må sektoren utvikle seg i tilsvarende retning som scenarioet Grønn digital infrastruktur (30 % reduksjon i utslipp i 2030 og 50 % reduksjon i 2050). Dette vil kreve en omfattende tosidig omstilling, hvor forbruket reduseres samtidig som det oppnås gevinster i form av teknologiforbedringer som leder til energieffektivisering og lavere utslipp per enhet. Historisk sett har effektiviseringstiltak ofte resultert i økt forbruk (tilbakeslagseffekt). En kritisk suksessfaktor vil være hvorvidt en lykkes med å redusere forbruket totalt sett. En annen nøkkelfaktor vil være hvorvidt en klarer å forankre ansvar for gjennomføring av tiltakene på tvers av alle aktørene. I praksis vil «alle» måtte gjøre endringer for å oppnå en utvikling i tråd med Grønn digital infrastruktur; fra privatpersoners brukerelektronikk og digitale vaner, bedrifters digitale infrastruktur, til sektorens aktører som bygger og drifter datasenter og

³⁰ [Lov om klimamål \(klimaloven\) - Lovdata](#)

³¹ <https://nettsteder.regjeringen.no/klimautvalgets-rapport/klimautvalget-2050/klimautvalget-2050-inviterer-til-innspill/3-utslippene-i-norge-ma-ned-men-norsk-politikk-ma-ogsa-reducere-det-norske-globale-klimafotavtrykket-og-bidra-til-at-verden-blir-et-lavutslippssamfunn/>

³² https://www.gsma.com/solutions-and-impact/connectivity-for-good/external-affairs/wp-content/uploads/2020/02/GSMA_IP_SBT-report_WEB-SINGLE.pdf

nett i Norge. Hvem som har mulighet til å redusere forbruket og tilhørende utslipp, og ansvaret for det, vil dermed være spredt over mange aktører. Virkemidler og incentiver må dermed innrettes fra mange vinkler.

I referansescenariet er utslippene fra digital infrastruktur nokså stabile, eller øker moderat mot 2050. Vi vil likevel understreke at vi vurderer sjansene som relativt store for at utslippene kan komme til å øke betydelig, ikke minst i segmentene datasenter og nettverk. Digitaliseringen brer stadig om seg, og når nye deler av samfunnet og hverdagen vår. Til tross for at denne rapporten er basert på et omfattende arbeid, vil det være elementer som er utelatte eller som er behandlet på en forenklet måte, men som kan vise seg å utgjøre store bidrag i framtiden. I alle tilfelle ser det ut til at den digitale sektoren vil være en enda viktigere del av samfunnet i framtiden enn i dag, og det vil være svært viktig at man er i forkant med å arbeide for at utviklingen går i mest mulig bærekraftig retning.

3.5. Virkemidler for reduserte utslipp

Basert på analysen av dagens fotavtrykk og scenarioanalysen er følgende tiltak per segment vurdert som avgjørende for å lykkes med en omstilling til en grønn digital infrastruktur.

Veksten i datasenter er en vesentlig faktor for fremtidige utslipp fra sektoren totalt sett. For å redusere utslippene må hovedvekten av tiltak rettes mot energibruken.

I hvor stor grad vi legger til rette for utbygging av datasenter er den viktigste faktoren for fremtidige utslipp fra sektoren. Det innebærer at det må være bevissthet rundt konsekvensene idet konsesjon innvilges, og at utbygging (og økt energibruk og utslipp) vektas opp mot nytte, gevinster og verdiskapning. Samtidig vil det gitt en global etterspørsel antakeligvis gi høyere utslipp hvis datasenter plasserer sin virksomhet i andre land.

På tross av høy andel fornybar energiforsyning i Norge vil utslippene fra energibruk i datasenter vokse til å utgjøre den største utslippsposten i 2050 sammen med sluttbrukerenheter. I tillegg kommer utslipp fra investeringer, men disse er vist å utgjøre en liten andel av utslippene selv med lave utslipp per kWh.

Tiltak som sikrer energieffektiv utbygging og drift, mulighet for fleksibilitet (forflytning av last i tid), lokalisering og utnyttelse av overskuddsvarme vil være av høy betydning.

Produksjon av sluttbrukerenheter er i dag den viktigste kilden til klimagassutslipp i sektoren, og vil fortsatt utgjøre en stor andel av utslipp mot 2030 og 2050. Å forlenge levetiden, øke graden av reparasjon og ombruk, og minimere antallet enheter er viktige tiltak som både bidrar til å redusere klimagassutslipp og etterspørsel etter kritiske materialer.

Salget av sluttbrukerenheter er synkende og det forventes at salget av eksisterende typer enheter fremover synker med tilsvarende trend som i dag. I tillegg antar vi at nye produkttyper vil komme til slik at det totale volumet øker noe, men dette er usikkert. På den ene siden kan det forventes at flere funksjoner samles i en enhet, slik som smartklokker. På den andre siden er det nye enheter som kan gjøre seg gjeldende, knyttet til XR, IoT, robotisering og metaverset.

Bevisstgjøring av klimafotavtrykket knyttet til forbruk av elektronikk hos privatpersoner, private bedrifter og det offentlige må løftes høyere på agendaen. Søkelyset må rettes mot å forlenge levetiden til produkter, samt legge til rette for reparasjon og ombruk. Faktorer som kan bidra til dette er blant annet fjerning av moms på reparasjoner, produsentansvar, og krav til forlenget garantitid og endringer i innkjøpspraksis/anskaffelser.

Fortsatt stor vekst i datatrafikk i mobilnettet vil øke utslippene innenfor nettverk. Bruk av ny teknologi vil dempe veksten i klimagassutslippene knyttet til både investeringer og energiforbruk, men reduksjon i forbruket må til for at utslippene totalt sett skal reduseres.

Utrulling av ny teknologi, implementering av energieffektiviseringstiltak som søvnmodus på basestasjoner og en delvis dekobling mellom forbruk og energieffektivitet fører til at det forventes nedgang i energiforbruk per datamengde. Likevel er det spådd svært stor vekst i datatrafikk i mobilnettet som totalt sett kan gi økt energiforbruk. Videreføring av fokuset på energieffektivisering og teknologiforbedringer som har gjort seg gjeldende de siste årene er av betydning for å dempe denne veksten.

Per i dag er det få begrensninger på datatrafikk inkludert i abonnementer. Bevisstgjøring og insentiver til å bruke mindre datamengder er viktig på forbrukssiden. Videre er det vist i denne studien og tidligere studier at bruk av internett via fastnett gir betydelig lavere utslipp enn bruk via mobilnettet. Dette bør kommuniseres tydelig til forbrukeren slik at folk kan endre sine vaner til å bruke fastnettet i flest mulig tilfeller.

Økt grad av samlokalisering og endrede reguleringer/krav for nettverksoperatører/tilbydere som kan redusere antall meter fiberframføring som ikke er

samløkalisert, hengt i luft eller trenchet. Tilsvarende gjelder økt samløkalisering av basestasjoner som også er et viktig moment for redusert forbruk. Andre konkrete eksempler er at flere aktører kan levere tjenester gjennom samme fiberkabling, økt bruk av PON-teknologi, bruk av satellitt som backup og annen teknologi som øker antallet kunder per kabel.

For flere aspekter på tvers av alle de tekniske segmentene er det bruk for mer kunnskap og bedre data for å kunne utarbeide og følge opp konkrete tiltak, men dette kan ikke bli en hvilepute.

Denne studien gir et første bilde av miljøpåvirkningen fra digital infrastruktur i Norge i form av klimagassutslipp, materialforbruk, strømforbruk og arealbruk. Som vist, er det flere punkter hvor det trengs mer kunnskap og bedre tall om dagens status for å kunne utarbeide konkrete målsetninger og følge opp effekten av tiltak, virkemidler og politikk over tid. Samtidig kan ikke dette være en hvilepute. Reduksjon av klimagassutslipp haster, og alle tiltak som kan redusere forbruket av energi og materialer må vurderes.

Indekser kan være nyttige virkemidler for å måle status og utvikling.

Som del av arbeidet med å vurdere klimafotavtrykket fra Norges digitale infrastruktur er det også utarbeidet en egen rapport som vurderer mulighetene for å etablere én eller flere fotavtrykksindekser. Digitaliseringen av samfunnet og utviklingen av KI, roboter og ny teknologi, samt den medfølgende etableringen av datasentre, vil ha både positive og negative effekter, både direkte og indirekte. For å vurdere utviklingen av et komplekst felt fra et miljø- og klimaperspektiv kan det være fordelaktig å etablere et sett med indekser for å vurdere status og utvikling i nasjonal målestokk. En slik indeks kan gjøre det lettere å få til effektiv styring og tilrettelegging for at datasenterindustrien skal bli en verdiskapende sektor med minst mulig negative miljøpåvirkninger.

Kilder

- Christiansen, L., Korneliussen, R., Gunnerød, J., & Kringstad, A. (2023). *Forbruksutvikling i Norge 2022-2050–Delrapport til Langsiktig Markedsanalyse 2022-2050*. Statnett.
- DNV (2024). Energy transition outlook Norway 2024. A national forecast to 2050.
- Goldman Sachs. (2024). *Generational growth. AI, data centers and the coming US power demand surge*.
<https://www.goldmansachs.com/pdfs/insights/pages/generational-growth-ai-data-centers-and-the-coming-us-power-surge/report.pdf>
- Granskog, A., Diaz, D. H., Noffsinger, J., Milanese, L. M. & Sachdeva, P. (2024). *The role of power in unlocking the European AI revolution*. McKinsey & Company.
<https://www.mckinsey.com/industries/electric-power-and-natural-gas/our-insights/the-role-of-power-in-unlocking-the-european-ai-revolution#/>
- IEA. (2023). *World Energy Outlook 2023*.
- IEA. (2024). *What the data centre and AI boom could mean for the energy sector*, IEA, Paris <https://www.iea.org/commentaries/what-the-data-centre-and-ai-boom-could-mean-for-the-energy-sector>
- IEA 4e TCP EDNA (2019). Total Energy Model for Connected Devices.
- JLL. (2024). Data Centers 2024 Global Outlook. <https://www.us.jll.com/en/trends-and-insights/research/data-center-outlook>
- Kane & Wemhoff (2024, 16. oktober). *The State of Hydrogen Storage and Small Nuclear Reactors in Data Centers*. OCP Global Summit, San Jose, CA. <https://ocp-all.groups.io/g/DCF-Sustainability/attachment/279/0/OCP%20DCF-Sustainability%20Subgroup%2012-4-24.pdf>
- Kirkerud, J. G., Buvik, M., Holm, I., Spilde, D., Sørbye, M., Skaansar, E., Kvandal, H., Birkelund, H., Skulstad, H., Petrusson, L., Fjær, K., & Darras, C. (2023). *Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2023: Energiomstillingen – en balansegang* (25/2023). NVE.
- Kroon, P., Harpenau, F., Happ, M., Steffen, N., Tas, S. & Wiewiorra, L. (2023). *Market study on the Norwegian Data Economy* (2403800). WIK-Consult GmbH.
- Malmodin, J., Lövehagen, N., Bergmark, P. & Lundén, D. (2024). ICT sector electricity consumption and greenhouse gas emissions 2020 outcome. *Telecommunications Policy*, 48, 102701. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2023.102701>

- McKinsey & Company. (2024a). *Global Energy Perspective 2024*.
<https://www.mckinsey.com/industries/energy-and-materials/our-insights/global-energy-perspective>
- McKinsey & Company. (2024b). *Technology Trends Outlook 2024*.
<https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-top-trends-in-tech>
- Meld. St. 28 (2020-2021). *Vår felles digitale grunnmur. Mobil-, bredbånds- og internettjenester*. Kommunal- og moderniseringsdepartementet.
<https://www.regjeringen.no/contentassets/e8441e5b035a4e18bbebf74737530c2f/no/pdfs/stm202020210028000dddpdfs.pdf>
- NVE (2023). *Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2023*.
- Nøland, J. K., Hjelmeland, M. & Korpås, M. (2024). Will Energy-Hungry AI Create a Baseload Power Demand Boom? *IEEE Access*, 12, 110353-110360.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3440217>
- OECD (2024). *OECD Digital Economy Outlook 2024 (Volume 2): Strengthening Connectivity, Innovation and Trust* (OECD Publishing, Paris).
<https://doi.org/10.1787/3adf705b-en>.
- Oslo Economics. (2023). *Analyse av bredbåndsbehovet til norske sluttbrukere frem mot 2030*. OE-rapport 2023-28. <https://osloeconomics.no/wp-content/uploads/2023/06/OE-rapport-2023-28.pdf>
- SSB. (2024). *Konjunkturutvikling i norsk og internasjonal økonomi*. Økonomiske analyser 2/2024.
- Statnett. (2022). *Forbruksutvikling i Norge 2022-2050*.
- United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). (2024). *Digital Economy Report 2024. Shaping an environmentally sustainable and inclusive digital future*. <https://unctad.org/publication/digital-economy-report-2024>
- Urban, B., Roth, K., & Olano, J. (2021). *Energy Consumption of Consumer Electronics in U.S. Homes in 2020*. Fraunhofer USA Center for Manufacturing Innovation CMI.
- VHK & Viegand Maagøe. (2020). *ICT impact study*.
- Williams, L., Sovacool, B. K., & Foxon, T. J. (2022). The Energy Use Implications of 5G: Reviewing Whole Network Operational Energy, Embodied Energy, and Indirect Effects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 157: 112033,
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.112033>

Vedlegg

Om beregning av faktor for strømmiks

Strømforbruk i bruksfasen er en vesentlig del av påvirkningen til digital infrastruktur. Det er mulig å se miljøpåvirkningen til strømforbruk i Norge fra ulike perspektiv. Strømmen produsert i Norge er hovedsakelig vannkraft og har lavt klimafotavtrykk per produsert kWh over levetiden. Samtidig er Norge tett knyttet til kraftmarkedet i resten av Europa, slik at eksport av norsk strøm bidrar til å redusere miljøbelastningen til kraftmarkedet som en helhet ved å fortrenge behovet til å produsere strøm fra fossile kilder andre steder i Europa.

I dette arbeidet er **lokasjonsbasert** strømmiks basert på GHG-protokollens prinsipper³³ benyttet. I analyserapporten er utslippene beregnet med både lokasjonsbasert og markedsbasert prinsipp. Ifølge GHG-protokollen skal direkteutslippene fra forbrenning av drivstoff til strømforbruk rapporteres i scope 2, mens utslipp fra tap og distribusjon og oppstrøms utslipp (utvinning, produksjon og transport av drivstoff forbrukt i strømproduksjon) rapporteres i scope 3. Utslippsfaktorer for strøm benyttet i denne studien inneholder derimot full livsløpsvurdering, altså summen av bidrag fra både scope 2 og 3 for strøm, samt infrastrukturbidrag fra for eksempel utslipp fra utbygging av vannkraftverk over forventet levetid.³⁴ Dette er mer enn det som er spesifisert som minimumsgrensene i GHG-protokollen.

Modellen for strømmiks basert på en gjennomsnittlig strømproduksjon og restmiks for årene 2018-2022, modellert av Asplan Viak med prosesser fra ecoinvent. Det lokasjonsbaserte strømmiksen i Norge utvikler seg i liten grad fra år til år ettersom det er hovedsakelig vannkraft.

Med lokasjonsbasert perspektiv legges den fysiske elektrisitetsmiksen som forbrukes i en region til grunn. I Norge er dette hovedsakelig vannkraft, men inneholder også import av strøm fra andre europeiske land. Data fra ENTSO-e³⁵ benyttes for å tallfeste fordelingen av

³³ [Homepage | GHG Protocol](#)

³⁴ Dette er gjort for å være i tråd med LCA-metodikken og for å ha konsistente systemgrenser gjennom hele analysen.

³⁵ [European Network of Transmission System Operators for Electricity](#)

ulike produksjonsteknologi for strøm, samt import fra andre land. Den lokasjonsbaserte strømmiksen benyttet i denne studien har en utslippsfaktor på 49,7 gram CO₂e/kWh.

Hovedfunn fra litteraturgjennomgang

WIK-Consult (2023) Market study on the Norwegian Data Economy (2403800)

Rapporten tar for seg dataøkonomien i Norge. Den finner at Norge har et høyt utviklet grunnlag for en dataøkonomi, med høy grad av digitalisering i bedrifter, god tilgang på offentlige data, og høy grad av publikumsaksept for datainnsamling og -deling. En sammenligning med Nederland og resten av Skandinavia finner store likheter, men Norge ligger til sammenligning litt etter i utviklingen av datasenterindustrien og har noe mindre tilgang til IKT-ekspertise.

Rapporten utvikler og analyserer fremtidig utvikling i et referansescenario og to alternative scenario.

- Referanse: Framtidig vekst i tråd med dagens trender. Man antar at dataøkonomien vil vokse i snitt 6,1-7,5 % årlig.
- High Growth: akselerert utvidelse av datamarkedet, drevet av bedre geopolitiske forhold og vellykket implementering av digitale løsninger og datastrategier. Man antar her at dataøkonomien vil vokse 1,6 ganger raskere enn i referansebanen.
- Challenge: Mindre optimistisk, der datamarkedet vokser senere på grunn av dårligere geopolitiske og makroøkonomiske forhold. Dataøkonomien vokser 0,3 ganger veksten i referansebanen.

Statnett (2023) Forbruksutvikling i Norge 2022-2050

I analysen av utviklingen av energiforbruk i Norge mot 2050 peker Statnett på elektrifisering, industrivekst og tilgang på ny produksjon som de viktigste driverne for forbruksvekst. Myndighetene har mål om netto nullutslipp i Norge, basert på dagens situasjon vil dette alene kreve ca. 50 TWh ekstra kraft. Statnett vurderer at det ekstra kraftbehovet i årene som kommer i stor grad vil bli dekket av havvind. Det vil også være bidrag fra landvind, sol- og vannkraft, men disse har trolig begrenset potensiale for produksjon i nødvendig skala sammenlignet med havvind. Dette vil imidlertid kreve konkurransedyktig flytende havvind, da det er begrenset tilgjengelig areal for bunnfaste installasjoner.

I basisscenarioet forutsettes en økning i elektrisitetsforbruk med 80 TWh til 220 TWh i 2050. Ifølge rapportens egen benchmarking ligger andre prognoser i området 210-270

TWh i 2050. Dette vil altså kreve minst 50 TWh ny produksjon, og forfatterne anslår at 30-40 TWh av disse må komme fra havvind. Siden dette trolig ikke vil kunne realiseres før på 2030-tallet, vil det være begrenset rom for forbruksvekst på kortere sikt. Rapporten gir også spesifikt anslag på strømforbruk i datasenter, og antar at dette vil vokse til 9 TWh i 2050 (høy: 15 TWh, lav: 7 TWh).

DNV (2024) Energy transition Norway 2024

DNV skriver her at Norge innen kort tid vil få et elektrisitetsunderskudd på grunn av økt etterspørsel som ikke blir akkompagnert av tilsvarende økt produksjon på kort sikt. De vurderer havvind som den teknologien med størst potensiale til å bidra med ekstra produksjon på 2030-tallet. Etterspørsel etter elektrisk kraft antas å øke med 60 % fra i dag til 2040. Mye av veksten vil komme fra hydrogenproduksjon og elektrifisering av transport og industri. I tillegg legger de til grunn en økning i energiforbruk fra datasentre fra 7 PJ i dag til 47 PJ i 2050, som tilsvarer 7,3 % årlig vekst. Merk ellers at forfatterne anslår total energietterspørsel i Norge vil være stabilt mot 2050, men at økende grad elektrifisering vil føre til økning i strømforbruket.

NVE (2023) Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2023

NVEs analyse er basert på vedtatte virkemidler og langsiktige drivere, og ser hovedsakelig på utvikling i kraftbalanse og kraftpriser mot 2040. Også NVE forventer kraft økning i kraftforbruk mot 2030, men lite ny kraftproduksjon før på 2030-tallet, hvor man spår større bidrag fra havvind.

VHL/Viegand Maagøe (2020) ICT impact study

Rapporten vurderer energibruk knyttet til IKT i EU for perioden 2010-2025. Den bryter ned IKT i 8 hovedkategorier. Forfatterne finner at elektrisitetsforbruk fra IKT i perioden fra 2010 til i dag (2020) nådde en topp rundt 2012, og at man de siste årene har sett en nedgang, fordi økningen i enheters energieffektivitet har vært raskere enn vekst i forbruk og datatrafikk.

Analysen estimerer totalt energiforbruk for IKT i 2020 til 250 TWh globalt. Om man fordeler dette på forbruk i private husholdninger og utenfor hjemmet (i næringer) anslår forfatterne at elektrisitetsforbruk i husholdninger stod for 46 % av totalen, mot 54 % utenfor private hjem. Forbruket kan eventuelt deles inn i forbruk i sluttbrukerenheter og oppstrøms enheter – her anslår forfatterne henholdsvis 52 % og 48 %.

Samlet anslås at elektrisitetsforbruk fra sluttbrukerenheter sank med 20 % mellom 2010 og 2020, og forfatterne spår at denne utviklingen vil fortsette. Derimot tror man at elektrisitetsforbruk knyttet til oppstrøms enheter utenfor private husholdninger vil øke.

IEA 4e TCP EDNA (2021) Total Energy Model for Connected Devices (med addendum)

Dette arbeidet tok sikte på å utvikle en modell for total global energibruk fra tilknyttede enheter. Analysen tallfester energibruk som kommer i tillegg til enhetenes eventuelle «grunnleggende» funksjonalitet som følge av at de er tilknyttet et kommunikasjonsnettverk. For eksempel en bluetooth-høytaler: energibruk knyttet til å spille musikk inkluderes ikke, bare energibruk knyttet til nettverkskommunikasjon. Oppstrøms/indirekte energivirkninger inkluderes også.

Rapporten gir også framskrivninger av antallet enheter i bruk og deres energiforbruk mot 2030. Det spås en eksponentiell vekst i antallet nettverkstilknyttede enheter, fra 15 milliarder enheter globalt i 2018 til 46 milliarder i 2030, spesielt som følge av enheter innen automasjon. Forfatterne tror også vi vil se en jevn, sterk vekst i standby-energiforbruk fra enheter på grunn av nettverkstilknytting, også dette fra automasjonsenheter i tillegg til underholdningsenheter. Også energibruk fra aktiv drift forventes å øke, spesielt fra LAN-utstyr. Mens både nettverks- standby og aktiv energibruk forventes å øke kraftig, tror forfatterne derimot at man vil se en svak nedgang i oppstrøms energibruk.

IEA 4e EDNA (2019) Intelligent Efficiency For Data Centres & Wide Area Networks

Denne rapporten analyserer energiforbruk for datasentre og nettverk, herunder kjerne-/transmisjonsnett, fastnett og mobilnett. Videre diskuteres potensial og tiltak for energieffektivisering og indikatorer for energieffektivitet. Rapporten fremskriver også energiforbruk og vekst i trafikk mot 2030. Kort oppsummert spås en vekst i energiforbruk for mobilnett, mens energiforbruk i kjernenettet og fastnettet har et relativt stabilt forbruk mot 2030.

OECD (2024) OECD Digital Economy Outlook 2024 (Volume 2)

OECD diskuterer i denne rapporten de to parallelle samfunnstransformasjoner vi er i ferd med å gå igjennom – én digital og én grønn – og ser på hvordan den digitale transformasjonen både kan være en positiv og en negativ bidragsyter opp mot det grønne skiftet. De vurderer en rekke effekter eller sider ved digitale teknologier fra et miljøperspektiv, og deler inn miljøeffekter i henholdsvis direkte effekter (livsløpsutslipp og -påvirkninger fra selve teknologien), tilretteleggende (*enabling*) effekter (indirekte effekter i sektorer utenom IKT-bransjen selv) og systemiske effekter (effekter på forbrukeratferd og så videre). Rapporten peker på tre sentrale digitale teknologiområder: bredbåndstilknytning, IoT og KI.

Meld. St. 28 (2020-2021) – Vår felles digitale grunnmur

Denne Stortingsmeldingen beskriver regjeringens mål for sektoren for elektronisk kommunikasjon. Noen sentrale utviklingstrekk siste år beskrives også, og sektorens direkte og indirekte påvirkninger på klima, miljø og bærekraft diskuteres. Noen sentrale utviklingstrekk er at internettrafikken samlet sett er sterkt økende, både for fast og mobil internettilknytning, at stadig flere typer utstyr knyttes til internett, og at både langdistansetransportnettet og kablede aksessnett i stadig økende grad blir basert på fiberoptikk, mens kobbernettet fases ut.

Malmodin et al. (2024) ICT sector electricity consumption and greenhouse gas emissions 2020 outcome

Denne studien analyserer IKT-sektoren samlet med tanke på energiforbruk og tilhørende klimagassutslipp i 2020. Analysen bygger på en større mengde innsamlede data fra store globale industriaktører innenfor bransjen. Mengden datatrafikk globalt økte 40 ganger i perioden 2007-2020, samtidig økte IKT-sektorens samlede elektrisitetsforbruk (i driftsfasen) og klimafotavtrykk bare med rundt 25-30 % totalt over samme periode. Økning i volum har i stor grad blitt oppveid av lavere elektrisitetsforbruk per bruker/abonnement. I perioden 2015-2020 har IKT-sektorens utslipp utviklet seg på linje med resten av verden, ved at sektorens andel av samlet globalt energiforbruk og utslipp er noenlunde på samme nivå.

Nøland et al. (2024) Will Energy-Hungry AI Create a Baseload Power Demand Boom?

Denne artikkelen diskuterer muligheten for at en rask utvikling av KI vil kunne føre til en tilsvarende økning i grunnlastbehovet i kraftsystemet, med de utfordringer det vil medføre. De legger til grunn det internasjonale energibyrået IEAs prognoser for energiforbruket til datasentre, KI og kryptovaluta mot 2027, og viderefører deres tre scenarier (high/base/low) mot 2035. Alle scenariene tar utgangspunkt i lineær vekst mot 2035, men med ulik økning, fra 57,5 til 230 TWh økning årlig i henholdsvis lavt og høyt scenario.

Forfatterne refererer videre til Masanet et al. (2020), som fant at til tross for en eksplosiv vekst av global datalagringskapasitet fra 2010 til 2018, økte ikke datasentrene kraftforbruk i betydelig grad, på grunn av samtidige økninger i energieffektivitet. Det er likevel et usikkert punkt om denne utviklingen vil fortsette – dersom energieffektiviseringen stopper opp kan resultatet bli en eksponentiell heller enn en lineær utvikling av energiforbruket. Det kan også være at økt energieffektivisering i seg selv er med på å øke etterspørselen etter datakraft.

Når det gjelder spørsmålet om hvordan KI vil komme til å påvirke energiforbruket globalt noterer forfatterne seg at på den ene siden er det spådd en betydelig påvirkning allerede i

nær fremtid, mens andre studier igjen har argumentert for at en del KI-spådommer har vært overdrevne.

McKinsey & Company (2024) Global Energy Perspective 2024 & The role of power in unlocking the European AI revolution

I disse to McKinsey-publikasjonene diskuteres utsiktene for utviklingen av KI/datasentre og deres energiforbruk mot 2030/2050. McKinsey anslår at den globale energietterspørselen vil øke med opp mot 18 % mot 2050, delvis på grunn av etterspørsel fra nye kilder som KI/datasentre. Bidraget fra KI til verdens energiforbruk kan variere mye i framtiden, avhengig av hvordan utviklingen av dens mange ulike potensielle bruksområder vil se ut. McKinsey estimerer at utviklingen innen skyløsninger, kryptovaluta og KI kan gjøre at elektrisitetsforbruk i datasentre kan bli 2500-4500 TWh globalt i 2050 (5-9 % av totalt elektrisitetsforbruk). I artikkelen «The role of power in unlocking the European AI revolution» skriver McKinsey at datasenteretterspørselen i Europa forventes å øke fra 10 GW i dag til 35 GW innen 2030, som tilsvarer 20 % årlig vekst. Kane & Wemhoff (2024) viser McKinseys framskrivninger av datasentres samlede elektrisitetsforbruk i Europa mot 2030. Her antas en fortsatt eksponentiell vekst, men med en avtagende trend (13,0 % årlig 2014-2019, 11,9 % årlig 2019-2022, 9,6 % årlig 2022-2026 og 8,7 % årlig 2026-2030). Forskjellen sammenlignet med den forventede veksten i datasenteretterspørsel kommer av fortsatt forventet utvikling i energieffektivitet.

JLL (2024) Data Centers 2024 Global Outlook

Denne rapporten fokuserer på potensialet for at kraftig vekst i datasentermarkedet kan føre til økt kraftbehov som i sin tur kan komme i konflikt med andre kraftkrevende bransjer/teknologier. Forfatterne tror at fortsatt vekst i KI vil drive frem etterspørsel etter flere og større datasentre. De anslår at total lagringskapasitet vil øke fra 10,1 ZB i 2023 til 21,0 ZB i 2027, som tilsvarer 18,5 % årlig vekst.

FN-konferansen om handel og utvikling (UNCTAD) (2024) Digital Economy Report 2024. Shaping an environmentally sustainable and inclusive digital future

I rapporten er det antatt det at volumet av global datatrafikk vil øke med en faktor 2,5 fra i dag til 2029, og at antallet IoT-tilkoblinger vil øke fra 16 til 39 milliarder i samme periode (GSMA Intelligence spår 38 milliarder i 2030, ifølge rapporten). Antallet IoT-enheter per innbygger vil øke fra to til fire globalt.

IEA (2024) What the data centre and AI boom could mean for the energy sector

Artikkelen tar for seg hvordan utviklingen av AI og datasentre de siste par årene har økt voldsomt de siste par årene, og at denne utviklingen ventes å fortsette. IEA tror vi vil se en fortsatt kraftig vekst i datasenterutvikling, som til dels vil bli fulgt av utvikling i

energieffektivisering både på hardware- og software-nivå. Elektrisitetsbehov fra datasentre vil trolig øke kraftig mot 2030, men vil likevel bare bidra i beskjeden grad til verdens totale energibehov. IEAs hovedbekymring er snarere knyttet til at datasentre krever mye kraft lokalt, og at dette kan føre til lokale overbelastninger spesielt på kort sikt, siden utbygging av ny kraftproduksjon og kraftnett er en langsom prosess.

Når det gjelder utviklingen fremover sier IEA at både utvikling og vekst av KI er svært usikre, og det samme gjelder utviklingen av fortsatt energieffektivisering. Begge faktorer kan ha svært stor innvirkning på hvordan etterspørselen etter kraft vil utvikle seg.

