NVE

Har strømnettet kapasitet til elektriske biler, busser og ferger?

77
2017

RAPPORT

Rapport nr 77-2017
Har strømnettet kapasitet til elektriske biler, busser og ferger?

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør: Christer Heen Skotland

Forfattere: Christer Heen Skotland og Øivind Fandrem Høivik

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag:

Forsidefoto: Håvard Gullik Sørbø

ISBN 978-82-410-1630-1

ISSN 1501-2832

Sammendrag: Mulige konsekvenser for regionalnettet for et scenario med omfattende elektrifisering av transportsektoren i 2030.

Emneord: Transport, elektrifisering, strømnett, lading, elbiler, hurtigladere, elferger, elbusser, landstrøm, kapasitet, overbelastning, regionalnett

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

2017

Innhold

Forord **5**
Sentrale begreper i denne rapporten **6**
Sammendrag **8**
Forutsetninger for elbiler, elbusser, elferger og landstrøm 8
Behov for mer investeringer i strømnettet 8
Redusert energibruk og utslipp 9
1 Innledning **10**
2 Scenario for en elektrisk fremtid **11**
2.1 Fremtidens transport er elektrisk 11
2.1.1 Miljø og lavere batteripris driver elektrifiseringen 11
2.1.2 Store deler av transportsektoren kan bli batterielektrisk 12
2.2 1,5 millioner elbiler i 2030 13
2.2.1 Èn elbil tilsvarer omtrent 0,7 kW 13
2.3 7000 flere hurtigladere i 2030 13
2.3.1 Én hurtiglader tilsvarer 100 kW 14
2.4 Alle bybusser er elbusser innen 2030 14
2.4.1 Èn bussrute tilsvarer omtrent 300 kW 15
2.5 Ferger er godt egnet for elektrifisering 15
2.5.1 Både helelektriske ferger og hybridferger i 2030 16
2.5.2 I 2030 er 2 av 3 fergesamband elektriske 16
2.5.3 Én elferge trenger 1 til 4 MW 17
2.6 Landstrøm i alle store havner 17
2.6.1 Størst potensiale i Bergen, Oslo og Stavanger 18
2.6.2 Fremtidige hybridskip trenger ladestrøm 18
2.6.3 Enova støtter utbygging av landstrøm 18
2.6.4 Et landstrømanlegg kan kreve flere titalls MW 19
2.7 Elektrifisering av andre transportsektorer 19
2.7.1 Landtransport. Mange varebiler kan bli elektriske 20
2.7.2 Hurtigbåter 20
2.7.3 Hydrogen og biodrivstoff er alternative drivstoff 21
3 Samlet effektøkning mot 2030 ..... **22**

3.1 Elektrifisering av transport kan gi 2200 MW økt effektbehov 22

3.1.1 Elektrifisering av transport kan gi mellom 5 og 15 prosent effektøkning 23

3.2 Fremtidig belastning på strømnettet er usikker 24

4 Konsekvenser for strømnettet 26

4.1 Vi har studert utvalgte utredningsområder 26

4.2 Nettselskapene har fordelt effektøkningen 27

4.3 Resultater fra nettselskapene 28

4.3.1 Nettselskapene har rapportert inn 115 overbelastede komponenter 28

4.3.2 Det er hovedsakelig transformatorer som blir overbelastet .. 29

4.3.3 Elferger forårsaker flest overbelastninger 30

4.3.4 Er nettselskapene forberedt på elektrifisering av transport? 31

4.3.5 Elektrifiseringen har liten betydning for transmisjonsnettet .. 32

4.4 Tiltakskostnader i nettet 33

4.4.1 Distribusjonsnettet krever også investeringer 33

4.5 Tiltak for å redusere nettinvesteringene 33

4.5.1 Batteribanker og lengre ladetid 33

4.5.2 Nattlading og tilbakelading 34

4.6 Elektrifisering av havna i Trondheim. 35

5 Energibruk og utslipp fra transport 37

5.1 Redusert energibruk 37

5.2 Reduserte utslipp 39

6 Referanser 41

Forord

Omlegging fra fossil til utslippsfri transport vil avkreve en omfattende elektrifisering av transportsektoren. Denne rapporten ser på et scenario der store deler av personbilene, bussene og fergetransporten er elektrifisert. Vi mener det er viktig å vurdere konsekvensene for strømnettet ved en slik omlegging, og denne rapporten vil belyse noen av konsekvensene.

NVE ønsker å være i forkant av utviklingstrekk som er relevant for strømnettet, og omlegging av transportsektoren i en mer miljøvennlig retning er et slikt område.

Vi håper rapporten vil være interessant og relevant for miljøer som jobber med strømnettet og elektrifisering av transportsektoren, og tar gjerne imot tilbakemeldinger og meninger om innholdet.

Oslo, oktober 2017

Anne Vera Skrivarhaug
avdelingsdirektør

Vegard Willumsen
seksjonssjef

Sentrale begreper i denne rapporten

Begrep	Forklaring
Anleggsbidrag	Kostnad som må betales av en kunde som utløser investeringer i distribusjonsnettet. Betales til nettselskapet og skal dekke en forholdsmessig andel av investeringen.
Distribusjonsnett	Delen av strømnettet fra 230 V og til og med 22 kV. De aller fleste strømkundene er koblet til dette spenningsnivået.
Effekt	Hvor fort energi overføres (energi per tidsenhet). Måleenheten for effekt er watt (joule/sekund).
Energibruk	Bruk av alle typer energivarer (elektrisitet, fjernvarme, olje, gass, kull, bioenergi eller bensin/diesel).
Flaskehals	Tilfeller der strømnettet ikke har stor nok kapasitet til å frakte den etterspurte strømmen.
Forsyningssikkerhet	Kraftsystemets evne til å kontinuerlig levere elektrisk energi av en gitt kvalitet til sluttbruker. Omfatter både energisikkerhet, effektsikkerhet og driftssikkerhet.
Hurtiglading	Lading fra 50 kW og oppover.
Kraftsystemutredning (KSU)	Kraftsystemutredning er en rapport som gir oversikt over utviklingen av kraftsystemet for et avgrenset område i regionalnettet eller for hele sentralnettet. Rapporten inneholder en oversikt over utviklingen innen energiproduksjon-,-forbruk og nett. Rapportene oppdateres annen hvert år av ansvarlige nettselskap utpekt av NVE.
Lavutslippsteknologi	Hybride løsninger som kombinerer forbrenningsmotor med elektrisk motor. I maritim sektor kan også flytende naturgass (LNG) redusere utslipp, men er ikke definert som lavutslipp.
MWh/h	Gjennomsnittlig effektuttak over én time.

Nullutslippsteknologier	Teknologi uten utslipp, dvs. elektrisitet og hydrogen som energikilde i batterier eller brenselsceller.
Regionalnett	Delen av overføringsnettet mellom distribusjonsnettet og transmisjonsnettet. Har spenningsnivå fra og med 33 kV til og med 132 kV. Nett på 132 kV kan også defineres som sentralnett eller transmisjonsnett.
Transmisjonsnett	Strømnett med spenningsnivå fra 132 kV til 420 kV og som driftes av Statnett. Tidligere het dette nettet sentralnett. Kan også betegnes som «strømnettets motorvei».
Utkoblbart forbruk	Nettselskapene har anledning til å tilby reduserte tariffer for kunder som kan stoppe sitt forbruk dersom nettselskapet har relevante nettmessige behov for utkoblbar reserve. Med relevante nettforhold mener NVE akutt eller forventet knapphet på overføringskapasitet.
Utviklingskontrakt	Offentlig kontrakt for å utvikle, bygge og drifte en hydrogenferge. Dette er en del av statens arbeid for å bidra til teknologisk utvikling. Den første helelektriske ferjen i Norge, Ampere, er resultatet av en tilsvarende utviklingskontrakt.

Sammendrag

Elektrifisering av transport betyr at mange flere biler, busser, ferger og skip trenger strøm fra strømnettet. I samarbeid med nettselskapene har NVE undersøkt hva denne elektrifiseringen kan bety for regionalnettet. Resultatene viser at elektrifiseringen fører til at regionalnettet vil bli noe hardere belastet enn i dag. Med de store investeringene nettselskapene legger opp til i årene som kommer, vil strømnettet kunne håndtere elektrifiseringen de fleste steder. Enkelte steder vil det allikevel være behov for ekstra investeringer fram mot 2030.

Forutsetninger for elbiler, elbusser, elferger og landstrøm

Vi tror en stor andel av fremtidens transport vil være elektrisk. For å vurdere konsekvensene dette vil ha for regionalnettet, har vi tatt utgangspunkt i følgende scenario for 2030:

- 1,5 millioner elektriske personbiler (halve personbilparken)
- 7000 flere hurtigladere til elbiler
- alle bybusser er elektriske
- to av tre fergesamband drives med elektriske ferger
- 30 landstrømanlegg leverer strøm til skip i de største havnene

Selv om flere typer kjøretøy og båter er utelatt i scenariet, mener vi dette er et realistisk anslag for elektrifisering av transportsektoren.

Behov for mer investeringer i strømnettet

Elektrifiseringen av transportsektoren vil øke det høyeste effektuttaket fra regionalnettet med mellom 5 til 15 prosent, avhengig av nettområde. Det høyeste effektuttaket, altså hvor mye strøm som brukes samtidig, bestemmer hvor sterkt nettet må være. Økt effektuttak betyr at nettet må forsterkes enkelte steder. Det er spesielt elferger og landstrøm til skip som fører til økt investeringsbehov. I nettområdene langs kysten fra Rogaland til Troms vil totalt 115 transformatorer eller ledninger i regionalnettet bli overbelastet innen 2030. For omtrent 1/3 av disse kan elektrifisering av transport være utløsende for nye investeringer. Nødvendige investeringer når en transformator i regionalnettet blir overbelastet varierer fra noen hundre tusen til 70 millioner kroner per transformator. For de dyreste investeringene kan andre løsninger som batterier i nettet og endret ladetid være billigere alternativ.

Overgangen til elektrisk transport vil i mange tilfeller også føre til store kostnader i distribusjonsnettet, men dette har vi ikke vurdert i denne rapporten. En stor andel av dette vil dekkes gjennom anleggsbidrag.

Redusert energibruk og utslipp

Elektriske motorer bruker mye mindre energi sammenlignet med bensin- eller dieselmotorer. En elektrifisering av transportsektoren vil derfor redusere energibruken. I scenarioet for elektrifisering som er brukt i denne rapporten, vil energibruken i transportsektoren reduseres fra 55 TWh i 2016, til litt over 45 TWh i 2030. I et scenario uten elektrifisering ville energibruken til transportsektoren øke til nesten 70 TWh i 2030. Energibesparelsen ved elektrifisering er altså på over 20 TWh per år i 2030. Denne overgangen fra fossilt drivstoff til strøm i transportsektoren, vil også redusere klimautslippene med seks millioner tonn CO_2 årlig i 2030. Det tilsvarer omtrent ti prosent av de norske CO_2-utslippene i 2015.

1 Innledning

Norge har så vidt startet med en omlegging til mer elektrifisert transport. Det fremtidige omfanget av dette er usikkert, men det er svært sannsynlig at elferger, elbusser og enda flere elbiler er vanlige transportmidler innen få år. Som det sentrale myndighetsorgan på området har NVE et ansvar for å svare ut om en stor elektrifisering av transportsektoren vil skape utfordringer i nettet, og hvilke kostnader elektrifisering vil kunne medføre.

I fjor vår lanserte vi en rapport som forsøkte å redegjøre for konsekvensene i distribusjonsnettet ved 1,5 millioner elbiler i 2030. Nå har vi å sett nærmere på den samlede belastningen i regionalnettet ved: flere elektriske ferger, busser, elbiler, hurtigladere for elbiler, samt nye landstrømanlegg for skip. For å undersøke dette nærmere er nettselskapene som blir mest berørt av elektrifiseringen blitt bedt om å utrede konsekvensene for strømnettet basert på våre antagelser om elektrifisering av transport.

I kapittel 2 argumenterer vi for hvorfor vi mener store deler av dagens transportmidler vil være elektriske i fremtiden og forklarer videre hvilket scenario vi har lagt til grunn for elektrifisering av de aktuelle transportsektorene. Dette danner grunnlaget for analysene som nettselskapene har utført. Kapittel 3 oppsummerer hvilken effektøkning elektrifiseringen vil medføre for de ulike nettområdene i Norge. Resultatene fra nettselskapenes egne analyser er beskrevet i kapittel 4. Hvilke konsekvenser elektrifiseringen medfører for energibruken er viktig, og beskrives i kapittel 5.

2 Scenario for en elektrisk fremtid

2.1 Fremtidens transport er elektrisk

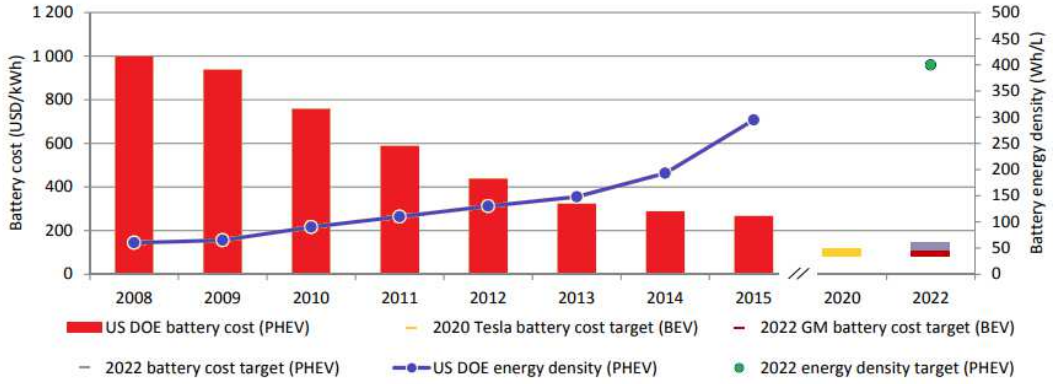
Norge er et foregangsland når det kommer til elektriske biler, og er det landet med høyest andel elbiler i verden. Selv om andre land er langt bak når det gjelder andelen elbiler, tyder mye på at elmotoren vil være fremtidens bilmotor. Flere av de største bilprodusentene satser stort på elektriske biler, og konkurrerer med hverandre i antall ulike elbilmodeller de ønsker å produsere i årene fremover. Bloomberg hevder noen elbiler vil bli konkurransedyktig uten subsidier etter 2020 og at dette vil forårsake den neste oljekrisa. The Economist skriver i en nylig artikkel at forbrenningsmotorens tid snart er slutt og at den elektriske motoren vil ta over.

I fjor ble det kjent at regjeringen har som mål at alle personbiler som selges fra 2025 skal være utslippsfrie. Etter dette har både Nederland, Storbritannia og Frankrike annonsert at de ønsker å forby fossilbiler fra 2040 eller før. Sist ut er signaler fra Kina om at de jobber med et forbud mot salg av fossile biler. Disse forslagene legger ingen føringer på hvilken teknologi som skal sørge for utslippsfri transport, men sannsynligheten er stor for at elbiler vil stå for et stort bidrag.

2.1.1 Miljø og lavere batteripris driver elektrifiseringen

Den viktigste politiske driveren for økt elektrifisering av transportsektoren er et ønske om mindre utslipp av både klimagasser og lokale partikkelutslipp. Ifølge IPCC står transportsektoren for om lag 14 prosent av de globale klimagassutslippene, og elektrisk transport er et av tiltakene mot nullutslipp i transportsektoren. Elektriske kjøretøy har heller ingen lokale utslipp, noe som gjør disse svært attraktive i store byer med mye lokal luftforurensning.

Den viktigste teknologiske driveren for økt elektrifisering er batteriprisene, som har falt svært mye de siste årene. Forskjellige kilder har ulike anslag på hvor mye batteriprisen har falt. McKinsey mener i en rapport at prisen har falt fra 1000 $/kWh i 2010 til godt under 300 $/kWh i 2016 og IEA har i rapporten Global EV outlook 2016 lagt ved Figur 2-1 som viser omtrent samme prisreduksjon. Figuren viser også at batterienes energitetthet pr. volum er nær firedoblet siden 2008.



Figur 2-1 Utvikling i pris og batteritetthet. Kilde: Global EV Outlook 2016 (IEA, 2016)

Chevrolet har tidligere annonsert at de betaler 145 $/kWh for sine battericeller, som ifølge en artikkel i Electrek gir en pris på omtrent 200 $/kWh for batteripakken til elbilen Chevrolet Bolt.

2.1.2 Store deler av transportsektoren kan bli batterielektrisk

Det er ikke bare elbiler som ser ut til å bli elektrifisert. I Nasjonal transportplan 2018-2029 er følgende lagt til grunn for regjeringens videre arbeid: nye ferger skal benytte lav- eller nullutslippsteknologi, nye personbiler og lette varebiler skal være nullutslippskjøretøy i 2025, nye bybusser skal være nullutslippskjøretøy eller bruke biogass i 2025, innen 2030 skal varedistribusjonen i de største bysentra tilnærmet være nullutslipp, offentlige etater skal i størst mulig grad benytte biodrivstoff, lav- og nullutslippsteknologi i egne og innleide kjøretøy, og i 2050 skal transporten være tilnærmet utslippsfri/klimanøytral.

Ved å legge disse forutsetningene til grunn for den videre transportutviklingen, kan store deler av transportsektoren være elektrifisert innen 15-20 år. Ved å ta utgangspunkt i dagens teknologi og teknologiutviklingen de siste årene, ser det ut til at batterielektrisk vil være mest utbredt for små- og mellomstore kjøretøy, samt ferger. For mer energikrevende transportmetoder som hurtigbåter og tungtransport kan hydrogen og biodrivstoff spille en viktig rolle. Dette kan riktignok endre seg etter hvert som teknologien utvikler seg.

Vi mener det er fire områder som er spesielt aktuelle for elektrifisering og som kan få konsekvenser for strømnettet i et 10-15 års perspektiv: personbiler, elferger, elbusser samt landstrøm til skip. Vi ønsker derfor å se nærmere på en mulig utvikling innen disse sektorene og hvilke konsekvenser dette kan få for strømnettet.

2.2 1,5 millioner elbiler i 2030

Statistisk sentralbyrå oppgir at det var nesten 2,7 millioner personbiler i Norge ved årsskiftet 2017, og at nærmere 100 000 av disse var elbiler. Det er 41 prosent flere elbiler enn året før. Med den varslede satsningen på elbiler fra bilprodusentenes side, samt at Stortinget ønsker at elbilsubsidiene skal ligge fast til 2020, er det lite som tyder på at andelen elbiler i Norge vil synke frem mot 2030.

Det finnes mange anslag på utviklingen av antall elbiler i Norge mot 2030. Vi har i denne rapporten antatt at 100 prosent av nybilsalget i 2025 er elbiler. Da vil omtrent halvparten av personbilparken i Norge være elbiler i 2030. I tall tilsvarer det ca. 1,5 millioner biler. Denne antagelsen tilsvarer Nasjonal transportplans (NTP) sitt «Disruptive scenario» for utviklingen av antall nullutslippskjøretøy. For enkelthetens skyld antar vi at plugg-inn hybrider er inkludert i elbilene nevnt over.

2.2.1 Én elbil tilsvarer omtrent 0,7 kW

Elbiler kan lades hjemme med inntil 22 kW ladeeffekt, men det gjennomsnittlige effektbidraget fra elbiler er langt lavere enn dette. Ikke minst gjelder dette for regionalnettet der et stort antall elbiler gjør at man sannsynligvis kan anvende en fordeling av ladeeffekt med utgangspunkt i gjennomsnittlig energibruk og kjørelengde for å finne effektbidraget. Vi benyttet denne metoden i rapporten «Hva betyr elbiler for strømnettet?» og antydet et gjennomsnittlig effektbidrag på 0,5 kW pr. elbil. På vinteren er effektbidraget noe høyere og vi har i denne rapporten benyttet 0,7 kW økt effektforbruk fra makslast per elbil.

2.3 7000 flere hurtigladere i 2030

I byene kan tilgangen på hjemmelading være dårlig, og med enda flere elbiler på norske veier krever dette et godt utbygget nettverk av hurtigladere. Ifølge Norsk elbilforening er det i dag omtrent 850 hurtigladere i Norge, men det vil bli behov for mange flere ved 1,5 millioner elbiler.

Ifølge Norsk elbilforening er det i dag omtrent 120 elbiler per hurtiglader. Vi har antatt at det i 2030 vil være 200 elbiler per hurtiglader, noe som er i tråd med plangrunnlaget for Nasjonal transportplan. Med 1,5 millioner elbiler medfører dette at ytterligere 7 000 hurtigladere vil bli bygget innen 2030. Til sammenligning oppgir Justervesenet at det er

omtrent 12 000 bensinpumper her i landet. Ettersom en elbil har lengre fyllingstid enn en fossilbil er det ikke urimelig å anta at det er behov for et så høyt antall hurtigladere, selv om mange har mulighet for å lade hjemme eller på jobb.

2.3.1 Én hurtiglader tilsvarer 100 kW

En Chademo eller CCS hurtiglader gir nå ladeeffekt på 50 kW, mens en Tesla hurtiglader gir en effekt på opptil 120 kW. Fortum Charge and Drive vil innen utgangen av 2017 bygge neste generasjons hurtigladere med en ladeeffekt på opptil 350 kW. Ifølge Norsk elbilforening ligger verdens hittil største hurtigladestasjon på Nebbenes ved Eidsvoll. Stasjonen har totalt 24 hurtigladere og 4 semihurtigladere. Summert opp gir disse en samlet effekt på 3,2 MW, men fordi ikke alle laderne benyttes fullt ut samtidig er dimensjonerende effektbehov for hele stasjonen på 2 MW. Dette gir en sammenlagringsfaktor på 60 prosent.

Vi har antatt en gjennomsnittlig ladeeffekt på 100 kW per hurtiglader og en sammenlagringsfaktor på 60 prosent pr. ladestasjon som til sammen gir et samlet effektbehov på 420 MW for hele Norge. I 2030 er det sannsynlig at ladeeffekten pr. hurtiglader vil være høyere enn dette, men dette kan både redusere sammenlagringsfaktoren og redusere behovet for antall hurtigladere. Vi antar at samlet effektbehov vil være omtrent det samme.

2.4 Alle bybusser er elbusser innen 2030

Ifølge kommende Nasjonal transportplan skal nye bybusser være nullutslippskjøretøy eller bruke biogass fra 2025, og flere byer planlegger nå en innfasing av elbusser mot 2020. I Stavanger ruller det allerede fem elbusser og Rogaland har som mål å oppnå fossilfri kollektivtransport innen 2024. Ruter i Oslo og Akershus har en ambisjon om å være fossilfri innen 2020. Det er forventet at minst 60 prosent av bussene i Oslo vil være elektriske i 2025, og etter planen skal seks elbusser komme i prøvedrift i Oslo innen 2017. I Trondheim skal rundt 40 elbusser være i drift innen 2019, og ifølge Teknisk Ukeblad har kollektivselskapet Brakar i Drammen bestilt 6 elbusser for uttesting. Plan for innfasing av lav- og nullutslippsteknologi for bussene i Hordaland er enda ikke klart og vil bli lagt fram for politisk behandling i løpet av høsten 2017.

Hydrogen, biodiesel og biogass kan være andre teknologier for å få ned bussenes CO_2-utslipp, men per i dag ser det ut til at en stor andel av kollektivtrafikken i byene vil håndteres

med elbusser. Ifølge en rapport fra Transportøkonomisk Institutt er elbusser den billigste teknologien for å oppnå utslippsreduksjoner.

I vårt scenario antar vi at alle bybusser i Norges 30 største tettsteder er elektrifiserte innen 2030. Vi har gjort et grovt utvalg på bussruter som går innad i tettstedene og dette fører til at over 500 bybussruter får elbusser innen 2030.

2.4.1 Én bussrute tilsvarer omtrent 300 kW

Det eksisterer generelt to ulike ladekonsepter for elbusser: enten lade over natten eller hurtiglade på holdeplass. De fleste av prøvekonseptene nevnt tidligere baserer seg på hurtiglading på endeholdeplassene, som gjerne tilsvarer 300 kW per holdeplass. Dette krever som regel større nettinvesteringer, da ladeeffektene er mye høyere sammenlignet med lading over natten, da strømnettet fra før er høyere belastet.

Vi har antatt at alle dagens busser i byrute er elektrifisert i 2030, og at disse lades gjennom dagen på ladestasjoner (pantografløsning) på 300-450 kW. I samråd med Ruter har vi antatt at hver bussrute har behov for i snitt to ladestasjoner med 300 kW, og vil ha et ladebelegg på 50 prosent av tiden. Dette gir et effektbidrag på 300 kW pr. rute. Ladeeffekten til pantografene kan være høyere enn 300 kW i 2030, men da vil ladetiden gå ned og ende omtrent på samme effektbidrag.

2.5 Ferger er godt egnet for elektrifisering

I Norge har vi omtrent 130 fergesamband på riks- og fylkesvegnettet. Disse fergesambandene trafikkeres av totalt rundt 200 ferger. Foreløpig er kun én av disse fergene helelektrisk, men flere er planlagt eller under bygging. Staten stiller i dag krav til lav- og nullutslippsteknologi[1] i alle anbud til riksvegfergene. Dette har blant annet ført til at fergesambandet E39 Anda-Lote skal trafikkeres av to helelektriske ferger fra 2018.

For fylkesvegsfergene har blant andre Hordaland fylkeskommune stilt krav til lav- og nullutslippsteknologi i alle anbud til fylkesvegfergene i Hordaland. Det er inngått kontrakter for 17 samband, som i stor grad medfører elektrifisering av disse

[1] (Samferdselsdepartementet, 2017).

fergesambandene, og CO_2-utslippene vil reduseres med omtrent 90 prosent. Samtidig har Sør-Trøndelag fylkeskommune inngått kontrakter om drift av to helelektriske ferger og to hybridferger[2] i Trondheimsfjorden. Sysla estimerer at det allerede er inngått fergebestillinger for null- og lavutslippsferger for minst 3,4 milliarder kroner i Norge.

DNV GL oppgir i en rapport fra 2016 at inntil 70 fergesamband, med til sammen omtrent 100 ferger, skal lyses ut og settes i drift mellom 2016 og 2020. Med strenge miljøkrav i anbudsprosessene kan de fleste av disse fergene bli enten helelektriske eller hybridferger. Dette kan gi en svært hurtig elektrifisering av fergesambandene i Norge. Statens Vegvesen ser for seg at omtrent 2/3 av energibruken til fergedriften er elektrisk innen 2030. Til sammenligning anslo Siemens i sin mulighetsstudie fra 2015 at det er økonomisk lønnsomt med enten helelektrisk eller hybridferger på 7 av 10 fergesamband i Norge.

2.5.1 Både helelektriske ferger og hybridferger i 2030

Ifølge Statens Vegvesen har ikke helelektriske ferger bare lavere utslipp, men også langt lavere driftskostnader. Dette kan i mange tilfeller forsvare en høyere investeringskostnad, spesielt for høyt trafikkerte fergesamband. Et eksempel på dette er utlysningen av Anda-Lote hvor Statens Vegvesen åpnet for at den ene av to fergene kunne være hybridferge, men hvor man fikk to helelektriske ferger.

På lengre og mer energikrevende fergesamband (eller samband hvor ladeytelse på kai er begrenset) kan hybridferger være mer aktuelt. En fordel med hybridferger er at man har en reserve i dieselaggregatene om bord dersom det skulle være strømbrudd og ikke mulig å lade ved kai. Statens Vegvesen mener at flere helelektriske ferger vil ha backup-generator av beredskapshensyn eller for å muliggjøre tariff for utkoblbart forbruk. Dette er blant annet tilfellet for de helelektriske fergene som er planlagt å gå inn i sambandet Halhjem-Våge og Anda-Lote.

2.5.2 I 2030 er 2 av 3 fergesamband elektriske

I samråd med Statens Vegvesen og DNV GL har vi gjort en utvelgelse på hvilke fergesamband vi mener kan være aktuelle for helelektriske ferger eller hybridferger innen 2030. De viktigste kriteriene for utvalget er lengde, kompleksitet og passasjergrunnlag. Vi har blant annet sett bort fra sommerruter, samband som vil bli erstattet av bru/tunnel,

[2] I denne rapporten er en hybridferge synonymt med ladehybrid

samband med svært høyt energibehov og samband med lite trafikk. Vi har antatt at man får helelektriske ferger på fergesamband med færre enn fem fergestrekninger der fergestrekningene er kortere enn 15 km. De gjenstående fergesambandene er det antatt at man får hybridferger hvor kun deler av energibehovet dekkes av strøm fra batterier.

Resultatet er at vi antar at 73 fergesamband får helelektriske ferger og 11 fergesamband får hybridferger innen 2030. Dette tilsvarer en elektrifisering av omtrent 65 prosent av dagens fergesamband i riks- og fylkesvegsamband. Det er helt klart stor usikkerhet til antakelsene og forenklingene vi har gjort, men vi mener dette utvalget gir et godt utgangspunkt for å studere hva elektrifisering av ferger kan bety for strømnettet.

2.5.3 Én elferge trenger 1 til 4 MW

Estimert energi- og effektbehov for fergene tar utgangspunkt i DNV GL sin rapport om elektrifisering av bilferger som ble utarbeidet på oppdrag av Energi Norge. De beregnet energibehovet for ulike fergestrekninger. Ut fra DNV GL sine tall har vi beregnet tilsvarende energibehov for vårt utvalg av fergesamband hvor vi har tatt utgangspunkt i den lengste fergestrekningen i hvert samband.

Videre har vi antatt at fergenes energibehov må dekkes i løpet av 5 minutters ladetid på hver fergekai i sambandet for å finne effektbehovet. I mange tilfeller kan den faktiske ladetiden være lenger, noe som har stor betydning for effektbehovet til lading av fergene. For fergesamband med lav trafikk har vi nedjustert energi- og effektbehovet med 35 prosent som følge av at man vil ha en mindre ferge på disse sambandene. For fergesamband hvor vi har antatt at man får hybridferger, har vi antatt at kun 25 prosent av energibehovet dekkes av batterier. Med våre antakelser blir beregnet ladeeffekt typisk rundt 1-4 MW per fergesamband.

2.6 Landstrøm i alle store havner

Skip som ligger til kai behøver energi til lossing/lasting, belysning, ventilasjon, varme, kjøling og annet. Typisk dekkes dette energibehovet av skipets egne generatorer drevet av fossilt drivstoff. Fremfor å bruke generatorer i de enkelte skip kan dette energibehovet dekkes fra strømnettet på land via et landstrømanlegg. Landstrøm bidrar på den måten til økt energieffektivitet, reduserte klimautslipp og mindre støy når skip ligger til kai.

De fleste havner har i dag tilgjengelig enkle landstrømstilkoblinger som kan dekke belysning og andre mindre behov, men få havner har større landstrømanlegg som kan erstatte skipenes egne generatorer mens skipene ligger til kai. Slike landstrømanlegg krever investeringer både på land og på skipene.

2.6.1 Størst potensiale i Bergen, Oslo og Stavanger

Ifølge DNV GLs rapport for Enova, har Bergen havn størst potensiale for landstrøm, etterfulgt av Oslo og Stavanger. Bergen og Omland Havnevesen har foreløpig tre tilkoblingspunkter for landstrøm som kan brukes av fem offshoreskip, og er den første havnen som tilbyr landstrøm til Hurtigruten. I Oslo Havn har Color Line sine cruiseskip som går mellom Oslo og Kiel vært tilkoblet landstrøm siden 2011/2012, og innen 2018 vil Oslo Havn tilby landstrøm til de resterende utenlandsfergene.

2.6.2 Fremtidige hybridskip trenger ladestrøm

I fremtiden vil man få stadig flere hybridskip som har bruk for landstrøm/ladestrøm i havnene for å lade batterier om bord. Color Line oppgir at de ønsker å sette i trafikk verdens største ladbare hybridferge på strekningen Sandefjord-Strømstad fra 2020. Statoil har i tildeling av kontrakter stilt krav om at forsyningsfartøy skal være hybridskip og ha mulighet for å benytte landstrøm. Ifølge Teknisk Ukeblad forventer Siemens en dobling av maritime batterisystemer innen 2024 og at nærmere 80 prosent av alle nye små og mellomstore skip vil være hybridskip.

2.6.3 Enova støtter utbygging av landstrøm

Enova opprettet i 2015 et eget program for støtte til utbygging av landstrøm for å legge til rette for markedsendringer innen landstrøminfrastruktur. Så langt har de tildelt 340 millioner i støtte fordelt på 55 landstrømprosjekter langs hele norskekysten. Blant annet fikk Bergen og Omland Havnevesen nylig støtte til tre nye landstrømanlegg for offshoreskip, men fikk samtidig avslag på sin søknad om støtte til landstrømanlegg for cruiseskip. Landstrømprosjektet i Båtsfjord, en av Norges største fiskerihavner, er Enovas største prosjekt til nå med 25 millioner i støtte for fem landstrømanlegg som kan forsyne opptil 44 fartøy samtidig.

2.6.4 Et landstrømanlegg kan kreve flere titalls MW

Det er stor forskjell i effektbehovet til ulike skip når de ligger til kai. Eksempelvis vil et fiskefartøy typisk kreve mindre enn 0,1 MW, et offshore supplyskip rundt 0,4 MW, mens et cruiseskip kan kreve opptil 12 MW.

For estimering av nødvendig effekt til landstrøm har vi brukt tall fra en mulighetsstudie for landstrøm i norske havner utarbeidet av Siemens i samarbeid med Bellona, Elektroforeningen og Nelfo. Studien inkluderer de 10 største cruisehavnene og de 27 største havnene for godstrafikk. For godstrafikk tar studien utgangspunkt i anløpsdata fra SSB og tall for effektforbruk per skipstype fra DNV GLs rapport om landstrøm i norske havner. SSBs anløpsdata for godstrafikk tar kun hensyn til skip på 1000 bruttotonn eller høyere, og tar ikke hensyn til fiskefartøy. For cruisehavnene baserer studien seg på anløpsdata fra havnenes hjemmesider og det er tatt utgangspunkt i 20 referanseskip for å estimere effektbehovet til cruiseskipene.

Havnen med det største effektbehovet for landstrøm er ifølge Siemens sine tall cruisehavnen i Bergen med totalt 36 MW[3]. Bergen og Omland Havnevesen oppgir selv at deres ambisjoner for landstrøm til cruiseskip utgjør totalt 20 MW, men anser Siemens sine tall som et mulig scenario.

Vi mener Siemens sin mulighetsstudie gir et optimistisk, men ikke usannsynlig scenario for landstrømanlegg i Norge. Landstrøm kan også representere en generell elektrifisering av båttrafikken utover elferger, som f.eks. hurtigbåt og plugg-inn hybrid skip.

2.7 Elektrifisering av andre transportsektorer

I arbeidet med denne rapporten har vi antatt en forholdsvis omfattende elektrifisering av personbiler, bybusser og bilferger, samt landstrøm til skip. Det er flere transportområder vi har utelatt fra beregningene, men slik teknologisituasjonen er i dag mener vi det fortsatt er et stykke frem før andre sektorer er aktuelle å elektrifisere i stor skala. De fleste av de andre transportmetodene er svært energiintensive og/eller kjører lange sammenhengende strekninger som gjør det vanskeligere å lade underveis, men det er selvsagt ikke umulig at disse sektorene blir aktuelle for elektrifisering i fremtiden.

[3] I den publiserte rapporten er det oppgitt 24 MW, men ifølge Siemens er det korrekte tallet 36 MW.

2.7.1 Landtransport. Mange varebiler kan bli elektriske

Ett av de transportområdene som er mest nærliggende å elektrifisere som ikke er tatt med i beregningene våre er varebiler. Det finnes i underkant av en halv million varebiler i Norge, og ifølge Statistisk sentralbyrå er 2 500 av disse elektriske. Veksten i antall elektriske varebiler har vært lav, men hvis målet fra NTP om nullutslipp fra varedistribusjon i byene i 2030 skal nås må andelen øke betraktelig.

De finnes også konkrete elektrifiseringsprosjekter for større lastebiler, langdistansebuser og til og med anleggsmaskiner, som kan få en reell betydning i 2030. Vi anser dette allikevel som altfor usikkert til at vi ønsker å ta det med i et scenario nå.

Lading av varebiler vil nok hovedsakelig skje med nattlading, mens lastebiler og langdistansebusser har behov for både nattlading og hurtiglading på dagen. Sistnevnte kan da være en større utfordring for strømnettet.

I følge BaneNor er det i dag ca. 1400 km ikke elektrisk jernbane, men disse strekningene utgjør bare ca. 20% av trafikken. Både Røros-, Nordlands-, Rauma- og Meråkerbanen er aktuelle for elektrifisering. Det krever imidlertid lite effekt å elektrifisere disse sammenlignet med elektrifisering av transportsektorene ellers, og er derfor utelatt fra denne rapporten.

2.7.2 Hurtigbåter

Elektrifisering av hurtigbåter er ikke med i vårt scenario for 2030, men kan bli aktuelt. Selfa har på oppdrag av NO_X-fondet utredet muligheter for null- og lavutslippsteknologi for hurtigbåter. Studien viser at en hybridløsning for hurtigbåter er teknisk mulig for kortere strekninger og kan gi store besparelser i både driftskostnader og utslipp. Blant andre har Sør-Trøndelag fylkeskommune et mål om null- eller lavutslipps hurtigbåter innen 2024, men hvilken teknologi som vil bli benyttet er ikke avklart.

Vi har heller ikke tatt hensyn til en elektrifisering av godstrafikk på sjø og andre skip utover vårt nevnte scenario for landstrøm.

Selv om det finnes konkrete planer for elektrifisering av rutefly, mener vi det vil kreve minst én batterirevolusjon før batteriene har høy nok energitetthet til at dette kan få en utbredelse av betydning. Elektriske småfly kan imidlertid tenkes å bli mer utbredt innen 2030, men vi mener betydningen av dette for strømnettet vil være begrenset.

2.7.3 Hydrogen og biodrivstoff er alternative drivstoff

I sektorene som ikke egner seg for batterielektrisk drift kan hydrogen og biodrivstoff være mer aktuelle teknologier for å få ned klimagassutslippene. HR Prosjekt har for eksempel utarbeidet en rapport som konkluderer med at hydrogendrift er den beste teknologien for realisering av utslippsfri hurtigbåt i indre Oslofjord. Hydrogen fra elektrolyse kan også være en god løsning for bedre utnyttelse av energiproduksjonen der det er liten kapasitet i nettet.

3 Samlet effektøkning mot 2030

Siden 70-tallet har det vært en jevn økning i både strømforbruk og effektbruk i Norge. Hvordan utviklingen vil gå fremover er usikkert. Befolkningsvekst og økonomisk vekst er faktorer som tradisjonelt har ført til et høyere forbruk. De utredningsansvarlige nettselskapene er pålagt å fremskrive strømforbruket for sitt område med flere scenarier. Framskrivningene inngår i kraftsystemutredningene (KSU) som utarbeides annet hvert år. Framskrivningene er i stor grad basert på historiske trender, prognoser for befolkningsvekst og kjente planer for næring og industri. For denne undersøkelsen har vi bedt nettselskapene om å bruke prognosene for laveste effektøkning mot 2030, hvor vårt scenario for elektrifisering av transport kommer i tillegg. For de fleste utredningsområder innebærer det laveste scenarioet en svak vekst i effektbehovet.

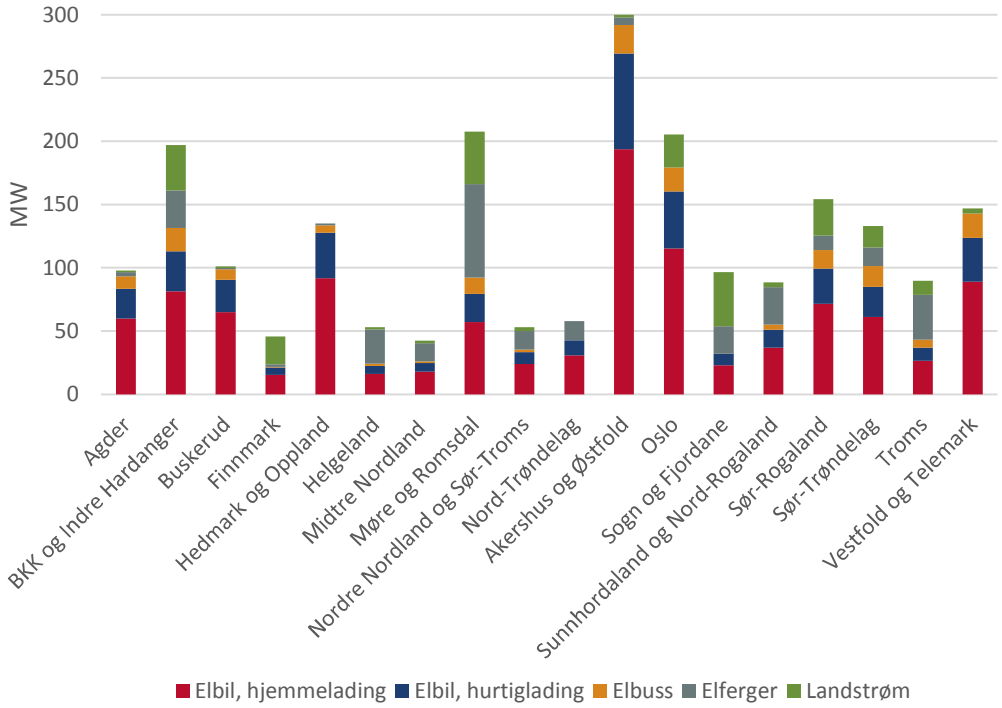
3.1 Elektrifisering av transport kan gi 2200 MW økt effektbehov

Fra forrige kapittel kan våre antakelser oppsummeres med følgende punkter:

- Vi har antatt 1,5 millioner elbiler og at hver elbil krever 0,7 kW i maksimallast. Totalt gir dette en effekt på over 1000 MW.
- Vi har antatt 7000 flere hurtigladere fordelt over landet. Hver hurtiglader tilsvarer omtrent 100 kW, men det er samtidig antatt en sammenlagringsfaktor på 60 %. Hurtigladerne gir totalt en effekt på 420 MW.
- Vi har antatt at alle bybusser i de 30 største byene er elbusser, som tilsvarer omtrent 500 elektrifiserte bybussruter. Hver bussrute krever omtrent 300 kW. Summert opp vil det gi en effekt på 163 MW.
- Vi har antatt at 73 fergesamband får helelektriske ferger og 11 fergesamband får hybridferger innen 2030. Dette tilsvarer at omtrent 2 av 3 ferger blir elferger, hvor hver elferge krever fra 1 til 4 MW. Alle fergeleiene vil til sammen gi en økt effekt på 900 MW.
- Vi har antatt at alle de største havnene får landstrømanlegg. Effekten varierer fra 1 til 36 MW pr. havn som totalt gir 245 MW med landstrøm.

Antagelsene vi har lagt til grunn for elektrifisering av transport gir en økt effekt på omtrent 2 200 MW, hvis alt inntreffer samtidig. Til sammenligning er det høyeste effektuttaket så

langt i Norge på 24 000 MWh/h[4]. Figur 3-1 viser effektøkningen som en følge av elektrifiseringen fordelt på hvert KSU-område[5].



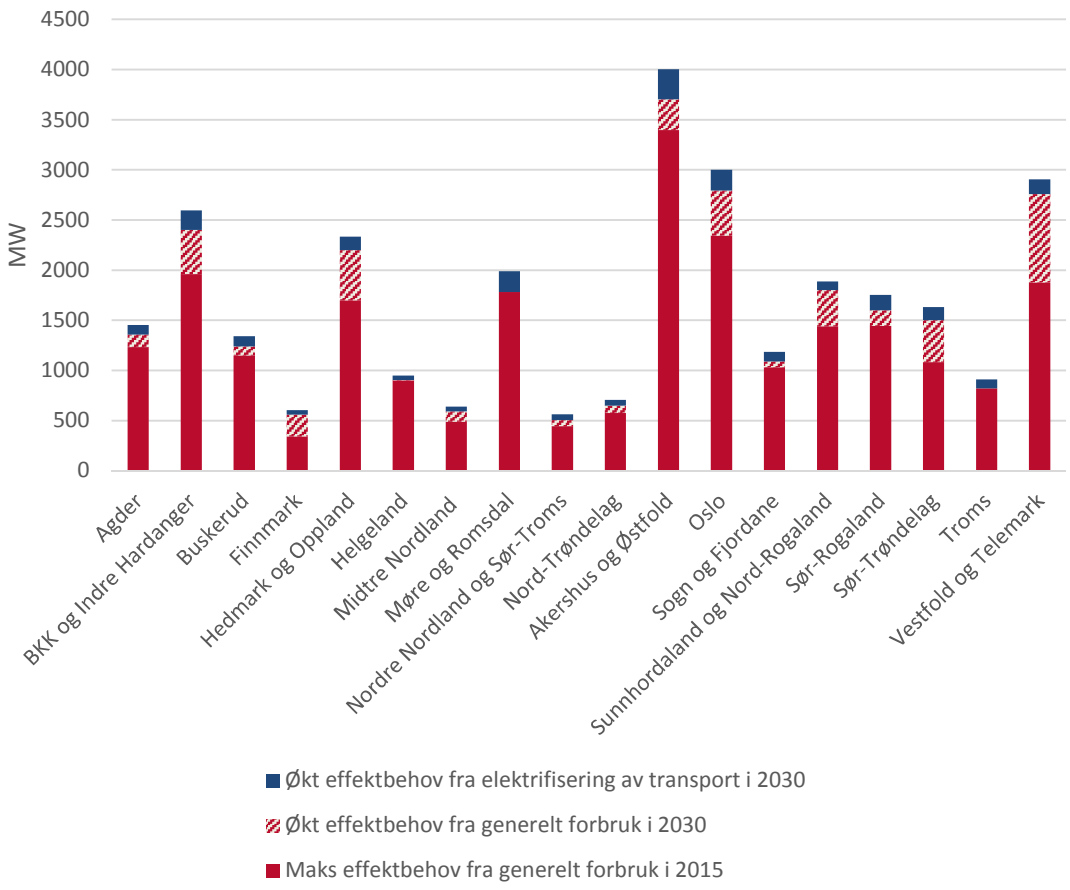
Figur 3-1 Total økning i effekt pga. elektrifisering av transport i 2030, fordelt på hvert KSU-område.

3.1.1 Elektrifisering av transport kan gi mellom 5 og 15 prosent effektøkning

I kraftsystemutredningene utformer nettselskapene energi- og effektprognoser for de neste 20 årene. Sammenlignet med nettselskapenes laveste prognose for maksimal effekt i 2030 representerer elektrifisering av transport en effektøkning på mellom 5 og 15 prosent avhengig av KSU-område. Dette er illustrert i Figur 3-2. Den relativt sett høyeste økningen kommer i Troms, Møre og Romsdal, Nordre Nordland og Sør-Troms.

[4] Gjennomsnittlig forbruk av effekt over én time. Inntraff mellom kl. 9 og kl. 10 den 21.01.2016

[5] Akershus, Østfold og Oslo er ett KSU-område, men er i figurene delt i to.



Figur 3-2 Sum økning i effekt pga. elektrifisering av transport (fra Figur 3-1), sammenlignet med laveste anslag for maksimalt effektforbruk i 2030 for hvert område.

Når man ser på så store nettområder som dette er det helt usannsynlig at all denne effekten vil inntreffe samtidig, og heller ikke i en maksimallastsituasjon. For eksempel vil landstrøm i stor grad benyttes på cruiseskip som hovedsakelig kommer til Norge på sommeren da belastningen på strømnettet er lav.

3.2 Fremtidig belastning på strømnettet er usikker

I enhver diskusjon om kapasiteten i strømnettet er det viktig å vite at strømnettet er dimensjonert for å levere strøm til den dagen, eller timen, i året med høyest strømforbruk. Som regel sammenfaller dette med svært kalde dager da mye strøm går med til oppvarming i Norge. I tillegg bør ikke sluttbrukere oppleve langvarig avbrudd i strømforsyningen ved utfall av én eller flere komponenter i nettet.

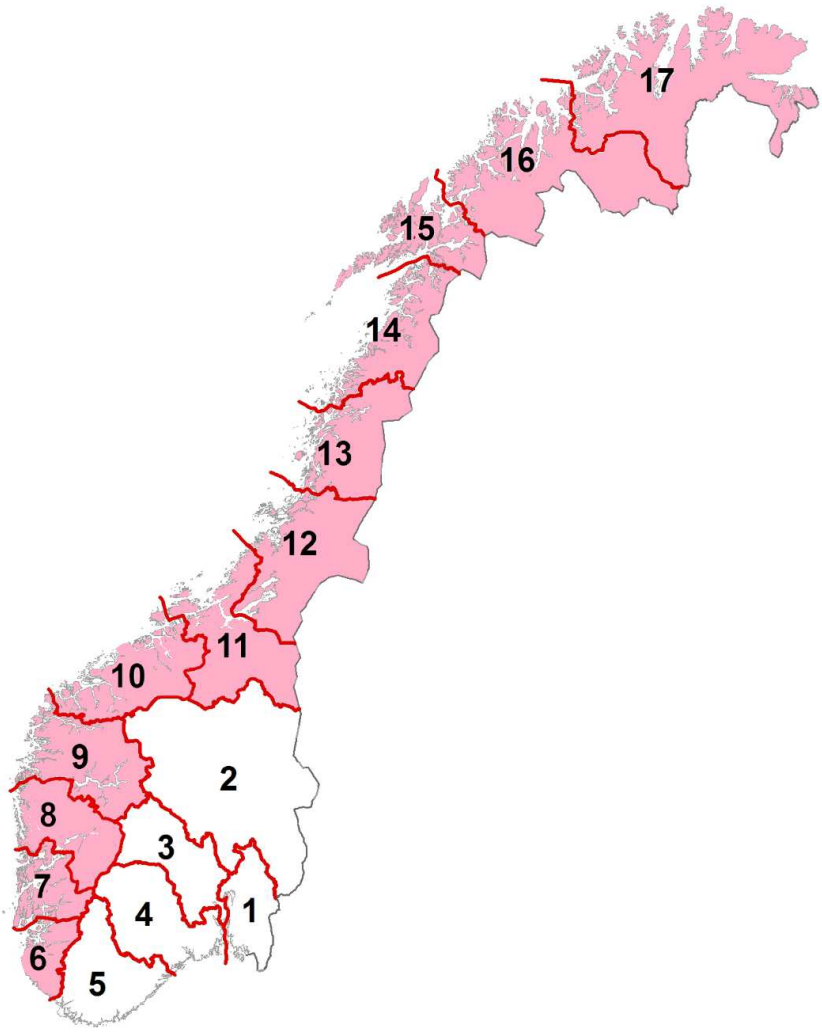
Den fremtidige maksimallasten til nettet er avhengig av effektbehovet fra flere områder, ikke bare elektrifisering av transport. Konvertering av oljefyr til elkjel vil helt sikkert øke maksimallasten, samtidig finnes det mange alternativer til elkjel. Strengere energikrav til bygninger senker energi- og effektbehovet til disse og bidrar til å redusere maksimallasten. I tillegg installeres det nye strømmålere (AMS) til alle strømkunder i Norge som bidrar til økt mulighet for forbrukerfleksibilitet. Dette innebærer at forbrukerne flytter strømforbruket til tider av døgnet når strømforbruket er lavere.

Elektrifisering av oljeplattformer, nyetablering av kraftkrevende industri og datasentre kan alle bidra til en økning i effektbehovet på flere hundre MW, der de kommer. Effektuttak på over 100 MW vil i de aller fleste tilfeller utløse investeringer i regionalnett- eller transmisjonsnett, avhengig av plassering og kapasitet i eksisterende nett. Dette vil kreve en konsesjonsprosess som skal ta stilling til hvorvidt det er fornuftig å investere i strømnettet for å gi kapasitet til det nye forbruket.

4 Konsekvenser for strømnettet

4.1 Vi har studert utvalgte utredningsområder

Basert på Figur 3-2 har vi valgt å sende ut en forespørsel til utredningsansvarlige nettselskap i følgende kraftsystemutredningsområder: Sør-Rogaland, Sunnhordaland og Nord-Rogaland, BKK og indre Hardanger, Sogn og Fjordane, Møre og Romsdal, Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag, Helgeland, Midtre Nordland, Nordre Nordland og Sør-Troms, Troms og Finnmark. Disse områdene blir mest berørt av overgang til elferger og landstrøm. I tillegg er det disse områdene som får den relativt sett høyeste effektøkningen.



Figur 4-1 Kart over utredningsområder hvor våre utvalgte utredningsområder er fargelagt rødt.

4.2 Nettselskapene har fordelt effektøkningen

De utvalgte områdene som vi har valgt, er bedt om å utrede konsekvensene for regionalnettet ved en elektrifisering av transport etter tallene vi har oppgitt i kapittel 3.

Vi har antatt at halvparten av bilene i hver kommune er elbiler i 2030. Økt effekt i hver kommune varierer fra 0,1 MW til 115 MW avhengig av antall biler i kommunen. Nettselskapene har selv allokert denne effektøkningen til aktuelle transformatorstasjoner i nettet.

Utbygging av ytterligere 7000 hurtigladere vil kreve totalt 420 MW etter våre antagelser. Dette er fordelt på hvert KSU-område etter antall elbiler i utredningsområdet, mens nettselskapene har fordelt effektøkningen på aktuelle transformatorstasjoner i tilknytning til hovedfartsårer, byer og tettsteder.

For landstrøm og elferger har nettselskapene plassert vårt oppgitte effektbehov ved de aktuelle kaianleggene. I de tilfeller hvor nettselskapene har mer detaljert kunnskap om nødvendig ladeeffekt til elfergene, har nettselskapene brukt egne tall. Hvis flere ladeanlegg belaster samme komponent i regionalnettet, har nettselskapene antatt en samtidighet på 100 prosent.

Effektøkningen ved elektrifisering av bybusser vil fordele seg over flere transformatorstasjoner, og nettselskapene har selv fordelt effektøkningen etter hva de mener er fornuftig.

De utredningsansvarlige har rapportert tilbake transformatorer og kraftledninger som blir overbelastet eller vil få for liten kapasitet til å opprettholde samme forsyningssikkerhet som med dagens last. Nettselskapene har ikke vurdert hvordan effektbehovet vil påvirke spenningskvalitet.

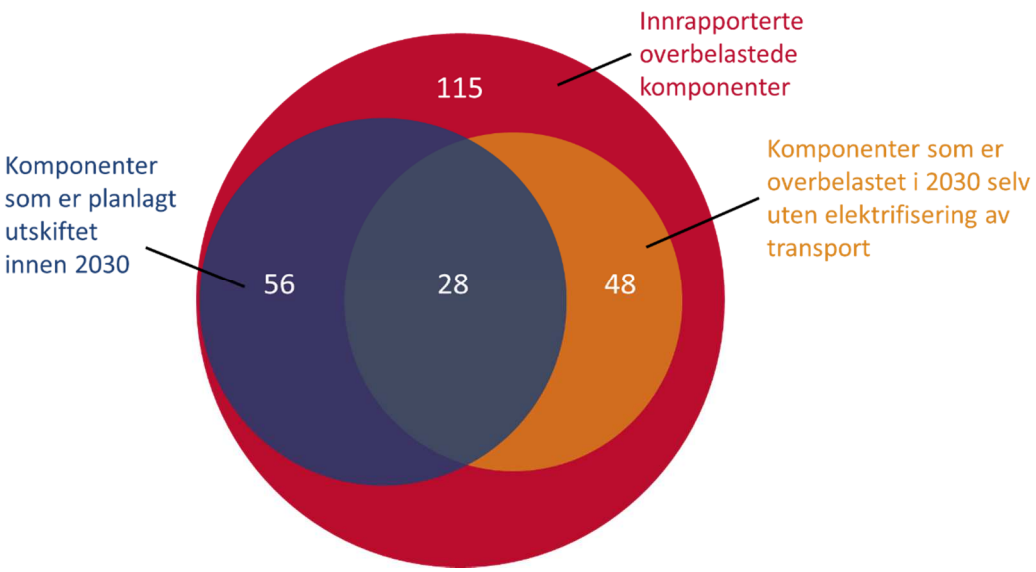
Vi har forsøkt å skape et mest mulig sammenlignbart datagrunnlag, men resultatene er i stor grad avhengig av de utredningsansvarliges egne vurderinger og metoder. For eksempel har ikke alle nettselskap utført utfallsanalyser, som muligens er med på å underrapportere antall kraftledninger som blir overbelastet.

4.3 Resultater fra nettselskapene

4.3.1 Nettselskapene har rapportert inn 115 overbelastede komponenter

Nettselskapene har totalt rapportert inn 115 komponenter i regionalnettet som blir overbelastet med vårt scenario for elektrifisering av transport. Dette er komponenter som blir belastet mer enn 100 prosent av installert ytelse eller som har for liten kapasitet ut i fra et forsyningssikkerhetsperspektiv.

Figur 4-2 gir en oversikt over de innrapporterte komponentene som blir overbelastet. Av totalt 115 komponenter, har nettselskapene uansett planlagt å skifte ut omtrent halvparten av disse innen 2030 på grunn av lastøkning, forsyningssikkerhet eller alder. Videre vil halvparten av komponentene sannsynligvis bli for hardt belastet selv uten elektrifisering av transport ifølge nettselskapenes beregninger for vekst i effektforbruket. De fleste av disse er planlagt utskiftet innen 2030, eller de er under vurdering for å bli utskiftet. Som figuren viser er det en stor andel av de innrapporterte komponentene enten overbelastet allerede i dag eller vil bli overbelastet i 2030 selv uten elektrifisering av transport. Figuren viser også at nær halvparten av overbelastede komponentene planlagt utskiftet/utbedret innen 2030.



Figur 4-2 Illustrasjon (venn-diagram) av innrapporterte overbelastede komponenter.

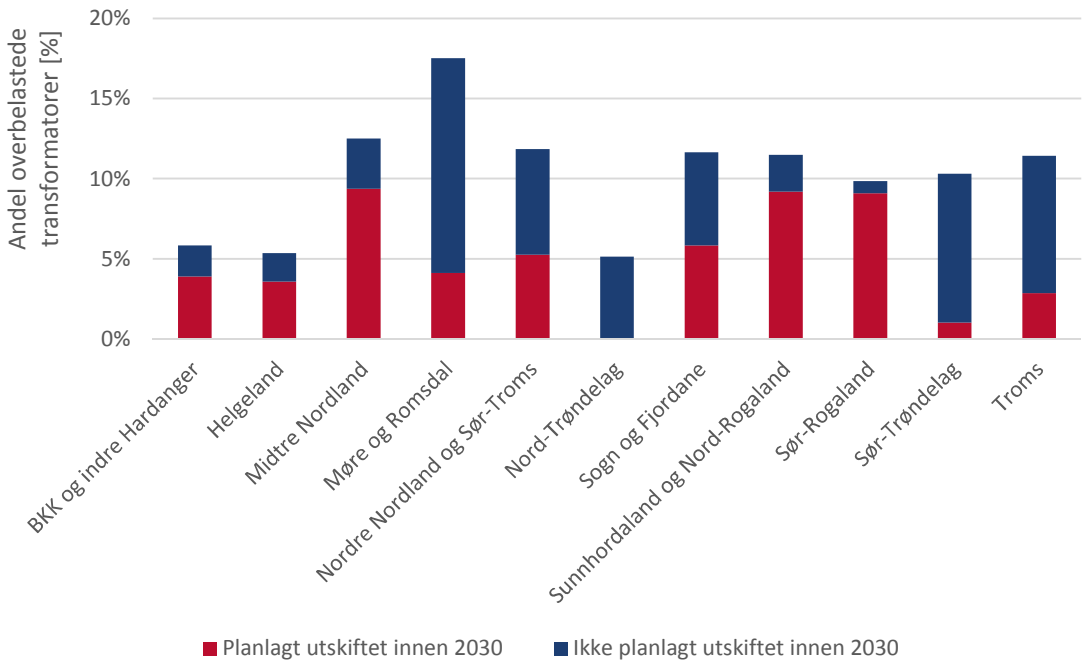
Det er med andre ord vanskelig å gi et klart svar på hvor mange komponenter som må reinvesteres ved en storstilt elektrifisering av transportsektoren. Noen komponenter er allerede hardt belastet og elektrifisering av transport er lastøkningen som akkurat fører til

overbelastning. I andre tilfeller fører elektrifiseringen til at nettselskapene må reinvestere noe tidligere enn opprinnelig planlagt.

4.3.2 Det er hovedsakelig transformatorer som blir overbelastet

Ifølge innrapporteringen utgjør transformatorer nærmere 90 prosent av de overbelastede komponentene. Noe av bakgrunnen til at få kabler og ledninger er innrapportert er manglende utfallsanalyser. Flere utredningsansvarlige har ikke gjennomført en utfallsanalyse for å sjekke om kabler og ledninger blir overbelastet ved utfall av andre kraftledninger. Kraftledningene som er rapportert inn er fra nettselskap som har utført utfallsanalyse for nettet, så det reelle antallet ledninger og kabler som bør oppgraderes ved en elektrifisering av transport er sannsynligvis høyere.

Transformatorene som blir overbelastet utgjør omtrent 10 prosent av alle transformatorer i utredningsområdene. Figur 4-3 viser prosentvis andel av transformatorer som blir overbelastet i hvert KSU-område. Det er da skilt mellom overbelastede transformatorene som er planlagt utskiftet innen 2030 eller ikke. Figuren viser at det er Møre og Romsdal som har størst andel overbelastede transformatorer.

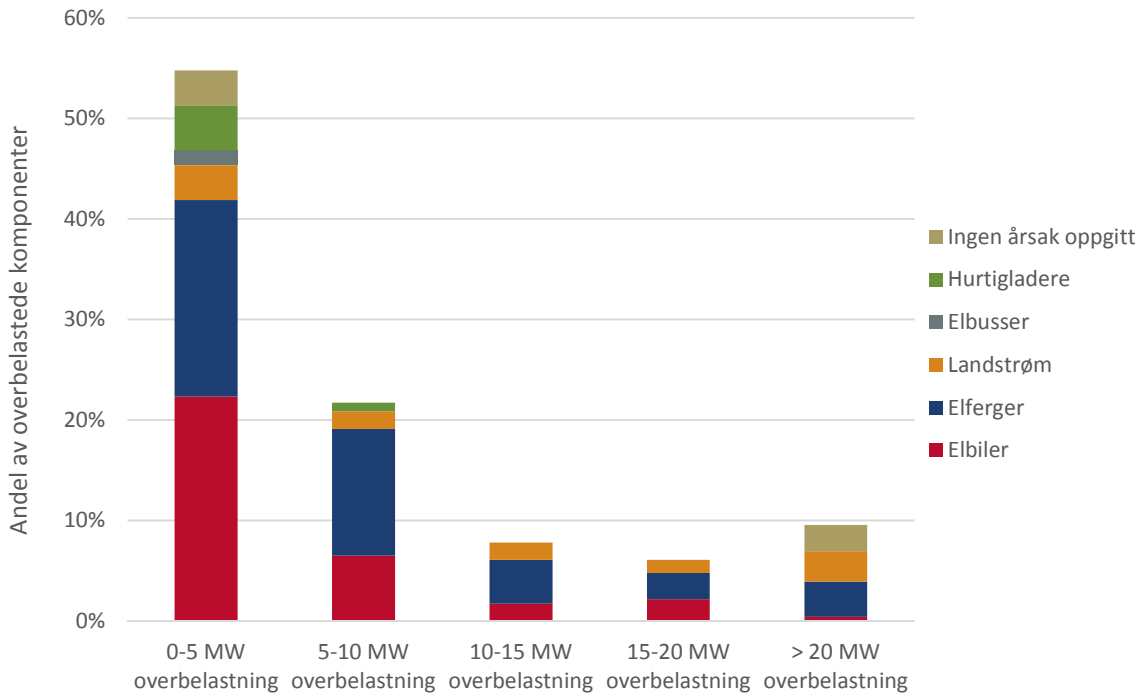


Figur 4-3 Andel overbelastede transformatorer i hvert KSU-område.

4.3.3 Elferger forårsaker flest overbelastninger

Nettselskapene har oppgitt om det er elbiler, hurtigladere, elbusser, elferger eller landstrøm som er hovedårsaken til at en komponent blir overbelastet. I enkelte tilfeller er flere årsaker oppgitt dersom de gir tilnærmet likt bidrag, og i noen få tilfeller er ingen hovedårsak oppgitt. Figur 4-4 oppsummerer hva nettselskapene har oppgitt som hovedårsak for sine overbelastede komponenter, gruppert etter hvor stor overbelastning vårt scenario for elektrifisering av transport medfører. Eksempelvis vil en transformator som overbelastes med 3 MW havne i første kolonne i figuren, og dersom hovedårsaken er elbiler blir den farget rød.

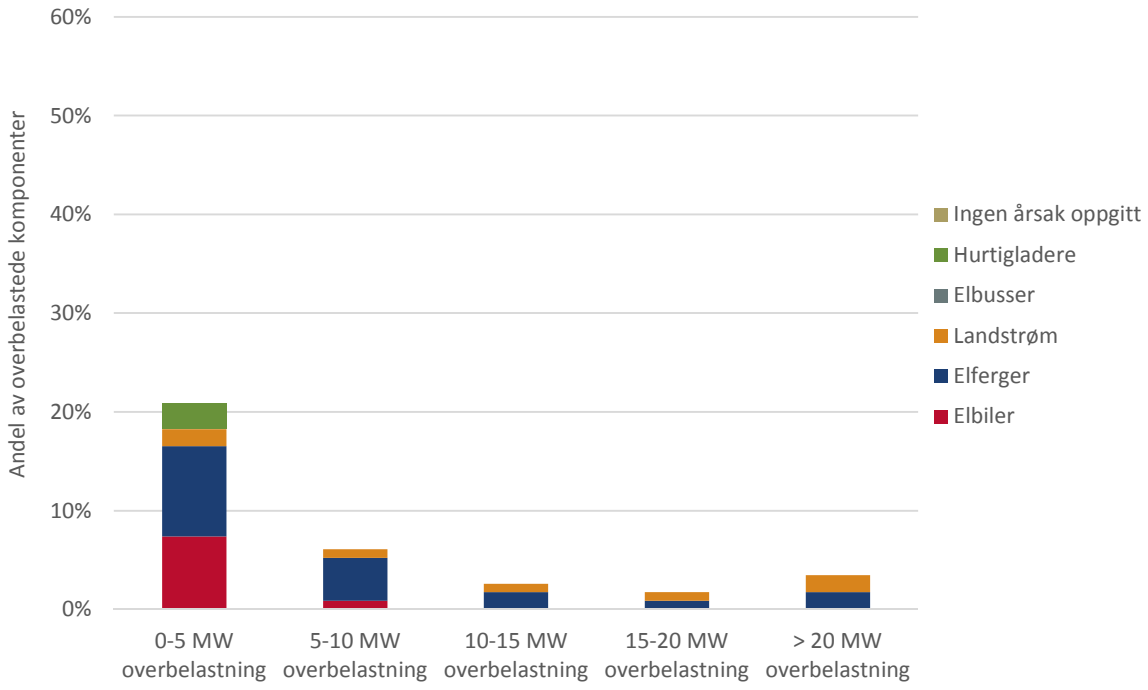
Figur 4-4 viser at det hovedsakelig er elbiler og elferger som forårsaker overbelastningene. Elbiler står for mer enn en tredjedel av de overbelastede komponentene, men overbelastningen er liten i de fleste av disse tilfellene. En overbelastning på noen få MW er uproblematisk for de fleste transformatorer i regionalnettet. Figuren viser også at elferger forårsaker flest overbelastninger, og at disse er til dels store overbelastninger som kan potensielt kreve oppgraderinger av nettet.



Figur 4-4 Årsaken til at komponentene blir overbelastet gruppert etter hvor stor overbelastning vårt scenario for elektrifisering av transport medfører.

4.3.4 Er nettselskapene forberedt på elektrifisering av transport?

En stor andel av de overbelastede komponentene i Figur 4-4, er komponenter som er planlagt utskiftet innen 2030, komponenter som er allerede overbelastet i dag eller som vil bli overbelastet i 2030 selv uten elektrifisering av transport. I Figur 4-5 er disse tilfelle tatt bort og antall overbelastede komponenter er betydelig redusert. Komponentene som gjenstår er komponenter som ikke er planlagt utskiftet innen 2030 hvor elektrifisering av transport er årsak til overbelastningen.



Figur 4-5 Tilsvarende som Figur 4-4, men hvor det sett bort ifra komponenter som blir overbelastet selv uten elektrifisering av transport og komponenter som er planlagt utskiftet innen 2030.

Figur 4-5 viser at overbelastede komponenter med elbiler som hovedårsak har nærmest forsvunnet. Samtidig er det i stor grad er elferger og delvis landstrøm som er årsaken for de resterende overbelastede komponentene. Elferger og landstrøm er altså det forbruket som fører til mest behov for utbygging av regionalnettet.

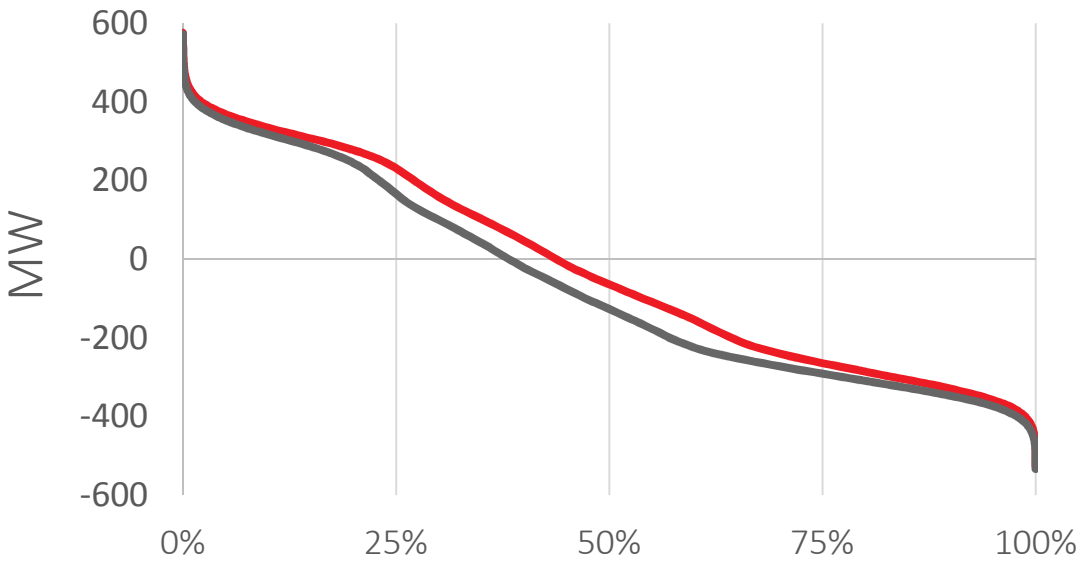
Nettselskapenes kraftsystemutredninger fra 2016 viser at kun noen få utredninger tar hensyn til elektrifisering av transport i sine egne prognoser for effektutviklingen. Hovedsakelig er det elbiler som er inkludert i prognosene, og det er kun ett utredningsområde som har tatt hensyn til elferger i sine prognoser. Elferger og landstrøm vil sannsynligvis inn i nettselskapenes prognoser etter hvert som reelle planer blir til.

4.3.5 Elektrifiseringen har liten betydning for transmisjonsnettet

I tillegg til analysene fra regionalnettselskapene har Statnett utført analyser for å se på konsekvensene for transmisjonsnettet. Statnett har simulert virkningene på transmisjonsnettet i 2030 ved å legge til en elektrifisering som beskrevet i denne rapporten.

Resultatene viser at elektrifiseringen har liten betydning for belastningen på transmisjonsnettet. Det skaper ingen større flaskehalser i systemet, heller ikke der elektrifiseringen blir størst, og det gir ingen store endringer i flytmønsteret.

Som et eksempel viser Figur 4-6 flyt av strøm inn og ut av Stavangerområdet med og uten elektrifisering av transport. Figuren viser at mer strøm vil gå i retning Stavanger på grunn av økt strømforbruk i regionen. Maksimalbelastningen på strømnettet vil derimot øke relativt lite, så transmisjonsnettet har god kapasitet til å håndtere den økte belastningen.



Figur 4-6 Simulert flyt inn og ut av Stavangerområdet med (rød) og uten (grå) elektrifisering av transport, i 2030. Verdiene gjelder samlet flyt på linjene Tonstad-Stokkeland og Kjelland-Stokkeland.

Hovedårsaken til at elektrifisering av transport får liten betydning på transmisjonsnettet er at en relativt liten andel av ladingen foregår på morgenen, samtidig med maksimallasten i transmisjonsnettet. Elbillading står for en forholdsvis stor andel av det økte strømforbruket fra elektrisering, men lades hovedsakelig på kvelden og natten.

4.4 Tiltakskostnader i nettet

I tilbakemeldingene skulle nettselskapene oppgi hvilke tiltak som er nødvendig for å gi tilstrekkelig kapasitet til det nye effektbehovet. De aller fleste tiltakene var naturlig nok å sette inn en ny eller bytte til en større transformator. I noen tilfeller var overbelastningen så liten at å montere vifter på transformatorene var tilstrekkelig. I flere tilfeller må det bygges en ny transformatorstasjon, men i nesten alle disse tilfellene er ny stasjon allerede planlagt og den eksisterende stasjonen vil i 2030 være overbelastet selv uten elektrifisering av transport.

I de tilfellene der tiltak i nettet er nødvendig og er allerede planlagt, har vi hentet kostnader fra KSU-rapportene. Kostnaden for tiltakene varierer fra 300 000 til 70 MNOK, med 30 MNOK som snittkostnad per komponent.

4.4.1 Distribusjonsnettet krever også investeringer

I arbeidet med denne rapporten har vi ikke vurdert kostnader i distribusjonsnettet. Hjemmelading av elbil kan føre til økt investeringsbehov i nettet, men spesielt for hurtigladestasjoner og ladestasjoner til busser og båter kan kostnadene bli svært høye. For sistnevnte vil kostnadene hovedsakelig måtte betales av de som ønsker nytt forbruk gjennom anleggsbidrag.

DNV GL har tallfestet kostnaden for å gi nødvendig effekt til 55 fergestrekninger som er aktuelle for omlegging til elferger. Nettkostnaden pr. fergesamband varierer fra 0 til 81 MNOK og inkluderer alle nødvendige nettkostnader i både distribusjon- og regionalnett. Totalt beløper kostnadene seg til 900 MNOK, hvor 800 MNOK av disse må betales med anleggsbidrag.

4.5 Tiltak for å redusere nettinvesteringene

4.5.1 Batteribanker og lengre ladetid

Batteribanker kan være en mulighet for å redusere effektbehovet og nettinvesteringene. Batteribanker er særlig aktuelt for elferger som har kort ladetid og høyt effektbehov. Dette ble løsningen for «Ampere», Norges foreløpig eneste helelektriske ferge, som hadde problemer med å få nok effekt fra distribusjonsnettet. Ifølge Teknisk Ukeblad ble det da

installert en 350 kWh batteribank på hver kai for å jevne ut effektbehovet fremfor å oppgradere nettet.

Batteribank ble også løsningen for Flakk-Rørvik sambandet i Trøndelag. Der var det opprinnelig planlagt et effektbehov på 4,5 MW på hver kai for lading av de nye hybridfergene, men dette ville ha gitt spenningsproblemer i regionalnettet på Rørvik-siden. Det er derfor planlagt å installere en batteribank som reduserer effektbehovet til 2,5 MW. Fergerederiet Norled oppgir at de ser at batteribank vil være nødvendig i de fleste tilfeller hvor nettkapasiteten er begrenset.

Lengre liggetid til kai kan i mange tilfeller redusere nettinvesteringene betydelig, da dette vil føre til lavere nødvendig effekt. Mange steder er dette en utfordring fordi fergeselskapene ønsker å opprettholde samme rutetabell som før elektrifisering, noe som sjelden er forenelig med lengre liggetid.

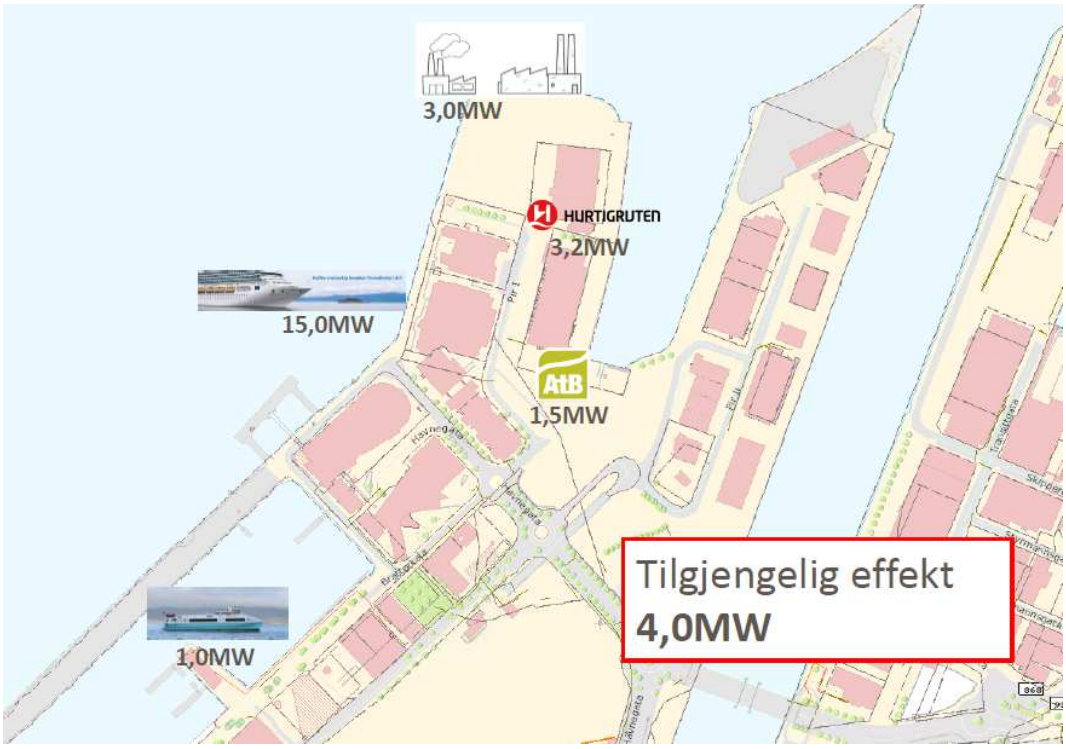
Det er også mulig å installere batterier i tilknytning til hurtigladestasjoner. Dette kan redusere effektbehovet, men ifølge operatørene av ladestasjoner er dette en veldig dyr løsning.

4.5.2 Nattlading og tilbakelading

Lading av elbil er for det meste en svært fleksibel last. Når det innføres effekttariffer for alle kunder tror vi at flere vil flytte elbilladingen til natten for å redusere nettleia. Dette kan føre til en lavere maksimallast enn det vi antyder her, men tallene er uansett usikre.

En gjennomsnittlig bil står stille omtrent 98 prosent av tiden og lading av elbil er i mange tilfeller en svært fleksibel last. Lading av elbil er faktisk så fleksibel at det finnes flere prosjekter for å bruke elbilbatteriet til å sende strøm tilbake til strømnettet.

4.6 Elektrifisering av havna i Trondheim.



Figur 4-7 Etterspurt effekt til landstrøm samt lading av elferge, elhurtigbåt og elbuss. Kilde: Trønder Energi Nett

Havna i Trondheim kan egne seg godt for en beskrivelse av elektrifisering i praksis da Trønder Energi Nett har fått forespørsler fra flere aktører som ønsker å elektrifisere transporten i området. Halvparten av flåten til Hurtigruta har installert mottakssystem for landstrøm, og på kaia i Trondheim vil de snart få mulighet til å koble seg til. En ny nettstasjon med kapasitet på 3,2 MW er allerede bestilt, og dette gir kapasitet til å lade to hurtigrutebåter samtidig.

Som nevnt tidligere har Trondheim planer om å elektrifisere bybussene. For å få dette til ønsker de 1,5 MW ladeeffekt i Trondheim havn innen 2024.

Sør-Trøndelag fylkeskommune har et mål om å sette i drift null- eller lavutslipps hurtigbåter innen 2024. Elektrisk hurtigbåt er en av de mulige teknologiene, og dette alternativet vil kreve 1 MW ladeeffekt. Hurtigbåten krever mye energi men har lengre liggetid, sammenlignet med ferger, dette gir rom for lavere ladeeffekt

Trønder Energi Nett har også fått en forespørsel om 3 MW effekt fra en aktør som ønsker å lage hydrogen for å benytte dette som drivstoff til fremtidig transport i tilknytning til kaia. Om dette kan erstatte effektbehovet til f.eks. hurtigbåten er usikkert.

I tillegg har ønsker Trondheim Havn å tilby landstrøm til cruisebåter i havna, og trenger 15 MW til dette. Kostnaden for å føre fram så stor effekt er nok ganske høy sammenlignet med liggetiden til båtene, som anslagsvis har fem anløp i året på tre liggedøgn hver.

Det er nå ledig kapasitet til kun 4 MW i havna, som er begrenset av 11 kV strømkabler inn til området. Det er dermed ikke kapasitet til all den etterspurte effekten i området. For å øke kapasiteten må det legges nye høyspentkabler fra nærmeste regionalnettstasjon med ledig kapasitet, eventuelt bygge en ny regionalnettstasjon i området. Økt effektetterspørsel fra annen virksomhet i området kan også utløse behov for mer kapasitet og dermed redusere den relative kostnaden for å elektrifisere transporten i havna.

5 Energibruk og utslipp fra transport

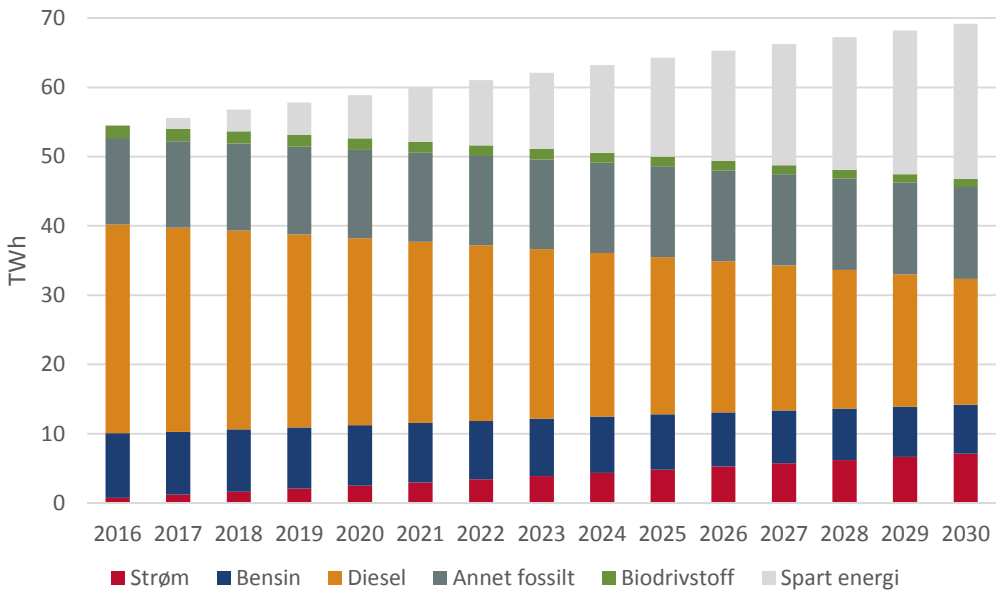
5.1 Redusert energibruk

Det totale energibruken til innenriks transport i Norge er på ca. 55 TWh. Til sammenligning var strømforbruket i hele Norge på litt over 130 TWh i 2016. Veitransport er den sektoren som bruker mest energi, etterfulgt av alle former for kysttransport som gods på sjø, ferger og hurtigbåter. Tabell 5-1 viser energibruken i de ulike transportsektorene i 2016.

Vei	39,6	TWh
Kyst	10,1	TWh
Innenlands luftfart	4,6	TWh
Tog, bane og trikk	0,6	TWh
Sum	**54,9**	**TWh**

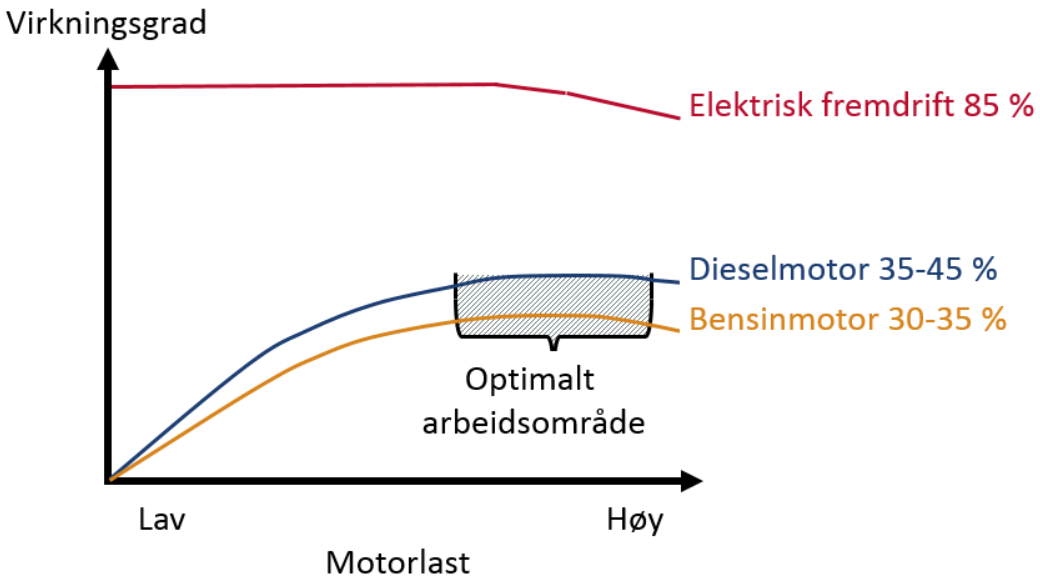
Tabell 5-1 Oversikt over energibruken i de ulike transportsektorene i Norge. Kilde: SSB, Energibalansen

I sektorene vei og bane brukes det noe strøm og biodrivstoff, men mer enn 95 prosent av energibruken i tabellen over er fra fossilt drivstoff. Ved å legge til grunn elektrifiseringsscenariet som beskrevet i Kapittel 2, har vi sett på hvilke konsekvenser dette får for energibruken i transportsektoren mot 2030. Vi har antatt at halvparten av passasjertrafikken på båt, halvparten av personbiltrafikken, samt halvparten av busstrafikken utføres elektrisk i 2030. Utviklingen frem til da er lineær. En illustrasjon av hva dette innebærer for energibruken er vist i Figur 5-1.



Figur 5-1 Illustrasjon av energibruken til all innenlands transport i Norge gitt forutsetningene i denne rapporten.

Selv om dette inkluderer en antatt transportvekst frem mot 2030, vil total energibruk til transport synke da batterielektrisk fremdrift er tre til fire ganger så energieffektivt som fossil fremdrift. Virkningsgraden til elektrisk fremdrift sammenlignet med diesel- og bensinmotor er illustrert i Figur 5-2.



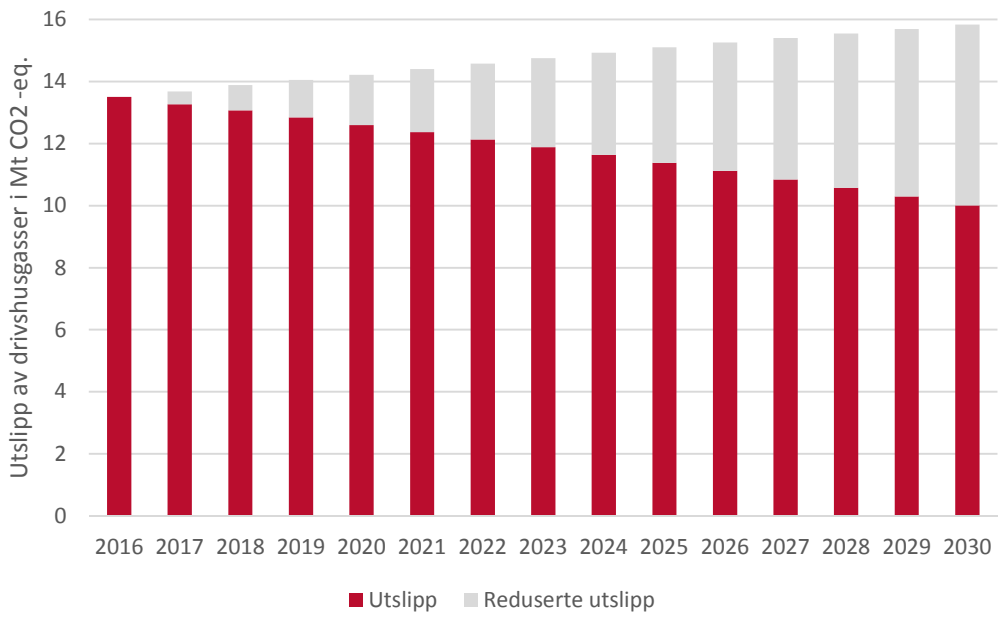
Figur 5-2 Illustrasjon av virkningsgrad for elektrisk fremdrift sammenlignet med diesel- og bensinmotor. Illustrasjonen er basert på figur fra Transportøkonomisk institutt (TØI).

Det er fortsatt et stort forbruk av fossilt drivstoff i scenariet over, som hovedsakelig fordeler seg på godstransport på sjøen, flytrafikk, tungtransport på vei, langdistansebusser, samt resterende fossilt forbruk i de elektrifiserte kategoriene.

Disse tallene er kun ment som en illustrasjon på utviklingen i energibruk ved overgang til elektrisk fremdrift. Med dagens teknologi og utsikter videre vil batterielektrisk sannsynligvis være mest utbredt for små- og mellomstore kjøretøy samt ferger, mens hydrogen og biodrivstoff kan spille en viktig rolle i elektrifiseringen av tungtransport og hurtigbåter.

5.2 Reduserte utslipp

Konvertering fra fossilt drivstoff til strøm som har mye lavere eller ingen CO_2-intensitet vil følgelig redusere utslippene. Gitt forutsetningene fra scenariet i denne rapporten vil utslippene reduseres som vist i Figur 5-3. Søylene «reduserte» utslipp viser utslippsbesparelsen som en følge av elektrifiseringen, sammenlignet med en referansebane uten elektrifisering som i Figur 5-1.



Figur 5-3 Utslipp av klimagasser fra transportsektoren, gitt elektrifiseringsscenariet i denne rapporten. «Reduserte utslipp» er sammenlignet med en referansebane uten elektrifisering.

Med våre antagelser vil klimagassutslippene fra transportsektoren synke fra 13,5 til 10 $MtCO_2$-ekvivalenter fra 2016 til 2030. Dette forutsetter at strømproduksjonen er fornybar

og utslippsfri. I 2030 vil dette gi en årlig besparelse på nær 6 Mt CO_2, sammenlignet med referansebanen uten elektrifisering. Dette tilsvarer omtrent 10 prosent av Norges samlede CO_2-utslipp i 2015.

6 Referanser

Bergen og Omland Havnevesen, B. (2017, Mai 27). Samtaler med Even Husby, Prosjektleder Miljø.

Bloomberg. (2016, Februar). *Here's How Electric Cars Will Cause the Next Oil Crisis.* Hentet fra https://www.bloomberg.com/features/2016-ev-oil-crisis/

Color Line. (2016). Hentet fra Colorline.no: https://www.colorline.no/om-oss/pressesenter/color-line-med-hybridferge

DNV GL. (2015). *Elektrifisering av bilferger i Norge - kartlegging av investeringsbehovet i strømnettet.*

DNV GL. (2015). *Landstrøm i norske havner.*

DNV GL. (2016). *Realisering av null- og lavutslippsløsninger i anbudsprosessen for fergesamband.*

Electrek. (2017, Juni). *GM lists the price of the Chevy Bolt EV's battery* . Hentet fra https://electrek.co/2017/06/12/gm-bolt-ev-battery-pack-price-cost/

Enova SF. (2017, Juni 27). *Enova.no.* Hentet fra 20 landstrømsprosjekter får Enova-støtte: http://presse.enova.no/pressreleases/20-landstroemprosjekter-faar-enova-stoette-2019649?utm_campaign=send_list&_ga=2.175777698.1087541817.1502366817-1291764437.1484812396

Finansdepartementet. (2016). *Nasjonalbudsjettet 2017.*

Fortum. (2017). *Fortum Charge and Drive.* Hentet fra http://www.fortum.no/pressemeldinger/hpc-ladere/

Hordaland.no. (2017). *Hordaland Fylkeskommune*. Hentet fra https://www.hordaland.no/nn-NO/nyheitsarkiv/2017/miljokontraktar-ogsa-for-dei-siste-to-ferjesambanda-i-hordaland/

IEA. (2016). *Global EV Outlook 2016.*

IEA. (2017). *Global EV Outlook.*

IPCC. (2014). *Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press.

McKinsey&Company. (2016, Januar). Electrifying insights: How automakers can drive electrified vehicle sales and profitability. ss. http://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/electrifying-insights-how-automakers-can-drive-electrified-vehicle-sales-and-profitability.

Miljødirektoratet. (2015). *Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030.*

NVE. (2016). *Hva betyr elbiler for strømnettet?*

Oslo Havn. (2017). *ohv.oslo.no*. Hentet fra http://www.ohv.oslo.no/no/nyheter/2016/Landstr%C3%B8m+i+Oslo+havn.b7C_wlHK1O.ips

Ruter. (2017). *Fossilfri 2020*. Hentet fra https://ruter.no/om-ruter/prosjekter/fossilfri2020/

Samferdselsdepartementet. (2017). *Nasjonal transportplan 2018-2029.*

Selfa. (2016). *Batteri/brenselcelle hurtigbåt.*

Siemens. (2016). *Bedre klima og smartere økonomi, Landstrøm i norske havner - en mulighetsstudie.*

Statistisk sentralbyrå. (2017, Mars). *Registrerte kjøretøy, 2016*. Hentet fra https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/statistikker/bilreg

Statoil. (2017). *Statoil.com*. Hentet fra https://www.statoil.com/no/news/aaaaaaaabbbbb.html

Sysla.no. (2017). *Sysla.no*. Hentet fra https://sysla.no/maritim/ferjer-34-milliardar/

Sør-Trøndelag fylkeskommune. (2017). *stfk.no*. Hentet fra https://www.stfk.no/no/Nyheter-Internett/Trondelag-onsker-hurtigbater-verden-ikke-har-sett-for/

Teknisk Ukeblad. (2017). Hentet fra https://www.tu.no/artikler/nar-den-nye-fabrikken-til-siemens-er-i-gang-vil-fire-av-fem-store-maritime-batteriprodusenter-drive-i-norge/382503

The Economist. (2017, August). The death of the internal combustion engine. ss. https://www.economist.com/news/leaders/21726071-it-had-good-run-end-sight-machine-changed-world-death.

Transportøkonomisk Institutt (TØI). (2017). *Klima- og miljøvennlig transport frem mot 2025. Vurderinger av mulige teknologiske løsninger for buss.* Hentet fra https://www.toi.no/getfile.php/1345681/mmarkiv/Aktuelt/1571-2017_final.pdf

TU. (2017, Mars). *Teknisk Ukeblad*. Hentet fra https://www.tu.no/artikler/en-rekke-konsepter-for-elbusser-skal-proves-ut-i-2017/377387

Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no