Nasjonal transportplan 2022-2033

REDUKSJON AV KLIMAGASSUTSLIPP

Utredningsrapport 4. desember 2018

Foto: Knut Opeide, Statens vegvesen

AVINOR Jernbane-direktoratet KYSTVERKET NyeVeier Statens vegvesen

FORORD

Samferdselsdepartementet meldte i brev av 11. januar 2019 at de ønsket å legge opp til en ny styring av NTP-prosessen. Det ble etablert en ny styringsmodell, som innebar en annen prosess og organisering av arbeidet enn det som ble meddelt Avinor AS, Jernbanedirektoratet, Kystverket, Nye Veier AS og Statens vegvesen (heretter: transportvirksomhetene) gjennom brev av 11. mai 2018.

I forkant av dette brevet hadde transportvirksomhetene satt i gang et utredningsarbeid som en del av grunnlaget for Nasjonal transportplan 2022-2033. Utredningsarbeid ble gjort innen sju utvalgte områder:

- Klima
- Miljø
- Teknologi
- Byområder
- Godstransport
- Transportsikkerhet
- Samfunnssikkerhet

Denne rapporten ble utarbeidet i forbindelse med dette utredningsarbeidet. Rapporten ble utarbeidet av en utredningsgruppe og står for utredningsgruppens regning. Klima var et tema som senere ble gitt som et eget utredningsoppdrag av Klima- og miljødepartementet i Klimakur 2030.

Dette arbeidsdokumentet drøfter følgende fire områder:

1. Revidering av klimastrategi
2. Felles utslippsberegninger av utbyggingsprosjekter
3. Utslipp fra transportmidler
4. Utslipp fra anleggsvirksomhet og drift av infrastruktur

Anbefalingene i notatet er et forslag fra en prosjektgruppe.

Prosjektgruppen har bestått av følgende medlemmer:
Leder: Jørn Arntsen, Statens vegvesen
Sekretær: Maja Cimmerbeck, Statens vegvesen
Olav Mosvold Larsen, Avinor
Lene Gjelsvik, Kystverket
Per Fjeldal, Jernbanedirektoratet
Anne-Lise Bratsberg, Nye Veier (deltatt i deler av arbeidet)

Miljødirektoratet har deltatt som rådgiver inn i arbeidet. I tillegg til dette har ulike fagpersoner i virksomhetene bidratt vesentlig til de enkelte delkapitlene.

Oslo, 4. desember 2018

Jørn Arntsen
Prosjektleder for klimautredningen

Innholdsfortegnelse

Forord 3
1 Innledning 7
1.1 Mandat for tverretatlig klimagruppe 8
1.2 Klimagassutslipp fra transport 9
2 Oppsummering og anbefalinger fra klimagruppen 10
3 Klimagassutslipp fra de ulike transportformene 12
3.1 Veitransport – status, utfordringer og løsning 12
3.2 Jernbanetransport – status, utfordringer og løsninger 16
3.3 Lufttransport – status, utfordringer og løsninger 18
3.4 Sjøtransport - status, utfordringer og løsninger 20
4 Livsløpsanalyser og helhetstenkning 23
4.1 Beregningsmodeller for LCA i infrastrukturutbygging 25
5 Hvordan redusere utslipp fra anlegg 26
5.1 Klimagassreduksjon gjennom planlegging/prosjektering 27
5.2 Kutt i direkte utslipp – innføring av nullutslippsteknologi 28
5.3 Utslipp fra drift og vedlikehold av infrastruktur 28
6 Energi 30
7 Ny teknologi og nye utfordringer 32
Vedlegg 1: LCA-transportmidler og systemer - Litteraturstudie 33
Vedlegg 2: LCA elbiler – Litteraturstudie 34
Vedlegg 3: Muligheter for utslippsreduksjoner i anlegg – Rapport 44
Vedlegg 4: Foreløpig grunnlag for CO_2-intensitetsfaktor 45

1 INNLEDNING

Dette er resultatet av et arbeid i en tverretatlig arbeidsgruppe som er en del av forarbeidene til NTP 2022-2033. Arbeidet omfatter blant annet en revisjon av klimastrategien som transportvirksomhetene la frem som en del av NTP-arbeidet i 2016. For at Norge skal oppfylle Parisavtalen og nå klimamålet mot 2030 må store deler av de innenlandske utslippsreduksjonene i ikke-kvotepliktig sektor måtte tas gjennom kutt i transportsektoren.

Nasjonal transportplan 2018–2029 foreslo kutt i klimagassutslippene fra sektoren, med mål om 40 % reduksjon i 2030 og å være et lavutslippssamfunn i 2050. Dette oppnås gjennom:

Innfasing av null- og lavutslipps transportmidler, særlig på vei

- Bruk av biodrivstoff
- Godsoverføring
- Utbygging av landstrøm
- Utbygging av kollektivtiltak og gang- og sykkeltiltak
- Utslippskutt fra anleggsvirksomheten

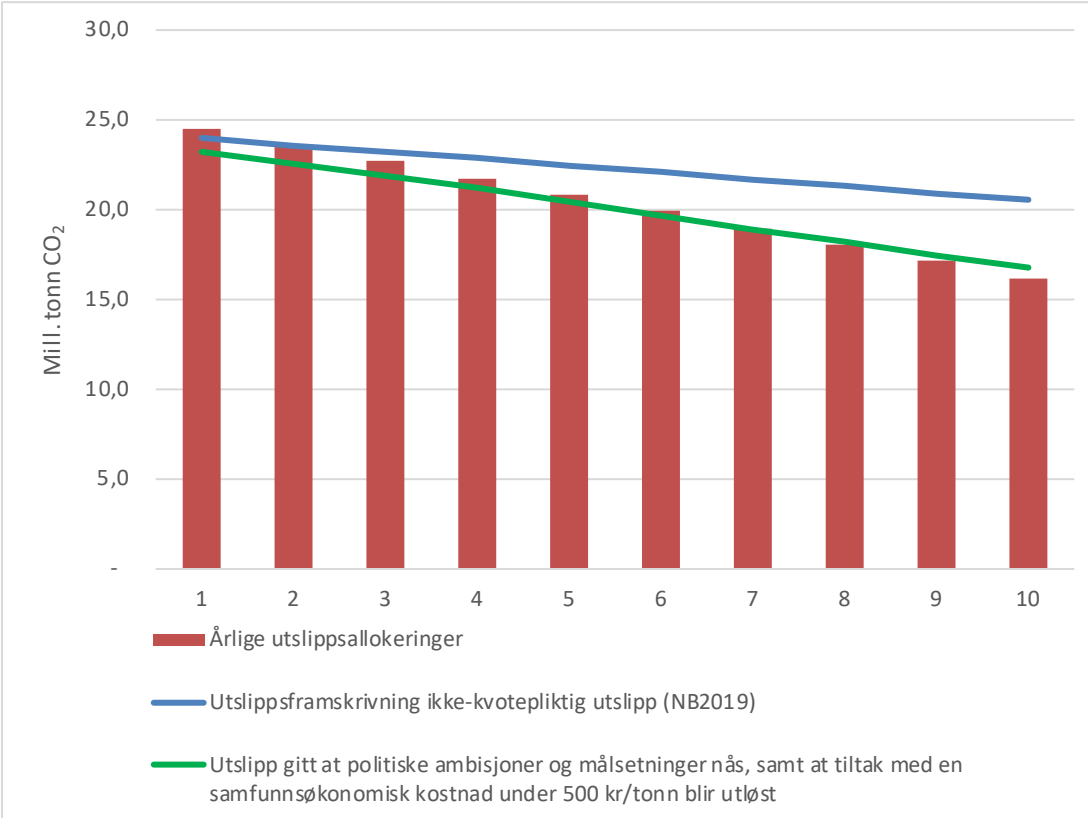
I referansebanen i framskrivingene i Prop. 1S (2018-2019) for KLD er det forventet at ikke-kvotepliktige utslipp fra transportsektoren reduseres fra 14,8 mill. tonn i 2005 til 11,1 mill. tonn i 2030. Dette tilsvarer et kutt på 22 % for transportsektoren sammenlignet med i dag.

I reelle tall viser framskrivingene i referansebanen følgende utslipp i millioner tonn CO_2-ekvivalenter fra transportsektoren i 2030:

	1990*	**2005**	**2017**	**2030**
Transport	12,1	14,8	14,2	11,1
Veitrafikk	7,2	9,3	8,8	6,4
Personbil		*5,2*	*4,7*	*2,6*
Annen veitrafikk		*4,1*	*4,1*	*3,7*
Sjø, luft, annet	4,9			4,7
Innenriks sjøfart og fiske		*3,0*	*2,4*	*1,9*
Luftfart (ikke kvotepliktig)		*0,2*	*0,2*	*0,2*
Annen transport		*2,3*	*2,8*	*2,6*

* 1990 kun ikke kvotepliktige utslipp, derfor samsvarer ikke tallene helt med SSB.

Norge er i forhandlinger med EU om en felles oppnåelse av utslippsmålene i Parisavtalen. Hvis Norge og EU blir enige vil Norges oppfyllelse av målene måles gjennom et karbonbudsjett for perioden 2021-2030. Miljødirektoratets beregninger viser at det er mulig for Norge å nå målene nasjonalt gitt at politiske ambisjoner og målsettinger nås, samt ta tiltak med samfunnsøkonomisk kostnad under 500 kroner pr tonn blir utløst. Det kan hende at det blir politisk ønskelig å gjøre ytterligere tiltak i blant annet transportsektoren.



Figuren viser framskrivinger av utslippene og et mulig karbonbudsjett i Norge. Gitt utslippsreduksjonen som ligger til grunn for framskrivingen fra NB2019 og at politiske ambisjoner og målsetninger nås, samt at tiltak med en samfunnsøkonomisk kostnad under 500 kroner pr tonn utløses, vil utslippene i transportsektoren være om lag 8,6 mill. tonn i 2030. Dette tilsvarer en reduksjon på om lag 40 % sammenlignet med i dag. En halvering av utslippene i tråd med Jeløyaplattformen vil kreve en reduksjon på ytterligere om lag 1,5 mill. tonn CO_2.

1.1 MANDAT FOR TVERRETATLIG KLIMAGRUPPE

Det ble satt ned en tverretatlig arbeidsgruppe for å revidere klimastrategien med representanter fra Statens vegvesen Vegdirektoratet, Jernbanedirektoratet, Kystverket og Avinor. Miljødirektoratet har bidratt som rådgiver i arbeidet. Nye Veier har deltatt i diskusjoner og med faglig grunnlag om utslipp fra anleggsvirksomhet og felles utslippsberegninger.

En stor del av arbeidet i gruppen har vært å samle og systematisere kunnskap om utslipp fra anleggsarbeid. Et oppdrag fra Samferdselsdepartementet om å lage et kunnskapsgrunnlag for fossilfrie anleggsplasser ble lagt til arbeidsgruppen.

Mandatet for arbeidet hadde følgende 4 hovedpunkter:

1. Revisjon av klimastrategi med beregning av fremtidige klimautslipp og beskrive effekter av mulige tiltak. Herunder prognoser for utvikling og innfasing av nullutslipps transportmidler og utslipp fra transportmidlene. Det skal gjøres strategiske vurderinger, inkludert avveining av eventuelle målkonflikter.
2. Arbeide videre med å utvikle felles utslippsberegninger for utbyggingsprosjekter i transportsektoren. Mål om å utvikle metoder og verktøy og etablere felles utgangspunkt for kontraktskrav, utslippsfaktorer og priser.

3. Legge frem kunnskapsgrunnlag om utslipp fra transportmidlene i et livsløpsperspektiv
4. Utrede hvordan utslipp fra anleggsvirksomhet og drift av infrastruktur kan reduseres gjennom tiltak og krav i kontrakter

Punkt 1 svares delvis ut i denne rapporten, og blir delvis løst gjennom beregninger som gjennomføres av gruppen for transportanalyser og samfunnsøkonomi senere i høst. Punkt 2 svares delvis ut i denne rapporten og vil bli fulgt opp med tilpasning av virksomhetenes beregningsverktøy. Punkt 3 er lagt frem i en egen rapport, vedlegg 1, og et notat, vedlegg 2, og er bare kort omtalt her. Punkt 4 blir behandlet overordnet her og beskrevet nærmere i rapporten i vedlegg 3 og blir delvis løst i andre prosesser og arbeidsoppgaver (for eksempel prosjektet Krav til Klimakutt i Konkurransegrunnlag (KraKK, SVV) og DIFIs arbeid med klima- og miljøvennlige offentlige anskaffelser.

Tiltak som går direkte på byområdene/kollektivtransport, godstransport, og ny teknologi, men som også har klimaeffekter, er ikke omtalt her, men i rapportene fra de respektive arbeidsgruppene.

1.2 KLIMAGASSUTSLIPP FRA TRANSPORT

Aktiviteten i transportsektoren har økt mye fra 1990. Utslippene har også økt, men ikke i samme grad som aktiviteten. Utslippene fra veitrafikken og luftfarten er høyere enn i 1990, mens utslippene fra jernbane og sjøfart er mindre.

Med unntak av luftfart er utslippene fra transportsektoren ikke kvotepliktige. Sivil luftfart internt i EU/EØS er del av kvotepliktig sektor på linje med kraftproduksjon og mye av industrien.

	1990	**Høyeste utslipp**	**2017**
Vei	7,2	9,98 (2015)	8,8
Sjø	3,19	4,16 (1999)	2,91 (2016)
Luft	0,62	1,62 (2014)	1,51 (2016)
Bane	0,11	0,12 (1994)	0,05 (2016)

Tabellen viser utslipp i millioner tonn CO_2-ekv. for transportformene i 1990 og 2017 samt det året med høyest utslipp. Sjø=Innenriks skipstrafikk og fiske.

2 OPPSUMMERING OG ANBEFALINGER FRA KLIMAGRUPPEN

I grunnlagsberegningene til Prop 1 S (2018-2019) viser Miljødirektoratet at de politiske målene utenfor referansebanen sammen med gjennomføring av tiltak som har en samfunnsøkonomisk kostnad på under 500 kroner pr tonn CO_2 vil være tilstrekkelig til at Norge oppfyller sin forpliktelse. Tiltakene er svært forskjellige, fra elektriske motorsykler til redusert matsvinn, redusert inntak av kjøtt, økt gjenvinning av plast med mer.

Vanskelighetsgraden i gjennomføring av de nasjonale tiltakene vil også variere veldig.

Dersom det er et politisk ønske om å redusere utslippene fra transportsektoren ytterligere bør det utredes nye tiltak eventuelt andre innfasingstakter av eksisterende tiltak.

Utslippsreduksjoner fra anleggsdriften vil variere med utbyggingsaktiviteten, effektivisering av arbeidet, og andel utslippsfrie maskiner. Økt biodrivstoffbruk vil også kunne bidra innen alle transportformene.

Tiltak som går direkte på byområdene/kollektivtransport, godstransport og ny teknologi, men som også har klimaeffekter, er ikke omtalt her, men i rapportene fra de respektive arbeidsgruppene.

Hva skal til – strategier og tiltak

Hovedtiltaket mot 2050 er rask overgang til nullutslippsløsninger. I et kort perspektiv kan effektivisering gi utslippsreduksjoner. Imellom disse ligger bruk av biodrivstoff (fortrinnsvis avansert biodrivstoff) som kommer til å bli aktuelt langt frem i tid. Disse tiltakene gjelder både for trafikkutslipp og utslipp fra anleggsvirksomheten.

Utslippskutt tidlig i perioden 2021-2030 gir stor uttelling både for klimaet og i Norges utslippsbudsjett som vi er i dialog med EU om. Utslippsbudsjettet innebærer at det er de akkumulerte utslippene i perioden 2021-2030 som må reduseres, ikke bare utslippene i 2030. Det må jobbes parallelt med kortsiktige og langsiktige tiltak.

Utslippskuttene bør først og fremst reduseres gjennom effektivisering og nullutslippsløsninger. De nødvendige kuttene som ikke kan oppnås gjennom effektivisering og nullutslippsløsninger bør tas gjennom bruk av bærekraftig biodrivstoff. Alle transport-former og anleggsmaskiner kan bruke biodrivstoff i forskjellig omfang. Biodrivstoffet bør omsettes og distribueres strategisk og på den mest samfunnsøkonomisk lønnsomme måten.

I NTP-perioden bør utslippsreduksjoner i næringstransporten gis økt oppmerksomhet. Ny teknologi gir muligheter for effektivisering som bør utnyttes både på land og sjø. Insentivene bør etter ca. 2021 i større grad dreies mot nærings- og godstransport og utformes på en måte som sikrer stabile rammevilkår, for eksempel gjennom Enova eller et eventuelt CO_2 -fond. Det må legges til rette for tilstrekkelig tilgang på strøm. For godstransport på vei er det viktig for de lange transportene at utfordringer med lading eller hydrogentilgang for trailere løses i første halvdel av NTP-perioden.

For veitransporten bør salgsmålene for nullutslippskjøretøyer fra NTP 2018-2029 opprettholdes. Tilgang til tilstrekkelig antall elbiler må sikres i konkurransen med andre hurtig voksende elbilmarkeder. Ferjesatsingen må videreføres. Det må legges til rette for tilstrekkelig tilgang på strøm til både ferjer, hjemmelading og hurtiglading.

For jernbanetransporten bør målet om elektrifisering i tråd med gjeldende NTP opprettholdes. Utover dette bør det utredes hvordan jernbanen kostnadseffektivt kan nå nullutslipp innen utgangen av planperioden ved strategisk del-elektrifisering i kombinasjon med batteridrift og/eller bruk av brenselceller.

For sjøfarten må det fortsatt tilrettelegges for landstrøm og ladestrøm i havner, i kombinasjon med tiltak for å utløse effektivisering samt nybygging og ombygging av skip til nullutslippsløsninger. Utslippene er pr i dag særlig store fra passasjertrafikken.

For luftfarten må flyselskapenes energieffektivisering og flåtefornyelse videreføres. Et forslag om omsetningskrav for biodrivstoff i luftfart på 1 % fra 2019 ligger til politisk behandling. Forslag om opptrapping til 30 % i 2030 er ikke utredet. Dersom flytrafikken skal elektrifiseres må det tilrettelegges for ladestrøm på lufthavnene, muligens også hydrogen, ammoniakk el.l. til brenselceller som en kan se for seg at kan benyttes som rekkeviddeforlenger.

Utslippene fra anleggsvirksomheten må kuttes gjennom en målrettet innsats for å fremme teknisk utvikling og bransjens gjennomføringsdyktighet gjennom pilotprosjekter, redusere bransjens økonomiske risiko gjennom forutsigbare, langsiktige krav og bestillinger, og gjennomføring av alle enkle tiltak med relativt lav kostnad. Tiltakene bør omfatte både tiltak på maskiner og drivstoff og tiltak som redusert materialmengde, kortreiste materialer og reduserte utslipp fra materialproduksjon. Livsløpsvurderinger, klimabudsjett og klimaregnskap skal brukes i arbeidet med å finne tiltak.

Anleggsaktiviteten varierer over tid. Klimagruppen foreslår å teste ut mål for utslippsintensiteten i utbyggingsporteføljen. I dag viser grove overslag at det slippes ut mellom 30 og 40 tonn CO_2 pr million kroner investert. Frem til 2022 bør disse beregningene kvalitetssikres gjennom klimagassregnskap for et utvalg av prosjekter. Målet for 2030 bør være å om lag halvere utslippene pr million kroner investert (justert for prisstigning etc.).

Tilgang på tilstrekkelig utslippsfri energi er en nøkkelfaktor for å få redusert utslippene tilstrekkelig. Transportetatene vil arbeide med å få frem gode prognoser for energibehov og samarbeide med energimyndighetene om behov og tilrettelegging.

3 KLIMAGASSUTSLIPP FRA DE ULIKE TRANSPORTFORMENE

Klimagassutslippene fra transportsektoren kan kuttes gjennom å redusere transportomfang gjennom byutvikling, forbedret teknologi og endret transportmiddelbruk i retning mer klimaeffektive transportformer som kollektivtransport og godstransport på sjø og bane. Annen teknologisk utvikling enn drivstoff- og nullutslippsteknologi vil i en overgangsperiode frem til kjøretøyene/fartøyene er utslippsfrie kunne bidra til klimagassreduksjoner, for eksempel økt totalvekt for lastebiler og vogntog, platooning, selvkjørende transportmidler m.m.

Det største reduksjonspotensialet på kort og mellomlang sikt ligger i å forbedre transportmidlene gjennom å ta i bruk drivstoff og energibærere uten utslipp. Noen transportmidler er inne i en positiv teknologiutvikling i dag. Dette gjelder spesielt for lette kjøretøyer, busser og ferjer som utgjør hovedvekten av persontransporten. For andre transportmidler kreves både vesentlig teknologiutvikling og at biodrivstoff med god klimaeffekt blir tilgjengelig til reduserte priser og i økt volum. Dette gjelder særlig luftfart, godstransport på vei og generell skipsfart som utgjør hovedtyngden av godstransporten.

3.1 VEITRANSPORT – STATUS, UTFORDRINGER OG LØSNING

Status

Utslippene fra veitrafikken avhenger av tre faktorer: hvor mye som kjøres, hvor energieffektive kjøretøyene er og hva slags drivstoff de bruker. I tillegg er det forskjeller i hvor mye utslipp som genereres ved produksjon av forskjellige kjøretøyer og forskjellige drivstoff.

De samlede direkte CO_2-utslippene fra veitransporten var 7,2 tonn i 1990. Utslippene gikk ned fra 9,7 millioner tonn i 2016 til 8,8 millioner tonn i 2017. Hovedårsaken til nedgangen var en kraftig økning i omsetning av biodrivstoff, som regnes som nullutslipp i denne sammen-hengen. Biodrivstoff utgjorde 659 millioner liter, eller 18,8 % av det samlede drivstoffsalget. 317 millioner liter kom fra palmeolje, og 138 millioner liter var avansert biodrivstoff. 0,4 % av den samlede omsetningen var produsert i Norge. Bransjen har dokumentert overfor Miljødirektoratet at nesten alt omsatt biodrivstoff overholder EUs bærekraftskriterier.

Den samlede kjørelengden økte med 0,9 % fra 2016 til 2017. Personbilene økte med 0,9 %. Busser, små godsbiler og store lastebiler økte med hhv. 1,3 %, 0,7 %, og 1,5 %.
Salget av nullutslippsbiler øker, og de utgjør nå over 5 % av personbilene. Det ble registrert til sammen 41 000 nye og bruktimporterte elektriske personbiler i 2017. Salget av ladbare hybridbiler økte med 43,9 %. Salget av elektriske varebiler har økt kraftig de siste månedene, delvis grunnet økt vrakpant, men også fordi noen brukergrupper som klarer seg med begrenset kjørelengde pr. dag sparer penger på å bruke elbiler.

Elektriske varebiler utgjør 1,4 % av varebilbestanden. Det er et veldig begrenset utvalg av elektriske varebiler, men flere store produsenter har varslet nye modeller med noe lenger rekkevidde enn dagens modeller.

Elektriske bybysser utgjør 0,3 % av bestanden. Antallet vil øke, da mange kollektivselskaper har planer om innføring av elektriske busser. Mange kommuner, fylkeskommuner og kollektivselskap har fastsatt ambisiøse mål, og ulike teknologiske løsninger for null– og lavutslippsteknologi utprøves flere steder i landet. Elbusser og hydrogenbusser har vært på pilot- og demonstrasjonsstadiet, men el-busser er nå i ferd med å rulles ut i større skala (eksempelvis Trondheim og Oslo).

Det selges svært få tunge varebiler og lastebiler med nullutslipp. I de nærmeste årene introduseres noen serieproduserte modeller med opptil rundt 20 tonn totalvekt. Det er varslet både hydrogen- og batterikjøretøyer med høyere totalvekt fra noen produsenter.

Elektriske og delelektriske ferjer er innført på noen samband. Det arbeides med å få bygd en hydrogenelektrisk ferje.

Nullvekstmålet om å ikke øke bruken av personbil i de store byområdene vil bidra med utslippskutt, men i vesentlig mindre grad enn et teknologisk skifte. Klimaeffekten blir gradvis mindre etter hvert som flere og flere biler bruker nullutslippsteknologi. For den samlede bærekraften i byene er nullvekst likevel et viktig mål, særlig som premiss for innføring av ny teknologi i transportsektoren. Platooning, ITS-løsninger for økt effektivitet i trafikkavviklingen m.v. vil også kunne bidra til noe reduserte utslipp hvis de kommer i gang raskt. Tiltak i byområder omtales i rapporten fra bygruppen, mens andre teknologiske løsninger i hovedsak omtales i teknologirapporten.

Utfordringer

Salget av elbiler i verden har økt med om lag 55 % i 2017, så konkurransen om de nye bilene er stor. I Norge er kundenes etterspørsel etter elbiler er mye større enn produsentenes leveringsevne. For å dekke dagens etterspørsel trenger Norge tilgang på om lag 5 % av alle elbiler som produseres, mens vi i 2030 kommer til å trenge om lag 0,05 % av den forventede verdensproduksjonen (30 millioner biler ifølge Bloomberg). Om noen år vil problemet med for lavt antall biler sannsynligvis være løst, men er usikkert om både antallet og typen bil, vil dekke kundenes ønsker. Det er ikke sikkert at det skjer av seg selv tidsnok til å nå 2025-målet, selv om det er annonsert et stort antall nye modeller fra 2020/2021.

En viktig faktor ved overgangen til nullutslippsbiler, og særlig batteribiler, er tilgangen til strøm i strømnettet. I 2030 vil det være behov for mellom 4,3 og 7,2 TWh til å drive den kjøretøyparken salgsmålene i NTP legger opp til. Dette kan være utfordrende i regionalnettet og lokalnettet. Etter hvert vil flere husstander ha to elbiler, og flere får montert egen hjemmeladestasjon med effekt på 7,6 kW eller helt opp til 22 kW. Effektbehovet kan særlig bli en utfordring i forbindelse med store utfartsdager, særlig på hyttedestinasjonene.

75 % av alle husstander i Norge kan parkere på egen tomt, så for disse vil hjemmelading være en enkel løsning. De som ikke kan parkere på egen tomt vil være mer avhengig av lademulighet på jobb eller hurtigladere. Etter hvert som batterikapasiteten øker og elbilens rekkevidde nærmer seg rekkevidden i en ordinær bil vil barrieren også for denne brukergruppen bli redusert. Hurtigladere kan da brukes på samme måte som bensinstasjoner brukes i dag. I byene hvor det bor flest uten parkeringsmulighet på egen tomt, vil behovet for hurtigladere være størst. Hurtigladerne er i ferd med å bli svært effekt-krevende. Det er presentert ladere på 350 kW og opp mot 500 kW. Høy effekt vil være essensielt for eventuelle trekkvogner med trailer som kjører lange strekninger. Lading av mange trekkvogner samtidig på døgnhvileplasser og rasteplasser vil kreve svært høy samlet effekt. Dette kan både bli en praktisk og økonomisk utfordring for batteribiler, som ikke vil være like fremtredende for hydrogenbiler.

Varebiler har et annet bruksmønster og andre økonomiske forutsetninger enn personbiler. Pr i dag er noen varebiltyper lønnsomme for noen typer kunder, og med fallende produksjonskostnader vil elektriske varebiler bli konkurransedyktige i flere kundegrupper de nærmeste årene. Utviklingen i varebilmarkedet har imidlertid hittil gått langsommere enn for personbilene. Det kan bli en utfordring å nå målet om 100 % nullutslippssalg for lette varebiler i 2025. På den annen side er varebilmarkedet mye mer styrt av lønnsomhet enn personbilmarkedet, og har også en raskere omsetningshastighet, så etter hvert som flere brukergrupper opplever lønnsomhet vil overgangen kunne gå svært raskt. Å nå målet om hovedsakelig nullutslipps varedistribusjon i de største bysentra i 2030 vil kunne bli vel så utfordrende å nå, da distribusjonen også er avhengig av noe større vare- og lastebiler.

Utfordringen med overgang til nullutslippslastebiler er først og fremst at de ikke finnes i ordinær serieproduksjon. Det vil imidlertid introduseres en rekke biler frem mot 2023. Serieproduksjon og lavere batteripris er svært viktig for å få ned innkjøpskostnaden. Også biogass og hydrogen kan være aktuelle drivstoffer. Det finnes heller ikke ordinære hurtigladestasjoner for tungtrafikken, så foreløpig er korte distribusjonsruter det letteste segmentet å elektrifisere, samtidig som den største drivstoffbesparelsen vil inntreffe i langtransporten. Støtteordninger som Enova og et eventuelt CO_2-fond må tilpasses til masse-introduksjon av lastebiler, ikke bare til teknologiske nyvinninger. Miljødirektoratet anslår støttebehov for små lastebiler frem til 2024-2026, for mellomstore frem til 2027-2030 og for tunge lastebiler og trekkvogner frem til 2026-2030. Ved rask teknologiutvikling og kommersialisering kan støtten avsluttes tidligere. Det vil kunne bli en utfordring å skaffe nok elektrisitet til hurtiglading på rasteplasser og døgnhvileplasser til biler som ikke har faste ladepunkter på bedriftens parkeringsplass eller på terminaler.

Bilferjene regnes som en del av veinettet. Det vil i løpet av 2022 være mellom 70-80 ferjer med batterier installert ombord i hel- eller delelektriske drift på innenriks ferjesamband i Norge, både riks- og fylkesvei. Ferjene trekker mellom 1 og 3 MW pr lading, og i 2021 vil det bli utført ca. 1,5 millioner ladinger. Innen 2030 vil 2/3 av den samlede energibruken til ferjene komme fra el-nettet, resten vil være biodrivstoff eller hydrogen. En stor utfordring med overgangen til elektrisitet er tilgangen på tilstrekkelig effekt på ferjekaiene. Batteribanker kan brukes til å jevne ut belastningen i nettet, men det er dyrt og plasskrevende. Det er også utfordringer ved å anlegge tankanlegg for hydrogen, både når det gjelder produksjon og frakt av hydrogen samt sikkerhetsmessige forhold.

Løsninger

Personbilene er det segmentet som har kommet lengst i overgangen. Imidlertid estimerer TØI[1] at vi vil være langt fra å nå 2025-målet i NTP 2018-2029 dersom insentivene avvikles for raskt.

Tilgang til kollektivfelt og tilgang til parkeringsplasser er lite fleksible insentiver. (Med lite fleksible insentiver mener vi insentiver som i omfang og effekt er begrenset av fysiske forhold, for eksempel arealer og kapasitet, eller regulatoriske forhold eller målkonflikter som vi ikke rår over, for eksempel EU-regelverk.) Tilgang til kollektivfelt og tilgang til parkeringsplasser må avvikles når bussene opplever målbare forsinkelser og på grunnlag konflikt med nullutslippsmålet. Momsfritaket er et insentiv som skal godkjennes av ESA, og godkjenningen må fornyes i 2021, dersom prisene ikke har falt nok til at elektriske biler er konkurransedyktige innen da. Dette insentivet har dermed begrenset fleksibilitet. Ved NTP-periodens inngang i 2022 vil det være avgjort om momsfritaket videreføres eller ikke. Tilgang til lade-infrastruktur kan styres gjennom Enova og er et fleksibelt tiltak som enkelt kan skaleres opp eller ned. Etablering av privat lading på egen tomt eller i borettslag vil øke verdien på parkeringsplassen og vil dermed ha begrenset behov for støtte.

Insentiver som null engangsavgift, reduserte ferjetakster og reduserte bompenger er fleksible. Disse insentivene vil legge en større andel av felles utgifter på dem som ikke har råd til å kjøpe ny bil, og vil dermed kunne ha fordelingsvirkninger som blir tydeligere etter hvert som elbiler blir mer vanlige og dersom spriket i totalkostnaden mellom elbiler og bensin- og dieselbiler blir større. Insentivene vil måtte brukes og avvikles med større presisjon enn de ble innført med, samtidig som det må være forutsigbart at det alltid vil lønne seg å velge nullutslippsbiler, både økonomisk og i praktisk bruk.

Etterspørselen etter elbiler styres av kjøpernes ønsker og myndighetenes insentiver, mens tilbudet ikke stimuleres. I dag er det ventetid på opptil 2 år for elektriske familiebiler som passer for folk flest, og enkelte betaler opptil 100.000 kroner over butikkpris for å sikre seg bilen de vil ha. Når produksjonsprisene for elbiler nærmer seg prisen for biler med forbrenningsmotor vil elbilproduksjon bli lønnsomt i det

[1] «Status for elektromobilitet i Norge», TØI 1627/2018

internasjonale markedet, og markedet bør dermed kunne komme i balanse. Det kan imidlertid hende at lønnsomheten er større for andre typer biler, at det er utfordringer med ombygging av fabrikker, at batteriproduksjonen ikke holder tritt med etterspørselen eller andre ting som gjør at det tar lenger tid enn forventet å få tilgang på tilstrekkelig antall biler i Norge.

I EU vedtok parlamentet i oktober et forslag om 20 % CO_2-reduksjon fra nye biler i 2025, økende til 40 % i 2030. Samtidig skal 20 % av bilene som omsettes i 2025 være lav- og nullutslippsbiler, økende til 35 % i 2030. Disse kravene underbygges med økonomisk straff dersom de ikke nås. Endelig vedtak forventes tidlig i 2019. Lignende krav kommer i Kina. Konkurransen om å få tilstrekkelig antall biler til å oppfylle målene vil dermed kunne øke. Stortingets vedtak 29.11.2018 om endring i vegtrafikkloven og tilslutning til vedtak i EØS-komiteen gjør Norge til en del av EUs 95-gramsmål. Slik reduseres konkurransen med EU-landene om tilgang på biler. Veimyndighetene bør øke sin kompetanse rundt prosessene, bilsalget og markedsmessige forhold i EU og andre markeder som kan bidra til mangel på kjøretøyer i Norge, for å kunne gi råd om dimensjonering av tiltak.

De største barrierene for nullutslipps varebiler i dag er begrenset rekkevidde, modellutvalg og pris. I følge TØI[2] er gjennomsnittlig kjørelengde for lette varebiler kortere enn 200 kilometer for 99 % av dagene. For 79 % av brukerne er gjennomsnittlig kjørelengde under 120 kilometer pr dag. Dette er en kjørelengde som er tilgjengelig i dag for både lette og litt større varebiler, så rekkevidde vil neppe være et problem for de fleste kundene ved inngangen til NTP-perioden.

Enovas støtte til innkjøp av nullutslippsvarebiler og -lastebiler er ment å støtte tidlig og relativt umoden teknologi. Det forhandles om innføring av et CO_2-fond som vil kunne gi støtte til innkjøp av moden teknologi, som vil kunne ha et bredere nedslagsfelt enn Enova har i dag.

Mange leveranser har faste ruter med forutsigbar lastevekt. Det gjør det enklere å investere i rett batteristørrelse og oppnå lønnsomhet. For leveranser med lenger kjørestrekning og større kjøretøyer vil store batterier eller eventuelt hydrogen kunne være mer anvendelig.

Etablering av ladestasjoner for nattlading vil være en relativt liten kostnad for de fleste bedriftene som har parkering på egen tomt og vil gi avkastning over mange år. De som kjører varebilen hjem kan ha utfordringer med lading.

Det bør gjøres en samlet vurdering av varetransporten i forbindelse med målet om nullutslipps varetransport i de største byene i 2030. Dersom nullutslippskjøretøyer ikke gir bedriftsøkonomisk lønnsomhet tidlig i NTP-perioden kan det bli krevende å skifte ut store deler av bilparken i årene før 2030, særlig tyngre varebiler og lastebiler. Det bør vurderes om det trengs nye lokale tiltak og eventuelt også bruke byvekstavtalene for å nå målet.

Massetransport står for om lag en fjerdedel av kjørte gods-kilometere, men om lag 60 % av antall tonn. Dette er med andre ord svært energikrevende transport. Dette er kjøretøyer med tung last men relativt korte enkeltturer. For store offentlige utbyggingsprosjekter bør det vurderes om det kan tilrettelegges slik at eventuelle utslippsfrie anleggsmaskiner og lastebiler kan bruke samme energiinfrastruktur. For trekkvogner og vogntog med svært lang daglig kjørelengde vil det være nødvendig med tilgjengelig energiinfrastruktur langs stamveinettet. Vei- og energimyndigheter bør samarbeide om å legge til rette for både tilgang til arealer og energi for denne typen transporter.

Såkalte elveier, som forsyner lastebiler med energi gjennom kjøreledninger over veibanen, gjennom induksjon eller strømskinner er under utprøving i mange land. En norsk konseptstudie, ElinGO,

[2] TØI-rapport 1503/2016

konkluderte med at dette kan være et kostnadseffektivt klimatiltak. Dersom dette blir en mye brukt løsning i resten av Europa bør det vurderes om dette bør innføres i stor skala i Norge også. Det vil sikre at de samme kjøretøyene kan brukes over landegrensene med like vilkår for energitilførsel og pris.

I rapporten «Miljøavtale med CO_2-fond: Modellering av kostnader og potensial for utslippsreduksjoner» modellerer Miljødirektoratet kostnader for elektriske bybusser og langdistansebusser. Basert på de store innkjøpene av elektriske bybusser som er varslet i mange europeiske byer i tiden frem mot 2025, forventes en sterk vekst i produksjon av elektriske busser. Større industriell skala i produksjon vil gi lavere kostnader både som følge av mer effektive monteringslinjer og eventuelt mer egnede chassis. I rapporten pekes det også på at drivlinjen til busser i stor grad er identisk med drivlinjen til lastebiler, noe som kan bidra til positive synergieffekter og prisreduksjon i produksjonsledd. I rapporten antyder man at man ikke vil se en større serieproduksjon av elbusser i Europa før 2020.

Det er igangsatt arbeid i regi av Samferdselsdepartementet for å lage en plan for overgang til nullutslipp i kollektivtrafikken fra 2025. Busser som bruker el, hydrogen og biogass vil bli omtalt der.

Satsingen på lav- og nullutslippsferjer gir svært gode resultater og må videreføres.

3.2 JERNBANETRANSPORT – STATUS, UTFORDRINGER OG LØSNINGER

Status

Elektrifisert jernbaneinfrastruktur er en velprøvd, robust nullutslippsteknologi for fremdrift av kjøretøyer (tog) på skinner. Per i dag kjøres om lag 80 % av antall togkilometer med elektrisitet matet fra kontaktledning. De resterende togkilometerne kjøres med diesel som energibærer. Utslippene fra diesel fra jernbane utgjør årlig ca. 0,05 mill. tonn CO_2-ekvivalenter. Per i dag eksisterer det ikke kommersielt tilgjengelige nullutslippskjøretøyer for jernbane som ikke er elektrifisert med kontaktledning. Jernbanedirektoratet legger imidlertid til rette for uttesting av nullutslippskjøretøyer gjennom bonusordninger i trafikkpakkene for persontrafikk som er utlyst.

Legger man dagens teknologi til grunn finnes ingen nullutslippsalternativer til elektrisk fremdrift med kontaktledning. Elektrisk drift gjør at man både at man kan kjøre lengre tog og at man får en raskere fremføringstid sammenliknet med dieseldrift. Eldrift gir også lavere drivstoffkostnader og lokomotivlogistikk, som er avgjørende for godsoperatørenes konkurransekraft mot andre transportformer.

Jernbanens viktigste bidrag til å nå klimamålene i planperioden vil være å opprettholde og videreutvikle et robust transportsystem med tilnærmet nullutslipp. Ikke minst utgjør jernbanetransport en viktig brikke i det å kunne oppnå nullvekst i biltrafikken rundt de store byene, særlig i Oslo og Akershus. Elektriske godstog utgjør et nullutslippsalternativ til transport av gods over lange avstander.

Utfordringer

Den største utfordringen til jernbanen er å holde en tilstrekkelig høy oppetid/regularitet på jernbanenettet som helhet, slik at kundene stoler på at togene går og ikke skifter til mer utslippsintensive transportformer.

Den største utfordringen knyttet til å elektrifisere resten av banenettet, for å eliminere trafikkutslippene, er investeringskostnadene ved de faste anleggene. Et alternativ for å nå nullutslipp for jernbanen med dagens teknologi vil være å benytte bærekraftig biodrivstoff med de økte driftskostnadene det medfører for togselskapene.

I gjeldende NTP er det lagt opp til elektrifisering av Trønder- og Meråkerbanen, Hønefoss – Follum og Kongsvinger – Hamar. Dersom ikke Trønderbanen elektrifiseres øker utslippene fra persontrafikken

betydelig sammenliknet med nåsituasjonen ettersom motorvognene som benyttes i dag utfases mot betydelig større og tyngre kjøretøyer som planlegges kjørt med høyere frekvens enn i dag.

Legger man til grunn dagens trafikk på de banene som ikke er planlagt elektrifisert vil det på sikt, når teknologien blir kommersielt tilgjengelig, være et potensial for at batterielektrisk drift eller brenselceller vil være mer kostnadseffektivt enn å etablere kontaktledning. Disse antakelsene er basert på estimater gjort av SINTEF som en del av Strategi for de ikke elektrifiserte banene. Det samfunnsøkonomiske regnestykket endrer seg imidlertid i favør av elektrifisering hvis trafikken på strekningen øker. Det at banen er elektrifisert med kontaktledning øker i seg selv sannsynligheten for at flere operatører tar banen i bruk for godstrafikk ettersom bruk av konvensjonelle elektriske lokomotiver er bedriftsøkonomisk mer lønnsomt sammenliknet med batteri- eller brenselcellekjøretøyer.

Norske tog AS er i prosess for innkjøp av bimodale persontog, som både kan kjøre elektrisk med kontaktledning og benytte dieseldrift på ikke-elektrifiserte strekninger. Sammenliknet med et skifte til like store motorvogner med ren dieseldrift vil utslippene være lavere. Utfordringen er imidlertid at utslippene øker sammenlignet med nåsituasjonen dersom ikke over halvparten av strekningen har kontaktledning. En del-elektrifisering av kun Trønder-banen til Hell og Meråkerbanen og bruk av nye bimodale tog vil dermed øke utslippene fra jernbanetrafikken betydelig frem til en elektrifisering av banen frem til Steinkjer er ferdigstilt.

Løsninger

Nullutslippsløsninger på jernbanen bør tas i bruk så langt teknologien og kostnadene tillater det på strekningene der det ikke finnes kontaktledning. Utprøving og verifisering må gjennomføres slik at vi er sikre på at nullutslippskjøretøyer har god nok pålitelighet og driftskostnader som forutsatt. Det er uavklart om eller når brenselcellekjøretøyer vil kunne bli godkjent for kjøring på Bane NORs infrastruktur av sikkerhetsmessige årsaker. Det er spesielt sikkerhet knyttet til bruk av høykomprimert hydrogen i tunneler som vil være gjenstand for risikovurderinger. Det er knyttet mindre risiko til bruk av batterier som energilager sammenliknet med hydrogen.

Ved innkjøp av nye kjøretøyer skal Norske Tog alltid velge nullutslippsteknologi der dette er hyllevare og fyller kravene til bruksområder. Som en naturlig konsekvens av anmodningsvedtaket om at kollektivtrafikken i 2025 som hovedregel skal benytte null- eller lavutslippsteknologi eller klimanøytralt drivstoff bør den delen av persontrafikken på jernbane som fortsatt har forbrenningsmotor i 2025 benytte bærekraftig biodrivstoff. Dette sikres gjennom en opptrapping av bruken gjennom trafikkavtalene.

Det må tilrettelegges for at togselskapene tar i bruk lokomotiver med nullutslippsteknologi på de ikke-elektrifiserte banestrekningene så snart disse er kommersielt tilgjengelig.
Insentivordninger for nullutslippskjøretøyer i godssektoren kan etableres på samme måte som for veigående kjøretøyer for å sikre nullutslipps godstransport på jernbane innen slutten av planperioden. Eventuelle støtteordninger må vurderes så langt det er tillatt innen rammene av EØS-avtalen og det er fornuftig i forhold til andre tiltak i transportsektoren. Målet er nullutslipp også fra godstog innen utgangen av planperioden.

Transportetatene tar utgangspunkt i at planene for elektrifisering med kontaktledning i gjeldende NTP følges opp over statsbudsjettet som planlagt for å unngå utslippsøkninger fra jernbanen mot 2030. Strategi for driftsform på ikke-elektrifiserte baner (Jernbaneverket 2015) må sees i lys av den teknologiske utviklingen på batteriteknologi, brenselceller, biogass og oppdateres med ulike konsepter for del-elektrifisering av de ulike banestrekningene ikke er elektrifisert.

Strategisk del-elektrifisering kan redusere kostnadene til bygging av infrastruktur betydelig. Hvis kjøretøyene kan lades underveis kan de dessuten klare seg med mye mindre batterivekt. Ved del-elektrifisering kan

punkter som særlig øker kostnadene ved konvensjonell elektrifisering unngås (tunneler med smalt profil, under lave veibroer mv). Kontaktledning kan derimot prioriteres der energibehovet for togene er stort. Før batterielektriske tog er fullt ut implementert på banenettet vil også bimodale tog kunne gjøre seg nytte av en del-elektrifisert strekning. Del-elektrifisering bør utredes nærmere med tanke på potensialet til forsert implementering av nullutslippsløsninger på hele jernbanenettet innen utgangen av planperioden.

3.3 LUFTTRANSPORT – STATUS, UTFORDRINGER OG LØSNINGER

Status

Klimagassutslippene fra all innenriks sivil luftfart utgjorde i 2016 (siste offisielle tall) 1,2 millioner tonn CO_2-ekvivalenter, eller 2,25 % av samlede innenriks utslipp. Klimagassutslipp fra utenrikstrafikken, det vil si fra norske lufthavner til første destinasjon i utlandet, utgjorde samme år 1,5 millioner tonn CO_2-ekvivalenter. Disse utslippene omfattes ikke av Norges klimaforpliktelser, men rapporteres årlig av Miljødirektoratet til FNs Klimakonvensjon (UNFCCC). Samlede klimagassutslipp fra alt jetdrivstoff til sivile formål solgt på norske lufthavner i 2016 tilsvarer om lag 5 % av Norges samlede utslipp, i størrelsesorden 2,7 millioner tonn CO_2-ekvivalenter.

I tillegg kommer effekten av at deler av utslippene skjer i høye luftlag, noe som betyr at klimaeffekten blir noe høyere. CICERO anslår en tilleggsfaktor på mellom 0,8 og 2,5, med et modellgjennomsnitt på 1,8. Innenrikstrafikken i Norge er i begrenset grad i disse høydene.
For andre år på rad var det en reduksjon i klimagassutslipp fra både utenriks- og innenrikstrafikken. Fra 2015 til 2016 var reduksjonen omkring 4 prosent. Reduksjonen i klimagassutslippene skyldes først og fremst mer energieffektive fly og færre flybevegelser. På grunn av forventet trafikkvekst, antas det at utslippene vil øke fremover.

Det er i hovedsak to klimapolitiske virkemidler som skal bidra til å redusere klimagassutslippene fra luftfart i dag: CO_2-avgift og EUs kvotesystem. Fossilt jetdrivstoff er ilagt CO_2-avgift når det brukes til innenriks flygninger. I henhold til internasjonalt regelverk er det ikke anledning til å legge CO_2-avgift på utenrikstrafikken. Luftfart innen EØS-området er en del av EUs kvotesystem, med enkelte unntak. Omtrent 75 % av utslippene fra innenriks luftfart og 80 % av utslippene fra utenriks luftfart er omfattet av kvotesystemet. Et tredje tiltak, omsetningskrav for jet biodrivstoff er til politisk behandling. I tillegg kommer flypassasjer-avgiften som har en finansiell begrunnelse, men som også har en miljø- og klimaeffekt.

Utfordring

På grunn av sterk trafikkvekst (284 % målt i terminalpassasjerer) og flere direkteflygninger fra Norge, er utslippene fra norsk luftfart doblet i perioden 1990-2016. Samtidig er utslippene pr passasjerkilometer fra SAS og Norwegian halvert i perioden 1996-2016. Den største utfordringen for luftfarten er at trafikkveksten er større enn utslippsreduksjonene, slik at de samlede klimagassutslippene fra norsk luftfart vil øke hvis det ikke gjennomføres tiltak.

Løsninger

Pågående energieffektivisering og flåtefornying må videreføres. På basis av innspill fra flyselskapene og i tråd med flere internasjonale prognoser, kan en legge til grunn en energieffektivisering på 1,5 % per år regnet per personkm. Både utvikling av flyene, motorene, overgang til større fly og høyere kabinfaktorer bidrar til den økte energieffektiviteten. I et historisk perspektiv kan 1,5 % årlig forbedring i energieffektiviteten frem mot 2040 sies å være et forsiktig anslag.

Et viktig bidrag til reduserte klimagassutslipp er effektivisering av luftrommet. Eksempelvis sparer direkte ruteføringer og innføring av satellittbaserte inn- og utflygningsprosedyrer drivstoff og utslipp.

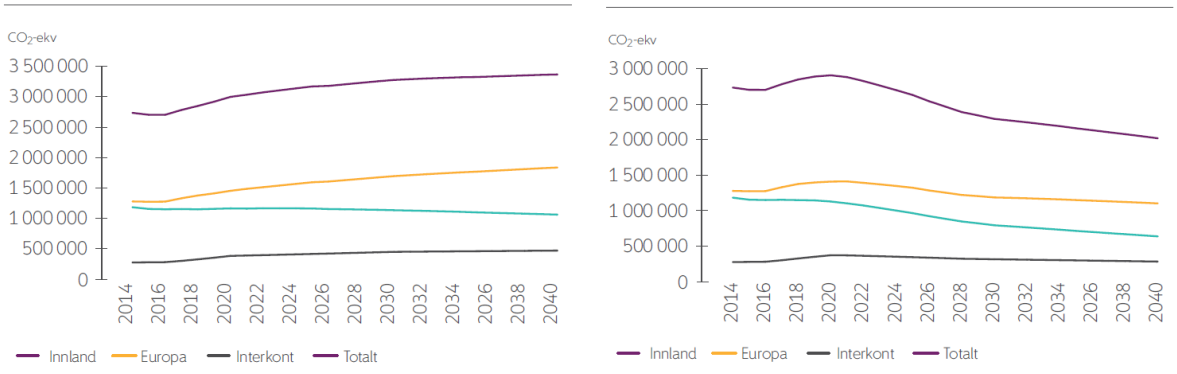
Biodrivstoff ble sertifisert til bruk i luftfart i 2009. Norsk luftfart har jobbet med problemstillinger knyttet til dette i en årrekke, og Oslo lufthavn ble i 2016 verden første lufthavn som på kommersiell basis kunne tilby bærekraftig jet biodrivstoff til alle flyselskap som tanker der. Imidlertid er det pr 2018 lite slikt drivstoff tilgjengelig i markedet og prisen er høy. Regjeringen har avgjort at det skal innføres et omsetningskrav på 0,5 % avansert biodrivstoff til luftfart fra 1. januar 2020. Dersom en ønsker å realisere produksjon av biodrivstoff er i Norge, kan det imidlertid være behov for ytterligere virkemidler.[3]

Det er et stort potensial for elektrifisering av norsk innenrikstrafikk. En rekke store og små aktører jobber med ulike konsepter for elektriske fly. Eksempelvis sier Zunum Aero (delfinansiert av Boeing og Jet Blue) at de skal ha en 10-12 seters maskin på vingene i 2023, og et konsortium bestående av Airbus, Siemens og Rolls-Royce har annonsert en 100-seters maskin som i 2030 skal kunne fly 1 000 km. Avinor har satt som visjon at all innenriks luftfart skal være elektrifisert innen 2040, og har fått i oppdrag fra regjeringen å utarbeide «et program for elektriske fly i kommersiell luftfart». Det er for tidlig å konkludere fra det arbeidet.

Avinor gjennomførte i 2017 en framskriving av trafikk og utslipp[4]. Den la til grunn at passasjerprognosene viser en relativt jevn vekst fremover, fra 26,5 millioner avreiste passasjerer i 2016 til nær 44 millioner avreiste passasjerer i 2040. Veksten er høyere på utland enn innland. Prognosene er basert på TØIs referanseprognose for flypassasjerer mot 2040 fordelt på tre segmenter: innenriks, Europa og interkontinentale flygninger. Innenfor hvert segment antas det at gjennomsnittlig flydistanse ikke endres over tid. Beregningene la videre til grunn en energieffektivisering på 1,5 % pr år (Figur 1a).

Det ble også laget en framskriving som viser effekt av innfasing av bærekraftig biodrivstoff. Det ble her lagt til grunn at det i tråd med stortingsmeldingen om Nasjonal transportplan[5] ble innført et omsetningskrav på 1 % jet biodrivstoff i 2019, økende til 30 % i 2030. Innfasingen ble økt til 40 % i 2040. Utslippene fra biodrivstoff i transportsektoren telles som null i det norske utslippsregnskapet, og samme metode er derfor lagt til grunn her. Basert på disse forutsetningene vil klimagassutslippene fra norsk luftfart reduseres med 15 % fra 2016 mot 2030 og 25 % mot 2040 (Figur 1b).

Med en eventuell innfasing av elektriske fly, kan utslippene reduseres ytterligere.



Figur 1a: Klimautslipp fra luftfart i og fra Norge med 1,5 % årlig energieffektivisering. Tonn CO_2-ekv. Figur 1b: Klimagassutslipp fra luftfart i og fra Norge med energieffektivisering og innfasing av 30 % biofuel i 2030 og 40% i 2040. Tonn CO_2-ekv.

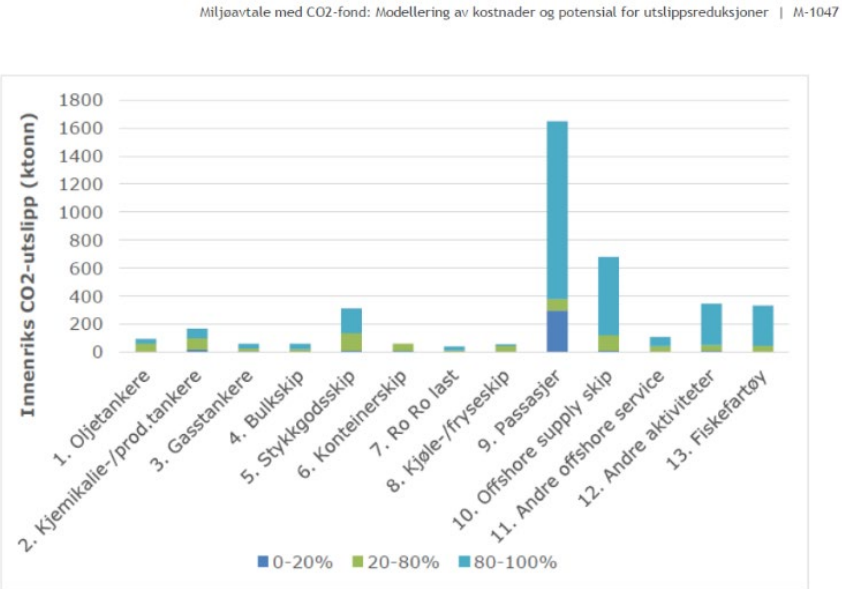
[3] Vista Analyse Bærekraftig drivstoff til luftfart, status 2017
[4] Avinor m fl (2017): Bærekraftig og samfunnsnyttig luftfart. Rapport 3. Publisert august 2017
[5] Meld. St 33 (2016-2019): Nasjonal Transportplan 2018-2029.

3.4 SJØTRANSPORT - STATUS, UTFORDRINGER OG LØSNINGER

Sjøtransport egner seg for store volum og lange transporter. Den står for vel 90 % av eksporten og nesten 70 % av importen mellom Norge og Europa (i tonn). Infrastrukturen har stor kapasitet, er robust mot klimaendringer og har liten miljøpåvirkning. Farledene på til sammen ca. 20 000 km dekker hele Norskekysten. For Fastlands-Norge forventes vekst i antall anløp frem mot 2030 for de fleste fartøyssegmenter. 80 % av alle norske bedrifter ligger mindre enn 25 km fra en av de 240 kommunale eller 440 private havnene.

Sjøtransportens største miljøutfordring er utslipp til luft. Det er et stort potensial for reduksjon av klimagassutslipp i maritim sektor, og utviklingen er positiv. Batterirevolusjonen skjer også til sjøs. Stadig flere fartøy bygges eller bygges om med batterier, og teknologien spres til stadig flere fartøyssegmenter. Helelektriske, ladbare og batterihybride løsninger er installert innenfor både havbruk, fiskeri, offshore og cruise. Ferjesambandene får lav- og nullutslippsløsninger med plug-in-hybride eller helelektriske fartøy. Norsk maritim næring har bygget opp et kompetanseledende miljø bestående av aktører som dekker hele verdikjeden.

I det nasjonale klimaregnskapet (SSB) økte utslippene fra innenriks sjøfart og fiske fra 2,78 mill. tonn CO_2-ekvivalenter i 2015 til 2,91 mill. tonn CO_2-ekvivalenter i 2016 (4,5 pst.) Utslippene er likevel lavere enn for noe annet år i perioden 1990-2013. Det er stor variasjon mellom ulike fartøysgrupper (figur 2): Passasjerskip hadde en betydelig økning i CO_2-utslipp (9,5 pst.) og utseilt distanse (8,1 pst.)[6] Antall anløp av cruiseskip økte med 6 pst. fra 2015 til 2016[7]. For offshore supply-skip var det en reduksjon i utslippene med hele 22 pst. fra 2015 til 2016, grunnet redusert aktivitet i sektoren[8].



Figur 2: CO2-utslipp fra innenriks skipsfart fordelt på ulike skipssegmenter og seilingstid i norske farvann. Kilde DNV GL.

Selv om Norge kan stille krav til innenrikstrafikken, er skipsfart først og fremst en global næring. I april 2018 vedtok IMO en strategi for å redusere drivhusgassutslipp fra frakt med utgangspunkt i 2008-tall. Strategien tar sikte på å redusere totale drivhusgassutslipp fra shipping med minst 50 % innen 2050. Gjennomsnittlig karbonintensitet (CO_2 per tonnkilometer) skal reduseres med minst 40 % innen 2030, og

[6] Havbase www.havbase.no
[7] Anløpsstatistikk cruiseskip
[8] Rederiforbundets konjunkturrapport

det siktes mot 70 % i 2050. Det er positivt for utviklingen av lav- og nullutslippsteknologi og flåtefornyelsen at myndighetskrav på alle nivå drar i samme retning, og legger opp til ambisiøse kutt i klimagassutslipp – raskt. Sjøfartsdirektoratet følger opp Norges internasjonale arbeid på området.

Krevende å nå utslippsmålene

Skal NTP-målet om at 40 % av alle skip i nærskipsfart skal bruke biodrivstoff eller være lav- og nullutslippsfartøy innen 2030 nås, må endringstakten øktes betraktelig. I 2017 er det beregnet å være ca. 6 300 skip i norske farvann. Av disse var det ca. 90 fartøy med lav- eller nullutslipp i innenrikstrafikken, som utgjør 1-2 prosent. Dette fordelt på 60 LNG-drevne fartøy, 25 helelektriske eller batterihybride fartøy, fire ferjer med biodiesel og ingen fartøy som benyttet hydrogen. Utviklingen og innfasingen av null- og lavutslippsfartøy går altså for langsomt til at sjøtransporten uten videre vil nå målet om utslippsreduksjon. For å nå målet om 40 % kutt i 2030 må en betydelig del av flåten både energieffektivisere (teknisk operasjonelle tiltak) og over på alternative drivstoff.

Miljødirektoratets analyse fra 2018[9] viser at det er krevende, men mulig, å iverksette tiltak som reduserer klimagassutslippene fra innenriks skipstrafikk med 40 prosent innen 2030. Analysen peker på behov for kombinasjon av flere virkemidler (krav, teknologiutvikling, markedsmekanismer) og tiltak rettet mot både skipene og havnene for å nå målet.

Energieffektivisering kan bidra til ca. 40 % av kuttene, som i hovedsak kan gjennomføres med kostnadseffektive (bedriftsøkonomiske) tiltak. De alternative drivstoffene må ta ca. 60 % av utslippsreduksjonen i 2030, og er ikke samfunnsøkonomisk kostnadseffektive. Elektrifisering, hydrogen og LNG er stort sett billigere enn innblanding av biodiesel. Tiltakskostnaden er lavere for nybygg enn ombygging. For å klare utslippskuttene er det ikke nok med flåtefornying, det må også gjøres tiltak på eksisterende skip. DNV GL estimerer behov for ca. 460 nye skip og 280 ombygde skip med lav- og nullutslippsteknologi frem mot 2030 dersom utslippskuttene skal nås[10]. Elektrifisering av passasjerskip og ferger er det enkelttiltaket som bidrar til størst reduksjon i klimagassutslippene. Miljødirektoratet jobber med et kunnskapsgrunnlag for et omsetningskrav for biodrivstoff i skipsfart.

For å gjøre de mest kostnadseffektive tiltakene fremover bør det overordnede målet for CO_2-reduksjon fra innenriks skipstrafikk være knyttet til utslippsreduksjon og ikke antall fartøy. Fartøysfornyelse og teknologiutvikling vil være svært viktige tiltak.

De utredete tiltakspakkene for utslippsreduksjoner fra innenriks skipstrafikk er kombinasjoner av mange løsninger der skip, havner og infrastruktur for drivstoff må sees i sammenheng. Null- og lavutslippsløsninger har potensiale til å redusere driftsutgifter over tid, men de beste alternativene krever til dels betydelige merinvesteringer. Eksempler er utstyr og infrastruktur på land (til blant annet lading av elektrisk drevne fartøy), og teknologi på skipene, som batterier og tilhørende systemer og tilpasninger. For tiltak som omfatter investeringer på både landsiden og på skip, for eksempel batteridrevne skip med lading fra land, har Enova og NOx-fondet kommet frem til at det er hensiktsmessig om Enovas tilsagn omfatter investeringer i infrastruktur på land, mens NOx-fondet støtter investeringer på skipet.

Barrierer på mange nivå bremser flåtefornyingen: høye investeringskostnader og korte kontraktsperioder, stor variasjon i pris og tilgang på alternative drivstoff, og manglende infrastruktur på land. Teknologisk usikkerhet, varierende grad av teknologisk modenhet, manglende etterspørsel og premiering av grønne transportløsninger i markedet bidrar også.

---

[9] Kartlegging av utslippskutt i maritim næring. Analyse av tiltak for reduksjon av klimagassutslipp fra innenriks skipstrafikk M1027/2018 (Miljødirektoratet/DNV GL)

[10] Miljøavtale med CO_2-fond: Modellering av kostnader og potensial for utslippsreduksjoner M-1047 (2018)

Kunnskapsgrunnlag og tilskuddsordninger

Statistikkgrunnlaget for utslipp fra sjøtransporten har vært grovmasket og SSB sin statistikk er basert på omsatt drivstoff til skip i Norge. Ved hjelp av AIS-data kan Kystverket kategorisere seilaser i norske farvann i innenriks, utenriks og gjennomgangstrafikk og estimere tilhørende utslipp. Metoden er ny (2017) og gir større utslipp fra innenriks sjøtransport enn SSB sin statistikk. Detaljeringsnivået i dette kunnskapsgrunnlaget gjør det mulig å målrette og differensiere tiltak og virkemidler mot ulike skipstyper/størrelser, enkelt- skip, enkelte ruter eller avgrensede geografiske områder. Det er behov for videreutvikling av metoden og skalering av de ulike statistikkene opp mot hverandre.

Kystverket har gjennomført ulike tiltak for å redusere kostnadene for sjøtransporten og stimulere til godsoverføring; fritak for losavgift og tilskuddsordninger til havnesamarbeid og godsoverføring. Etter to tildelingsrunder av tilskudd til godsoverføring er det løyvd nærmere 115 mill. kr. Dette til etablering av seks nye ruter som tilsammen skal overføre nærmere 2 mill. tonn gods over støtteperioden på tre år. Snittkostnad for overført gods er 60 kr/tonn. Estimert reduksjon i klimagassutslipp er ca. 75 000 tonn CO_2, noe som gir en kostnad på vel 1 500 kr/tonn. Basert på de første tildelingsrundene og prognoser videre ser det ut som målet om godsoveroverføring frem mot 2030 kan nås.

Enova har økonomiske støtteordninger for å stimulere til energi- og klimatiltak på skip, teknologiutvikling og utbygging av landstrøm i havner. I 2017 fikk drøye 130 prosjekter i transportsektoren støtte, med samlet estimert klimagassreduksjon på 240 000 tonn CO_2-ekvivalenter. Hoveddelen av reduksjonen var fra maritim del av sektoren, herunder maritim offshore, landstrøm og fergesamband[11]. Andre støtteordninger er NOx-fondet, Pilot-E, miljøteknologiordningen og kondemneringstilskudd.

[11] Enovas årsrapport 2017

4 LIVSLØPSANALYSER OG HELHETSTENKNING

Transportvirksomhetene trenger svar på hvordan vi kan bygge kostnadseffektiv transportinfrastruktur med lavest mulig klimagassutslipp. Livsløpsanalyser (LCA) tilnærmer seg spørsmålet på en systematisk måte og ser på samlet miljøpåvirkning fra vugge til grav (råvareutvinning, produksjon, transport, bruk og avhending). Analysene kan lages for et enkelt produkt (regnskaps-LCA) eller for et helt system (konsekvens-LCA). For overordnet transportplanlegging er sistnevnte ofte mest relevant, fordi de sier noe om miljøkonsekvensene av en endring i transportsystemet, som for eksempel nye transportmidler eller godsoverføring mellom transportformene.

Transportsystemet har flere nivåer av miljø- og klimapåvirkning. Transportmidlene gir utslipp under produksjonen og i bruk. I tillegg kommer utslipp fra bygging og drift/vedlikehold av infrastrukturen som trengs. Et viktig spørsmål å stille ved overgang til ny teknologi eller energikilder er hvordan den samlede påvirkningen av endringen blir. I utrednings- og planprosessene bør man se på et bredt spekter av miljøpåvirkninger, slik at faren for suboptimalisering ved å bare ta hensyn til en faktor reduseres. Det er allikevel ikke uvanlig med livssyklusanalyser som kun presenterer klimagassutslipp. Det er metodiske utfordringer med bruk av LCA-analyser, som at forutsetningene ikke er sammenlignbare og prognosene er for usikre.

Dersom vi når målet om lavutslippssamfunnet i 2050, er sannsynligvis mesteparten av transportmidlene utslippsfrie. Utslippene fra transportmidlene vil da blir relativt mindre viktig for beslutningsgrunnlaget jo nærmere 2050 og måloppnåelsen man kommer. Teknologiutviklingen på transportmidlene ser ut til å gå raskere enn fornyingen av infrastrukturen. Infrastrukturprosjektene som planlegges i dag har en beregnet levetid langt ut over 2050. For å redusere klimagassutslipp fra bygging av infrastrukturen i et livsløpsperspektiv er det flere grep som bør gjøres:

1. Valg av klimavennlige materialer – de største mengdene materialer som brukes i et anlegg er grus og pukk som har moderate utslipp, mens sement og stål har store utslipp (de to sistnevnte er omfattet av EUs kvotesystem)
2. Kort materialtransport – materialtransporten gir utslipp på veinettet eller sjøen.
3. Liten materialmengde – alle materialer er begrensede ressurser som bør brukes nøysomt og effektivt.
4. Reduserte direkte utslipp fra anleggsmaskiner – de fleste arbeidsoperasjoner og logistikkløsninger kan effektiviseres, og maskinene kan bruke strøm eller utslippsfrie drivstoff.

LCA-betraktninger for ulike kjøretøyer, fartøy og transportsystemer

Arbeidsgruppen har fått utarbeidet en oversikt over de mest relevante livssyklusanalysene som er gjennomført etter 2010 for hhv. sammenligninger mellom to eller flere transportformer, og analyser for vei, bane, sjø og luft. Se vedlegg 1 for detaljer. Alle LCA-analysene har sine forutsetninger, og det er ikke sikkert at vi kan trekke konklusjoner på tvers av dem. De gir imidlertid innsikt som kan være verdifull som beslutningsstøtte.

En av de norske studiene viser at utslipp fra godstransport på sjø fra fire forskjellige europeiske land gir vesentlig lavere utslipp enn den samme frakten på lastebil. Utslippene fra båt ligger på ca. halvparten eller lavere. Det må med andre ord en vesentlig utslippsreduksjon til for godsbiler i langtransport før de er klimamessig konkurransedyktige. En annen studie viser en utslippsreduksjon på litt over 6 % for hybride lastebiler. Ut fra disse studiene kan det se ut som om hybridisering ikke er tilstrekkelig til at lastebiler kan konkurrere med sjøtransport for disse enkelttransportene.

En beregning av en parallell utbygging av vei og jernbane (Ringeriksbanen og E 16) viser at utslippene fra utbyggingen (direkte utslipp) er mer enn dobbelt så stort som klimagassreduksjonen fra transporten i de

neste 60 årene (hhv 228.000 og 103.000 tonn CO_2). De indirekte utslippene fra materialproduksjonen er snaut 5 ganger høyere enn direkteutslippene (997.000 mot 228.000 tonn).

En sammenligning av bygging av vei og jernbane i Hellas viser at utslippene fra jernbanebygging er høyere enn fra bygging av vei. Jernbanetrafikken er imidlertid mer energieffektiv enn veien for både person og godstransport, og fortrinnet er særlig stort for godstrafikk.

En sammenligning av godstransport på bil, båt og tog i California viser at dieseltog slipper ut 25% mer CO_2 enn containerskip, mens lastebiler slipper ut 5-8 ganger mer enn containerskip.

En sammenligningsstudie av 2 veiprosjekter, 33 bruer, 10 tunneler og 9 veistrekk, og 5 alternative fjordkryssinger viser at for veiprosjektene utgjør materialproduksjonen 60 % av livsløpsutslippene, mens bygging og drift/vedlikehold gir ca. 20 % hver. For veielementene antyder resultatene at tre-, betong- og stålbruer gir om lag fra 12 til 15 ganger høyere utslipp enn vei i dagen. Tunnelene gir om lag 5 ganger så høyt utslipp som vei i dagen.

En rekke tiltak kan bidra til å redusere utslippene fra skip; skrogdesign, energibærer, fremdriftssystem, og driftsoptimalisering. Livsløpsanalysene viser at utslippene fra produksjonen av skip og drivstoff er relativt små, og at størsteparten av utslippene kommer fra driftsfasen. Av fossile brennstoff gir naturgass lavest klimagassutslipp, men ingen av disse vil gi betydelige utslippsreduksjoner i et livsløpsperspektiv. Hydrogen og metanol produsert av naturgass gir høyere utslipp enn Heavy Fuel Oil/Marine Gas Oil (HFO/MGO) drivstoff. Ved å bruke fornybare energikilder i produksjonen kommer hydrogen svært godt ut.

Høyhastighetsutredningen utredet 12 ulike jernbanetraseer mellom de store byene. Kun 3 av 12 korridoralternativer kommer ut med positiv tilbakebetalingstid for klimagassutslipp på mindre enn 60 år. Andel av total strekning som består av tunneler, antall reisende og overført trafikk fra andre transportformer (særlig luftfart) blir ansett å utgjøre nøkkelparametere for tilbakebetalingstiden.

En analyse av Sør-Vestbanen omfatter utbygging av 386 km dobbeltspor mellom Oslo og Stavanger. Effekten av overført transport til høyhastighetsbane, InterCity trafikk og godstransport er inkludert. I Høyhastighetsutredningen fra 2012 ble utbygging av banen mellom Oslo og Stavanger nedbetalt med tanke på klimagassutslipp etter over 60 år. Ved å inkludere overført effekt av lokaltransport og godstransport i tillegg til overført effekt av langtransport (høyhastighetsbane) blir utbyggingen av banen nedbetalt etter kun 28 år. Dette viser at når det først skal bygges ut infrastruktur for bane bør denne brukes så mye som mulig for å fordele utslippene på mest mulig nytte i form av transport.

Produksjonen av nullutslippskjøretøyer har kommet langt i forhold til de andre transportformene. Dette gjør at det er laget en del livsløpsanalyser for produksjon av kjøretøyer. Se vedlegg 2 for detaljer. Det er imidlertid få produsenter som har publisert informasjon om livssyklusanalyser for sine kjøretøyer. Få av produsentene lager store, masseproduserte serier av elbiler så foreløpig er ikke produksjonsprosessene optimalt effektive. Sammenligninger mellom elbiler og ordinære biler sammenligner med andre ord ikke bare kjøretøyene, men også produksjonens modenhet. Antagelser rundt blant annet materialbruk, livslengde, energiforbruk og energiens opprinnelse er sentrale faktorer for klimagassutslippene i produksjon og bruk av kjøretøyet. Avhendingsfasen har vist seg å utgjøre en liten del av utslippene. Andre faktorer som ofte diskuteres er utarming av metaller, utslipp av miljøgifter og smog. Elektriske kjøretøyer kan ha betydelig større ressursforbruk av metaller enn kjøretøyer med forbrenningsmotorer. En effektiv gjenvinning av batterier vil kunne begrense ressursbruken noe. Gruvedrift fører til utslipp av støv og miljøgifter, og siden batteriproduksjon er energikrevende slippes det ut partikler og NOx fra produksjonen av elektrisiteten som trengs i produksjonen. Denne typen miljøproblemer oppstår i noe mindre grad ved produksjon av ordinære kjøretøyer, men disse har større utslipp av partikler og gasser i bruksfasen. Klimagassutslippene fra produksjon av elektriske kjøretøyer er høyere enn utslippene fra produksjon av ordinære kjøretøyer, men

sett over kjøretøyets levetid viser de fleste analysene at elbiler slipper ut vesentlig mindre klimagasser. Klimagassutslippene kommer i hovedsak fra energiproduksjon. EU-kommisjonens prognoser viser at gjennomsnittlig utslipp fra el-produksjon i EU vil synke fra 300 g CO_2/kWh i 2015 til 80 g CO_2/kWh i 2050. Elbilenes klimafortrinn er med andre ord vesentlig allerede i dag, og vil øke etter hvert som større deler av verdens energiproduksjon blir mer fornybar.

4.1 BEREGNINGSMODELLER FOR LCA I INFRASTRUKTURUTBYGGING

I dag bruker transportvirksomhetene forskjellige modeller til å beregne livsløpsanalyser. Det er til dels stor forskjell på verktøyene, og det er ikke sikret konsistens mellom beregninger i tidlig planleggingsfase og utbyggingsfasen. Dette gjør det vanskelig å sammenligne beregninger på tvers av virksomhetene og fra en fase til en annen. Det blir også utfordrende å rapportere måloppnåelse på en tydelig måte. Med stadig flere infrastruktureiere blir det av større interesse å sammenligne aktørenes prestasjoner. Dersom formålet med verktøybruken er å skille mellom to traseer innenfor en transportform er ikke forskjellene mellom verktøyene like kritiske. Noen av verktøyene kan brukes til å dokumentere måloppnåelse i kontrakter med entreprenører. I slike tilfeller vil beregningsresultatene kunne utløse bonus eller malus, og da blir presise beregningsresultater svært viktig. Det er også økende fokus på presis rapportering av klimagassutslipp, noe som gir behov for en gjennomgang av verktøybruken.

Tre grupper av beregningsforutsetninger er særlig viktige å samordne: systemgrenser, utslippsfaktorer og beregningsfaktorer. Systemgrensene definerer for eksempel hvor lang levetid vi skal anta at anlegget har, om håndtering av anlegget etter endt levetid skal tas med, hvilke prosesser som skal omfattes av beregningen, m.v. Utslippsfaktorene beskriver utslippene fra hvert enkelt material eller prosess eller maskin. Hvor mye CO_2 slipper en liter drivstoff ut, hvor mye slippes ut ved produksjon, transport og legging av asfalt, hvor mye CO_2 slippes ut fra produksjon av nytt stål kontra gjenbruksstål, hvor mye CO_2 slipper 1 kilo sprengstoff ut, etc. Beregningsfaktorene beskriver hvor mye utslippskrevende aktivitet eller materiale som kreves for å oppnå et resultat, for eksempel hvor mye sprengstoff som kreves for å sprenge en kubikkmeter fjell, hvor mye masse som må flyttes ved graving av en meter grøft, hvor mange kilo sprøytebetong trengs i en tunnel etc.

Det er til dels betydningsfulle forskjeller på verktøyene som brukes, både på tvers av virksomhetene og innenfor tidlig- og senfase i samme virksomhet. Forskjellene gjør det vanskelig å sammenligne resultater på tvers av virksomhetene, og det gjør det vanskelig å rapportere klimagassutslipp på en tillitsvekkende måte. Til fremlegging av NTP er det kun behov for samordning av tidligfaseverktøyene, men siden det blir behov for mer presis rapportering både av resultater av egne mål og etter Klimaloven, vil det være en fordel om ett og samme verktøy brukes til både tidligfasen og byggefasen. Da vil målene bli satt med de samme forutsetninger som brukes til beregning av måloppnåelsen.

Arbeidsgruppens anbefaling er at det på sikt lages et felles beregningsverktøy som kan brukes i både tidligfasen og byggefasen på tvers av virksomhetene. Verktøyet bør være tilrettelagt for å gjøre detaljerte og sammenlignbare beregninger for Statens vegvesen, Nye Veier, fylkeskommuner og kommuner, Jernbanedirektoratet og Bane Nor. Kystverket og Avinor bør kunne gjøre enklere beregninger i det samme verktøyet. Et slikt verktøy kan ikke lages i tide til grunnlaget for NTP 2022-2033.

Det vil derfor bli gjort tilpasninger i virksomhetenes verktøy som vil gjøre beregningene sammenlignbare.

5 HVORDAN REDUSERE UTSLIPP FRA ANLEGG

De direkte utslippene fra anleggsarbeid er estimert til å være på cirka 600 000-700 000 tonn CO_2-ekv. per år (SSB/Miljødirektoratet). For å nå de nasjonale utslippsmålene må også anleggsbransjen kutte. Arbeidsgruppen foreslår et mål om 40-50 % kutt til 2030 fra transportetatens bygging av infrastruktur, hvor kuttene fra direkteutslipp bør være i størrelsesorden 2/3 og kuttene i klimaavtrykket fra indirekte utslipp kuttes med om lag 1/3. Endelig mål settes etter at det blir gjennomført flere LCA-analyser som kartlegger nåsituasjonen.

Infrastrukturprosjektene til transportvirksomhetene er en betydelig del av anleggsvirksomheten i Norge. Som store aktører kan virksomhetene bruke innkjøpsmakt og stille krav som bidrar til økt FoU og raskere omstilling i bransjen.

Klimagassutslipp fra anlegg skjer både direkte (for eksempel fra forbrenning av diesel) og indirekte (for eksempel som del av prosesser eller materialproduksjon), og utenfor og innenfor kvotepliktig sektor. Per i dag er statistikkgrunnlaget og kunnskap om endring av utslipp fra anlegg ufullstendig. Fordelingen av direkte og indirekte utslipp vil variere mellom ulike anlegg. I vei- og jernbaneprosjekter står dieselforbruket for om lag 10-30 % av utslippene. Materialproduksjonen står for det meste av de resterende utslippene.

For farledsprosjekter er dieselforbruket hovedkilden til utslipp fordi materialbruken er lav.

Avinor har relativt få store byggeprosjekter. I 2017 ble imidlertid to store byggeprosjekter ferdigstilt; terminalutvidelser på Oslo lufthavn (T2) og Bergen lufthavn (T3). Begge disse byggene har betydelig lavere klimagassutslipp sammenlignet med referansebygg grunnet krav stilt i prosjekteringsfasen. Terminalutvidelsen på Oslo Lufthavn er klassifisert som BREEAM Excellent.

Det er stor aktivitet i Norge for å redusere utslipp fra bygge- og anleggsvirksomhet. Direktoratet for forvaltning og IKT (Difi) lager veiledning for klimavennlige bygge- og anleggskontrakter, Leverandørutviklingsprogrammet bidrar blant annet gjennom Fellesinitiativet for utslippsfrie bygge- og anleggsplasser, Nettverk for Grønn Anleggssektor skaper en arena for læring og utvikling for byggherrer, prosjekterende, entreprenører og produsenter/leverandører, Oslo kommune og andre har kommet langt i arbeidet med fossilfrie byggeplasser, Statens vegvesen har KraKK-prosjektet (Krav til Klimakutt i Konkurransegrunnlag), det finnes maskinpooler hvor enkle utslippsfrie maskiner kan lånes og testes, det foregår utvikling av løsninger for maskiner som en del av Pilot E-programmet hvor både leverandører og interesseorganisasjoner er involvert. Samferdselsdepartementet har startet arbeidet med en plan for fossilfrie anleggsplasser.

Arbeidsgruppen foreslår å kutte utslippene pr. million kroner investert med 40-50 % i forhold til 2022. Utslippene fra anleggsvirksomheten varierer i stor grad med hvor stor anleggs-aktiviteten er. For å unngå å måle den økonomiske aktiviteten i stedet for innsatsen mot klimagassutslipp vil en indikator som måler CO_2-utslipp pr million kroner investert være et godt grep. En slik indikator kan brukes for transportvirksomhetenes samlede aktivitet, og vi unngår dermed risikoen for at noen prosjekter må gjøre uforholdsmessig dyre kutt dersom reduksjonskravene ligger på hvert enkelt prosjekt. CO_2-intensitetsfaktoren er også omtalt i kap. 5.1.1. Dersom anleggsaktiviteten øker vesentlig bør målet revideres slik at reelle utslippskutt sikres.

Hvert enkelt prosjekt må undersøke mulighetene for å redusere utslippene fra anleggsvirksomheten på en kostnadseffektiv måte, og dette arbeidet må være gjennomgående fra tidlig planlegging, til prosjektering og gjennomføring. Forslag til hovedstrategier for kutt:

1) Bruke alle planfaser og prosjekteringsfasen aktivt til å legge til rette for klimagasskutt både av direkte og indirekte utslipp. Bruke livsløpsvurderinger for å unngå materialer og konstruksjoner som gir høye utslipp både i utbyggingsfasen og i fremtidig drift og vedlikehold.
    a. Utarbeide klimagassbudsjett og klimaregnskap i alle prosjekter av en viss størrelse. Sette konkrete, tallfestete mål for utslipp og utslippsreduksjoner. Etablere rutiner for statistikk og kunnskapsoppbygging i alle faser (grunnlag for kostnadseffektive valg og oppfølging) som bidrar til bedre tall og erfaringsdeling over tid.
    b. Legge til rette for å redusere materialbruken og bruke kortreiste materialer.
    c. Velge klimavennlige materialer og bidra til utvikling av materialalternativer sammen med bransjen.
    d. Legge til rette for kortest mulig materialtransport, særlig av jord og stein.

2) Redusere direkte utslipp fra kjøretøyer, fartøy og anleggsmaskiner
    a. Effektivisering av dagens maskinpark og dagens anleggsplass blant annet gjennom god oversikt over direkte utslipp og krav til redusert forbruk av diesel. Inkludert maskiner til drift og vedlikehold.
    b. Redusere direkte utslipp ved å legge til rette for utvikling og innfasing av nullutslippsteknologi i bygging, drift og vedlikehold på lengre sikt.
    c. Redusere direkte utslipp gjennom å bruke (i hovedsak avansert) biodrivstoff på anleggsplasser i tråd med omsetningspåbud eller nasjonale mål for bruk av biodrivstoff.

Mer utfyllende informasjon om utslippsreduksjoner og kostnader finnes i vedlegg 3, «Muligheter og barrierer for fossilfrie anleggsplasser i transportsektoren».

5.1 KLIMAGASSREDUKSJON GJENNOM PLANLEGGING/PROSJEKTERING

Å planlegge slik at en unngår større klimagassutslipp enn nødvendig er en forutsetning for effektive kutt. Det er i de tidlige planfasene avgjørelser om trasevalg og store konstruksjoner foretas og dette påvirker andelen tunell og skjæringer, behovet for beslaglegging av areal osv. Det er også her planer for håndtering av masser utvikles og mulige lokale materialer til byggingen identifiseres.

For å kunne ta i bruk for eksempel lavutslippsbetong må prosjekteringsfasen legge til rette for endring av prosessene rundt herding. Andre endringer i materialbruk og minimering av forbrukte materialer vil også kreve en tidlig beslutning og at nye hensyn ivaretas i prosjektering og gjennomføring.

Utslipp fra materialbruk kan reduseres ved å redusere mengden materialer som benyttes og ved å velge null- eller lavutslippsmaterialer (f.eks. bærekraftige trematerialer, gjenbruksstål eller lavutslippsbetong). I større anlegg kan noen materialer, f.eks. asfalt og pukk, produseres på anlegget ved bruk av lokale ressurser, dersom råvarekvalitet er ivaretatt. Dette vil minimere transport til anlegget. Materialvalg, materialkvalitet og materialmengder påvirker de direkte utslippene fra en anleggsplass (dieselforbruk), og vil påvirke ressursvurderingen i bærekraftsammenheng og utslippsvurderinger i klimasammenheng.

For å dokumentere effekter og for å behandle tilbyderne likt er det nødvendig med et gjennomskinnelig system for dokumentasjon av klimagassutslipp fra materialer. Det finnes Produktkategoriregler (PCR) som forteller hvordan livsløpsanalyser skal gjøres for forskjellige materialer (EPD, environmental product declaration), og som kan dokumenteres av en uavhengig, sertifisert tredjepart. Flere bransjer har laget bransjespesifikke EPD-generatorer, som kan brukes til å lage prosjektspesifikke EPD'er. Disse kan brukes som grunnlag for livsløpsanalyser for hele prosjekter eller de kan brukes som dokumentasjon på at krav i kontrakter er innfridd.

En gjennomgang av noen vei- og baneprosjekter i gjeldende NTP tyder på at gjennomsnittlig utslipp ligger på rundt 30-35 tonn CO_2-ekv/millioner kroner (se vedlegg 4). Som vist i vedlegg 4 er variasjonen mellom ulike prosjekter betydelig og spennet for de utvalgte prosjektene er 12-40 tonn CO_2-ekv/millioner kroner. Dette er derfor antageligvis ikke en egnet indikator til å måle effektiviteten/klimavennligheten til et enkelt prosjekt, men kan egne seg for å se om sektoren beveger seg i riktig retning. For å få god dokumentasjon for målet og reduksjonene, er det behov for å utarbeide klimaregnskap for et visst antall prosjekter frem til 2022. CO_2-utslipp pr million kroner blir dermed godt dokumentert for hver av transportvirksomhetene. Klimaregnskapene fra fremtidige prosjekter må brukes til å justere innsatsen eller justere målene frem mot 2030. De kan også brukes i rapporteringen til departementene. Det samme prinsippet kan ligge til grunn for klimagassutslipp fra drift og vedlikehold, men måltallene er ikke nødvendigvis de samme.

5.2 KUTT I DIREKTE UTSLIPP – INNFØRING AV NULLUTSLIPPSTEKNOLOGI

Transportvirksomhetene vil stille krav og gjennomføre tiltak som bidrar til at nullutslippsteknologi utvikles og blir kommersielt tilgjengelig frem mot 2023.

For bare noen få år siden virket det urealistisk at store batteri-elektriske arbeidsmaskiner skulle komme på markedet før nærmere 2030, mens det nå er mange maskinprodusenter som tester ut teknologien. I 2018 solgte Pon sine første batteridrevne 25-tonns gravemaskiner. Volvo Construction Equipment og Skanska tester elektriske og autonome maskiner høsten 2018 i et steinbrudd og tar sikte på 95 % klimagassreduksjon og 25 % kostnadsreduksjon.

Transportvirksomhetene bør ha en tre-delt strategi for innføring av ny teknologi:

- Teste ut ny teknologi i piloter
- Sørge for at uttestet ny teknologi bestilles på prosjekter hvor det ligger til rette for det
- Bidra til at redusert økonomisk risiko hos produsenter og entreprenører gjennom langsiktighet og bredde i bestillingene

For å teste ny teknologi og driften av nye systemer og energifremføring, som batteri- eller hydrogen-elektrisk drift av store maskiner, bør hver virksomhet gjennomføre egne pilotprosjekter for å spre kostnader og kunnskapsoppbygging i flere typer prosjekter. Erfaringene må samles og formidles på tvers i sektoren og til alle ledd i bransjen.

Når en teknologi (f.eks. batterielektrisk drift av gravemaskin) er utprøvd, bør dette legges inn som et krav i kontrakter for å sikre en rask innfasing av slike maskiner. Kravet bør trappes opp over tid og varsles tidlig. Rundt 60% av antall tonn som fraktes på veiene har tilknytning til bygge- og anleggsaktiviteter. Disse transportene er ofte mange korte turer i forbindelse med masseflytting. Det bør tilrettelegges for at lastebilene kan lades eller fylles fra samme infrastruktur som utslippsfrie anleggsmaskiner når de tas i bruk i anleggene.

For å kunne følge med på måloppnåelsen på utslippsreduksjon for direkte utslipp er det viktig å kreve rapportering på dieselforbruk på alle prosjekter fremover, også allerede før det innføres krav om nullutslipp, slik at det etableres et utgangspunkt. Dette arbeidet bør starte opp i 2019. Fra og med 2018 etableres datagrunnlag for klimagassutslipp i Kystverket. Utslippene fra farledsprosjektene er i all hovedsak knyttet til maskintimene, og kan dermed reduseres i den grad det er mulig å elektrifisere maskinene.

5.3 UTSLIPP FRA DRIFT OG VEDLIKEHOLD AV INFRASTRUKTUR

Tungt vedlikehold av veier, tunneler og bruer inneholder de samme innsatsfaktorene som nybygging, og det er mulig å gjennomføre tilnærmet tilsvarende utslippsreduserende tiltak. En utfordring kan bli tilgang på strøm til utslippsfrie maskiner til kortvarig utbedringsarbeid, så hydrogen eller biodiesel kan bli mer aktuelt.

En stor andel av driften av veinettet består i brøyting, strøing og tilstandsmålinger. Pr. i dag finnes ikke utslippsfrie kjøretøyer som dekker behovet til slik drift. For mindre kjøretøyer er det en utfordring at alkolås-systemet som brukes som et trafikksikkerhetstiltak ikke er fullt ut kompatibelt med elektriske kjøretøyer. Dette vil være i orden fra ca. 2022, når standardisering av løsninger får virkning for kjøretøyproduksjonen.

Vedlikehold langs kysten utføres av Kystverkets eget rederi, som er vel halvveis i en omfattende fartøyfornyelse. Klimagassutslippene reduseres etterhvert som flåten fornyes og lavutslippsfartøy og landstrøm tas i bruk. Navigasjonsinstallasjoner moderniseres stadig, stål og betong byttes ut med andre og mer vedlikeholdsfrie materialer og konstruksjoner. Lyktene er elektrifisert.

For jernbanedriften eksisterer det per i dag ikke nullutslippsalternativer til skinnegående anleggsmaskiner. Infrastruktureier bør derfor følge utviklingen av maskiner egnet for norske forhold og ta de i bruk så snart de er tilgjengelige i markedet. Vedlikeholdstjenester som kjøpes bør stille krav til nullutslipp eller bimodal drift der det er mulig. Utviklingen går raskt og bimodale maskiner testes allerede i Sveits. Ettersom arbeidsmaskinene på det norske banenettet i dag for en stor del kjører under eksisterende kontaktledning vil utslippskuttene vil bli betydelige helt uten investeringer i infrastruktur, kanskje opp mot 80-90 % på elektriske banestrekninger. Batteri- eller brenselcelle-elektriske maskiner vil helt eliminere utslippene fra vedlikeholdet og være det beste alternativet steder der det er viktig å begrense utslippene av hensyn til arbeidsmiljøet.

Avinors egne klimagassutslipp er knyttet til drift av lufthavnene og er relativt små sammenlignet med klimagassutslipp fra fly og tilbringertjeneste. De største klimagassutslippene fra Avinors drift kommer fra forbruk av drivstoff på egen kjøretøypark etterfulgt av energiforbruk. Et hovedtiltak for å redusere Avinors klimagassutslipp er å fase inn avansert biodiesel. Videre gjøres det alltid en vurdering om alternativ teknologi ved nyanskaffelse av nye kjøretøyer. Arbeid med energiledelse, energioppfølgingssystemer og energitiltak er også viktige for å redusere klimagassutslippene.

6 ENERGI

Transportsektoren er en av de store forbrukerne av energi i Norge. I dag er dette i hovedsak energi fra fossile kilder, men samfunnet skal gjennom en omlegging fra fossil til fornybar energi innen 2050. Det vil være flere energiformer i bruk parallelt i transporten i fremtiden. Både elektrisitet, hydrogen, biogass, flytende biodrivstoff og fossile drivstoff vil sannsynligvis være i bruk i større eller mindre grad i perioden fra 2022 til 2050.

Overgangen til andre energikilder og energibærere vil gi oss noen nye utfordringer. For eksempel kan måten vi ivaretar leveringssikkerhet og samfunnssikkerhet på endres.

Elektrisitet og hydrogen

I Norge produseres elektrisitet først og fremst ved bruk av vannkraft. Dette er en relativt utslippsfri produksjonsmetode. I Europa er kull eller gass en betydelig innsatsfaktor i elektrisitetsproduksjonen. Hydrogen kan produseres fra elektrisitet eller ved reformering av naturgass. Det er knyttet store utslipp til reformering av naturgass. Der er dermed ikke likegyldig hvordan verken elektrisitet eller hydrogen produseres. Elektrisitet kan lagres i batterier som pr i dag er store og tunge. Virkningsgraden i batterier og elektromotorer er svært høy, så lite energi går tapt. Hydrogen har betydelig lavere virkningsgrad, men har sin store fordel i forhold til batterier i at det kan lagres mye energi i tanker med relativt lav vekt og volum.

En av hovedutfordringene med skiftet til fornybar energi er hvordan vi skal få overført og lagret energien til transportmidlene på en effektiv og brukervennlig måte. Energien må være tilgjengelig i riktig mengde og til rett tid og sted for å dekke behovet. En helhetlig beregning og visualisering av energiforbruket vil bidra til å kvantifisere utfordringene, samtidig som det er et effektivt hjelpemiddel for å forstå utfordringene. Transportvirksomhetene ønsker derfor å utvikle en energimodell basert på transportmodellberegningene som kan anslå fremtidig energibehov for forskjellige årstall og kjøretøy/fartøypopulasjoner.

Landstrøm og ladestrøm i havner, lademulighet for innenrikstrafikken innen 2040 på flyplasser, ladestasjoner for tungtrafikken og Intercity-utbyggingen vil stille nye krav til elektrisitetsinfrastrukturen i Norge. Steder hvor mye energi trengs kan bli energinav i nærområdene, for eksempel kan havnene tilby strøm, hydrogen og/eller biogass til både skip og tungtrafikk.

Biodrivstoff

Biodrivstoff er drivstoff fremstilt av biologiske råvarer. En ofte brukt inndeling er «konvensjonelle biodrivstoff» som er produsert av råvarer som også kan benyttes som mat og dyrefor (f.eks. rapsolje, palmeolje og solsikkeolje) og «avanserte biodrivstoff» som baserer seg på restene fra annen produksjon (f.eks. skogsavfall) eller avfallsprodukter (f.eks. brukt frityrolje), eller lignocellulosemateriale, eller celluloseholdig materiale som ikke er næringsmiddel.

Livsløpsutslipp av klimagasser fra biodrivstoff varierer mye mellom ulike typer biodrivstoff. I Norge er det innført bærekraftskriterier fra EUs Fornybardirektiv som krever at livsløpsutslipp fra biodrivstoff skal være minst 50 % lavere enn fra fossile drivstoff. For biodrivstoff som er produsert på nye anlegg (2015 eller nyere) er kravet enda strengere: minst 60 % reduksjon av livsløpsutslipp. I tillegg er det et krav i bærekraftskriteriene om at råstoffet til biodrivstoffet ikke skal være produsert på arealer med høy biodiversitet eller høyt karbonlager.

Til tross for at biodrivstoff som skal medregnes i omsetningskravet skal oppfylle bærekraftskriteriene, er det en debatt om bruk av biodrivstoff er et godt klimatiltak. Spesielt rettes det kritikk mot biodrivstoff produsert av palmeolje eller palmeoljerelaterte råstoff. Økt etterspørsel etter palmeolje i mange sektorer og verdensdeler kan medføre avskoging av regnskogen. Selv om palmeoljen som benyttes til biodrivstoff ikke

kommer fra slike områder, vil den totale etterspørselsøkningen kunne medføre risiko for indirekte arealbruksendringer (ILUC).

På grunn av disse utfordringene er det viktig å tilpasse bruken av biodrivstoff, slik at etterspørselen kan dekkes av bærekraftig biodrivstoff. Risikoen for uønskete arealbrukseffekter knyttet til biodrivstoff er lavest dersom man benytter avanserte biodrivstoff, f.eks. biodrivstoff produsert av skogsavfall. Det er mange transporter som går i faste ruter, hvor energibehovet er lett å forutse. Slike ruter kan være egnet for biogass fra lokal gassproduksjon.

For å klare Norges mål om klimagassreduksjon fra transportsektoren til 2030 vil det være nødvendig med en betydelig økning i bruk av biodrivstoff. Et omsetningskrav på 40 % til veitransport og 30 % til luftfart, samt omsetningskrav for skipsfart og anleggsdiesel vil kunne gi et behov på rundt 0,7-1,7 millioner liter biodrivstoff til transport i 2030. Dette forutsetter at tiltakene i *Meld. St. 41 (2016-2017) Klimastrategi for 2030 – norsk omstilling i europeisk samarbeid* gjennomføres. Den faktiske mengden avhenger av aktivitetsnivået (mengde transport), elektrifisering (andel kjøre- og fartøy med forbrenningsmotor) og fordelingen mellom konvensjonelt og avansert biodrivstoff (jo større andel avansert drivstoff, desto færre liter trengs)[12]. I tillegg anslår Veikartet for prosessindustrien[13] et mulig behov på rundt 300 millioner liter bioetanol til industri (produksjon av bioplast) i 2030. Per i dag er det ambisjoner om produksjon av rundt 900 millioner liter biodrivstoff i Norge i 2030, men på de fleste anleggene er det ikke tatt konkrete investeringsbeslutninger. Tallet er derfor meget usikkert.

Behovet for biodrivstoff påvirkes i stor grad av elektrifisering av transporten. Som en tommelfingerregel er det mulig å si at hver ekstra elbil reduserer biodrivstoffbehovet med cirka 700 liter i 2030.

[12] Dobbeltelling i omsettingskravet: hver liter med avansert biodrivstoff teller som 2 liter konvensjonelt biodrivstoff. Jo høyere kravet om avansert biodrivstoff er, desto færre liter vil derfor omsettes.
[13] https://www.norskindustri.no/siteassets/dokumenter/rapporter-og-brosjyrer/veikart-for-prosessindustrien_web.pdf

7 NY TEKNOLOGI OG NYE UTFORDRINGER

Mulig innføring av ny teknologi omtales i rapporten fra NTP Teknologigruppen. Digitalisering og automatisering av transport og transportløsninger kan gi oss et helt annet transportsystem om relativt få år, med helt andre logistikk- og forretningsmodeller. Dette kan gi helt andre transportbehov og helt andre klimagassutfordringer enn i dag. Det blir viktig at regelverket og investeringene legger til rette for beskyttelse av klima og miljø.

Autonomi kan tenkes å påvirke klimagassutslipp gjennom endringer i grenseflatene mellom personbil, «nabobil», bilkollektiv, taxi og minibuss. Med umiddelbar tilgang på autonome, lett tilgjengelige og rimelige transporttjenester som henter og bringer mennesker og varer vil behovet for å eie privatbil raskt endres. Økende fortetting i byene og strengere restriksjoner på bilbruk vil tvinge frem nye transportkonsepter for person- og varetransport. Økt automatisering kan bety bedre utnyttelse av kjøretøyene og økt grad av samkjøring, men kan også bety økt andel tomkjøring hvis alle eier sitt eget autonome kjøretøy. Dette er av særlig stor betydning om de autonome kjøretøyene ikke er nullutslippskjøretøy/fartøy.

Innen gods og varetransport vil helautomatiske godsterminaler sammen med automatiserte/autonome kjøretøyer kunne forenkle godstransport og varedistribusjon langs hele logistikk-kjeden. Terminaloperasjoner, laste- og losseprosesser vil bli mer tids- og kostnadseffektive og redusere bytte-ulempen sammenlignet med dagens intermodale transporter. Dette kan gjøre sjø- og jernbanetransport mer attraktivt enn i dag.

Lastebiler som samkjøres i kolonner (platooning) vil i praksis operere som veigående godstog, og vil gjennom stor fleksibilitet utfordre deler av dagens godstransport dersom veiinfrastrukturen er god nok. Hvis slik platooning ikke skjer gjennom bruk av nullutslippskjøretøyer vil utslippene kunne øke dersom transportarbeidet øker.

Nye løsninger som Hyperloop og Maglev vil kunne redusere trafikkutslipp gjennom å konkurrere med bil og fly. Imidlertid vil slike høyhastighetsløsninger kreve veldig rette traseer, og dermed stort behov for tunneler og bruer. Utslippene i byggefasen kan dermed bli store.

Flyvende droner forventes å kunne transportere både personer og gods i fremtiden. Utstrakt bruk av droner vil medføre endring i utnyttelse av luftrommet. Denne utviklingen vil også kunne innebære endringer i transportbrukernes preferanser for foretrukket reisemiddel da nye eller endrede transportformer kan dekke transportbehovet på annen måte enn tidligere. Konkurranseflatene mellom de ulike transportformene vil derfor endres og avhengig av teknologi kan droner medføre både økte og reduserte utslipp og energibruk.

VEDLEGG 1: LCA-TRANSPORTMIDLER OG SYSTEMER - LITTERATURSTUDIE

Utrykt vedlegg, se: https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/nasjonal-transportplan/nasjonal-transportplan-2022-2033/tverretatlige-utredninger/_attachment/2685753?_ts=16a8d274450&fast_title=Livsl%C3%B8psanalyser+-+litteraturstudie+-+Asplan+Viak.pdf

VEDLEGG 2: LCA ELBILER – LITTERATURSTUDIE

Bakgrunn
Elektrifisering av lette kjøretøyer er i full gang i Norge og det globale markedet begynner å vokse. Bilbransjen er i ferd med en omfattende omstilling og konvensjonelle bilprodusenter har nå uttalte elbilstrategier og jobber hardt for å ta igjen pionerne i elbilsektoren.

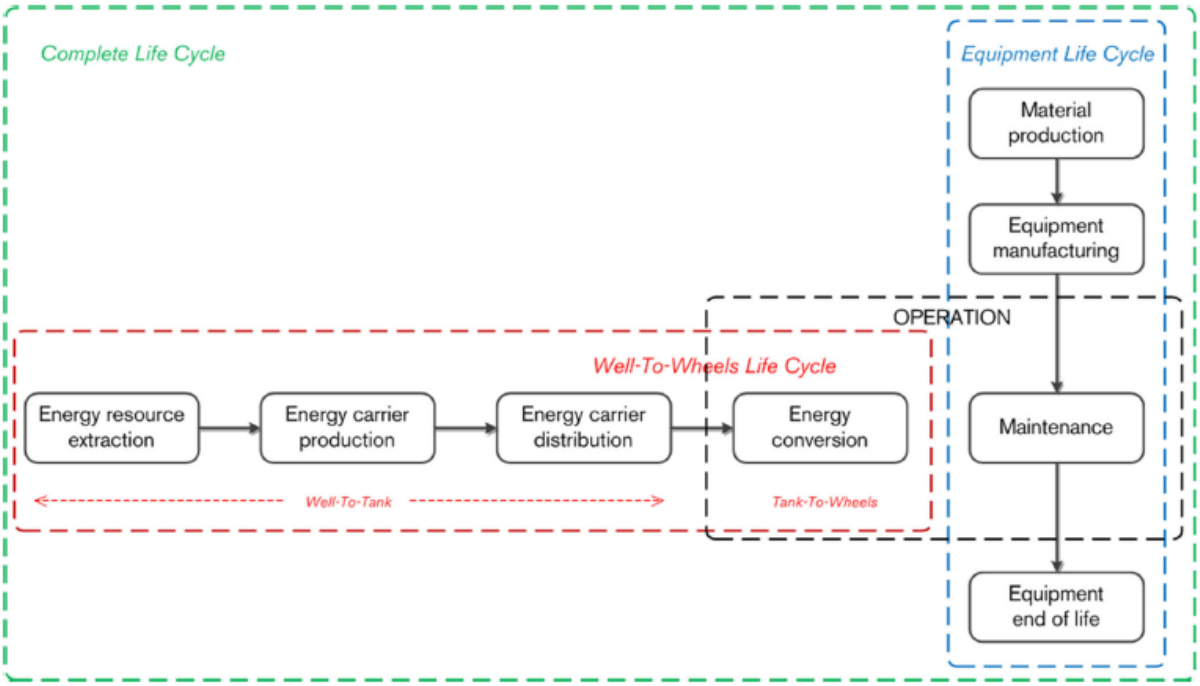
Norge er i dag landet med flest elbiler per capita og har satt høye målsetninger om at alle personbiler og lette varebiler som selges fra 2025 skal være nullutslippskjøretøyer. Før 2030 skal også en betydelig del av de nye tunge kjøretøyer og nye tunge varebiler være nullutslippskjøretøyer. Den elektriske drivlinjen presenteres ofte som et nullutslippsalternativ til den konvensjonelle forbrenningsmotoren, men den nye teknologien har blitt kritisert for å generere andre typer av miljøpåvirkning samtidig som utslipp fra kraftproduksjon varierer kraftig rundt om i verden. Det stilles også spørsmål om batteriproduksjonsom er en resurskrevende og utslippsintensiv prosess. Kritikere til elektrifisering av kjøretøyparken mener derfor at slike kjøretøyer totalt sett ikke har en klima- eller miljøgevinst sammenlignet med dagens forbrenningsmotorer.

Den offentlige debatten har vist at diskusjonen om elektriske kjøretøys påvirkning på miljøet er et komplekst og følelsesladet tema hvor sammenligninger på forskjellig grunnlag utføres for å vinkle debatten i favør for eller mot elektriske kjøretøyer. Dette kunnskapsnotatet baserer seg på vitenskapelige artikler som omhandler livssyklusanalyser (LCA) av elektriske kjøretøyer og sammenligner av disse opp mot konvensjonelle kjøretøyer med forbrenningsmotor. Hensikten med litteraturstudien er å undersøke om elektriske kjøretøyer faktisk vil føre til en reell reduksjon av klimagasser og hvilke andre miljøkonsekvenser en voksende andel elektriske kjøretøyer vil føre til.

Livssyklusanalyse
Det finnes mange måter å vurdere et kjøretøys miljøpåvirkning på. For kjøretøyer med forbrenningsmotor har drivstofforbruk blitt presentert som en indikator på global forurensning og drivstofftype som en indikator på lokal forurensning. Dette er en forenkling av de faktiske utslippene, men har gitt en antydning til miljøpåvirkning ved bruk av fossile kjøretøyer. For å sammenligne en ny fremdriftsteknologi med en fundamentalt forskjellig drivlinje, og en annen type energibærere, må en mer systematisk tilnærming brukes.

For å gi et mer sammenlignbart bilde av et kjøretøys miljøpåvirkning brukes ofte livssyklusanalyse (LCA). En LCA vurderer hele verdikjeden til et produkt og kvantifiserer ressursbruk og miljøpåvirkning gjennom hele livsløpet, fra produksjon, via bruk, til destruering. En slik analyse gjør det mulig å sammenligne produkter som har forskjellige verdikjeder, men som oppfyller samme funksjon. Det finnes flere internasjonale standarder som definerer hvordan en LCA skal utføres, deriblant ISO 14040 og 14044 som omhandler LCA for elbilbatterier, og ISO 22628 som beskriver metoder for gjenvinning og gjenoppretning av kjøretøyer (Daimler AG 2014).

Livssyklusanalyser kan deles inn i flere underkategorier og en vanlig type ved analyse av ulike typer drivstoff er «well to wheel analysen» (WTW). Denne analysen tar for seg utslipp fra produksjon av energibærere (drivstoff) og konvertering av energibæreren til fremdrift. Denne analysen kan deles inn i «Well to tank-analysen» (WTT) som ser på utslipp ved produksjon og distribusjon av energibærere, og «tank to wheel» (TTW) som fokuserer på konverteringen av energibæreren til fremdrift. I tillegg til å se på LCA fra drivstoffet, er det viktig å se på kjøretøyets livssyklusutslipp, altså en vurdering av råvareproduksjon, produksjon av deler, vedlikehold og destruering.



Figur 1: Forenklet oversikt over en typisk livssyklusanalyse for kjøretøyer. Kilde: (Nordelöf, et al. 2014)

Kvaliteten på livssyklusanalyser er avhengig av kvaliteten på datasettet som analysen utgår fra. Optimalt kommer dataene direkte fra kjøretøy-/batteriprodusenter, men når dette ikke er tilgjengelig brukes data ifra inventardatabaser (eks. Ecoinvent) som kvalitetssikres etter beste evne. Litteraturen viser at LCA-rapportenes hovedsakelige antagelser knyttes til energikilde ved produksjon av komponenter, energiforbruk og livslengde på høyspenningsbatteri (T. R. Hawkins, et al. 2012). Litteraturen på dette område beskriver en lav transparens ifra kjøretøy-/batteriprodusenter. Kun et fåtall produsenter har publisert informasjon om livssyklusanalyser for sine elektriske kjøretøy/batterier. Dette kan forklares med at produsentene er motvillige til å dele data knyttet til nyutviklet teknologi. Mangel på transparens fra produsentene gjør at flere antagelser må gjøres og at usikkerhetene i resultatene blir større.

Diskusjon om utslipp fra elektriske kjøretøyer omhandler til stor del klimagassutslipp, men det generes også andre typer av negativ miljøpåvirkning. Eksempel på negativ miljøpåvirkning som diskuteres i den vitenskapelige litteraturen er utarming av metaller, utslipp av miljøgifter og smog. Det er viktig å vurdere alle utslippskategorier for å danne et bilde av elektriske kjøretøys totale miljøpåvirkning. I den vitenskapelige litteratur som ligger til grunn for dette notatet har klimagassutslippene fått størst fokus da overgangen til en elektrifisert kjøretøypark er et tiltak for å minimere klimautslipp fra kjøretøysektoren. I den grad det er mulig blir også andre utslippskategorier diskutert.

I litteraturen som dette notat baserer seg på diskuterer flere forfattere at hoveddelen av LCA-forskingen i har fokusert på å sammenligne dagens fossile og elektriske kjøretøyer, og ikke tatt høyde for teknologisk utvikling (Nordelöf, et al. 2014).

Utslippsfaser

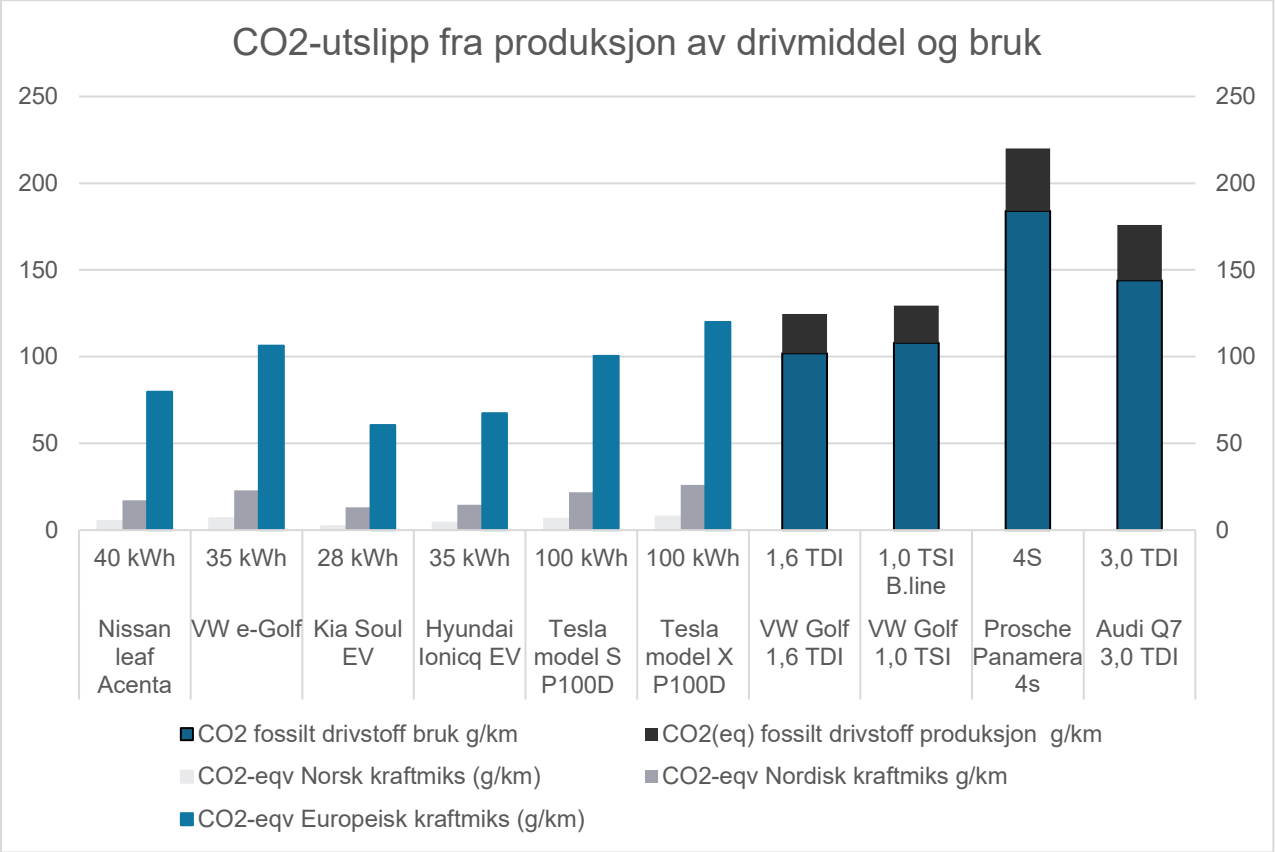
Utslippene knyttet til kjøretøyer genereres ved produksjon av kjøretøykomponenter, bruk av kjøretøyet og destruering. Enkelte av disse fasene er mer utslippsintensive enn andre og type av utslipp varierer også mellom fasene. Den vitenskapelige litteraturen viser at produksjonsfasen og bruksfasen er de to mest utslippsintensive fasene for både fossile og elektriske kjøretøyer. Utslipp fra destrueringsfasen utgjør en relativt liten del i et livssyklusperspektiv for både elektriske og fossile kjøretøyer (Hawkins, et al. 2012), (Tagliaferri, et al. 2016).

En stor del av de vitenskapelige studiene som denne rapporten bygger på er litteraturstudier som i sin tur baserer seg på primærforsking. Dette medfører at de grunnleggende datasettene i mange tilfeller ble produsert flere år tilbake i tid, noe som er utfordrende ved sammenligninger mellom forskjellige rapporter. Studiene omfatter også elektriske kjøretøyer med flere forskjellige typer av batterikjemi. Alders forskjeller på litteraturen gjør at grunnlagsdata for bland annet utslipp ved kraftproduksjon og forskjellig batterikjemi vil forklare noen av den store variasjonen i resultatene.

Elproduksjon og energiforbruk

Den vitenskapelige litteraturen bruker i hovedsak klimagassutslipp fra den europeiske kraftmiksen for å beregne elektriske kjøretøys klimapåvirkning. Kraftmiksen i Norge skiller seg fra den europeiske da den i hovedsak består av fossilfri vannkraft og en liten andel mer klimaintensiv kraft. For å vurdere elektriske kjøretøys klimagassutslipp på norske veier må utslipp fra norsk kraftmiks legges til grunn i beregningen. Europeisk kraftmiks har et klimagassutslipp på 462 g CO_2-eq/kWh (Itten, Frischknecht og Stucki 2014). Nordisk kraftmiks har et utslipp på 100 g CO_2-eq/kWh og norsk kraftmiks har et klimagassutslipp på 30 g CO_2-eq/kWh (Asplan Viak AS 2018). Det norske utslippet tilsvarer 6,5 % av europeisk kraftmiks og 30 % av den nordiske kraftmiksen.

Forskjellen i klimagassutslipp mellom norsk og europeisk kraftmiks har en betydelig påvirkning på utslipp i bruksfasen. Figur 2 viser en oversikt over klimagassutslipp per kilometer for elektriske kjøretøyer med norsk og europeisk kraftmiks samt utslipp fra sammenlignbare kjøretøyer. Kjøretøydata er hentet fra Nybilvelger og forbruksdata er målt i henhold til NEDC-testsyklusen (Statens vegvesen 2018). Beregningen tar høyde for et overføringstap og ladetap på totalt 15 %, men har ikke tatt høyde for livssyklusutslipp for fossilt drivstoff.

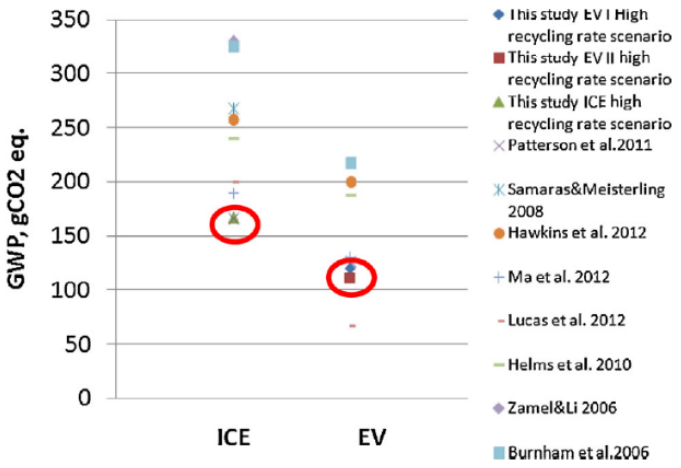


Figur 2: Klimagassutslipp fra elektriske kjøretøyer som lades med europeisk, nordisk og norsk kraftmiks, samt bruksutslipp fra sammenlignbare fossile kjøretøyer.

Alle typer kraftproduksjon medfører en rekke varierende negative miljømessig konsekvenser. Norsk kraftmiks regnes som en av de minst utslippsintensive og skiller seg sannsynligvis positivt ut innenfor de fleste utslippskategorier som omtales nedenfor. I denne rapporten er det for kun de klimamessige utslippene som nasjonale variasjoner diskuteres.

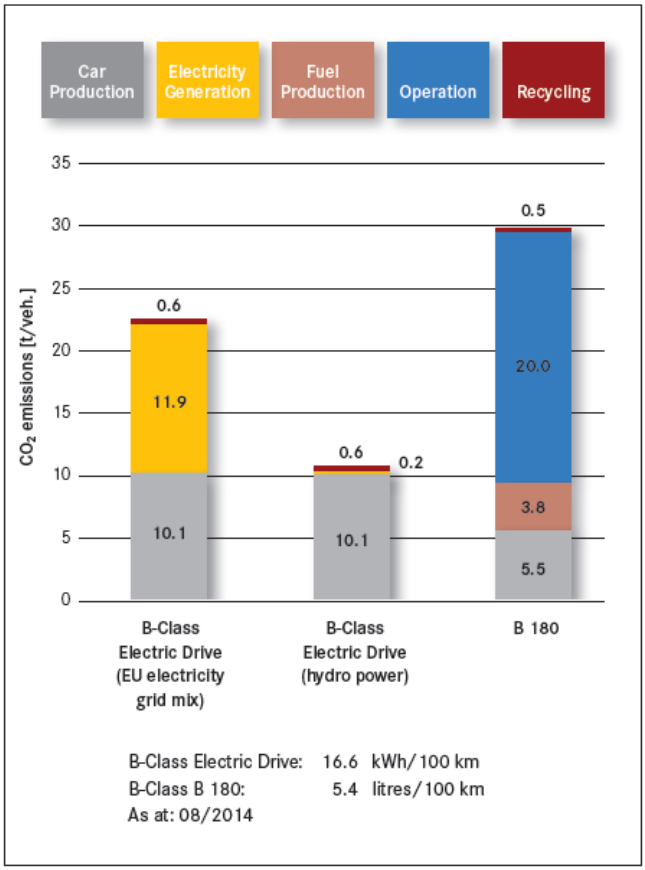
Klimagassutslipp

Den vitenskapelige litteraturen viser at den mest klimagassintensive utslippsfasen for fossile kjøretøyer er bruksfasen hvor forbrenning av fossilt drivstoff er den utslippskilden. Fossile kjøretøyer har her et vesentlig høyere klimagassutslipp sammenlignet med elektriske kjøretøyer i bruksfasen. Elektriske kjøretøyer har et større klimagassutslipp fra produksjonsfasen sammenlignet med fossile kjøretøyer, som i hovedsak generes ved produksjon av høyspenningsbatteri. Destrueringsfasen har en liten innvirkning på det totale livssyklusutslippet (Hawkins, et al. 2012), (Tagliaferri, et al. 2016).



Figur 3: Klimagassutslipp for fossil- og elkjøretøy, sammenligning av forskningsresultat.

I Hawkins et al. (2012) vurderes el produsert med europeisk miks, CNG og kull opp mot diesel og bensin. Sammenlignet med de fossile kjøretøyene er det kun ved bruk av energi fra den europeiske kraftmiksen at elektriske kjøretøyer bidrar til å redusere klimagassutslipp. I rapporten testes to forskjellige Li-ion batterikjemier (LiNCM og LiFePO4) opp mot diesel- og bensindrevne kjøretøyer. Elektrisk kjøretøy som bruker en europeisk kraftmiks oppnår en reduksjon på 26-30 % sammenlignet med bensin, og 17-21 % reduksjon sammenlignet med diesel (T. R. Hawkins, et al. 2013). Ved bruk av CNG oppnås en reduksjon på 12 % (kun LiNCM beregnet) mot bensin, og utslippet tilsvarer et dieselkjøretøy. Ved bruk av energi produsert av kull genererer elektriske kjøretøyer 17 % (bensin) respektive 27 % (diesel) høyere utslipp. Disse beregningen antar en livslengde på 150 000 km.



Figur 4: CO2-utslipp fra elektrisk og fossil B-klasse. Kilde: Daimler AG 2014

I en studie fra Tagliaferri et al. (2016) presenteres en klimagassreduksjon ved overgang til elektriske kjøretøyer på 33-45 % (to forskjellige beregningsmodeller for en Nissan Leaf), sammenlignet med et tilsvarende fossilt kjøretøy (bensin). I studien presenterer forfatterne en sammenligning av klimagassutslipp mellom 9 LCA-studier (figur 3). Figuren viser at samtlige forskingsrapporter konkluderer at elektriske kjøretøyer har lavere totale klimagassutslipp sammenlignet med

tilsvarende fossile kjøretøyer. Forfatterne peker på en trend med lavere utslipp fra nyere rapporter. Trenden forklares av teknologiutvikling og økt fornybar kraftproduksjon (Tagliaferri, et al. 2016).

I en litteraturstudie fra 2017 presenteres data som viser at produksjonsfasen er den mest klimagassintensive utslippsfasen, i motsetning til de eldre vitenskapelige rapportene som konstaterte det at bruksfasen var den mest klimaintensive. Denne endringen kommer ifølge forfatterne av at bedre data har blitt tilgjengelig gjennom at batteriprodusenter har produsert og tilgjengeliggjort egne livssyklusanalyser. Nye vitenskapelige rapporter som bruker primærdata fra produsentene bekrefter produsentenes resultat (Ellingsen, Hung og Strømman 2017).

Mercedes-Benz har laget en livssyklusanalyse som presenterer forskjellene mellom en fossil MB B-klasse 180 (bensin) og en MB B-klasse Electric Drive, se Figur 4. Kjøretøyene er oppbygget på samme plattform med tilsvarende komponenter bortsett fra drivlinje med en beregnet levetid til 160 000 km (Daimler AG 2014). Rapporten sammenligner CO_2-utslipp fra en fossil B-Klasse (bensin) og en B-klasse Electric Drive som bruker EUs kraftmiks respektive vannkraft. Resultatene viser at kjøretøyets totale livsløpsutslipp av CO_2 for B-klasse Electric drive reduseres med 64 % ved bruk av vannkraft. CO_2-utslippene reduseres med 24 % ved bruk av europeiske kraftmiksen.

Miljøgifter

Eksponering av miljøgifter for mennesker (HTP) er tett knyttet til produksjon av elektriske kjøretøyer. Forsyningskjeden av råmaterial til batteripakken er hovedårsaken til elektriske kjøretøyer har en større negativ innvirkning. De hovedsakelige utslippene skjer i ved utvinning av kobber, og nikkel (ved produksjon av NCM-batterier). Restavfall fra gruvedriften representerer ca. 75 % av HTP-utslippene. Avfall fra utvinning av lignitt (brunkull) og kull generer merparten av den resterende andelen. I den vitenskapelige litteraturen anslås det at elbilproduksjon øker HTP med 180-290 % sammenlignet med fossile kjøretøyer (Hawkins, et al. 2012). I litteraturstudie fra 2016 peker Tagliaferri, et al. at HTP er en stor utfordring ved produksjon av elektriske kjøretøyer, men konkluderer med en lavere eksponeringsmengde på 100 % øking sammenlignet med fossile kjøretøyer. Denne eksponeringsgraden kan muligens forklares av at rapporter regner på høy og lav gjenvinning og legger den høye gjenvinningsgraden til grund for beregningene. I samme rapport vurderes toksisitet-eksponering også til å øke for fossile kjøretøyer sammen med at iblandning og bruk av biodrivstoff forventes å økes (Tagliaferri, et al. 2016).

Metalluttømming

Elektriske kjøretøyer beregnes ha tre ganger større ressursforbruk av metaller, sammenlignet med kjøretøyer med forbrenningsmotor (Hawkins, et al. 2012). Kjøretøyproduksjon og spesielt forsyningskjeden av råmaterial til batteripakken er hovedårsaken til at elektriske kjøretøyer har en større negativ innvirkning. Nordelöf et al. viser også til elektriske kjøretøys høyere forbruk av metaller i sin rapport, men påpeker at gjenvinning av høyspenningsbatteriene har potensial til å redusere forbruket selv om dette foreløpig ikke er realisert (Nordelöf, et al. 2014).

Partikler

Partikkelutslipp fra elektriske kjøretøyer genereres i hovedsak ved elproduksjon, og bryting av metaller og mineraler til batteriproduksjon som nikkel, kobber og aluminium. Hawkins, et al. (2012) anslår at et elektrisk kjøretøy ladet med europeisk kraftmiks genererer tilsvarende mengde partikkelutslipp som en fossilbil (Hawkins, et al. 2012). Partikkelutslipp fra fossile kjøretøyer er typisk knyttet til bruksfasen, ved en overgang til elektriske kjøretøyer separeres derfor utslipp fra bruksfasen og skjer isteden ved utvinning av metaller og mineraler og energiproduksjon. Partikkelutslippet i bruksfasen vil være lavere for en elektrisk bil sammenlignet med en bil med forbrenningsmotor siden eksosutslippet elimineres. Samtidig vil elektriske biler fortsatt føre til slitasjepartikler fra dekk, bremser og veibanen. På grunn av at elektriske biler er tyngre enn biler med forbrenningsmotor, vil disse slitasjeutslippene være noe høyere enn tilsvarende utslipp fra bensin- og dieselbiler.

Smog
Elektriske kjøretøyer bidrar totalt sett med mindre smogdannelse (hovedsakelig NOx-gasser) sammenlignet med fossile kjøretøyer. Ifølge rapporten er det beregnet at elektriske kjøretøyer reduserer dannelse av smog med mellom 22-33 %. Siden smog ikke generes ved bruk av elektriske kjøretøyer, er det i hovedsak ved energi-, kjøretøy- og batteriproduksjon som utslipp skjer. En overgang til en elektrifisert kjøretøypark bidrar derfor til at utslippene forskyves geografisk og tidsmessig. Det er i hovedsak forbrenning, aktivitet og sprenging ved gruvedrift som generer smog (Hawkins, et al. 2012).

Elektriske kjøretøys utfordringer og potensiale
I den vitenskapelige litteraturen fremgår det at elektriske kjøretøyer som benytter europeisk kraftmiks har et redusert klimagassutslipp sammenlignet med tilsvarende fossile kjøretøyer (Hawkins, et al. 2012) (Nordelöf, et al. 2014) (Tagliaferri, et al. 2016).

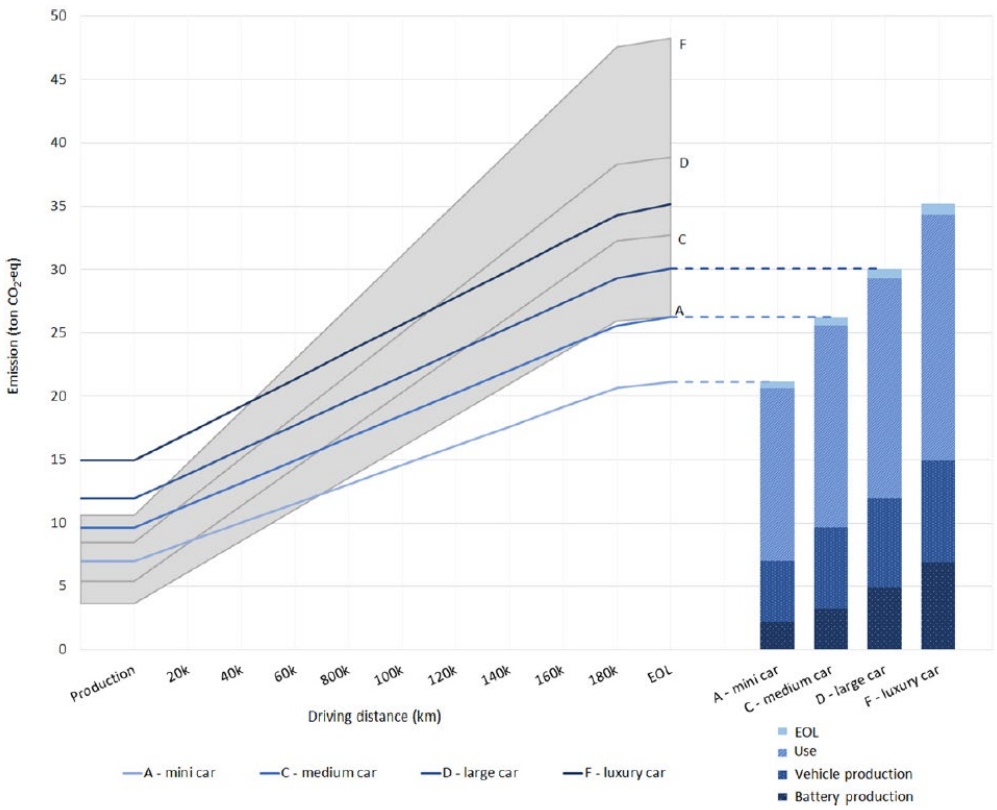
Klimagassreduksjonene i de forskjellige rapportene varierer fra reduksjon på 10 % (Hawkins, et al. 2012) til 45 % (Tagliaferri, et al. 2016). Den norske kraftmiksens klimagassutslipp på 30 CO_2-eq/kWh reduserer utslippene med 93,5 % i bruksfasen sammenlignet med den europeiske kraftmiksen. En slik reduksjon medfører at klimagassutslippene fra bruk av elektriske kjøretøyer marginaliseres i forhold til produksjonsutslippene. Forflytning av energibærere fra fossile drivstoff til elektrisitet vil medføre at utslippene fra transportsektoren blir regulert gjennom EUs kvotehandelssystem siden kraftproduksjon er kvotepliktig. Dette system skal sikrer at økt energietterspørsel ikke øker utslipp fra energiproduksjon, men i stedet reduserer tillatt total utslippsmengde over tid.

Tilgjengelig LCA-litteratur viser at klimagassutslipp er et stort fokusområde ved sammenligning av elektriske og fossile kjøretøyer. Hawkins et al. (2012) viser samtidig at en overgang til elektriske kjøretøyer medfører økte utslipp innenfor utslippskategorier så som miljøgifter, partikkelutslipp og metalluttømming mfl. Nevnte utslippsfaktorene generes i hovedsak i ved produksjon av kjøretøyer og særlig høyspenningsbatteriet til elektriske kjøretøyer. Det er dessverre kun få rapporter som går i dybden på samtlige utslipp som oppstår i forbindelse med produksjon, bruk og destruering. Utslippet ved batteriproduksjonen er i hovedsak knyttet til energibruk siden produksjon av batterier er en energiintensiv prosess. Dette betyr at utslippet først og fremst gjenspeiler kraftproduksjonen i landet/regionen der batteriene produseres. Per i dag er det i hovedsak fossil kraft som benyttes i batteriproduksjonen. Når kraftproduksjonen globalt skifter til fornybare kilder vil klimagassutslipp fra batteriproduksjonen reduseres betydelig. Flere produsenter, der ibland Tesla har ambisiøse planer på å bygge ut fornybar kraftproduksjon i anslutning til batteriproduksjonsanlegg for å minimere klimagassutslipp. (Ellingsen, Singh og Strømman, The size and range effect: lifecycle greenhouse gas emissions of electric vehicles 2016). En overgang til mer fornybar energi vil gjøre elektriske kjøretøyer mindre klimaintensive men dette vil ha liten direkte effekt på de mindre omtalte utslippskategoriene. Det er derfor viktig at det sette fokus på alle typer av utslipp som generes ved produksjon, bruks og destruering av elektriske kjøretøyer.

Forskyving av utslipp
En overgang til elektriske kjøretøyer vil, foruten å ha en positiv effekt på klimagassutslipp, føre til at utslipp som påvirker lokal miljøer flyttes fra hvor kjøretøyene brukes, til hvor metaller og mineraler utvinnes og til en viss grad dit kjøretøyer og komponenter produseres. Ved å flytte utslippene til produksjonsfasen fører det til at enkelte geografiske områder blir spesielt påvirket. Bryting av metaller og mineraler er direkte bundet til råvaretilgang og i mange tilfeller er dette i utviklingsland, hvor miljøhensyn og rettigheter til arbeidstakere ikke nødvendigvis prioriteres. Det er mulig å utvinne slike råvarer med mindre miljøpåvirkning. Myndigheter i land hvor det ikke foregår produksjon/utvinning vil ha liten eller ingen mulighet å regulere disse utslippene.

Klimagassutslipp og kjøretøysegment

Elektriske kjøretøyer har tradisjonelt vært representert i småbil- og det mellomstore segmentet. Livssyklusanalysene vurdert i dette notat ser i hovedsak på kjøretøyer i mellomklassen, Nissan Leaf nevenes i flertallet av rapportene som er utgangspunkt for analysen. Nissan Leaf er foreløpig den mestselgende elbilen i verden og egner seg derfor godt som utgangspunkt i LCA-analyser. Samtidig skjer det en eksplosiv teknologi- og prisutvikling i takt med at batterikostnader går ned vil elektriske kjøretøyer bli vanligere i flere segment. Elling et al. (2016) har analysert klimagasseffekten for elektriske kjøretøyer av forskjellig størrelse og konkluderer med at små elektriske kjøretøyer har en lavere påvirkning sammenlignet med større kjøretøyer. Elektriske kjøretøyer i luksussegmentet har et klimagassutslipp 70 % høyere sammenlignet med minibil-segmentet. Samtidig har elektriske kjøretøyer i luksussegmentet betraktelig lavere klimagassutslipp sammenlignet med en fossilbil i samme segmentet. Forfatterne påpeker samtidig at forskjellen i klimagassutslipp reduseres hvis utslippene fra energiproduksjon minsker (Ellingsen, Singh og Strømman, The size and range effect: lifecycle greenhouse gas emissions of electric vehicles 2016). I rapporten presenteres livssyklusutslippene for klimagassutslipp for elektriske og fossile kjøretøyer fordelt over fire segment.



Figur 5. Livssykluspåvirkning for konvensjonelle og elektriske kjøretøyer. Grafen til venstre viser kumulative utslipp for fossile kjøretøyer i fire ulike segment (grått). Klimagassutslipp for elektriske kjøretøyer er presentert i et søylediagram til høyre (blått). Grafen viser produksjons- (batteri og kjøretøy), bruks- og destrueringsutslipp for fossile kjøretøyer på X-aksen, og på Y-aksen for elektriske kjøretøy. (Ellingsen, Singh og Strømman, The size and range effect: lifecycle greenhouse gas emissions of electric vehicles 2016).

Figuren viser at de elektriske kjøretøyene har et generelt høyere klimagassutslipp ved produksjon men at bruksfasen drastisk reduserer utslippene over samtlige segment sammenlignet med fossile kjøretøyer. Det er verdt å merke seg at fossilbiler i luksussegmentet har et betydelig høyere produksjonsutslipp sammenlignet med fossilbiler i minisegmentet (figur 5).

Elbilens livslengde

Hoveddelen av studiene som er vurdert i dette notatet har antatt en livslengde for høyspenningsbatteriet fra 150 000 til 180 000 km. Da den nye generasjonen med elbiler kom på markedet i starten av 2010-tallet var

livslengden basert på simulert aldring av batterier og teoretiske antagelser. Den aldrende elbilparken gir nå bedre kunnskap om batteriers aldring og hvordan livslengden påvirkes av dette. Det finns indikasjoner på at moderne høyspenningsbatteriene i elektriske kjøretøyer har en bedre holdbarhet sammenlignet enn tidligere antatt. I nyere vitenskapelig litteratur vurderes høyspenningsbatteriet å ha nådd en holdbarhet som gjør at det kan forventes at holde hele kjøretøyets livslengde (Motti, et al. 2016). Nordenlöf et al. viser i sin studie at klimagassutslippene reduseres med omlag 60 % ved å endre livslengde for elektriske kjøretøyer og batteriet fra 150 000 km til 250 000 km (Nordelöf, et al. 2014). Teknologiutviklingen går fort frem innenfor batteriteknologi og batteriprodusenter konkurrere med hverandre for å produsere batterier med lengre livslengde og raskere lademuligheter. Samtidig arbeides det på internasjonalt nivå med regelverksutvikling for å fastsette målemetoder for batteriholdbarhet.

Kjøretøysykluser

Ved beregning av elektriske kjøretøys energibruk benyttes NEDC-testsyklusen i den vitenskapelige litteraturen vurdert i dette notatet. Denne testsyklusen er per dags dato utdatert og erstattet av WLTP-testsyklusen. Hensikten med den nye testsyklusen er å generere utslippsdata med større nøyaktighet. NEDC-testsyklusen har blitt kritisert for å favorisere elektriske kjøretøyer da testen tillater at tilleggsutstyr stenges av under testen slik at målt energiforbruk kun vurderer fremdriften. Testsyklusen har samtidig mottatt kritikk for å være konstruert slik at den ikke reflekterer elektriske kjøretøys effektivitet ved bykjøring (start/stopp). For de få elektriske kjøretøyene (3 stk.) det finnes både NEDC- og WLTP-måledata for fremgår det at rekkevidden minsker med 12-28 % (Elbilforeningen 2018). NEDC-testsyklusen er også kritisert når det gjelder resultater for fossile kjøretøyer. Undersøkelser viser at moderne kjøretøyer har et reelt gjennomsnittlig drivstofforbruk som overstiger NEDC-målinger med 32 % (Fontaras, et al. 2017). Rapporten viser også at forskjellen mellom målt og reelt forbruk har økt i senere tid.

WLTP-testsyklusen ble tatt i bruk høsten 2017, men foreløpig finnes det begrenset med vitenskapelig grunnlag som viser hvilket utfall overgangen til en ny testsyklus har for energibruken og drivstofforbruk. Fontaras et al. (2017) forventer at WLTP-testsyklusen vil være mer realistisk, men at det er sannsynlig at en forskjell på 10-15 % vil være til stede, basert på testsyklusens oppbygging og begrensninger.

Teknologiutvikling og fremtid

Det finns over 1.2 milliarder lette kjøretøyer i verden i dag og kjøretøyparken forventes å dobles de kommende tiårene. Ressursforbruk og utslipp fra den forventede kjøretøyparken er en stor utfordring med hensyn til internasjonale klima- og miljøforpliktelser. Fossile kjøretøyer har vist en klimagasseffektivisering ved testing med NEDC-målemetoden, men testing i reell trafikk og med WLTP-målemetoden viser at klimagassutslipp faktisk har økt. Det er også viktig å påpeke at også elektriske kjøretøys energieffektivitet, og der med klimagassutslipp, øker med bruk av WLTP-målemetoden. Elektriske kjøretøyer har ifølge den vitenskapelige litteraturen en konkret klimagevinst i forhold til konvensjonelle kjøretøyer, med dagens europeiske kraftmiks. I europa viser nå trenden at klimaintensiv kraftproduksjon suksessivt byttes ut mot fornybar kraft og i takt med dette vil elektriske kjøretøys utslipp stadig gå nedover (IEA: International Energy Agency 2017). En overgang til mer fossilfri kraftproduksjon vil ha en direkte positiv effekt på klimagassutslippene fra en kjøretøypark bestående av elektriske kjøretøyer.

Batterisektoren er i rask utvikling, kostnaden for batterier går stadig nedover og energitettheten øker. Den elektriske rekkevidden øker i takt med at nye modeller presenteres og revolusjonerende batteriteknologi som «solid-state batterier» forventes komme på markedet innen få år. Prisene for elektriske kjøretøyer går ned i takt med at høyspenningsbatteriene blir billigere og at produksjonsvolumet øker. Elektriske kjøretøy er allerede konkurransedyktige på pris i Norge på grunn av en gunstig incentivordning og om få år forventes elektriske kjøretøyer å være konkurransedyktige på pris i de fleste markeder.

Autonome kjøretøyer forventes bli det den neste store revolusjonen innenfor kjøretøysektoren og er tett knyttet opp mot elektrifiseringen av kjøretøysektoren. Selvkjørende kjøretøyer har ikke bare mulighet å

revolusjonere måten vi reiser på, men også bruksmønster og eierforhold. I dagens marked konkurrerer de kjøretøyprodusenter som er pionere på autonomi om være først på markedet med selvkjørende kjøretøyer. Slik teknologi i kombinasjon med andre samfunnstrender så som delingsøkonomi åpner opp for en spennende utvikling innenfor transportsektoren. Den store gevinsten i en elektrifisering av kjøretøyparken ligger ikke bare i direkte besparelser av klimagassutslipp ved redusert bruk av fossilt drivstoff, uten også i den fremtidige utvikling av persontransport som elektriske kjøretøyer har potensiale å levere.

Referanser

Asplan Viak AS. «Klimamodulen i EFFEKT.» 2018.

Daimler AG. *Life Cycle Environmental Certificate Mercedes-Benz B-Class Electric Drive.* Produktinformasjon, Mercedes - Benz: Daimler AG, 2014.

Elbilforeningen. *Elbilforeningen.no.* september 2018. https://elbil.no/om-elbil/rekkevidde-pa-dagens-elbiler/ (funnet september 2018).

Ellingsen, Linda Ager-Wick, Bhawna Singh, og Anders Hammer Strømman. «The size and range effect: lifecycle greenhouse gas emissions of electric vehicles.» *Environmantal Research Letters*, 6 Mai 2016.

Ellingsen, Linda Ager-Wick, Christine Roxanne Hung, og Anders Hammer Strømman. «Identifying key assumptions and differences in life cycle assessment studies of lithium-ion traction batteries with focus on greenhouse gas emissions.» *Transport and Environment* , Augusti 2017: 82-90.

Fontaras, Georgios, et al. «The difference between reported and real-world CO2 emissions: How much improvment can be expected by WLTP introduciton.» *Transportation Resarch Procedia 25*, 2017: 3933-3943.

Hawkins, Troy R, Bhawna Singh, Guillaume Majeau-Bettz, og Anders H Strømman. «Corrigendum to: Hawkins, T. R., B. Singh, G. Majeau-Bettez, and A. H. Strømman. 2012. Comparative environmental life cycle assessment of conventional and electric vehicles.» *Journal of Industrial Ecology*, 2013: 158-160.

Hawkins, Troy R., Bhawna Singh, Guillaume Majeau-Bettz, og Anders Hammer Strømman. «Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles.» *Journal of Industrial Ecology*, 2012.

IEA: International Energy Agency. *Energy and CO2 emissions in the OECD.* 2017. https://www.iea.org/media/statistics/Energy_and_CO2_Emissions_in_the_OECD.pdf (funnet Mars 21, 2018).

Itten, René, Rolf Frischknecht, og Matthias Stucki. *Life Cycle Inventories of Electrici-ty Mixes and Grid - Version 1.3.* Juni 2014. http://esu-services.ch/fileadmin/download/publicLCI/itten-2012-electricity-mix.pdf (funnet Mars 14, 2018).

Motti, Marco, Geoffrey J Supran, Ella J Kim, og Jessika E Trancik. «Personal Vehicles Evaluated against Climate Change Mitigation Targets.» *Environmental Science and Technology*, 27 September 2016.

Nealer, Rachael, og Thomas P Hendrickson. «Review of recent lifecycle assessments of energy and greenhouse gas emissions for electric vehicles.» *Current Sustainable Renewable Energy Report*, 2015.

Nordelöf, Anders, Maarten Messagie, Anne-Marie Tillman, Maria Ljunggren Söderman, og Joeri Van Mierlo. «Environmental impacts of hybrid, plugin hybrid, and battery electric vehicles - What can we learn from life cycle assessment?» *The International Journal of Life Cycle Assessment* , November 2014: 1866-1890.

Norges Vassdrag og Energidirektorat . *Nasjonal varedeklarasjon 2016.* 19 12 2017. https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten-for-energi-rme-marked-og-monopol/varedeklarasjon/nasjonal-varedeklarasjon-2016/ (funnet 01 23, 2018).

Singh, Bhawna, Linda Ager-Wick Ellingsen, og Anders Hammer Strømman. «Pathways for GHG emission reduction in Norwegian road transport sector: Perspective on consumption of passenger car transport and electricity mix.» *Tramsport and Research*, desember 2015: 160-164.

Statens vegvesen. *Nybilvelger.* April 2018. https://www.vegvesen.no/Kjoretoy/Kjop+og+salg/Nybilvelger (funnet April 2018).

Tagliaferri, Carla, et al. «Life cycle assessment of future electric and hybrid vehicles: A cradel to grave systems engineering approach.» *Chemical Engineering Research and design* , 2 Juli 2016: 298-309.

VEDLEGG 3: MULIGHETER FOR UTSLIPPSREDUKSJONER I ANLEGG – RAPPORT

Utrykt vedlegg, se: https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/nasjonal-transportplan/nasjonal-transportplan-2022-2033/tverretatlige-utredninger/_attachment/2685765?_ts=16a8d2999f8&fast_title=Muligheter+og+barrierer+for+fossilfrie+anleggsplasser+i+transportsektoren.pdf

VEDLEGG 4: FORELØPIG GRUNNLAG FOR CO_2-INTENSITETSFAKTOR

Klimagassutslipp og investering for utvalgte infrastrukturprosjekter – vei og bane

Transport-form	Direkte CO_2-utslipp i tonn	Indirekte CO_2-utslipp i tonn	Totale CO_2-utslipp i tonn	Investering i mill. kr	Tonn CO_2/mill. kr
Vei	**2 022**	2 332	4 354	144	**30**
Vei	**20 646**	36 178	56 824	1 933	**29**
Vei	**2 785**	762	3 547	108	**33**
Vei	**19 666**	25 934	45 600	1 100	**41**
Vei	**1 582**	1 668	3 250	71	**46**
Vei	**544**	1 068	1 612	70	**23**
Vei	**7 780**	8 360	16 140	598	**27**
Vei	**6 992**	15 438	22 430	554	**40**
Vei	**10 316**	19 784	30 100	1 041	**29**
Vei	**1 051**	265	1 316	45	**29**
Bane	**100 00**	700 000	800 000	25	**32**
Bane	**10 500**	73 500	84 000	7	**12**
Bane	**27 400**	191 600	219 000	10	**22**
Bane	**46 600**	326 400	373 000	10,7	**39**
Bane	**18 900**	132 100	151 000	7,4	**20**