

JERNBANENS KLIMAFORTRINN OG NORGES KLIMARISIKO

“Bedre klima for pengene”

Norconsult 



Forord

I denne rapporten for Jernbanedirektoratet, drøftes jernbanens klimafortrinn overfor konkurrerende transportformer fram mot 2030 og 2050, samt jernbanens betydning for Norges klimarisiko. Utredningen ble gjennomført av Norconsult i samarbeid med Oslo Economics i perioden august 2019-mars 2020. Kjerneteamet har bestått av Einar Bowitz, Lars-Petter Nesvåg, Frode Voldmo, Ketil Søyland og Hans Otto Hauger.

Kontaktperson i Jernbanedirektoratet har vært Stephen Oommen.

Sandvika, 20. mars 2020
Einar Bowitz, oppdragsleder.

Innholdsfortegnelse

1	INNLEDNING	17
1.1	BAKGRUNN	17
1.2	PROBLEMSTILLING	17
2	METODISK TILNÆRMING	20
2.1	OVERORDNET	20
2.2	NÆRMERE OM SCENARIOANAYSEN	21
3	KLIMAPOLITIKK, TRANSPORT, ENERGI OG KLIMAGASSUTSLIPP	24
3.1	UTSLIPP PER TRANSPORTERT ENHET	25
3.2	ENERGIBRUK PER TRANSPORTERT ENHET	26
3.3	UTSLIPP KNYTTET TIL FORBRENNING AV BIOENERGI	27
3.4	UTSLIPP VED BYGGING AV NY INFRASTRUKTUR	27
3.5	KARBONAVTRYKK OG LIVSLØPSUTSLIPP	27
4	KLIMASCENARIOER MOT 2030 OG 2050	31
4.1	TRENDER INNEN TEKNOLOGI OG MARKEDSFORHOLD	31
4.2	KLIMAPOLITIKK - AVGIFTER PÅ CO ₂ -UTSLIPP I IKKE-KVOTEPLIKTIG SEKTOR	32
4.3	VEKTLGGING AV LIVSLØPSUTSLIPP I FORHOLD TIL NASJONALE UTSLIPP	33
4.4	BIODRIVSTOFF SOM VIRKEMIDDEL	33
4.5	ELEKTRIFISERING OG KRAFTMARKEDET	34
4.6	LUFTFART	35
4.7	TO SCENARIOER FOR TRANSPORT OG KLIMA TIL 2030 OG 2050	36
5	EFFEKTER AV TRANSPORTTILTAK I SCENARIOENE	41
5.1	KVU OSLO-NAVET	41
5.2	JERNBANETILTAK	42
5.3	VEIPROSJEKTER	44
5.4	TILTAK FOR ØKT GODSTRANSPORT PÅ JERNBANE	45
5.5	ØVRIGE JERNBANEUTREDNINGER	46
5.6	OPPSUMMERING	47
6	FØLSOMHETSBEREGNINGER	49
6.1	USIKKERHET: IKKE MULIG MED ØKT BRUK AV BIODRIVSTOFF	49
6.2	USIKKERHET: KLIMAEFFEKTER AV SKYDANNELSER FRA LUFTFART REGNES MED	50

7	JERNBANENS ROLLE	53
7.1	JERNBANENS Plass i transportsystemet	53
7.2	JERNBANENS Rolle i klima- og transportpolitikken	55
8	JERNBANEN OG NORGES OVERGANGSRISIKO	58
8.1	JERNBANENS Klimafortrinn - mulige utviklingsbaner	58
8.2	JERNBANENS Klimafordeler avtar men jernbanen er viktig for Norges overgangsrisiko	58
8.3	TRANSPORTMARKED OG Utslippsreduksjon	61
8.4	JERNBANESektorens interne prioriteringer og planlegging	62
8.5	TIDSFORLØP OG TYPE JERNBANETILTAK	64
8.6	KONKLUSJONER	65
8.7	IMPLIKASJONER	67
	REFERANSER	70
	VEDLEGG 1 - TRANSPORTARBEID OG UTSLIPP HISTORISK	73
	VEDLEGG 2 - OVERSIKT OVER SCENARIOER UTARBEIDET AV ANDRE	76

A high-speed train with a white, red, and orange livery is traveling on tracks through a snowy mountain landscape. In the background, a white building sits on a hillside, and a yellow building is visible near the tracks. The foreground is filled with snow-covered rocks and sparse vegetation.

SAMMENDRAG

Sammendrag

Fremover må Norge i større grad prioritere bevilgninger til transportsektoren ut fra hvilke utslippsreduksjoner investeringstiltaket kan oppnå. Det haster å gjøre de riktige prioriteringene for å nå våre klimaforpliktelser.

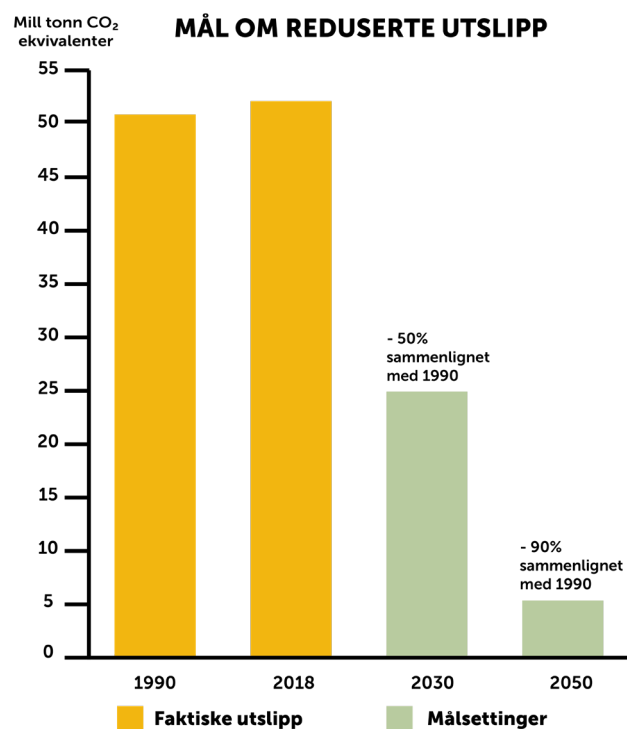
Norge har nylig meldt inn til FN en samlet reduksjon i klimagassutslipp på 50 prosent til 2030 sammenlignet med 1990, og klimaloven har mål om en utslippsreduksjon på 80-95 prosent i 2050.

Transportsektoren er blant de største kildene til klimagassutslipp i ikke-kvotepliktig sektor. Regjeringen har forpliktet seg til å redusere utslippene i ikke-kvotepliktig sektor med 45 prosent i 2030 sammenlignet med 2005. Som del av samarbeidet med EU om klimapolitikken har Norge forpliktende årlige utslippsbudsjetter for ikke-kvotepliktig sektor for perioden 2021-2030.

For å nå disse målene, er det nødvendig å gjøre prioriteringer i fremtidige investeringstiltak i transportsektoren og prioritere transportformer som bidrar til reduserte utslipp.

I denne rapporten drøfter vi jernbanens fortrinn når det gjelder miljø- og klimaeffekter, og jernbanens rolle for Norges overgangsrisiko i klimapolitikken. Vi tolker «Norges overgangsrisiko» til å bety risikoen for at Norge ikke klarer å oppfylle utslippsforpliktelsene mot 2030 og utslippsmålene for 2050 uten svært høye kostnader og ulemper. Jernbanens betydning for Norges overgangsrisiko vil i dette perspektivet være hvilke utslippsreduksjoner jernbanetiltak kan oppnå i framtiden og til hvilken kostnad.

Jernbanen er et miljøvennlig transportmiddel, og i Norge har jernbanen tilnærmet null klimagassutslipp fra hovedsakelig ren elektrisitet fra fornybar vannkraft. Jernbanen har også fordeler som et arealeffektivt og energieffektivt transportmiddel som har høy kapasitet og kan frakte passasjerer og gods med høy hastighet over lengre avstander. I tillegg bidrar jernbanen til å strukturere arealutviklingen og dermed bidra til å dempe transportbehovet over tid.



KLIMARISIKO OG OMSTILLING TIL LAVUTSLIPPSSAMFUNNET

Klimarisiko er et vidtspennende begrep som omfavner både konsekvenser av klimaendringer og tiltak for å bekjempe klimaendringer. Det kan skilles mellom fysisk klimarisiko, som havstigning, hyppigere uvær, skred og lignende, og overgangsrisiko som er ulemper og kostnader knyttet til overgangen til et lavutslippssamfunn. Land, næringer, bedrifter og individer kan være utsatt for overgangsrisiko.

Omlegging av økonomien til et lavutslippssamfunn, vil påvirke teknologier og markedsforhold. Dette vil ha konsekvenser for utallige bedrifter og enkeltpersoner. Klimapolitikk og klimarelatert teknologisk utvikling er usikre faktorer som i høy grad vil påvirke Norges klimarisiko i årene fremover.

Nødvendige klimatiltak kan bli omfattende med store konsekvenser og kostnader for samfunnet. Det er derfor også en risiko for at det ikke blir politisk enighet om de mest omfattende tiltakene, eller at nødvendige virkemidler ikke kan benyttes fordi fordelingseffektene blir ansett som uakseptable. Det kan dreie seg om sosial fordeling, geografisk fordeling eller fordeling mellom næringer.

Vi kan skille mellom ulike tiltak som, i et klimaperspektiv, bør prioriteres i følgende rekkefølge:

1. Tiltak for å redusere fremtidig transportbehov (som fortetting rundt stasjoner og kollektivknutepunkter mm.)
2. Tiltak som bidrar til overføring til transport med mindre utslipp (som veipricing, avgifter og insentiver mm.)
3. Tiltak til vedlikehold og fornyelse for å opprettholde eksisterende infrastruktur
4. Mindre utbyggings- og investeringstiltak som kan realiseres raskt og bidra til økt kapasitet og et bedre transporttilbud (som kryssingsspor, utbygging av mer attraktive knutepunkt og innkjøp av flere tog mm.)
5. Store utbyggingstiltak av ny infrastruktur som åpner nye dekningsområder og/eller bidrar til kortere reisetider

Bygging av ny infrastruktur innebærer generelt betydelige utslipp i anleggsfasen, noe som skaper en «klimagjeld» som må kunne forsvares opp mot fremtidige utslippsgevinster i transportsektoren.



Figur A Klimarisiko innbefatter fysisk klimarisiko og overgangsrisiko. I denne rapporten omtales jernbanens rolle for Norges overgangsrisiko.

SCENARIOER FREM MOT 2030 OG 2050

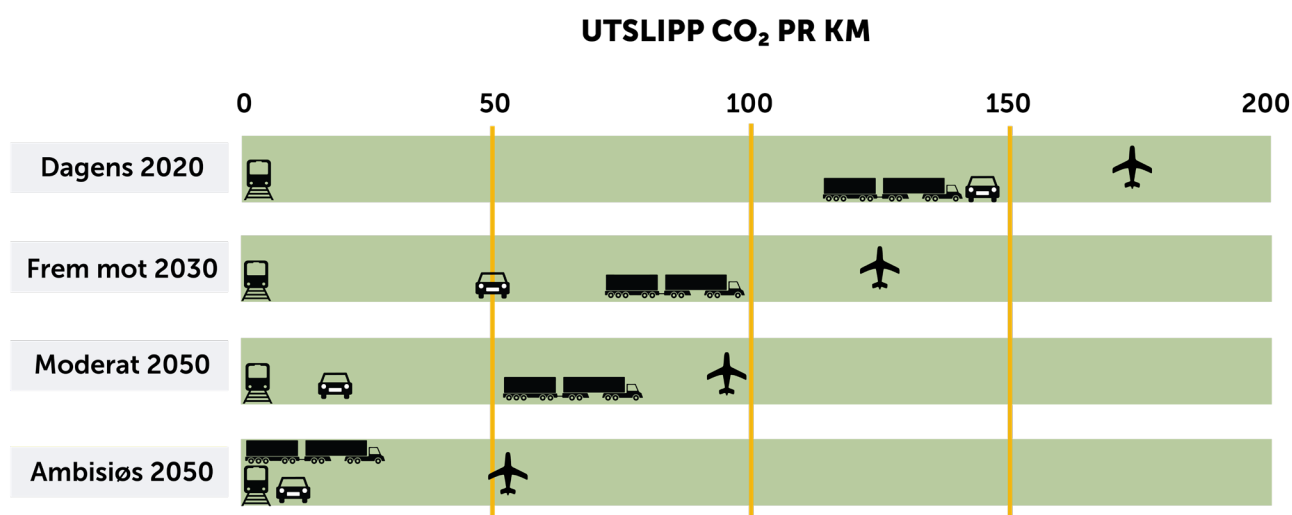
For analysene i rapporten er det definert scenarier fram mot 2030 og 2050 basert på ulike utviklingstrender. I et scenario for 2030 legger vi til grunn at personbilparken i Norge består av 55 prosent elbiler og at det er økte krav til innblanding av biodrivstoff. Det innebærer at utslippet per personkilometer kan komme så lavt som 1/3 av utslippet i en fossildrevet personbil i dag.

Vi skisserer to scenarier for 2050, ett scenario med ambisiøs klimapolitikk, høy CO₂-pris og sterk teknologisk framgang når det gjelder lavutslippsteknologier, og ett moderat scenario der disse endringene finner sted i svakere grad. Bioinnblanding spiller en betydelig, men varierende rolle i scenarioene, mest i perioden fram til 2030.

Figur B indikerer hvordan CO₂-utslippene per transportert enhet fra transportmidlene som konkurrerer med jernbanen er forutsatt å utvikle seg i scenarioene.

JERNBANEN HAR FORTSATT MILJØFORTRINN MOT BIL, MEN KLIMAFORTRINNENE AVTAR

Økonomiske incentiver til å anskaffe og bruke elbiler og krav om innblanding av biodrivstoff, er sentrale elementer i den norske klimapolitikken overfor transportsektoren. Men også tiltak for å redusere omfanget av transport som genererer utslipp og å flytte transport fra utslippsintensive til lite utslippsintensive transportmidler, som jernbanen, vil bidra. I løpet av 2020-tallet vil sannsynligvis klimautslippene per personkilometer med personbil gå betydelig ned. I det ambisiøse scenarioet for 2050 er personbiltransporten praktisk talt fossilfri, og det er derfor få eller ingen klimafordeler for jernbane sammenlignet med personbil.



Figur B Forutsetninger i scenarioene om utslipp per transportenhet for bil, tog og fly. Godstransport: per tonnkm. Persontransport: per personkm.

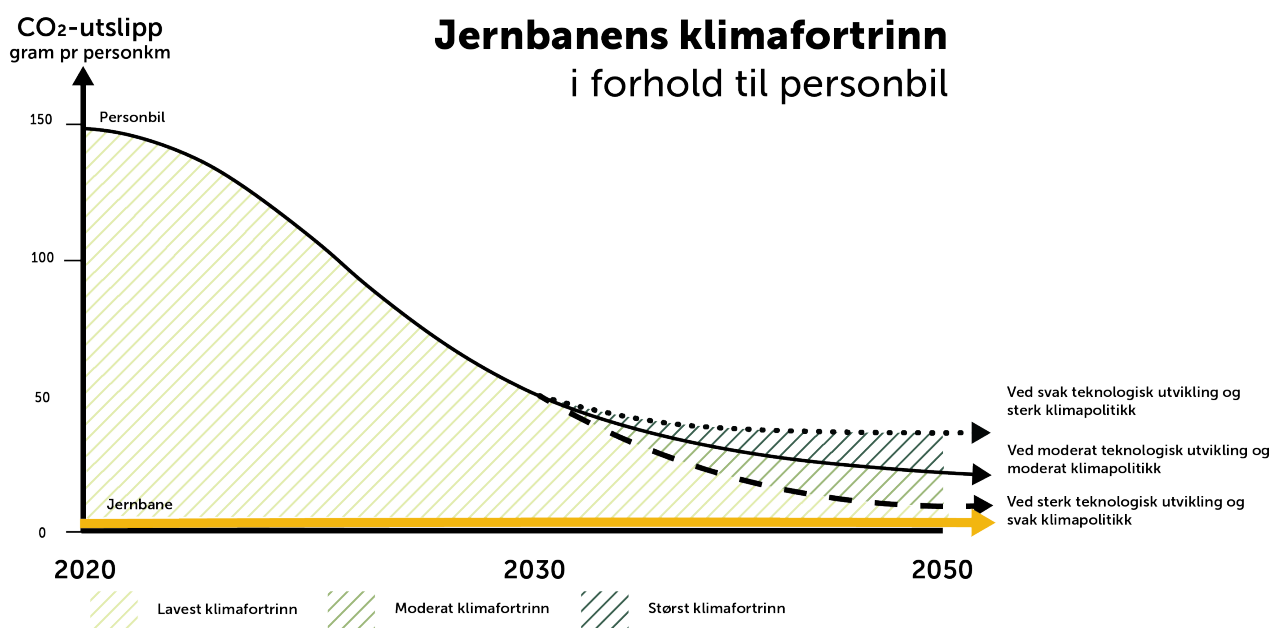
Fossilfri veitrafikk løser imidlertid ikke utfordringer med trengselsproblematikk på veiene i og rundt de store byene, og ulempene med svevestøv, mikroplast og støy fra bildekk. Jernbanen er også mer arealeffektiv, den bidrar i større grad til strukturering av bosettings- og næringsutvikling og dermed til å begrense transportbehovet og de miljøproblem som følger med det, over tid. Jernbane vil derfor fortsatt spille en viktig rolle i kollektivtrafikken rundt de store byene.

Dersom fokuset flyttes fra nasjonale CO₂-utslipp til samlet miljøavtrykk eller bærekraft, blir konklusjonene modifisert. Elektrifisering av bilparken krever økt kraftproduksjon som gir miljøulempen. Produksjon av elbiler og batterier gir utslipp og miljøinngrep i andre land, og til slutt er de globale utslippseffektene fra biodrivstoff et debattert emne. Jernbanens høyere energieffektivitet per personkilometer og uavhengighet av biodrivstoff og batterier gir den et fortrinn når det gjelder denne type miljøeffekter utover effektene på nasjonale CO₂-utslipp.

Følsomhetsberegningen illustrerer at jernbanens klimafordel avhenger av ulike usikkerhetsfaktorer. Utviklingen av klimafordelene under ulike forutsetninger i scenarioene og følsomhetsberegningene er illustrert i figur C og D.

JERNBANE HAR FORTSATT BETYDELIGE KLIMAFORTRINN MOT FLY FRAMOVER

På lengre distanser i Norge og Norden konkurrerer jernbanen i noen grad med fly, selv om reisetiden med tog egentlig er for lang til at det skal være sterk priskonkurransen mellom disse to transportmidlene. Kortere reisetid med toget, særlig dersom reisetiden kommer ned mot 4 timer eller lavere, vil sannsynligvis føre til en betydelig økning i togets markedsandel på bekostning av flyet. Togets omdømme som et klimavennlig transportmiddel kombinert med økt klimabevissthet i befolkningen og «flyskam» vil kunne påvirke fremtidige trender til fordel for jernbanen. Klimabevissthet vil også kunne medføre økt etterspørsel etter nattog mellom de største byene som erstatning for forretningsreiser med fly.



Figur C Illustrasjon av jernbanens klimafortrinn mot personbil mot 2050 under ulike forutsetninger i scenarioene og følsomhetsberegningene

Fly har i dag utslipp per personkilometer som for reiser innenlands er i størrelsesorden 25 prosent høyere enn gjennomsnittet for bilreiser. Tiltak som flytter passasjerer fra fly til tog, vil i dag derfor gi betydelige utslippsreduksjoner, da toget ikke gir direkte utslipp siden det går på elektrisitet. Som følge av større og generelt mer drivstoffeffektive fly over tid, vil utslippene per passasjerkilometer trolig fortsette å bli gradvis redusert i årene framover. Elektriske fly kan få et visst omfang på helt korte reiser, men de teknologiske barrierene er store når det gjelder mellomlange og lange flyreiser.

I vårt 2030-scenario forutsetter vi at 20-30 prosent av flydrivstoffet er biodrivstoff, stigende til 30 prosent i 2050 i det moderate 2050-scenariot og 50 prosent i det ambisiøse klimascenariot. Dette vil i 2030 fortsatt gi betydelige utslipp, i noen grad også i 2050. Hvorvidt jernbanen kan overta en stor andel av reiser med fly, vil avhenge av konkurranseforholdene på den aktuelle strekningen, men kanskje i størst grad av

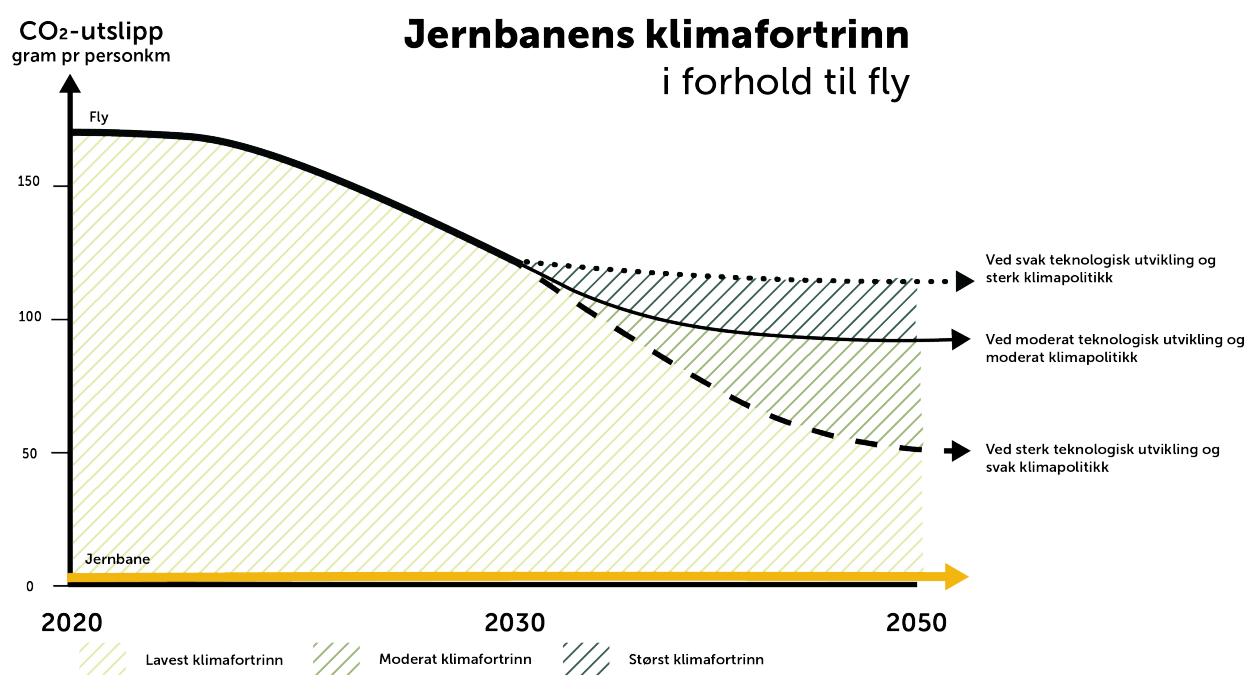
virkemiddelbruken overfor luftfarten, herunder skatter og avgifter.

En kombinasjon av kortere reisetid, og økt frekvens med toget og økte flypriser som følge av avgifter som rammer luftfarten vil kunne være utslippsmessig attraktivt, samtidig som befolkningens mobilitet ikke trenger rammes for sterkt. Et gjennombrudd i fossilfri flyteknologi, eventuelt storskala bruk av biodrivstoff i luftfarten, vil være en trussel mot en slik utvikling.

JERNBANEN HAR FORTSATT BETYDELIG KLIMAFORTRINN MOT LANGDISTANSETRANSPORT MED LASTEBIL

Jernbanen har i mange år hatt en krevende konkurransesituasjon mot godstransport på vei. Likevel har jernbanen høye markedsandeler for viktige typer gods på mellomlange og lange distanser i Norge.

Siden utsiktene til avkarbonisering av lastebiltransporten synes betydelig dårligere enn for personbiltransporten, er



Figur D. Jernbanens klimafortrinn mot fly under ulike forutsetninger i scenarioene og følsomhetsberegningene.

mulighetene for utslippsreduksjoner ved å vinne markedsandeler fra veitransport betydelig større innenfor gods- enn innenfor persontransporten. Omdømme vil også kunne spille inn positivt for gods på bane, da næringer i større grad vil bruke klimavennlig transport i markedsføring og branding i en trend med økt klimabevissthet hos forbrukere.

I vårt 2030-scenarior har vi forutsatt at lastebiltransport skjer med 40 prosent biodrivstoff og 10 prosent utslippsfrie kjøretøy (elektrisitet eller hydrogen). I 2050 er andelen av godsmengdene som transporteres uten CO₂-utslipp 50 prosent i Moderat-scenarior og 95 prosent i Ambisiøs-scenarior. Selv om det vil være betydelige utslippsreduksjoner fra lastebiltransporten fram mot 2050, vil det sannsynligvis være stort potensial for utslippsreduksjoner ved jernbanetiltak som flytter gods fra vei til bane på 2020-tallet og også utover 2030-tallet.

ENERGIEFFEKTIVITET OG MILJØFORTRINN

En klimapolitikk som bygger på en omfattende elektrifisering av transportsektoren og andre sektorer, vil innebære økt kraftproduksjon. I Europa er nå kostnadene ved fornybar kraft (vind, sol) kommet så lavt at de mange steder er lavere enn kostnadene ved å bygge ny fossil kraft. Klimagassutslippene fra kraftproduksjonen i EU er i nedgang og planlegges å være fjernet mellom 2030 og 2040. Analyser tyder på at den økte kraftproduksjonen som er nødvendig for å dekke økningen i elektrisitetsforbruket i Norge er moderat og kan dekkes gjennom planlagt økt vindkraftproduksjon. Norge har også hatt et betydelig kraftoverskudd i flere år, noe som forventes å fortsette. Ifølge utredningen Klimakur 2030 vil det være nødvendig med investeringer i kraftnettet på 8 milliarder kroner for å dekke behovet for planlagt elektrifisering av veitransport og ferger.

Likevel er ikke fornybar kraft fri for

miljøkostnader. Det gjelder enten det er snakk om ny vind- og solkraft i Europa eller vindkraft på land eller til havs i Norge. Arealbeslaget er stort, artsmangfold kan påvirkes av inngrep i urørte områder og anleggene vil ofte oppfattes som «visuell forurensning». Energieffektivisering er derfor et viktig bidrag til å redusere ulempene ved klimapolitikken. En elektrisk personbil bruker om lag en tredel så mye energi som en bil med forbrenningsmotor. Elektrisk tog bruker også mye mindre energi per tonnkilometer enn dieseltog og svært mye mindre enn selv de største lastebilene. Den høyere energieffektiviteten for jernbane og elektrisk dreven transport generelt, utgjør en miljøfordel sammenlignet med fossilt basert transport.

BIODRIVSTOFF ER EN USIKKERHETSFAKTOR OG VIL PÅVIRKE JERNBANENS ROLLE FOR Å OPPNÅ KLIMAMÅLENE

Økt bruk av biodrivstoff er et viktig innslag i klimapolitikken både i Norge og EU, særlig på 2020-tallet, før nye og fossilfrie teknologier antas å bli tatt i bruk i stort omfang. Det foregår en faglig og politisk debatt i mange land og på EU-nivå om indirekte negative miljøkonsekvenser ved produksjon av biodrivstoff, blant annet gjennom indirekte arealbrukseffekter. Ifølge retningslinjene fra IPCC som ligger til grunn for Parisavtalen, skal landene bare være ansvarlige for utslipp på eget territorium, og dessuten at utslipp fra forbrenning av bioenergi ikke skal regnes å gi netto økning i atmosfærens innhold av klimagasser.

Tilgangen på bærekraftig biodrivstoff kan bli begrenset i framtiden, enten på grunn av framtidige endringer i regelverket, på grunn av fysiske begrensninger i tilbudet på verdensmarkedet eller fordi befolkning og velgere i Norge og andre land ikke vil akseptere negative miljøvirkninger i produksjonsfasen, selv om de skjer utenfor Norge eller Europa. Jernbane har særlig gunstige effekter på

utslippene dersom den planlagte politikken med å blande inn biodrivstoff ikke viser seg mulig å gjennomføre. Uten mulighet for økt bioinnblanding kan det vise seg nødvendig å intensivere bruken av restriktive virkemidler for å begrense vei- og flytrafikk. Tilgang på et godt jernbanetilbud i en slik situasjon vil være til hjelp som et alternativt avlastende klimavennlig transportmiddel.

JERNBANENS KLIMAFORTRINN OG NORGES OVERGANGSRISIKO

Scenarioene og følsomhetsberegningene viser at jernbanens framtidige klimafordrinn varierer sterkt avhengig av den teknologiske, økonomiske og politiske utviklingen. Figuren E illustrerer betydningen av ulike drivkrefter og rammevilkår for jernbanens klimafordrinn. Den fokuserer på variasjoner i den teknologiske framgangen innenfor karbonfri transport, styrken i den internasjonale og nasjonale klimapolitikken samt muligheter eller begrensninger i å bruke biodrivstoff som virkemiddel. Rød farge indikerer henholdsvis svak teknologisk framgang, svak klimapolitikk og lav tilgang på biodrivstoff. Grønn farge indikerer sterk teknologisk framgang, sterkere klimapolitikk og høy tilgang på biodrivstoff. Kombinasjonene av disse tre faktorene definerer jernbanens klimafordel og er illustrert i Figur E.

Høy klimafordel

Jernbane får en høy klimafordel ved svak teknologisk framgang innen avkarbonisering av transportsektoren, samtidig er klimapolitikken meget ambisiøs med høy skattlegging av CO₂ og transport som gir CO₂-utslipp. Samtidig begrenses virkemiddelpakken av at bærekraftensyn i mindre grad gjør det mulig å ha omfattende innblanding av biodrivstoff i vei- og lufttransporten.

Lav klimafordel

Jernbanen får lav klimafordel når sterk teknologisk framgang gjør at veitransporten er

Omstendigheter som påvirker jernbanens klimafordel

Jernbanens klimafordel	Høy			Lav		
	Teknologisk Framgang	Klimapolitikk	Tilgang på Biodrivstoff	Teknologisk Framgang	Klimapolitikk	Tilgang på Biodrivstoff
Jernbanens klimafordel	Svak	Svak	Lav	Svak	Svak	Lav
	Svak	Svak	Høy	Svak	Svak	Høy
	Svak	Svak	Lav	Svak	Svak	Lav
	Svak	Svak	Høy	Svak	Svak	Høy
	Svak	Svak	Lav	Svak	Svak	Lav
	Svak	Svak	Høy	Svak	Svak	Høy
	Svak	Svak	Lav	Svak	Svak	Lav
	Svak	Svak	Høy	Svak	Svak	Høy
Jernbanens klimafordel	Svak	Svak	Lav	Svak	Svak	Lav
	Svak	Svak	Høy	Svak	Svak	Høy
	Svak	Svak	Lav	Svak	Svak	Lav
	Svak	Svak	Høy	Svak	Svak	Høy
	Svak	Svak	Lav	Svak	Svak	Lav
	Svak	Svak	Høy	Svak	Svak	Høy
	Svak	Svak	Lav	Svak	Svak	Lav
	Svak	Svak	Høy	Svak	Svak	Høy

■ Svak/lav  Teknologisk Framgang  Klimapolitikk  Tilgang på Biodrivstoff
■ Sterk/høy

Figur E Hvordan jernbanens klimafordel avhenger av usikkerhetsfaktorene: Teknologisk framgang; Styrken i klimapolitikken; Mulighetene for bruk av biodrivstoff (tilgang på biodrivstoff).

avkarbonisert, begrenset klimapolitikk gir lav skattlegging av vei- og flytransport, samtidig som det er god tilgang på biodrivstoff som begrenser utslippene fra vei og fly.

Kombinasjoner av høy og lav skåre for de tre faktorene genererer mellomposisjonene i tabellen, og er skjønsmessig definert.

Norges overgangsrisiko

Tabellen illustrerer jernbanens rolle for Norges overgangsrisiko. Norge må redusere utslippene mye innenfor transport, og det er usikkerhet knyttet til hvordan dette skal gjøres med minst mulig kostnad og ulempe. Norsk og europeisk klimapolitikk baserer seg på at

fortsatt teknologisk framgang og økt bruk av biodrivstoff skal gi store bidrag til reduserte utslipp fra vei- og lufttransport det nærmeste tiåret. Dersom disse faktorene imidlertid ikke utvikler seg som forventet, vil jernbanens klimafordel kunne bli betydelig større enn det som er lagt til grunn for klimapolitikken.

Evnen til å sørge for befolkningens mobilitet i slike situasjoner utgjør jernbanens bidrag til å dempe Norges overgangsrisiko. Investeringer i jernbanetiltak vil i varierende grad kunne tjene som en forsikring mot denne risikoen.

«BEDRE KLIMAFORDELER FOR PENGENE»

Jernbanens største bidrag til å redusere Norges overgangsrisiko vil være å redusere klimagassutslippene ved å trekke passasjerer og gods fra andre transportmidler over til jernbanen, til lavest mulig kostnad.

Det innebærer som oftest at man skal prioritere reiserelasjoner der det allerede er mange som reiser i dag, og som kan «lokkes» til å bytte fra for eksempel bil til jernbane. Hensynet til størst mulige CO₂-reduksjoner til lavest samfunnsøkonomisk kostnad betyr at det er reiserelasjoner i sentrale strøk som bør prioriteres når det gjelder persontrafikken. For de fleste fjerntogstrekningene vil selv

store og kostbare tiltak ikke kunne redusere reisetiden så mye at toget kan forventes å ta store markedsandeler fra flyet. Men i en situasjon med for eksempel økte flypriser, vil også mindre kostbare jernbanetiltak kunne være viktige for å gi de reisende et alternativt transporttilbud.

Eksempelvis er bedre nattogtilbud et tiltak som kan realiseres raskt og være et godt alternativ for flyreiser mellom storbyene. Følgetiltak til dette vil kunne være behov for flere kryssningsspor, driftsbaser og hensettingsplasser for nye tog.

Jernbanens rolle i klimapolitikken blir størst når man kan dokumentere utslippsreduksjoner til en lav samfunnsøkonomisk kostnad. Jernbaneutbygging bør derfor i større grad ha prosjektmål som retter oppmerksomheten mot oppnådd togtilbud og overførte passasjerer og tonn gods, mer enn gjennomgående høy teknisk standard på hele strekninger.

TIDSFORLØP OG TYPE JERNBANETILTAK

Jernbanens klimafortrinn varierer mye med type jernbanetiltak. Hvor raskt jernbanetiltakene kan realiseres varierer også mye. Store jernbaneinfrastrukturtiltak tar 5-10 år å realisere, avhengig av hvor langt planleggingen er



Foto av jernbanen Tønsberg - Barkåker. Kilde: Norconsult

kommet og på hvilket plannivå tiltaket er behandlet. For å nå klimamålene i 2030 er det spesielt viktig å prioritere tiltak som kan realiseres raskt. Tiltak som har lav kostnad, som kan realiseres/bygges raskt og bidrar til betydelig lavere utslipp bør prioriteres høyest. Tiltak som har en meget høy kostnad, tar lang tid å realisere/bygge og som ikke bidrar til lavere utslipp bør nedprioriteres.

Vi deler grovt tiltakene i fire hovedgrupper (se figur F).

Tidlige klimafordeler (++)

Dette er mindre tiltak som kan realiseres raskt, har lave kostnader og gir tidlige klimafordeler. Overført trafikk til jernbanen gir størst utslippsreduksjon dersom det skjer tidlig, før veitrafikken og eventuelt også luftfarten rekker å redusere sine utslipp. Den absolutte størrelsen på utslippseffektene kan være begrenset, men siden kostnadene også er begrenset, kan tiltakene være kostnadseffektive både jernbanemessig og klimamessig.

Fremtidige klimafordeler (+)

Flere store jernbaneprosjekter under planlegging og lang byggetid gjør at strekningene først kan åpnes sent på 2020-tallet og på 2030-tallet. Klimafordelene ved enkelte slike prosjekter kan likevel vise seg å være betydelige, særlig hvis toget kan vinne markedsandeler fra flyet eller fra lastebiltransporten.

Lite endring (-)

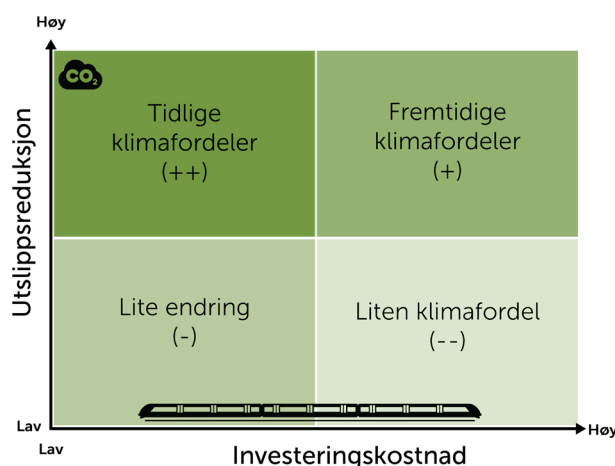
Liten investering i jernbane og det iverksettes få tiltak for å flytte trafikk fra vei til jernbane. Forbedringer i veinettet forverrer jernbanens konkurranseposisjon. Vedlikeholdsetterslepet øker og jernbanetilbudet blir dårligere. Jernbanen bidrar i liten grad til utslippsreduksjoner.

Liten klimafordel (--)

Enkelte store jernbaneutbygginger viser seg å innebære svært høye kostnader, blant annet som følge av krevende grunnforhold eller geometrikrav som gjør det vanskelig å bygge dobbeltspor gjennom eksisterende byer og tettsteder. Slike tiltak kan også medføre store miljøkonsekvenser og skape høye klimagassutslipp i anleggsfasen. En fleksibel utbygging der standard og hastighet tillates å variere langs en jernbanestrekning vil høyst sannsynlig gi mest klimaeffekt per krone.

Utbyggingsprosjekter bør i større grad fokusere på det endelige prosjektmålet om et bedre togtilbud for de reisende og få flere overførte passasjerer, mer enn gjennomgående høy tekniske standarder og dobbeltspor på hele strekninger. Dette kan gi betydelige kostnadsbesparelser uten store tap verken i nytte for de reisende eller i form av mindre utslippseffekt.

Kontinuerlig optimalisering av jernbanetiltak med henblikk på nytte per krone og utslipp per krone vil være viktig for at jernbanen skal bidra til at Norge oppfyller sine internasjonale klimaforpliktelser.



Figur F Klimafordeler ved type og omfang av jernbanetiltak.



Kapittel 1

INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

1.2 Problemstilling

1 Innledning

1.1 BAKGRUNN

Norge har vedtatt en lov om klimamål (klimaloven) der det i § 1 heter: «Loven skal fremme gjennomføring av Norges klimamål som ledd i omstilling til et lavutslippssamfunn i Norge i 2050». I § 3 står det at målet er at Norges utslipp skal være redusert med 40 prosent i 2030, sammenlignet med 1990. I §4 står det at målet er at klimagassutslippene i 2050 skal reduseres med mellom 80 og 95 prosent. I februar 2020 meldte Regjeringen inn et forsterket klimamålet til FN, slik at målet nå er 50 prosents utslippsreduksjon innen 2030.

Disse målene er en konkretisering av Norges tilslutning til Parisavtalen om å redusere globale utslipp av klimagasser for å begrense oppvarmingen til 2, helst ned mot 1,5, grader sammenlignet med førindustrielt nivå. EU har lignende målsettinger. Gjennomføringen av den norske politikken for å realisere målene skal skje i nært samvirke med EU. Utslippene fra transportsektoren er betydelige, og det kreves en rekke tiltak for å redusere dem tilstrekkelig.

Jernbanen har tradisjonelt hatt klare fortrinn knyttet til klimagassutslipp sammenlignet med bil og fly, siden disse transportmidlene i overveiende grad har blitt drevet med fossilt brensel. De senere årenes sterke økning i elbilsalget tyder på at utslippsfrie biler i fremtiden vil utgjøre en stadig høyere andel av bilparken, som følge av sterke norske økonomiske incentiver og fallende kostnader. Også innovasjonstakten og kostnadsreduksjonene for andre utslippsfrie transportmidler er sterke og forventes å fortsette. Det synes som om jernbanens fortrinn når det gjelder direkte klimagassutslipp reduseres kraftig.

Begrepet klimarisiko har kommet inn norsk debatt de seneste årene, blant annet gjennom

NOU 2018: 17 Klimarisiko. NOU'en fokuserte på hvordan Norge og norsk økonomi er utsatt for klimarisiko. Det skiller gjerne mellom fysisk klimarisiko og overgangsrisiko:

- Fysisk risiko: Kostnader ved fysisk skade som følge av klimaendringer
- Overgangsrisiko: Økonomisk risiko knyttet til overgangen til et lavutslippssamfunn

Noen ganger benyttes i tillegg begrepet ansvarsrisiko, ved at for eksempel bedrifter eller det offentlige kan utsettes for erstatningskrav knyttet til beslutninger relatert til klimapolitikk eller klimaendringer. Slik risiko har økonomiske konsekvenser og vi betrakter den her som en del av overgangsrisikoen.

Kilder til overgangsrisiko kan deles inn i kategorier: Politikk og reguleringer, teknologiutvikling, markedsforhold og omdømmeforhold¹.

1.2 PROBLEMSTILLING

Jernbanedirektoratets problemstilling for oppdraget er:

- *Har jernbanen klimafortrinn på mellomlang/lang sikt (frem mot 2033/2050) i forhold til andre transportmidler? Under hvilke omstendigheter vil de være gjeldende?*
- *Hva betyr jernbanen for Norges klimarisiko (overgangsrisiko) og vice versa (hovedvekt på overgangsrisiko)?*

Jernbanens klimafortrinn

Jernbanens klimafortrinn mot 2030 og 2050 handler om utslippseffekter for jernbane og andre transportmidler i fremtiden. Disse (eventuelle) fortrinnene for jernbanen vil avhenge av hva som forutsettes blant annet

¹ Dette er tilnærmingen benyttet i [2]



om klimapolitikken, veiavgifter og regulering av biltrafikken med videre, det vil si ulike scenarier. Klimafordelene vil dels avhenge av spesifikke utslipp per transportert enhet, men også i hvor stor grad jernbanetiltak klarer å flytte over passasjerer og gods fra vei og fly, som gir utslipp, til jernbane, som gir små eller ingen utslipp.

Jernbanens betydning for Norges overgangsrisiko

Vanligvis tolkes et lands overgangsrisiko som mulighetene for at klimapolitikken og den teknologiske utviklingen som er særlig relatert til klimaproblemet, kan føre til redusert inntekt eller velferd i landet [1]. I bedriftsperspektivet vil virkningene være risikoen for redusert aktivitet, inntekt til eier og ansatte samt svekket konkurransesituasjon og vekstmuligheter for bedriften [2]. I dette prosjektet har vi operasjonalisert spørsmålet om Norges overgangsrisiko til å bety risikoen for at Norge ikke klarer å oppfylle utslippsforpliktelsene fram mot 2030 (2050) uten svært høye kostnader og store ulemper. Eventuelt risikoen for at Norge ikke klarer å overholde utslippsforpliktelsene fordi vi ikke kan eller vil gjennomføre de tiltakene som trengs.

Det siste kan skje ved at det ikke blir politisk enighet om tiltak som i og for seg kunne vært gjennomført, eller ved at virkemidler rett og slett ikke blir tilgjengelige. Videre kan virkemidler som vil ha effekt på utslippene vise seg å bli utilgjengelige på grunn av at fordelingseffektene blir uakseptable. Dette kan være sosial fordeling, geografisk fordeling eller fordeling mellom næringer. Det kan også hende at noen av tiltakene som vurderes

som aktuelle for å få ned utslippene har andre uheldige konsekvenser (som lokal forurensning, mye arealbeslag) og at de dermed er uønsket i et bærekraftperspektiv.

Jernbanens betydning for Norges overgangsrisiko vil ut fra dette på mange måter være spørsmålet om hvilke utslippsreduksjoner jernbanetiltak kan oppnå i framtiden. Dette blir dermed langt på vei samme spørsmålet som hva som er jernbanens klimafortrinn fram mot 2030 og 2050.

Betydningen av Norges overgangsrisiko for jernbanen

Mulighetene for redusert økonomisk vekst og omstillingsproblemer utgjør sentrale deler av Norges overgangsrisiko i klimapolitikken, for eksempel ved at petroleumsinntektene avtar, eller ved at det blir nødvendig med omstillinger i norsk økonomi som følge av klimapolitikken, som medfører kostnader og ulemper. En slik utvikling vil ha betydning for en rekke forhold som påvirker jernbanens situasjon, både markedsutviklingen og mulighetene for å finansiere prosjekter over offentlige budsjetter.

Operasjonalisering av alle problemstillingene

Vi oppfatter spørsmålene om jernbanens klimafortrinn og jernbanens rolle for å oppfylle Norges klimamål, som langt på vei to sider av samme sak. Jo større klimafortrinn, desto større rolle kan jernbanen spille for å dempe Norges overgangsrisiko i klimapolitikken. Og hvilken rolle jernbanen vil ha i dette, vil avhenge av usikre utviklingstrekk i framtiden. Det vil si at svaret på dette spørsmålet vil avhenge av hvilket utviklingsscenario som legges til grunn.

Kapittel 2

METODISK TILNÆRMING

- 2.1 Overordnet
- 2.2 Nærmere om scenarioanalysen

2 Metodisk tilnærming

2.1 OVERORDNET

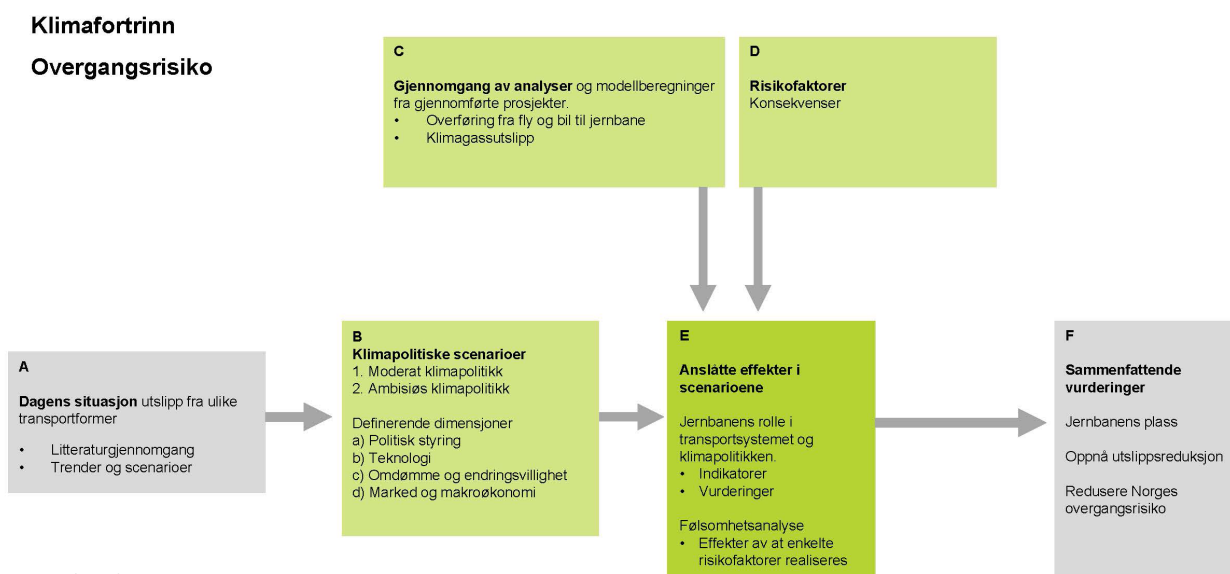
Vi svarer ut problemstillingen gjennom en analyse av hvor godt jernbanetiltak hevder seg sammenlignet med konkurrerende transportmidler når det gjelder utslippseffekter fram mot 2030 og 2050. Dette gjøres gjennom en scenariobasert tilnærming der vi etablerer to scenarier for den framtidige utviklingen, basert på en gjennomgang av historiske analyser og scenarioanalyser og analyser av trender og utviklingstrekk, som er gjennomført av forskningsinstitusjoner og utredere.

Dagens virkemiddelbruk er høyst sannsynlig ikke tilstrekkelig til å sørge for at Norge oppfyller sine utslippsforpliktelser fram mot 2030. Det foreligger ikke ennå noen handlingsplan for hvordan regjeringen ser for seg virkemiddelbruken fram mot 2030 for å sikre at Norges klimaforpliktelser blir oppfylt. I Norges avtale med EU om klimagassutslipp forplikter Norge seg til å utarbeide en slik handlingsplan. En slik plan kan utformes på ulike måter. Med dette som utgangspunkt formuleres to klimascenarier med mer aktiv klimapolitikk enn i dag.

Effekter av transportprosjektene vil ta utgangspunkt i transportanalyser som er gjennomført historisk, men der effektene blir «oversatt» til rammevilkårene i de to scenarioene. Nyttan av å forbedre et jernbanetilbud vil for eksempel være større dersom det allerede er innført begrensninger på biltrafikken (i et klimascenario) enn dersom dette ikke er gjort. Vi vurderer i hovedsak utslippseffektene av de transportprosjektene som gjennomgås. Vi ser både på person- og godstransport.

Arbeidet har bestått av ulike elementer og har skjedd i faser. En oversikt over ulike elementer i analysen vises i Figur 2-1 nedenfor.

Fase 1 av prosjektet var en litteraturgjennomgang blant annet om utslipp og energibruk for jernbane og andre transportformer, samt historiske trender og vurderinger av framtidig utvikling, herunder scenarier som har vært utarbeidet. Dette er indikert i boks A i figuren. Dette stoffet er behandlet i kapittel 3 og i mer detalj i vedlegg 1.



Figur 2-1 Oversikt over steg i analysen.

Deretter ble det gjort en gjennomgang av drivkrefter og utviklingstrekk. Dette var grunnlaget for å definere et klimascenario for 2030 og to klimascenarioer for 2050. Det er tatt utgangspunkt i scenarioer som har vært utarbeidet i ulike tidligere rapporter og utredninger. Hensikten med scenarioene er å definere rammevilkår som jernbane- og konkurrerende transporttiltak evalueres innenfor. Scenarioene skal illustrere et mulighetsrom for alternative forutsetninger om framtiden påvirket av a) klimapolitikk, b) teknologiutvikling, c) omdømme og endringsvillighet i befolkningen, d) marked og makroøkonomi. Dette er boks B. Scenarioene er presentert i kapittel 4. Detaljer om scenarioene utarbeidet av andre er omtalt i Vedlegg 2.

Det ble gjort en gjennomgang av analyser av utvalgte transportprosjekter som er gjennomført de senere årene, både jernbaneprosjekter og andre transportprosjekter og -tiltak. Analysene rapporterer ofte effektene av prosjektene på noe ulike måter, og vi har «oversatt» dem slik at effektene kan sammenlignes på tvers av prosjekter. Vi har i hovedsak fokusert på overføring av trafikk mellom transportformer og utslippseffekter. Dette er Boks C.

Boks E omhandler beregninger av effektene av de gjennomgåtte prosjektene i de to klimascenarioene. Dette er gjort ved å justere de identifiserte effektene i de gjennomførte analysene kartlagt i Boks B, slik at resultatene er tilpasset forutsetningene som gjelder i det aktuelle scenarioet. Justeringene gjøres på ulike måter, blant annet ved å dra nytte av følsomhetsberegninger som har vært foretatt i enkelte prosjekter. Gjennomgangen av historiske transportanalyser og våre bearbeidinger av disse til å «passe» med de to scenarioene er presentert i kapittel 5.

Boks D er en gjennomgang og drøfting av usikkerhetsfaktorer i forhold til hva som er forutsatt i scenarioene. Enkelte av disse

beregnes gjennom følsomhetsanalyser som del av analysen i Boks E. Disse er presentert i kapittel 6.

Etter de kvantitative analysene i Boks E, drøftes implikasjonene av disse kvalitativt for problemstillingen. Hva er jernbanens klimafortrinn og hva er jernbanens betydning for Norges overgangsrisiko i klimapolitikken. Dette er tema for kapittel 7 og 8.

2.2 NÆRMERE OM SCENARIOANALYSEN

Jernbanens rolle for å dempe Norges overgangsrisiko måles blant annet i hvor stor grad jernbanetiltak reduserer Norges klimagassutslipp på kort og lang sikt, og ved andre nyttevirksomheter og kostnader ved tiltakene. Når effekter skal måles, er det standard praksis i evalueringer og prosjektanalyser å sammenligne situasjonen der tiltaket er gjennomført (tiltaksscenario) med en situasjon uten tiltaket (referansescenario). I Nasjonal transportplan, der i prinsippet nytte og kostnader ved en rekke større transportprosjekter blir sammenlignet med hverandre, er det en føring at referansebanen (referansescenarioet) skal være definert som en situasjon der bare vedtatte prosjekter skal være gitt som rammebetingelser, og at også bare vedtatt politikk knyttet til framtidige avgifter, støtteordninger og annen virkemiddelbruk skal være gitt.

Innenfor perspektivet Norges overgangsrisiko er det hensiktsmessig å undersøke hva effektene av jernbanetiltakene er under ulike antakelser om framtidige rammebetingelser, det vil si ulike framtidsscenarioer. Da forlater vi «NTP-verdenen» med dagens politikk og vedtatte prosjekter som definerende for referansescenarioet, og må formulere alternative scenarioer.

Vi formulerer to scenarioer for framtidig politikk og øvrige rammevilkår som vi skal evaluere transportprosjektene innenfor. Det ene scenarioet beskriver et klimapolitisk scenario med en moderat styrking av virkemiddelbruken

i Norge og internasjonalt. Det andre er et mer inngripende klimascenario, med sterkere virkemiddelbruk både internasjonalt og i Norge. Tilnærmingen er inspirert av analyser av finansiell overgangsrisiko for selskaper og næringer.

Analyser av selskapers finansielle overgangsrisiko

Å evaluere transportprosjekter under to scenarier er selvsagt begrensede for å gi et godt inntrykk av usikkerhetsrommet, men er i overensstemmelse med metodikken som er benyttet i det EU-støttede utredningsarbeidet Energy Transition risk and opportunities project² og også reflektert i en rapport om klimarisiko utgitt av Norsk klimastiftelse [3]. Energy Transition and opportunities project er et større utredningsprosjekt for å utvikle analyseverktøy for å vurdere overgangsrisiko knyttet til energi (Energy transition risk) for selskaper og næringer. Det er publisert en rekke rapporter innenfor dette prosjektet, blant annet om metodikk samt anvendelser på enkeltsektorer og selskap. Innretningen er en utvidelse av en veietablert praksis med finansiell risikoanalyse av selskaper og næringer. Det er i klimarisikoanalysene innenfor dette rammeverket fokus på selskapenes framtidige teknologivalg, inntjening og kostnader under ulike scenarier. Mange analytikere legger seg på to hovedscenarier, og dette EU-prosjektet har konkretisert de to scenarioene for de ulike næringssektorene de har analysert (bilindustrien, stål, sement, kraftproduksjon o.a.). Analysen skal resultere i en form for kredittrating for selskapene der også overgangsrisiko (og for den del fysisk klimarisiko og erstatningsrisiko er inkludert).

For hver sektor formuleres to scenarier, ett «begrenset klimascenario» som reflekterer en global utslippsutvikling konsistent med 3-4 graders global oppvarming, og ett ambisiøst klimascenario med sterkere virkemiddelbruk og lavere utslipp som er konsistent med 2 graders

global oppvarming. Scenarioene har et sterkt internasjonalt fokus. Det er simulert sektorvis lønnsomhet og kapitalavkastning for følgende sektorer under de to klimascenarioene: Kraftsektoren, bilindustrien, stålindustrien, sementindustrien, luftfartsnæringen og shipping, jf. [4].

Scenarioene er relativt enkle og fokuserer på noen få utvalgte nøkkelparametere, slik som kostnadsutvikling for elbiler, samt CO₂-kostnader definert ved avgifter og/eller regulatoriske krav. Disse scenarioene med sine parametere skal deretter kunne brukes som input i standard finansielle modeller for ulike næringer, i dette tilfellet for bilindustrien. Det benyttes finansielle modeller for å beregne næringenes (bedriftenes) overskudd og avkastningsrater over tid i hvert av scenarioene. Beregnet lønnsomhet i de to scenarioene vil dermed gi et uttrykk for næringens finansielle overgangsrisiko.

Scenarioranalysen


I denne utredningen vil vi bruke en lignende tankegang og beholder konseptet med to scenarier. Men istedenfor å kartlegge og kvantifisere bedrifters kapitalavkastning vil vi kartlegge og kvantifisere trafikale effekter og utslippseffekter ved ulike transportprosjekter. Dette beskrives nærmere i det følgende.

² Se <http://et-risk.eu/>

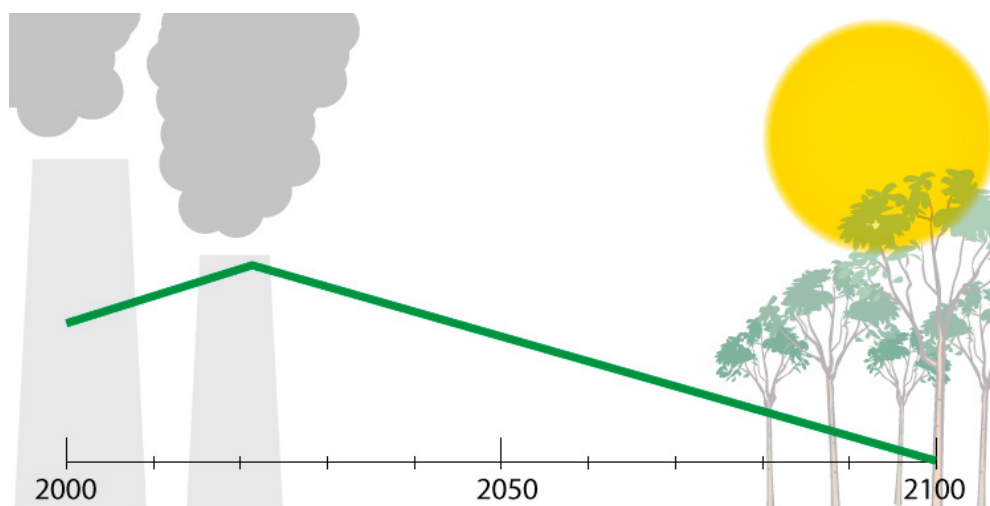


Kapittel 3

KLIMAPOLITIKK, TRANSPORT, ENERGI OG KLIMAGASSUTSLIPP

- 
- 3.1 Utslipp per transportert enhet
 - 3.2 Energibruk per transportert enhet
 - 3.3 Utslipp knyttet til forbrenning av bioenergi
 - 3.4 Utslipp ved bygging av ny infrastruktur
 - 3.5 Karbonavtrykk og livsløpsutslipp

3 Klimapolitikk, transport, energi og klimagassutslipp



Graf som viser at utslippene skal gå ned mot null i 2100. Grafikk: FN-sambandet

Norge har gjennom Parisavtalen og senere presiseringer et nasjonalt mål om å redusere utslippene fra norsk territorium med 50 prosent sammenlignet med 1990-nivået innen 2030 (utslippene fra utenriks luftfart og sjøfart er ikke inkludert, heller ikke ytterligere klimaeffekter av kondensskyer mv. fra fly i stor høyde).

Indirekte utslipp i andre land er dermed ikke en del av Norges avtalemessige forpliktelser. I den norske klimaloven er det et mål at Norge skal være et lavutslippssamfunn i 2050, tolket som en utslippsreduksjon fra 1990 på 80-til 95 prosent. Politisk har Norge i først omgang fokus på å nå klimamålene for 2030 i nært samarbeid med EU.

Utslippene i kvotepliktig sektor (industri, kraftproduksjon) skjer felles med EU basert på det samlede kvotetaket og vedtatte reduksjoner i dette til 2030. For ikke-kvotepliktige utslipp, (som omfatter transportsektoren, jordbruk, bygg og anlegg med videre) har Norge årlige og gradvis avtakende utslippsforpliktelser under EUs klimapolitikk. Det er en sikkerhetsventil for Norge ved at det er en mulighet for å kjøpe utslippsreduksjoner i andre EU-land, men

norske myndigheter ønsker i utgangspunktet ikke å benytte denne muligheten.

Framskrivninger av utslippene under uendret politikk tyder på at ytterligere tiltak må til for å nå utslippsmålene.

Norges klimaforpliktelser gjelder utslipp på norsk jord, men Norges politikk føres også med de langsiktige effektene på globale utslipp for øyet. Det gjøres også i de andre landene, målsettingen er jo å få ned de globale utslippene. Om vi skal vektlegge det snevre målet om norsk etterlevelse av EUs utslippsmål, eller om vi også skal vektlegge i hvilken grad effektene av transportvalg også skal ses i lys av globale utslippseffekter, herunder effekter på globale utslipp på lang sikt, kan neppe avgjøres i denne rapporten. Men vi mener det er nødvendig å ha begge hensyn i hodet når man drøfter jernbanens rolle.

I resten av dette kapitlet presenteres nøkkeltall for utslipp og energibruk for jernbane- og konkurrerende transporttiltak. Dette er utgangspunktet for scenarioanalysen i senere kapitler.

3.1 UTSLIPP PER TRANSPORTERT ENHET

I dag er elektrisk tog (og sporvogn) svært utslippsvennlig idet de ikke har direkte utslipp av CO₂, mens elektrifiseringen av personbilparken er kommet såpass kort at utslippene per personkilometer med bil fortsatt er betydelige.

Dieseltog framstår med noe høyere utslipp enn dieselbuss, men det ses at belegget er svært viktig for utslippene per passasjerkilometer fra all kollektivtransport. Flyreiser har utslipp per personkilometer i samme størrelsesorden og for lange reiser endog lavere utslipp per personkilometer enn bilen. Elektrisk tog kommer av åpenbare grunner alltid godt ut. Når man sammenligner slike utslippsfaktorer må det tas høyde for at de ulike transportmidlene ikke alltid står i reell konkurranse med hverandre.

En oversikt over den historiske utviklingen i transportarbeidet og utslippene fra transport er gitt i vedlegg 1.

I tillegg til sine CO₂-utslipp, bidrar fly til drivhuseffekten blant annet ved at kondensstriper fra fly bidrar til cirruskyer, som virker oppvarmende.

Tabell 3-1 Utslipp av klimagasser, gram per personkilometer for noen transportmidler.

	Gram per personkilometer
Personbil fossil	155
Personbil elektrisk	0
Tog elektrisk	0
Persontog diesel	80
Fly Oslo-Bergen (324 km)	191
Fly Oslo-London (1205 km)	115
Gjennomsnittsbuss (diesel) med passasjertall:	
10	95
20	48
40	24
60	16

Note: Forutsatt uten innblanding av biodrivstoff.

Kilde: Bil: TØI-rapport 1307/2014 (rev 2016); Persontog: Beregnet basert på NSB årsmelding 2017; Buss: Basert på utslippstall per kjøretøykilometer fra TØI-rapport 1307 og egne beregninger; Fly: SAS sin utslippskalkulator. 1) Forutsatt 0,1 passasjerer per bil

Fram til i dag har den kombinerte effekten av at det dannes kondensstriper og cirruskyer høyst sannsynlig gitt det største bidraget til oppvarmingen fra luftfarten, fulgt av CO₂-utslippene [5]. Ofte benyttes summariske justeringsfaktorer for å anslå denne tilleggs-effekten. Usikkerhetsintervallet er stort, og Cicero opererer med et intervall mellom 0,8 og 2,5 [6]. Midtpunktet i dette intervallet er på 1,7. Med bruk av estimatet på tilleggs-effektene på 1,7, øker utslippene per personkilometer fra Oslo til London fra 115 i tabellen til 310 gram per personkilometer, og fra 191 gram til 515 gram for turen Oslo-Bergen. Bare utslipp fra innenlands luftfart er i dag omfattet av Parisavtalen. Ingen land er i klimaavtalen gjort ansvarlig for klimaeffektene fra internasjonal luftfart.

Godstransport med tog er alltid utslippsgunstig regnet per tonnkilometer, dette gjelder selv dieseltog sammenlignet med lastebil, jf. Tabell 3 2. Sjøtransport gir de laveste utslippene per tonnkilometer. Relevansen av slike sammenligninger av utslipp per tonnkilometer kan diskuteres, da disse transportmidlene i stor grad retter seg mot ulike markeder. Små lastebiler brukes på korte reiser hvor toget ikke er i reell konkurranse med lastebilen. De tunge lastebilene vil i mange tilfeller konkurrere med tog, og her kommer fortsatt toget, enten det er elektrisk eller dieseldrevet, godt ut når det gjelder klimagassutslipp.

Tabell 3-2 Utslipp av CO₂ per tonnkilometer for noen transportmidler.

	Gram per tonnkilometer
Tog, el	0
Tog, diesel	33
Store skip	13
Lastebil:	
7,5 til 14 tonn	290
14 til 20 tonn	160
Tyngre enn 20 tonn	120

Kilde: Tog og skip: Beregnet ut fra Vista-rapport 2015/54. Lastebil: TØI-rapport 1307/2014 (rev 2016)

3.2 ENERGIBRUK PER TRANSPORTERT ENHET

Selv om elektrifisering av transporten gir reduserte utslipp, vil det kreve økt produksjon av (fornybar) elektrisitet, som medfører miljøulempere.

Det er betydelige forskjeller mellom transportmidlene i energibruken per transportert enhet (spesifikk energibruk), jf. Tabell 3.3. Tallgrunnlaget er for ulike år, og det er benyttet standardforutsetninger for belegg. Likevel gir tabellen et godt grunnlag for å vurdere forskjeller i spesifikk energibruk mellom ulike transportmidler. Tabellen viser tall basert på gjennomsnittlig belegg for kollektivtransporten og gjennomsnittlig belegg for personbiler for reiser under 200 kilometer (se note til tabellen).

Tabell 3-3 Energibruk per transportert enhet, kWh per personkilometer og per tonnkilometer.

	2004 (SSB)	2018 (SSB)
Persontransport (kWh/ personkm)		
Tog el.	0,18	0,14
Tog diesel	0,30	0,34
Buss	0,23	0,20
Fly	0,76	0,53
Bil bensin ¹		0,46
Bil diesel ¹		0,40
Bil hybrid ¹		0,27
Bil el. ¹		0,13
Godstransport (kwh/ tonnkm)		
Tog el.	0,08	
Tog diesel	0,17	
Lastebil 1-5 tonn	1,83	
Lastebil 5-11 tonn	0,53	
Lastebil 11+ tonn	0,28	

1) For reiser under 200 kilometer.

Kilde: SSB 2004 er basert på en SSB-rapport fra 2008 [7]. VY2018 er basert på Vys miljøkalkulator (avlest oktober 2019) for reiser mellom Oslo S og Bergen. Tallene for dieseltog er basert på strekningen Trondheim-Bodø. Tallene for VY 2018 er basert på standardforutsetninger fra kalkulatoren for belegg (32 prosent for tog, 51 prosent for buss, 67 prosent for fly og 0,55 passasjerer per bil). Ifølge reisevaneundersøkelsen (RVU) gjelder dette passasjertallet for bilreiser under 200 km. For bilreiser over 200 km er det ifølge RVU 1,6 passasjerer per bil.

Elektrisk tog har betydelig lavere spesifikk energibruk enn fossildrevne biler, men også sammenlignet med (fossilt drevet) buss. I rushtiden, da belegget både med buss og tog er nær 100 prosent og det bare er 0,1 passasjerer i hver bil ifølge reisevaneundersøkelsen, vil spesifikk energibruk være relativt mye lavere for tog enn med buss og fossilt drevet bil enn angitt i tabellen. For reiser over 200 kilometer er derimot bilbelegget høyt, ifølge reisevaneundersøkelsen 2,6 personer per bil, slik at energibruken per personkilometer med bil for de lengste reisene blir vesentlig lavere enn for reiser under 200 kilometer. Energibruken per person for lange bilreiser med fossildrevet bil blir likevel fortsatt mye høyere enn for togreiser.

Fossilt drevet bil har om lag tre ganger høyere spesifikk energibruk enn en elektrisk drevet bil, som følge av mindre energitap med elektrisk motor enn med forbrenningsmotor. Elbilen har i gjennomsnitt om lag samme energibruk per personkilometer som elektrisk tog forutsatt gjennomsnittstallene for belegg. På grunn av høyt belegg med tog i rushtiden og lavt belegg med bil, også elbil, blir energibruken per personkilometer flere ganger høyere med elbil enn med elektrisk tog i rushtiden.

Energibruken i godstransporten var tidlig på 2000-tallet vesentlig lavere med tog enn med lastebil³. For elektriske tog var energibruken per tonnkilometer i overkant av en fjerdedel av energibruken for store lastebiler, mens energibruken for dieseldrevne godstog var i størrelsesorden 60 prosent av energibruken for store lastebiler. Siden da har energibruken per tonnkilometer gått ned godstransport både med tog og med lastebil, men forholdsmessig er trolig bildet mye av det samme i dag.

³ Vi kjenner ikke til noen oversikter som gir disse dataene for senere år

3.3 UTSLIPP KNYTTET TIL FORBRENNING AV BIOENERGI

I dag er det krav om innblanding av 16 prosent biodrivstoff (fysisk andel) i Norge. Teknologisk kan dagens forbrenningsmotorer sannsynligvis tåle mye høyere innblandingsandeler, men hva som er teknisk mulig kan avhenge både av typer biodrivstoff og motorteknologi. I prinsippet kan rent biodrivstoff sannsynligvis benyttes i flere anvendelser, blant annet fly. Økt innblanding diskuteres både i Norge og EU.

IPCCs regelverk og Parisavtalen innebærer at forbrenning av biodrivstoff ikke regnes å gi økte CO₂-innhold i atmosfæren. Det foregår likevel en faglig og politisk debatt om de globale utslippskonsekvensene ved produksjon av biodrivstoffet. Det er gjennomført flere analyser av de indirekte arealbrukseffektene som forårsakes av økt produksjon av bioenergi/drivstoff, og de økninger i CO₂-utslipp som dette medfører. Resultatene varierer mye med hva slags driftsforhold energien produseres under, og type biomasse som dyrkes. Man har i en del tilfeller funnet at når man tar hensyn til de indirekte arealbrukseffektene, blir de globale utslippene faktisk høyere enn om man hadde benyttet fossilt drivstoff.

Analysene tyder på at utslippene fra palmeolje og soyaolje er høye, og i en del tilfeller høyere enn utslipp fra fossilt drivstoff. Generelt konkluderer studien at all førstegenerasjons biodiesel har høyere utslipp enn fossil diesel. Utslippene fra andregenerasjons drivstoff er betydelig lavere, se for eksempel [8].

3.4 UTSLIPP VED BYGGING AV NY INFRASTRUKTUR

Bygging av jernbane, veier og flyplasser krever at det investeres til dels betydelige beløp. Ressursene som medgår for å bygge denne infrastrukturen gir både direkte utslipp i Norge og indirekte utslipp i andre land. Det er utført en rekke klimaregnskap av de direkte og indirekte utslippene i infrastrukturprosjekter. Dette er dels utslipp

som følge av lastebiltransport av masser og annen biltransport, men også utslipp ved produksjonen av bygge- og anleggsmaterialer. En viktig indirekte utslippskilde er sement og stål, som gir store utslipp i produksjonen, i Norge og utlandet.

Som eksempel kan nevnes at det beregnet et CO₂-utslipp på fellesprosjektet E16 og Ringeriksbanen (firefelts motorvei og dobbeltsporet jernbane mellom Sandvika og Hønefoss) på til sammen 1,3 millioner tonn i investeringsfasen. Dette utgjør ca. 43 tonn per million kroners investering. Disse tallene varierer mye langs en trasé avhengig av blant annet tunnelandel, andel konstruksjoner og stabiliseringstiltak grunnet krevende grunnforhold.

Et annet eksempel er elektrifisering av Nordlandsbanen. Der tyder analyser på at utslipp i investeringsfasen vil være på ca. 400 000 tonn CO₂ i indirekte og direkte utslipp gitt en utbyggingskostnad på over 8 mrd. NOK [9]. Dette gir 50 tonn per million kroner. Anslagene varierer ofte fra 30 til 50 tonn CO₂ per millioner kroner i investeringskostnad, og i spesielle tilfeller til over 60 tonn.

I en rapport fra Asplan Viak [10] søker man å anslå hvor stor andel av livssyklusutslippene fra bygge- og anleggsvirksomheten som skjer i Norge og hvor mye som skjer i utlandet. Basert på tallene i den rapporten anslår vi at i gjennomsnitt ca. 50 prosent av livssyklusutslippene fra bygg og anleggsvirksomhet finner sted i Norge.

3.5 KARBONAVTRYKK OG LIVSLØPSUTSLIPP

I analyser av utslippseffekter av ulike energibærere og transportteknologier varierer det om man ser på utslipp i landet der energien brukes, eller om det også tas hensyn til utslipp forbundet med produksjonen av for eksempel elektrisiteten i produksjonslandet. På samme måte tas det i livssyklusanalyser

hensyn til utslipp fra energien som medgår til for eksempel å produsere bilbatterier eller å utvinne, raffinere og transportere råolje og raffinerte oljeprodukter.

De enkelte lands avtaleforpliktelser om å redusere klimagassutslippene gjelder i utgangspunktet bare utslippene på eget territorium. Det tilsier at utslipp ved å produsere biler i andre land ikke vil telle med. Heller ikke utslipp i andre land som en konsekvens av elbilkjøring i Norge, teller med. Retningslinjene for samfunnsøkonomiske analyser av norske transportprosjekter er også entydige i at bare direkte utslipp i Norge skal tas hensyn til i slike analyser, jf. [11] og [12].

Ofte vil man likevel ønske å vite hvordan virkemiddelbruken påvirker de globale utslippene av klimagasser, gjennom å ta hensyn til viktige indirekte utslippseffekter gjennom produksjonskjeden. I en del tilfeller har man beregnet et indirekte utslipp av elbiler ved å legge til grunn at kraften kommer fra et integrert nordisk og etter hvert nordeuropeisk kraftmarked, og at marginal kraft i en viss grad er fossil, iallfall på kort sikt.

På bakgrunn av at det er interessant å vurdere de globale utslippseffektene av teknologi- og transportmiddelvalgene, presenteres i denne rapporten tall for utslipp per kilometer både for direkte utslipp og for livssyklusutslipp. Begrepet karbonavtrykk viser generelt til de direkte og indirekte (i andre land) utslippskonsekvensene av nordmenns kjøp av varer og tjenester, og drøftes til slutt i dette underkapitlet.

Karbonavtrykk flyreiser

Det utarbeides ikke offentlig statistikk for klimagassutslipp fra nordmenns flyreiser i verden, men det gjøres beregninger med ujevne mellomrom. I en beregning av AVINOR ble det anslått at nordmenns flyreiser i Norge og utlandet i 2016 medførte utslipp av 3,6 millioner tonn CO₂-ekvivalenter [5]. Av dette bidro nordmenns innenlandsreiser med 1,0 millioner tonn, og utenlandsreisene 2,6

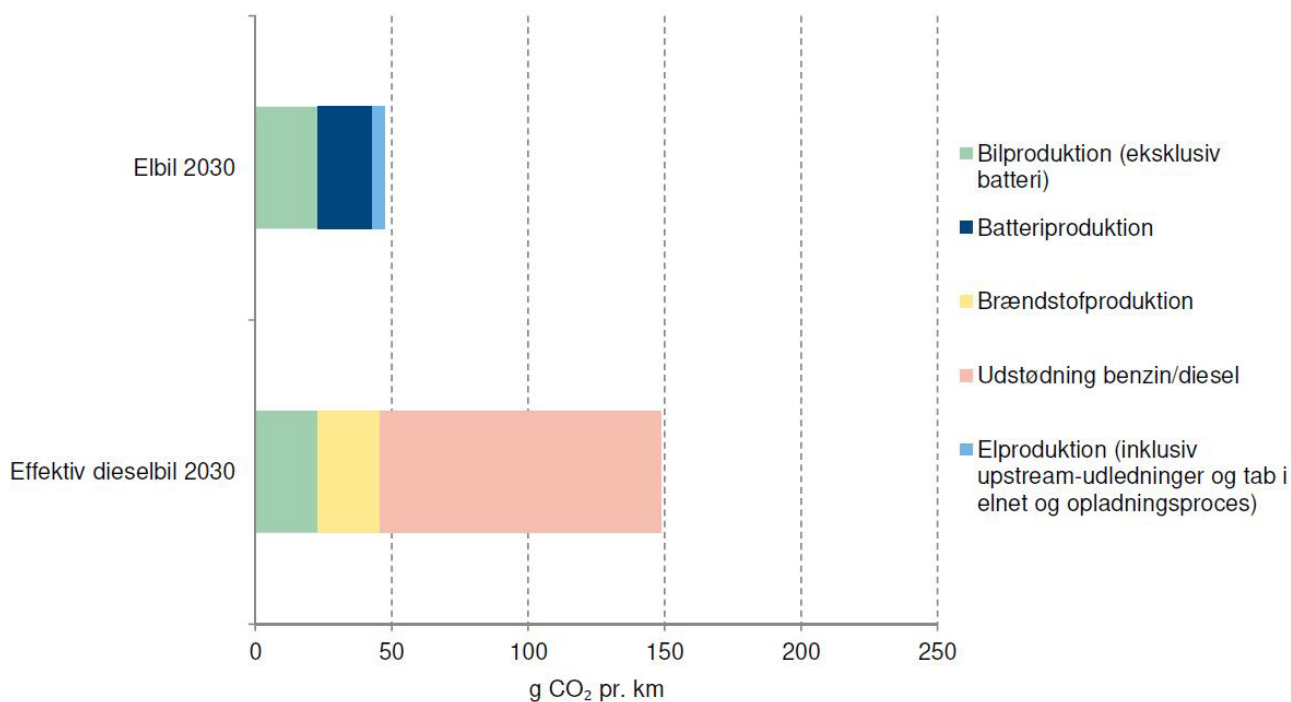
millioner tonn. Med en forutsatt multiplikator på 1,7 for skydannelser i tillegg til effekten av CO₂-utslippene, kan klimaeffekten fra nordmenns flyreiser oppjusteres til i underkant av 10 millioner tonn CO₂e årlig. Det må presiseres at en beregningsmåte med slike multiplikatorer ikke er vanlig innenfor den klimapolitiske debatten. Utslippene fra utenlandsreiser teller heller ikke med i Norges eller andre lands rapportering av nasjonale utslipp til IPCC.

Karbonavtrykk elbiler og fossilt drevne biler

Det er fra tid til annen oppmerksomhet om beregninger av livssyklusutslippene av CO₂ fra elbiler sammenlignet med fossilt drevne biler. Resultatene varierer svært mye, avhengig av forutsetninger om biltype, tyngde, årlig kjørelengde, men særlig om forutsetningene knyttet til produksjonen av batterier til elbilene. Slik produksjon er ikke bare kostbar, men krever også mye elektrisitet. I en livssyklusberegning er det da viktig hva som forutsettes om hvor store utslipp som produksjonen av denne elektrisiteten innebærer.

I dag produseres de fleste batteriene som benyttes i elbiler i Asia, med høy andel fossil kraft. Nyere fabrikker i Nord-Amerika og Europa produserer batterier og elbiler med lavt eller intet innslag av fossil kraft, en utvikling som vil fortsette. Vi bygger her på en analyse av det danske Klimarådet [13].

En framtidig situasjon med lavere indirekte utslipp fra batteriproduksjonen vurderes av Klimarådet som i figuren nedenfor. Dette kan være en situasjon der batterier produseres i større grad i land med lite fossil kraft, for eksempel i Europa eller deler av USA. Også diesalbiler antas imidlertid å bli mer energieffektive. Klimarådet antar at batteriproduksjonen blir både mer effektiv (billigere) og mindre utslippsintensiv. Forskjellen i livssyklusutslippene mellom en elbil og effektiv diesebil antas å øke mot 2030. Det framgår at de regner med at livssyklusutslippene fra en elbil i 2030 vil være i størrelsesorden 1/3 av utslippene fra en effektiv diesebil.



Figur 3-3 Illustrasjon av utslipp av CO₂ i 2030 (livssyklusutslipp) over bilens levetid. Gram CO₂ pr.km. Kilde:Klimarådet [13].

Batteriproduksjonen gir ikke bare utslipp av CO₂, men krever også råstoffer i form av sjeldne metaller, blant annet kobolt og litium. Analytikere som følger utviklingen i elbilmarkedet vurderer utviklingen i markedsbalansen og prisene på slike metaller, på linje med hva som gjøres for andre råvarer⁴. Det synes ikke som om disse ser store risikoer for råvaremangel på kort eller mellomlang sikt, men det diskuteres om det kan bli mangel på lang sikt, men det er aktører i markedet som advarer mot mulig mangel på slike råvarer. Identifiserte reserver av ulike typer mineraler og malmer vil alltid være begrenset. Erfaringsmessig har man ofte funnet nye reserver eller kunnet gå over til alternative råvarer eller produkter, men dette er selvsagt

ingen garanti for at dette i framtiden vil skje for mineraler til batteriproduksjon. Begrensninger i råvaretilgang trenger heller ikke bare komme av fysiske ressursmangel, men også av hvilke land som kontrollerer ressursene. Gruvedrift for å utvinne mineralene som trengs, innebærer også som oftest store naturinngrep (dagbrudd) med potensielt betydelige lokale miljøkonsekvenser.

Konklusjonene på dette avsnittet er at verken elbiler eller innblanding av biodrivstoff er utslippsfrie hvis det tas høyde for de globale utslippseffektene. Fra 2030 er trolig dagens merutslipp for elbil i produksjonsfasen langt på vei eliminert.

⁴ Dette gjelder bl. a. Tesla, <http://www.mining.com/tesla-warns-upcoming-battery-minerals-shortage/>. Bekymringen er imidlertid ikke større enn at denne bedriften investerer og planlegger for fortsatt produksjonsvekst.

Kapittel 4

KLIMASCENARIOER MOT 2030 OG 2050

- 4.1 Trender innen teknologi og markedsforhold**
- 4.2 Klimapolitikk - avgifter på co2-utslipp i ikke-kvotepliktig sektor**
- 4.3 Vektlegging av livsløpsutslipp i forhold til nasjonale utslipp**
- 4.4 Biodrivstoff som virkemiddel**
- 4.5 Elektrifisering og kraftmarkedet**
- 4.6 Luftfart**
- 4.7 To scenarioer for transport og klima til 2030 og 205**

4 Klimascenarioer mot 2030 og 2050

For å vurdere jernbanens rolle i transport- og klimapolitikken er rammevilkårene sentrale. Dette gjelder både teknologiske, markedsmessige og politiske forhold. Norge er forpliktet i henhold til avtalen med EU til å lage en handlingsplan for oppfyllelse av klimamålene. Den vil kreve en kraftigere virkemiddelbruk enn i dag. Usikkerheten både om hvilken virkemiddelbruk Norge vil velge, utviklingstrekk i internasjonal klimapolitikk og den teknologiske og markedsmessige utviklingen er stor. For å diskutere hvilken rolle jernbanen kan ha for å dempe Norges overgangsrisiko, er det likevel nødvendig å gjøre forutsetninger om hvordan disse usikre forholdene vil utvikle seg framover.

I dette kapitlet drøfter vi først ulike trender og usikre utviklingstrekk. Vi gjør deretter forutsetninger om hvordan disse vil utvikle seg som grunnlag for to scenarioer som vil være viktige for jernbanes rolle i transport- og klimapolitikken. I kapittel 6 drøfter vi videre betydningen av alternative forutsetninger om et utvalg av disse usikre faktorene, gjennom følsomhetsberegninger.

4.1 TRENDER INNEN TEKNOLOGI OG MARKEDSFORHOLD

Det er gjennomført en rekke analyser av effektene av jernbaneprosjekter de senere årene, som vil danne utgangspunktet for vår vurdering av hvordan jernbanen kan bidra til å redusere Norges klimarisiko. Disse analysene er i hovedsak gjort under andre forutsetninger om rammebetingelser og teknologier enn de som synes mest rimelig å legge til grunn når det gjelder klimapolitikk og andre rammevilkår på 2020-tallet og videre fram mot 2050.

Vi tar utgangspunkt i scenarioene som er utarbeidet i regi av NTP, som bygger på KPMG-rapporten Fremsyn 2050. Til grunn

ligger en forutsetning om fortsatt vekst i befolkning og inntekt per innbygger, men at den økonomiske veksten vil flate ut. For transportsektoren er det usikkerheter knyttet til teknologiutviklingen knyttet til lavutslippskjøretøy, til autonomi (selvkjørende kjøretøy) og konnektivitet (samhandlende transportmidler) som danner utgangspunktet. I den rapporten er det definert ett scenario for 2030 og to scenarioer for 2050. Vi har tatt utgangspunkt i disse scenarioene, men spisset beskrivelsene til utviklingstrekk som er særlig relevante for jernbanen. Vi har også gjort vurderinger av forhold som særlig er relevant for klimautslippene.

Vi har i utgangspunktet ikke gjort antakelser om at befolkningens reiseatferd og respons på endrede rammevilkår er annerledes enn den som er innbakt i de transportanalysene vi tar utgangspunkt i.

Vi har også sett på scenarioer som primært retter seg mot energi- og kraftsektoren, men som også analyserer utviklingstrekk innenfor transport. De er scenarioer fra Statkraft (Lavutslippsscenario), DNV GL Energy transition outlook, Sandbag, Bloomberg New energy Finance og EUs scenarioer, samt TØIs framskrivninger av sammensetningen av den norske bilparken. Disse analysene tegner noe ulike, men likevel til dels radikale nye bilder av energi- og transportsektoren fram mot 2050. Hvorvidt verden når 2-gradersmålet eller endog det langt mer krevende 1,5 gradersmålet, innen utgangen av århundret, varierer mellom institusjonene og scenarioene. En nærmere beskrivelse av scenarioene er gitt i vedlegg 2.

I vår analyse legger vi til grunn at eksisterende trender i retning av bedre kvalitet og lavere kostnader for CO₂-fri transport vil fortsette. Fram til 2030 synes usikkerheten når det

gjelder fortsatte kostnadsreduksjoner og rekkeviddeøkninger for lette elbiler å være begrenset. Etter 2030 er den teknologiske usikkerheten langt større. På lang sikt må det til utslippsreduksjoner innenfor industri (særlig prosessindustri), lastebiltransport og anleggsvirksomhet samt luftfarten, dersom Norge, EU og verden skal nå utslippsmålene i 2050.

4.2 KLIMAPOLITIKK - AVGIFTER PÅ CO₂-UTSLIPP I IKKE-KVOTEPLIKTIG SEKTOR

En norsk handlingsplan for å overholde utslippstakene for ikke-kvotepliktig sektor vil sannsynligvis måtte innebære økt bruk av prisme mekanismen gjennom økte avgifter på CO₂ eller varer og tjenester som gir bruk av CO₂. Regjeringen har sagt at den vil øke CO₂-avgiftene med 5 prosent årlig framover, men ytterligere tiltak er trolig nødvendige. En tilnærming er å legge opp til en virkemiddelbruk som sikter mot tiltak som gir lavest mulig tiltakskostnader per tonn reduserte CO₂-utslipp. Det er en rekke både teoretiske og praktiske problemer forbundet med å definere hva tiltakskostnadene er, blant annet må man i slike analyser ha et klart bilde av utslippsutviklingen i fravær av det aktuelle tiltaket. Klimakur 2030 [14] gir estimat på hvor store utslippsreduksjoner som kan oppnås til ulike kostnader per tonn CO₂-reduksjon. Beregningene gir viktig bakgrunnsinformasjon, men omfatter ikke konkret hvilke virkemidler som skal til for å utløse klimatiltakene.

Vi forutsetter at norsk virkemiddelbruk skjer samordnet som del av en felles EU-politikk for å nå klimamålene. I prinsippet har hvert land full rett til å iverksette tiltak utover EU-ETS som gjelder kvotepliktig sektor. For transportsektoren vil avgifter/subsidier til ulike transportformer være svært sentrale. I dette prosjektet vil det være mest relevant å formulere scenarioer hvor Norges og EUs klimamål mot 2030 nås, og hvor utviklingen peker mot at Norge er et lavutslippssamfunn med tilnærmet nullutslipp fra transport i 2050.

Dagens virkemiddelbruk har imidlertid en mer kompleks begrunnelse. Ett eksempel er elbilpolitikken, som har ført til en innfasing av elbiler i Norge som overgår den i alle andre land i verden. Store avgiftslettelser for elbiler sammenlignet med avgiftsnivået for ordinære biler har vært viktig for denne utviklingen. Politikken har store konsekvenser for de offentlige budsjettene i form av tapte skatteinntekter. Det er sannsynlig at denne avgiftsfavoriseringen vil fortsette, men etter hvert som elbilkostnadene gradvis avtar og markedet for elbiler modnes, kan det forventes økt beskatning av elbiler igjen.

En skisse til en mulig handlingsplan for å nå Norges klimamål i 2030 er presentert av Riekeles [15]. Skissen bygger på dagens virkemiddelbruk med økte CO₂-avgifter fra dagens nivå på CO₂-komponentene i mineralolje- og drivstoffavgiftene som i dag tilsvarer ca. 500 kroner per tonn CO₂, til et nivå på 1250 kroner per tonn, som er et nivå beregnet av IPCC for å gi utslippskutt tilsvarende 1,5 gradersmålet. Riekeles foreslår også avgiftsøkninger for flyreiser for å begrense etterspørselen.

Usikkerheten om virkemiddelbruken i ikke-kvotepliktig sektor er stor. Et land som har begynt å utvikle en politikk for ikke-kvotepliktig sektor, er Tyskland. Den tyske regjeringen har lansert en plan som innebærer økte CO₂-priser for ikke-kvotepliktig sektor, samt ansatser til kvotehandel nasjonalt innenfor ikke-kvotepliktig sektor. I debatten er det stor oppmerksomhet om de sosiale konsekvensene av økte CO₂-priser, og det har vært lansert planer om å kompensere for økte kostnader ved å kjøre fossildrevne kjøretøy ved reduserte avgifter på elektrisitet (også til oppvarming), for å motvirke sosialt skjeve inntektskonsekvenser. Det er også kritikk mot planen for at prisøkningene på fossilt drivstoff ikke er sterke nok. Overføringsverdien til en norsk kontekst begrenses av at tysk klimapolitikk i stor grad fokuseres på utfasingen av kullkraft og innfasing av fornybar energi

innen kraftproduksjon, samt at CO₂-avgifter og bilavgifter er mye lavere enn i Norge.

I Norge må transportsektoren stå for hovedparten av utslippsreduksjonen i ikke-kvotepliktig sektor fram mot 2030. Det synes åpenbart at politisk er det elektrifisering av bilparken og økt bruk av biodrivstoff som er hovedpilarene for den norske klimapolitikken for ikke-kvotepliktig sektor.

4.3 VEKTLEGGING AV LIVSLØPSUTSLIPP I FORHOLD TIL NASJONALE UTSLIPP

Det synes å være en klar trend blant forbrukerne i retning av økt oppmerksomhet om ulike produkters opprinnelse og eventuelle miljøskader eller dårlige arbeidsvilkår blant dem som utfører produksjonsarbeidet, selv om dette foregår i andre land i andre verdensdeler. Det avtalemessige rammeverket i klimapolitikken er imidlertid helt territorielt basert. Likevel har den betydelig oppmerksomhet om konsekvensene av virkemiddelbruken på de globale utslippene. Det gjenspeiles blant annet i debatten om utslipp i produksjonsfasen for biodrivstoff (iLUC - indirekte arealbrukseffekter). Også den store mengden scenarioanalyser av globale klimagassutslipp reflekterer at debatten om klimapolitikken nasjonalt og internasjonalt er opptatt av indirekte og uønskede effekter av nasjonal politikk på globale utslipp. Innstrammingene i hvilke typer biodrivstoff som kan benyttes for at landene skal kunne etterleve EUs fornybardirektiv, viser at man i EU er svært opptatt av indirekte utslippseffekter i andre land.

Innenfor klimapolitikken kan dette bli et mer utbredt fenomen når det gjelder miljølempen, avskoging og indirekte utslippseffekter ved produksjon av biodrivstoff i land utenfor EU, kanskje særlig lavinntektsland utenfor Europa. Slike bekymringer kan redusere mulighetene for å bruke importert biodrivstoff som virkemiddel for å redusere utslipp i norsk transportsektor. For elbiler kan det tenkes at bekymringer over livsløpsutslipp ved batteriproduksjon kan sette elbilen i et

litt mindre fordelaktig lys enn det som i dag er tilfellet i Norge, og trolig også i andre land. Batteriproduksjon trenger mye energi og i dag skjer batteriproduksjonen i stor grad i land i Asia der elektrisiteten er produsert med fossilt brennstoff. Framover tyder mye på at det indirekte karboninnholdet i bilbatterier går ned dels ved at batteriproduksjonen flyttes til land/områder med fossilfri kraft (Europa og USA).

Denne faktoren vil dels slå inn i faktoren «tilgang på bærekraftig biodrivstoff» som er behandlet foran, men også i form av svekket omdømme for elbilene. Hvor viktig dette vil bli avhenger av befolkningens holdninger slik den uttrykkes i markedet og gjennom politikken.

4.4 BIODRIVSTOFF SOM VIRKEMIDDEL

Innblanding av biodrivstoff i bensin og diesel vil trolig bli et viktig virkemiddel i klimapolitikken både i Norge og i EU for å sikre at utslippene fra transportsektoren reduseres tilstrekkelig.

For å bidra til at bruk av bioenergi ikke øker de globale utslippene av klimagasser, har EU etablert bærekraftkriterier for biodrivstoff. Kriteriene reguleres i EUs fornybardirektiv, som er framlagt i revidert utgave i 2018, gjeldende til 2030. Direktivet innebærer flere begrensninger i bruken av «high risk» ILUC (indirect land use changes) biodrivstoff. Blant annet skal bruken av palmeolje gradvis fases helt ut av tillatt biodrivstoff innen 2030. I sin klimapolitikk forutsetter EU en betydelig økning i bruken av biodrivstoff, og at det skal etableres produksjon- og leveransestrukturer for dette i EU, og at økningen ikke skal baseres på økt import⁵. Men en storstilt satsing på biodrivstoff har sine kritikere.

Økt innblandingsandel utover dagens nivå på 16 prosent vurderes som en sannsynlig utvikling utover på 2020-tallet, selv om dette ikke trenger bli ukontroversielt. Det er formulert målsettinger om økning i innblandingsandelen til 40 prosent i Norge. Med en så sterk økning i innfasingen av elektriske kjøretøy i personbilparken som mange synes å forvente,

⁵ Se for eksempel EU-kommisjonens utredning «A clean planet for all» [22].

vil det være gode grunner til å reservere (det knappe) biodrivstoffet til anvendelser der omfattende elektrifisering (evt. hydrogen) ikke er realistisk fram mot 2030. Dette gjelder anleggsmaskiner, lastebiler og luftfarten.

Det foregår fortsatt en faglig debatt om hvor utslippsvennlig det er å dyrke og bruke ulike former for biomasse til å produsere bioenergi, herunder biodrivstoff, jf. Holtmark [16], Norton m. fl. [17] og Transport and Environment [8]. På denne bakgrunn vurderes det som en mulig risiko at tilgangen på bærekraftig biodrivstoff blir begrenset i framtiden, enten på grunn av framtidige endringer i regelverket, på grunn av fysiske begrensninger i tilbudet på verdensmarkedet eller fordi befolkning og velgere i Norge og andre europeiske land ikke vil akseptere denne typen negative miljøvirkninger i produksjonsfasen, selv om dette skjer utenfor Norge eller Europa.

4.5 ELEKTRIFISERING OG KRAFTMARKEDET

Et spørsmål er hva konsekvensene av elektrifisering av bilparken og annen transport vil bli for kraftmarkedet. Norges vassdrags- og

energidirektorat gjennomfører årlig langsiktige analyser av det nordiske og nordeuropeiske kraftmarkedet der en forventet kraftig elektrifisering av transportsektoren i Norden og resten av EU er lagt til grunn, jf. [18], [19] og [20].

Konsekvenser for kraftbalansen og behovet for investeringer i nettet er også analysert i Klimakur 2030. Ifølge Klimakur forventes elektrifiseringen av veitrafikken i referansebanen og ytterligere gjennom tiltakene i Klimakur å bli på 6 TWh, som er mellom 4 og 5 prosent av samlet elektrisitetsforbruk i Norge i 2018. Det forventes en betydelig økning av produksjonen fra vindkraft de nærmeste årene. NVE vurderer at det norske kraftsystemet kan håndtere elektrifiseringstiltakene i Klimakur 2030, og at det i 2030 fortsatt vil være et betydelig kraftoverskudd i handelen med utlandet.

Den økte krafttettersspørselen motvirkes i det nordiske markedet av økt kraftproduksjon særlig i form av økt vindkraft, men også av en økning i vannkraft og biobasert kraft. NVEs analyse av norsk strømforbruk fram mot 2040 [19], indikerer en økning i kraftforbruket i



transportsektoren fra dagens 1 TWh til 9 TWh i 2040 (samlet strømforbruk i 2020 antas å være 139 TWh). Av den antatte økningen i samlet kraftforbruk i Norge på 20 TWh fra 2020 til 2040, utgjør transportsektorens økning 8 TWh. NVE har anslått at med den mer omfattende elektrifiseringen av transportsektoren som ligger inne i måltallene for NTP 2017 (blant annet at alle nye personbiler skal være nullutslippskjøretøy fra 2025), vil transportsektorens strømforbruk i 2040 øke fra 9 TWh til 15 TWh.

På bakgrunn av disse analysene fra NVE og et eksportoverskudd i dag på om lag 15 TWh (2017-tall), og muligheter for å variere produksjonsveksten framover gjennom nye energilder (blant annet havvind), synes ikke begrenset tilgang på elektrisitet å utgjøre noen stor risikofaktor for en fortsatt omfattende elektrifisering av transportsektoren i Norge.

Elektrifiseringen av transportsektoren vil kreve forsterkninger i kraftnettet for å transportere strøm til forbrukerne, noe som vil kunne være konfliktfylt og kostnadskrevenende. I Klimakur 2030 er merkostnadene til nettinvesteringer for å elektrifisere veisektoren og bilfergene beregnet til 8 milliarder kroner, noe som innebærer en kostnad på 50-100 kroner per tonn beregnet CO₂-reduksjon. I Klimakur 2030 er disse kostnadene ikke inkludert i tiltakskostnadene som er beregnet for elektrifisering av veisektoren.

4.6 LUFTFART

De siste norske prognosene innebærer moderat vekst i innenlandsk luftfart. TØIs siste framskrivning [21] gir 5 prosents vekst i antall innenlandske flyreiser og transportarbeid til 2030, en gjennomsnittlig årlig vekst på bare 0,5 prosent per år fram til 2030 og 0,3 prosent årlig fra 2030 til 2050. Prognosene for veksten i internasjonale flyreiser peker imidlertid i retning av sterk vekst. For eksempel innebærer EUs klimapolitiske referansebane [22] en gjennomsnittlig vekst i flyreisene på i gjennomsnitt 2,3 prosent årlig mellom 2015 og 2030 og 1,5 prosent årlig mellom 2030 og 2050.

Slike prognoser tar ikke høyde for mulige atferdsendringer som følge av dårligere omdømme for flyreiser. Sverige opplevde et trendbrudd i flytrafikken da samlet antall flypassasjerer falt med fire prosent i 2019. I Norge og Danmark avtok også veksten i 2019, til 0,4 prosent (Norge) og til null (Danmark)⁶. Nedgangen var sterkest i innenlandstrafikken i alle landene. Det er særlig fallet i antall flyreiser i Sverige som har fått oppmerksomhet. Hvor mye av den svenske utviklingen som kan forklares med rene holdningsendringer (flyskam) og hvor mye som kan forklares av pris og kvalitet på flytilbudet og endringer i konkurrerende transporttilbud, samt endringer i befolkningens inntekt og -forventninger, er neppe avklart, men det er grunn til å tro at flyskam har virket inn. Vekstratene for antall flyreiser varierer imidlertid en del fra år til år, så man skal være forsiktig ved tolkningen av slike endringer.



⁶Sverige: <https://www.transportstyrelsen.se/sv/luftfart/Statistik/Flygplatsstatistik/>

Danmark: <https://www.dst.dk/da/Statistik/nytt/NyttHtml?cid=30220>

Norge: <https://www.ssb.no/statbank/table/08508/>

Luftfart internt i EU/EØS er i dag inkludert i kvotesystemet. Enkelte land, inkludert Norge har i tillegg CO₂-avgift på flydrivstoff til innenlands luftfart. Enkelte land, også Norge, har i tillegg passasjeravgifter for flyreiser.

Etter hvert som tildelingen av gratiskvoter til flyselskapene som flyr i EU reduseres, vil flyselskapenes kostnader øke, noe som trekker i retning av økte flypriser. Det er også tenkelig at flere EU-land vil innføre passasjeravgifter. Den internasjonale luftfartsorganisasjonen (ICAO) sitt kvoteprogram er bare rettet mot å unngå økte utslipp sammenlignet med dagens nivå, og det er usikkert hvor store effekter det vil få.

Framskrivninger av utslippene fra luftfarten mot 2050 legger til grunn en høy innblanding av biodrivstoff. Observatører har tro på en viss innfasing av elektriske fly på korte reiser, men når det gjelder mellom lange og lange reiser synes tiltroen til en omfattende avkarbonisering å være liten de nærmeste tiårene.

Konsekvensene av disse forholdene i internasjonal luftfart for jernbanen i Norge er nok begrenset. Norske jernbanetiltaks konkurranse mot flyet vil være på reiser mellom de største byene i Norge og eventuelt byer i Norden (Oslo-Stockholm og Oslo-Malmø/København/Hamburg). Økte flypriser på disse strekningene vil kunne ha merkbar effekt på togets attraktivitet og dermed også utslippseffektene som kan oppnås ved å gjøre togreiser på disse strekningene mer attraktive.

4.7 TO SCENARIOER FOR TRANSPORT OG KLIMA TIL 2030 OG 2050

I dette avsnittet presenteres to scenarioer som transportprosjektene skal evalueres innenfor. Det ene scenarioet er et scenario som kan benevnes moderat klimascenario, som likevel innebærer en skjerpet politikk sammenlignet med politikken på 2010-tallet. Det andre er et ambisiøst klimascenario for Norge og internasjonalt:

- **Moderat:** Det forutsettes et taktskifte

i klimapolitikken både i Norge og EU for å nå klimamålene i 2030, og med henblikk på nullutslippssamfunnet i 2050. Det blir økte avgifter og skjerpede reguleringer, men i begrenset grad. Den teknologiske framgangen fortsetter drevet av eksisterende innovasjonsprosesser og politikktiltak.

- **Ambisiøs:** I dette scenarioet er klimapolitikken i EU og Norge mer ambisiøs med skjerpet virkemiddelbruk. Dessuten vil uregulerte sektorer som internasjonal luftfart og sjøfart komme inn under det internasjonale klimaregimet. Som følge av den kraftigere politikken, vil også utslippene per transportert enhet gå mer ned enn i *Moderat*.

Usikkerheten om den teknologiske utviklingen anses begrenset fram til 2030, derfor legger vi til grunn én utvikling i utslipp per transportert enhet fram til 2030. Etter 2030 skiller vi mellom to scenarioer mot 2050; *Moderat* og *Ambisiøs*.

Det er en del forhold der scenarioene ikke skiller seg fra hverandre, og det er forutsetninger om fortsatt økonomisk vekst, økt andel tjenesteyting og økt urbanisering. I det ambisiøse politikksenarioet tror vi at befolkningens holdninger til ulike produkter og tjenesters (herunder transporttjenesters) livløpsutslipp vil endres, men i hvor stor grad dette er et resultat av prisendringer og annen virkemiddelbruk, og hvor mye som er rene atferdsendringer (stikkord: flyskam) har vi ikke forsøkt å avgjøre, og ikke av betydning i denne analysen.

Det synes langt på vei å være enighet om at de uventet sterke kostnadsreduksjonene vi har sett både innenfor kraftsektoren (solkraft, vindkraft) og transportsektoren (batteriproduksjon, elbiler) vil fortsette, slik at elektriske personbiler i de fleste anvendelser vil være kommersielt konkurransedyktige selv uten subsidier før 2030. Videre har de sterkt fallende kostnadene innen solkraft og vindkraft ført til at prognosemakerne forventer en sterk økning av kraft basert på slike kilder de nærmeste tiårene, og at den europeiske kraftsektoren

langt på vei vil kunne være fossilfri fra 2030. Både den fortsatte teknologiutviklingen og innfasingen av nye løsninger vil være sterkt påvirket av politikken i EU og andre land. Vi legger til grunn en kraftig innskjerping av virkemiddelbruken med strengere reguleringer og prising av CO₂-utslipp.

Fram mot 2030 legges det til grunn en økning i CO₂-avgiftene for all transport. I Moderat-scenariet er det bare den varslede årlige femprosentøkningen i CO₂-avgiftene vi antar vil komme. Dette påvirker kostnadene for privatbil med fossildrevet bil, og det påvirker innenlands flytransport. Spørsmålet er hvordan utenlandsreiser med fly blir regulert. Her er det også et viktig skille mellom utenlandsturer til destinasjoner i EU-EØS (som er underlagt klimavotesystemet

i EU) og reiser til destinasjoner utenfor EU/EØS. Vi tror at både i Moderat og Ambisiøs-banen vil virkemiddelbruken overfor luftfarten bli skjerpet, både ved å prise (avgifter og kvotepriser) og regulere utslipp (for eksempel gjennom innblandingskrav) og gjennom luftfartsavgifter (stikkord – taxfrieregimet for alkohol og tobakk i Norge, som Luftfartsutvalget [23] foreslår å fjerne). Det sistnevnte vil redusere AVINORs inntekter betydelig. Dersom dette inntektsbortfallet skal finansieres av økte brukerbetaling, vil det i siste instans vil slå ut i økte billettpriser. Det kan også ramme den indirekte subsidieringen gjennom AVINOR av kortbanenettet i Norge.

Tabellen nedenfor presenterer nøkkelparametere for utslippseffektene for transportformene som konkurrerer med

Tabell 4-1 Antatte utviklingstrekk for utslipp og transport i to scenarier (utviklingsbaner) fram til 2050. MODERAT og AMBISIØS klimapolitikk. Nøkkeltall og beskrivelse.

	2019	2030	2050	2050
		Felles	Moderat	Ambisiøs
Personbil	Ca. 10% elbiler 10 % bioinnbland. 145 g CO ₂ /km Bomringer i storbyene. Bompenger som finansiering	55% elbiler 20% bioinnbland. 50 g CO ₂ /km Ytterligere avgiftsøkninger fossilbil	75 % elbiler 20 % bioinnbland. 20 g CO ₂ /km Ytterligere avgiftsøkninger fossilbil	98% el+hydrogenbil 0% bioinnbland. 5 g CO ₂ /km Avgifter som i 2030., ikke nødvendig med økninger i klimaavgifter pga. sterk teknologisk framgang.
Lastebil (snitt alle)	0% hydrogen 10 % bioinnbland. 135 gCO ₂ /tonnkm	10% hydrogen/el 30% bioinnbland. Større kjøretøy 80 gCO ₂ /tonnkm	30% hydrogen/el 40% bioinnbland. Størrelse som 2030 60 gCO ₂ /tonnkm	80% hydrogen/el 80% bioinnbland. Størrelse som 2030 5 gCO ₂ /tonnkm
Bybuss/lokalbuss	10 % bioinnbland. Begynnende elektrifisering	Busser bare el/bio 0 g CO ₂ /km	Ingen utslipp 0 g CO ₂ /km	Ingen utslipp 0 g CO ₂ /km
Regional/langdistansebuss	0 % hydrogen 10 % bioinnbland. 15 pass./buss 57 g CO ₂ /pkm	10 % hydrogen/el 40 % bioinnbland. 15 pass./buss 35 g CO ₂ /pkm	30% hydrogen/el 40% bioinnbland. 15 pass./buss 25 g CO ₂ /pkm	80% hydrogen/el 80% bioinnbland 15 pass./buss 2 g CO ₂ /pkm
Fly nasjonalt	Ikke elfly Ikke bioinnblanding 170 gCO ₂ /pkm	0% elfly 20 % bioinnbland. 7% energieff. Avgifter 125 g CO ₂ /pkm	5% elfly 30% bioinnbland 16% energieff. Avgifter 95 g CO ₂ /pkm	20% elfly 50 % bioinnbland. 25 % energieff. Ytterligere avgifter 55 g CO ₂ /pkm
Fly internasjonalt	Ikke elfly Ikke bioinnblanding 120 gCO ₂ /pkm	0% elfly 10% bio 7% energieff Avgifter 100 g CO ₂ /pkm	0% elfly 15 % bio 16 % energieff Avgifter 85 g CO ₂ /pkm	10% elfly 40% bio 25 % energieff Ytterligere avgifter 50 g CO ₂ /pkm
Utslipp av CO ₂ fra anleggfasen, motorvei og jernbane. Livsløpsutslipp.	40 tonn/mill kr. investert	32 tonn (-20% fra 2019)	28 tonn (-30% fra 2019)	22 tonn (-45% fra 2019)

Note: pkm = personkilometer

jernbanen i de to scenarioene. Deretter gis det korte begrunnelser for de forutsetningene som er lagt til grunn.

Personbil

For personbiler bygger vi på TØI sine framskrivninger av bilparken [24] der vi i 2030 legger til grunn et gjennomsnitt av TØIs to scenarioer for 2030 (forskjellen er ikke så stor). Det gir en elbilandel i 2030 på ca. 55 prosent for personbiler. I 2050 bygger vi på de to scenarioene fra TØI (høy og lav elbilandel). I det moderate scenarioet i 2050 er fortsatt innblanding av biodrivstoff et virkemiddel som benyttes, selv om elbilandelen er 75 prosent. I det ambisiøse klimascenarioet er personbiltrafikken CO₂-fri i 2050 som følge av at praktisk talt hele personbilparken er elektrifisert eller går på hydrogen.

Lastebil

Teknologien for å gjøre lastebiltransporten karbonfri er kommet vesentlig kortere enn for personbiler. Det skyldes lastebilenes større energibehov og nødvendig tyngde og kapasitet på batterier. Det utvikles prototyper og gjøres forsøk med både elektriske og hydrogenrevne

lastebiler, men få observatører tror på nevneverdig innfasing av fossilfrie lastebiler før etter 2030. Vi legger i våre scenarioer TØIs vurderinger til grunn, som synes å være i god overensstemmelse med vurderingene til de andre prognosemakerne internasjonalt. På kort sikt (innen 2030) synes økt innblanding av biodrivstoff å være eneste realistiske virkemiddel for å redusere klimagassutslippene i Norge fra lastebiltransporten i særlig grad. Vi legger til grunn at 10 prosent av lastebilene er fossilfrie i 2030 (elektrisitet eller hydrogen). I 2050 er hydrogen/elbilandelen i MODERAT-banen forutsatt å være 30 prosent, mens den er 80 prosent i AMBISIØS-banen.

Buss

For busser antas det i trendbanen i beregningene til Nasjonalbudsjettet 2019 at batteridrevne busser får økt markedsandel utover 2020-tallet. Utslippsfrie busser (batteri og gass) har størstedelen av markedet for nye bybusser i 2030 i denne banen. Denne banen er ikke langt unna det politiske målet om 100 prosent utslippsfrie bybusser og 75 prosent utslippsfrie langdistansebusser i 2030. Vi legger til grunn at det ikke er utslipp av klimagasser fra bybusser i noen av scenarioene



fra 2030. For langdistansebussene legger vi til grunn en økning i innblandingsandelen for biodrivstoff, og at hydrogen/elektriske busser er dominerende i AMBISIØS-alternativet.

Fly

Innen flytrafikken legger vi til grunn en fortsatt energieffektivisering som følge av bedre aerodynamikk, større fly og driftstiltak på 0,7 prosent årlig fram til 2030, basert en analyse fra European Aviation Agency fra 2019 [25]). Vi antar litt høyere årlig energieffektivisering i perioden 2030-50 i Ambisiøs-scenarioriet enn i Moderat-scenarioriet.

På grunnlag av denne og andre analyser legger vi til grunn at elfly vil kunne få en liten andel av flytrafikken innenlands i 2050, på de korteste reisene. Vi legger til grunn en relativt høy andel innblanding av biodrivstoff i 2030 særlig innenlands, men også i internasjonal luftfart. Dette forutsetter en utvidelse av det internasjonale klimaregimet til også å omfatte utenlands luftfart.

Etterspørselsprognosene for flyreiser internasjonalt peker i retning av fortsatt sterk vekst, forsterket av fallende priser.

I de to scenarioriene legges det til grunn at flyprisene i varierende grad blir høyere enn i dag.

Utslipp i anleggsfasen

Vårt basisanslag for 2019 er 40 tonn CO₂ (livsløpsutslipp) per millioner kroner i investeringskostnad. Nasjonale utslipp er forutsatt å være 50 prosent av dette i dagens situasjon.

Det forutsettes en nedgang på 20 prosent i utslippene per million kroner innen 2030, en reduksjon som langt på vei kan oppnås gjennom optimalisering innenfor rammene av dagens teknologier og materialtyper. Ytterligere nedgang kan nås innen 2030 ved å benytte mer kostbare, men mindre karbonintensive, materialer samt karbonfrie anleggsmaskiner og lastebiler. Fram mot 2050 vil utslippene kunne reduseres ytterligere, blant annet gjennom avkarbonisering av innsatsvarer som stål og sement. Dette forutsetter en omfattende innfasing av karbonfangst og lagring (CCS) nasjonalt og internasjonalt og nye produksjonsmåter blant annet i stålproduksjonen.

Kapittel 5

EFFEKTER AV TRANSPORTTILTAK I SCENARIOENE

- 5.1 KVV Oslo-navet
- 5.2 Jernbanetiltak
- 5.3 Veiprojekter
- 5.4 Tiltak for økt godstransport på jernbane
- 5.5 Øvrige jernbaneutredninger
- 5.6 Oppsummering

5 EFFEKTER AV TRANSPORTTILTAK I SCENARIOENE

I kapittel fire har vi definert scenarioene ut fra transportmidlenes CO₂-utslipp per transportert enhet. Jernbanens klimafordel påvirkes også av i hvor stor grad tiltakene faktisk fører til overgang fra utslippsgenererende transport over til jernbane. Hvor stor vekst det blir framover i fly- og bilreiser, vil være viktig for hvor mange slike reiser som vil flyttes over til jernbane og dermed gi reduserte CO₂-utslipp i framtiden. For å få et kvantitativt inntrykk av størrelsen på de utslippsreduksjoner som kan oppnås ved jernbanetiltak sammenlignet med andre transportløsninger, har vi gått gjennom en del analyser av transportprosjekter som har vært utført de senere årene.

Vårt fokus har vært å anslå utslippseffektene i scenarioene i 2030 og 2050. Tallene framkommer ved å benytte de beregnede effektene på omfanget av reiser med bil, buss og tog. Utslippseffektene er beregnet ved å legge til grunn utslippsfaktorene i 2030 og 2050 i scenarioene.

Det må presiseres at tallanslagene presentert i dette kapittelet bygger på beregninger som ikke nødvendigvis har utslipp som sitt primære formål, og at noen av beregningene er flere år gamle. Vår bearbeiding av resultatene går i det alt vesentlige på å justere utslippsfaktorene for bil, fly og sjøtransport (for gods) til det vi forutsetter i scenarioene. Tallene må derfor tolkes med forsiktighet, og gir bare en indikasjon på utslippseffektene av ulike tiltakstyper med ulike tidsperspektiv og i ulike scenarioer. De enkelte prosjektene, analysene og vår bearbeiding av resultatene er beskrevet nærmere i resten av kapitlet.

5.1 KVV OSLO-NAVET

KVV Oslo-Navet var en omfattende utredning av hvordan kollektivsystemet i Oslo-området

bør utformes for å bidra til en god byutvikling og politiske mål. Effektene av ulike prinsipper for å utforme kollektivsystemet (konsepter) ble beregnet med støtte i analyser med transportmodeller. Vi har i denne rapporten sett spesielt på effektene av anbefalt konsept (konsept 3) som innebar bygging av nye tunneler gjennom Oslo for T-bane, regiontog og S-bane.

I utredningen KVV Oslo-Navet ble det i liten grad gjort utslippsberegninger, men vi har til denne rapporten beregnet utslippskonsekvensene av tiltakene, under ulike forutsetninger om utviklingen i utslippsfaktorer og om rammevilkårene i referansebanen som tiltakene i KVV'en evalueres mot. Dette gjelder særlig spørsmålet om hva som er prisen for å kjøre bil. Tallene er tatt fra vedleggsrapportene [26] og [27].

Effekten av å bare bygge ut kollektivtransporten anbefalt i Oslo-navet, er begrenset ifølge modellanalysene. Selv et betydelig bedre kollektivtilbud vil dermed isolert sett gi relativt beskjeden overgang fra vei til bane og dermed beskjedne utslippsreduksjoner (linje 1 i tabellen). De er betydelig mindre i 2050 enn i 2030, som følge av elektrifisering av biltransporten. Dette gjelder både moderat- og ambisiøs-scenarioet. Men dersom det samtidig innføres veiprisning i Oslo og Akershus, blir effektene store. Med veiprisning vil biltrafikken reduseres kraftig, med ca. 25 prosent i forhold til nullalternativet. Antall personkilometer med tog øker med over 50 prosent.

Innenfor denne analyserammen er det veiprisningen som frembringer den for toget gunstige passasjereffekten, ikke togtilbudet i seg selv. Vanlig praksis i analyser av transportprosjekter er å legge til grunn dagens politikk når det gjelder avgifter

og når det gjelder investeringsprosjekter. I denne utredningen legger vi andre framtidsforutsetninger til grunn, da vi ønsker å evaluere transportprosjektene under de klimapolitiske rammevilkårene og teknologiske rammevilkårene som kan inntreffe fra 2030 og fram mot 2050. Da kan det forsvares å betrakte effektene av togsatsingen og veiprisingen under ett. En alternativ begrunnelse for denne betraktningmåten er at den modellberegnete overgangen fra vei til tog i virkeligheten ikke kan skje uten at togkapasiteten økes, noe den gjør som følge av de tiltakene som anbefalt konsept innebærer. De anslåtte utslippseffektene er vist i Tabell 5 1.

Tabell 5-1 Utslippseffekter i driftsfasen i scenarioene. Endring i utslipp i forhold til referanse. Tusen tonn CO₂ per år

	2030	2050	2050
	Felles	Moderat	Ambisiøs
<i>KVU Oslo-Navet anbefalt konsept, uten veiprising</i>	-21	-8	-2
<i>KVU Oslo-Navet anbefalt konsept, med veiprising</i>	-192	-77	-15

Det framgår at utslippene reduseres marginalt av disse kollektivtiltakene når det ikke også forutsettes veiprising. Med veiprising blir det betydelige utslippsreduksjoner fram til 2030, men i 2050 blir utslippsreduksjonene som følge av overgang fra bil til kollektivtransport, moderate til små i Moderat-scenariot.

I Ambisiøs-scenariot for 2050, da personbiltransporten antas praktisk talt CO₂-fri, gir endringer i reisemiddelfordelingen mellom personbil og kollektivtransport helt marginale effekter på CO₂-utslippene i Norge.

5.2 JERNBANETILTAK

Fly har en høy markedsandel mellom de største byene i Norge og mellom Oslo og hovedstedene i Norden og Europa ellers. Vi presenterer nedenfor mulige utslippseffekter av å redusere reisetiden med tog mellom Oslo og henholdsvis Stockholm og Bergen. I begge tilfellene bygger vi på en observert sammenheng mellom reisetiden med tog og togets markedsandel mellom byer som vi anser gir overføringsverdi til situasjonen i Norge, jf. Figur 5.1 på neste side.

Tog Oslo-Stockholm

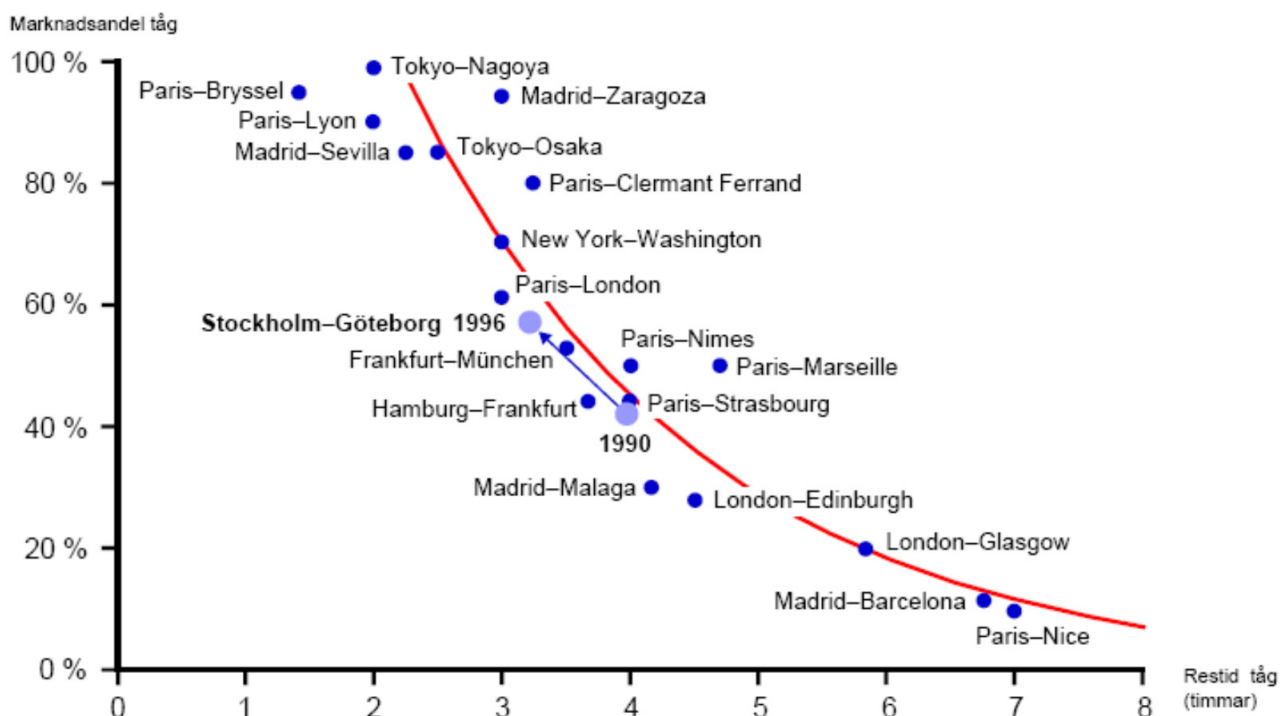
For strekningen er det foreslått tiltak i Norge og Sverige som vil kunne bringe reisetiden mellom de to byene ned fra dagens 5 timer og ned mot 3 timer. Med en slik reisetid med toget, vil toget oppnå en kraftig økning i markedsandelen. Vi anslår at det i dag er om lag 1 million flyreiser mellom Oslo og Stockholm, og at togets markedsandel i dag er lav, anslagsvis 15 prosent. Basert på kurven, anslår vi at med 3 timers reisetid og med økt kapasitet på banen, kan markedsandelen tog/ fly øke til 60 prosent.

Med antatt sterk vekst i flyreisene framover, vil utslippseffektene av å styrke togets konkurranseevne bli større i 2030 og 2050 enn i de er i dag. I motsatt retning trekker det at mer energieffektive fly og økt innblanding av biodrivstoff i scenarioene reduserer flyutslippene per passasjerkilometer. Det bidrar til at CO₂-reduksjonen per passasjer overført fra fly til tog blir mindre. Men utslippsfaktorene for fly er fortsatt store i 2030 og til dels også i 2050, slik at overføring fra fly til tog vil gi betydelige utslippsreduksjoner også i de to scenarioene i 2050.

Kombineres kortere reisetid med toget med økte flypriser, vil enda flere flypassasjerer gå over til toget, og utslippseffektene blir sterkere. Basert på transportmodellberegninger utført i forbindelse med NTP-arbeidet, legger vi til grunn at 50 prosents økning i flyprisene innebærer en etterspørselsreduksjon på denne typen flyreiser på 37 prosent. Dette fører til en kraftig overgang til tog, men også at en del flyreiser ikke blir gjennomført. Resultatene er vist i Tabell 5 2.

Tabell 5-2 Utslippseffekter av Kortere reisetid Oslo-Stockholm, også kombinert med 50 prosents økte flypriser. Tusen tonn CO₂ per år.

	2030	2050	2050
	Felles	Moderat	Ambisiøs
<i>Tog Oslo-Stockholm 3 timer (ned fra 5 timer)</i>	-32	-27	-16
<i>Tog Oslo Stockholm 3 timer og 50 % økt pris fly Oslo-Stockholm</i>	-43	-37	-21
<i>Tog Oslo-Bergen 5 timer (ned fra 6,5 timer)</i>	-20	-16	-9



Figur 5 1: Sammenheng mellom reisetid med tog og markedsandel for tog (tog i % av sum tog og fly). Kilde: Lundberg (2011) [28].

Tog Oslo-Bergen

Vi har gjort tilsvarende beregninger for strekningen Oslo-Bergen som Oslo - Stockholm. På denne strekningen er det planlagt to jernbaneprosjekter, Ringeriksbanen og utbedringer mellom Voss og Arna, som til sammen vil redusere reisetiden med tog med 1,5 time til 5 timer. Dette vil også gi økt markedsandel for toget, men i mindre grad enn for Oslo-Stockholm, siden reisetiden fortsatt blir relativt høy sammenlignet med flyets på strekningen Oslo-Bergen. Ifølge kurven for markedsandel tog/fly vil reisetidsreduksjonen fra 6,5 til 5 timer føre til at togets markedsandel øker fra 15 til 30 prosent, noe som innebærer at mellom 350 000 og 400 000 passasjerer vil bytte fra fly til tog årlig i perioden 2030-50.

Regneeksemplene viser klart at kortere reisetider har potensial for å tiltrekke flypassasjerer og gi reduserte utslipp. Kombineres kortere reisetider med virkemidler som innebærer høyere flypriser, vil utslippsreduksjonene kunne bli betydelige, også fram mot 2050. Effektene i 2050 er noe mindre i Moderat-scenariot, og mye lavere enn i 2030 i Ambisiøs-scenariot, der det forutsettes så høy innblanding av biodrivstoff

og/eller elektriske eller hydrogendrevne fly at utslippene per passasjerkilometer i 2050 er meget lav

IC-utbyggingen

Det foreligger flere beregninger. Vi bygger på KVV IC [29] utført av Vista analyse. Toget fikk overført passasjerer fra bil, ikke fly. Beregningene forutsatte dessuten fossilt drevne personbiler. Vi har på den bakgrunn skjønnsmessig nedjustert Vistas utslippsfaktor til nivået i 2019, og deretter justert den videre ned til våre nivåer i scenarioene i 2030 og 2050. Vi har også lagt inn en trafikkvekst i perioden.

Tabell 5-3 Utslippseffekter av IC-utbyggingen. Tusen tonn CO₂ per år.

	2030	2050	2050
	Felles	Moderat	Ambisiøs
Dovrebanen	-8	-3	-1
Østfoldbanen	-6	-2	0
Vestfoldbanen	-12	-5	-1

Det er reduksjoner i utslipp i 2030, men i liten grad i 2050, både i Moderat og Ambisiøs scenariot. Beregningene omfatter ikke samtidige økninger i veiprisering eller lignende bilrestriktive tiltak, som det kan tenkes vil være

aktuelt som et samvirkende tiltak for å øke nytten av togsatsingene. Betydningen av slike tiltak på biltrafikken kan være betydelig.

Nord-Norgebanen

Jernbanedirektoratet gjennomførte nylig en analyse av utbygging av Nord-Norgebanen [30]. Den samfunnsøkonomiske netto nytten er sterkt negativ [31]. Her retter vi imidlertid oppmerksomheten mot klimagassutslippene. Med full utbygging anslås en årlig reduksjon i utslippene på 82 000 tonn i 2030, stigende til 102 000 tonn i 2050. Dette er betydelige utslippsreduksjoner. Flytting av gods fra vei til bane er hovedgrunnen til reduksjonene i utslipp. Den nye Nord-Norgebanen antas å bli elektrifisert (mens det i basisberegningen fortsatt antas dieseldrift på Nordlandsbanen). Lastebiltransporten antas i hovedsak fortsatt fossildrevet.

Tabell 5-4 Utslippseffekter av Nord-Norgebanen. Tusen tonn CO₂ per år.

	2030	2050	2050
	Felles	Moderat	Ambisiøs
Nord-Norgebanen (tellene fra analysen) ¹⁾	-82	-102	-102

1) Her har vi fullt ut basert oss på forutsetningene i selve analysen, og skiller ikke mellom to scenarier for 2050

5.3 VEIPROSJEKTER

Motorvei – eksemplet E39 Lyngdal-Ålgård

I mange tilfeller står jernbanetiltak i konkurranse med oppgradering av riks- og Europaveier til motorveistandard. Vi drøfter derfor konsekvenser av et aktuelt motorvegprosjekt for trafikk og utslipp, planene om å bygge ny firefelts motorvei på en strekning på ca. 12 mil mellom Lyngdal Vest og Ålgård i Rogaland. Vi har justert analysene som ble gjort i dette prosjektet ved å legge til grunn våre forutsetninger om framtidige utslipp per kjøretøykilometer i scenarioene for 2030 og 2050. Resultatene er vist i Tabell 5.8.

Beregningene her gir som resultat at utslippene øker. Grunnen er at kortere reisetid gir nyskapt biltrafikk, samtidig som elektrifiseringen ikke er fullført i 2030. Videre gir ikke dette tiltaket noen merkbar forbedring i konkurranseforholdet mot fly, siden det i utgangspunktet er svært

få som flyr mellom Kristiansand og Stavanger og siden reisetiden med bil mellom Oslo og Stavanger selv med dette tiltaket vil være for høy til å motivere særlig mange som reiser på denne strekningen til å gå over fra fly til bil. Se Tabell 5.5.

Modellberegning av kortere kjøretid med bil på lange reiser

TØI analyserer i [53] effekter av en hypotetisk forbedring av veinettet slik at alle hovedrelasjoner fra Oslo får 25 prosent redusert reisetid med bil. Dette gir ifølge modellberegningen en økning i trafikkarbeidet med bil på 4 prosent, noe som skjer på bekostning av fly, men også på bekostning av tog og buss. Utslippseffektene dempes av den sterke innfasingen av elbiler i personbilparken fram til 2030, og videre mot 2050. I 2030 øker utslippene med bil med i underkant av 20 000 tonn, mens færre flyreiser bidrar til å redusere utslippene. I 2050 gjør den kombinerte effekten av at personbiltrafikken på vei skjer uten CO₂-utslipp samtidig som flyreiser fortsatt gir CO₂-utslipp i 2050, at nettoeffekten av kortere reisetid med bil på hovedrelasjonene ut fra Oslo er at CO₂-utslippene blir lavere enn de ellers ville vært. Se Tabell 5.5.

Resultater veiprosjekter

Våre resultater tyder på at veibygging innen 2030 medfører såpass store økningen i biltrafikken, at dette mer enn motvirker den gradvise elektrifiseringen av bilparken som er forutsatt i 2030-scenarioet. Selv i Moderat 2050 gir motorvegprosjektet økte utslipp. Bare i Ambisiøs 2050, hvor både personbil- og lastebiltransporten er tilnærmet fri for CO₂-utslipp, vil den økte biltrafikken som motorveien innebærer, ha neglisjerbar effekt på CO₂-utslippene.

Tabell 5-5 Utslippseffekter av motorveiprosjekter. Tusen tonn CO₂ per år.

	2030	2050	2050
	Felles	Moderat	Ambisiøs
Motorvei E39 Lyngdal - Ålgård	+34	+27	+2
25 % kortere reisetid med bil på alle hovedrelasjoner fra Oslo	+7	-2	-4

5.4 TILTAK FOR ØKT GODSTRANSPORT PÅ JERNBANE

Jernbanen har tradisjonelt hatt god konkurranseevne mot veitransport for strekninger lengre enn 300 kilometer, og der godsets opprinnelse og destinasjon ikke ligger langt fra jernbaneterminal. Jernbanen har høye markedsandeler for gods på strekningene Oslo-Bergen, Oslo-Trondheim og Oslo-Stavanger. Jernbanen har en dominerende andel av godstransporten mellom Oslo og Narvik (tog via Sverige). Hovedparten av importen av godset over land til Norge skjer med lastebil fra Sverige.

TØI har i 2019 gjennomført en analyse med Nasjonal Godsmodell av norske og nordiske virkemidler for å overføre godstransport fra veg til sjø og bane [32], som vi vil bygge videre på i denne rapporten. Det ble beregnet effekter i 2030 av transportens fordeling på vei, bane og sjø for de ulike tiltakene, samt utslippseffekter. Vi har i denne rapporten bearbeidet utvalgte resultater fra TØIs analyse ved å legge våre egne forutsetninger om utslippsfaktorer i scenarioene i 2030 og 2050 til grunn.

TØIs beregninger og vår bearbeiding av deres analyse gir som resultat at det er klare utslippsgevinster i perspektivet mot 2030 ved at jernbanetiltak i Norge og Norden vil gi godsoverføring fra vei til bane. TØI-beregningene viser også at i deler av godsmarkedet står jernbane og sjøtransport i konkurranseforhold til hverandre, og tiltak som styrker jernbanen vil ikke bare «lokke» gods fra vei, men også fra sjøtransport. Resultatene er vist i Tabell 5 6.

Tiltaket tilskudd til godstransport på jernbane, som innebærer en subsidie på 15 kroner per tonnkilometer på terminal, gir entydig overføring både fra vei og sjø, og gir reelle utslippsreduksjoner. Lengre godstog i Norge (på grunn av nye/lengre kryssingsspor) gir også overføring til bane både fra vei og sjø. Kombinasjonstiltak for hele Norden, som både omfatter tiltak for å stimulere sjøtransport og

togtransport, og dessuten tiltak for å begrense godstransport på vei), har i utgangspunktet i 2030 om lag samme utslippseffekter som lengre kryssingsspor.

I 2050 blir utslippskonsekvensene av å styrke jernbanen mindre gunstige, det gjelder i begge våre scenarioer. I Moderat 2050 legger vi til grunn en gradvis reduksjon i utslippene per tonnkilometer både for lastebil og for sjøtransport. I Ambisiøs 2050 legger vi til grunn at lastebiltransporten nesten er fossilfri, mens denne prosessen vil ta lengre tid for sjøtransporten. Vurderingen er basert på at levetidene for skip trolig er lengre enn for lastebiler slik at det tar lengre tid å skifte ut til nyere skip uten eller med små utslipp, at teknologien krever lengre utviklingstid for langdistanse godstransport med skip enn for lastebil, og at det vil være mer krevende å få i stand et internasjonalt regime for å regulere utslippene fra skipsfarten enn det vil være for lastebiltransporten. De anslåtte utslippskonsekvensene er vist i Tabell 5-6.

Tabell 5-6 Utslippsendringer som følge av jernbanetiltak i ulike scenarioer. Tusen tonn CO₂ per år.

	2030	2050	2050
	Felles	Moderat	Ambisiøs
<i>Tilskudd godstransport på jernbane i Norge (tilskudd til terminalkostnad)</i>	-67	-51	-5
<i>Lengre godstog i Norge (kryssingsspor)</i>	-61	-46	-11
<i>Kombinasjon tiltak i Norden (lavere havneavgift, terminalkostnad tog og økte kostnader for lastebil)</i>	-64	-47	-8

Samlet sett er det et tydelig potensial for å redusere utslipp ved overføring av gods fra veg til bane, fordi mulighetene til å avkarbonisere godstransporten på vei er langt dårligere enn for personbiltransporten. Godstransport på vei vil trolig fram mot 2030, og trolig også senere, i stor grad skje med fossildrevne kjøretøy. Mot 2050 er det imidlertid en reell mulighet for at all lastebiltransport er gått over til elektrisitet eller hydrogen. Dette er reflektert i vårt Ambisiøs-scenario.

5.5 ØVRIGE JERNBANEUTREDNINGER

Nedenfor omtales fire utredninger som ikke er inkludert i Tabell 5 8.

5.5.1 HØYHASTIGHET

I forskningsprosjektet TEMPO utført av TØI og CICERO ble det presentert beregninger av høyhastighetsbaner, dokumentert i [33]. En høyhastighetsbane til Trondheim med høy frekvens, ble beregnet å gi ca. 12000 passasjerer per dag, hvorav 4000 ble overført fra fly, men også noe fra bil. Utslippene i investeringsfasen var imidlertid så høye at «klimabalanse» først ble nådd etter 30-40 år. Investerings- og driftskostnadene var også høye, og de beregnede nyttevirkningene for de reisende var langt mindre enn de samlede kostnadene ved å bygge og drifte banen. Innsparte CO₂-utslipp fra overført trafikk over 60 år var beregnet til 9 millioner tonn, eller 150 000 tonn årlig i gjennomsnitt. Dette er betydelige tall, sammenlignet med andre jernbaneprosjekter. Utslippene i byggefasen (livssyklusutslipp) var beregnet til 4,3 millioner tonn (livsløpsutslipp), noe som innebærer at prosjektet får en betydelig «klimagjeld» fra byggefasen, og at det vil ta mange år før de samlede utslippsendringene er negative.

5.5.2 ØKT FREKVENNS FJERNTOG - FJERNTOGSTRATEGI

Beregninger i Jernbaneverkets fjerntogstrategi [34] av økt jernbanetilbud (økt frekvens) på langdistansetogene i Norge gir flere passasjerer og overføring særlig fra bil. Det er angitt at på strekningen Oslo-Trondheim gir dette en årlig utslippsreduksjon på 7-8000 tonn per år, og 3500-5000 tonn på Nordlandsbanen.

Heller ikke her omfatter analysene samvirkende tiltak for å øke passasjergrunnlaget eller ha andre begrunnelser. Eksempelvis kan man tenke seg at i et klimapolitisk scenario vil en kombinasjon av økte flypriser kunne gis politisk aksept dersom togtilbudet ble bedre på viktige relasjoner. Med økte flypriser kombinert med kortere reisetid og økt frekvens

for persontogene mellom de større byene i Sør-Norge, vil utslippseffektene bli større enn det disse jernbaneberegningene indikerer. Hvis disse utslippsberegningene ikke er gjort under forutsetning av innfasing av elbiler og biodrivstoff i luftfarten (ikke omtalt i rapporten), vil utslippsreduksjonene bli mindre.

5.5.3 ELEKTRIFISERING AV TOGSTREKNINGER MED DIESELDRIFT

Trønderbanen

Jernbanedirektoratet har gjennomført en transport- og samfunnsøkonomisk analyse av tilbudsforbedringer på Trønderbanen på strekningen Støren-Steinkjer [35]. I dag er strekningen dieseldrevet. Det er sett på to alternativer for tilbudsforbedring: Alternativ 1 med økte frekvenser og stasjonsnedleggelse som gir 9 minutters redusert reisetid mellom endestasjonene. Alternativ 2 har den samme frekvensøkningen, men som følge av at antall nedlagte stasjoner er mindre, er det en neglisjerbar reduksjon i reisetiden. Alternativ 1 fikk størst passasjerøkning og nytteøkning for trafikantene, men lavest netto samfunnsøkonomisk nytte på grunn av høyere investeringskostnader. Hovedresultatene er oppsummert i Tabell 5-7.

Elektrifisering reduserer utslippene fra togdriften med henholdsvis 4 og 10 tusen tonn i 2030 for rutetilbudet i referansesituasjonen. Uten elektrifisering øker utslippene fra det økte rutetilbudet med dieseltog mer enn utslippsreduksjonen fra overført trafikk fra bil til tog. Effektene av alternativ 2 kombinert med henholdsvis del- og helelektrifisering, gjenspeiler at det er elektrifiseringen av referansetrafikken, ikke den økte overføringen fra bil til bane, som er hovedbidraget til de reduserte utslippene. Det er forskjellen i investeringskostnader som forklarer forskjellene i netto nytte mellom alternativene. Som følge av begrensninger i tallgrunnlaget, er dette prosjektet ikke inkludert i tabell 5-8.

Tabell 5-7 Beregnede effekter av ulike alternativer for tilbudsforbedring på Trønderbanen. Differanse fra referanse med dieseldrift.

	Referanse		Alt. 1	Alt. 2		
	Delelektrisk	Helelektrisk	Diesel	Delelektrisk	Helelektrisk	Diesel
Endring i CO2 2030, tusen tonn	-4	-10	+4	-1	-11	+3
Endring i bilreiser 2030, tusen	0	0	-459	-357	-357	-357
Netto nytte, nåverdi, mill. kr	-1284	-1090	-1984	-2633	-1237	-1125

Nordlandsbanen

Analyser Jernbanedirektoratet har gjort av ulike måter å delelektrifisere Nordlandsbanen på, viser at delelektrifisering med batteridrift vil redusere investeringskostnadene betydelig sammenlignet med helelektrifisering [36] og [37]. Samlede kostnader (nåverdi) til investering og drift i infrastruktur og rullende materiell over levetiden er 10,0 milliarder for elektrifisering med standard kontaktledning, og null for batteridrift med delelektrifisering samt -0,3 milliarder kroner for helbatteriløsning. Dette er sammenlignet med et referansealternativ med fortsatt

dieselektrisk drift. Etter en samlet vurdering av tekniske, miljømessige og kostnadmessige forhold anser Jernbanedirektoratet at batteridrift med delelektrifisering er den mest lovende løsningen. Ifølge Klimakur tilsvarer utslippsreduksjonen ca. 45.000 tonn i 2030⁷.

5.6 OPPSUMMERING

Noen av de anslåtte utslippseffektene fra jernbane og andre transportprosjekter/tiltak i scenarioene er oppsummert i Tabell 5.8. Vi drøfter implikasjonene av disse resultatene i kapittel 8.

Tabell 5.8 Oppsummering av utslippseffekter i driftsfasen i scenarioene. Endring i utslipp i forhold til referanse. Tusen tonn CO2 per år.

		2030	2050	2050
		Felles	Moderat	Ambisjøs
1a	KVU Oslo-Navet anbefalt konsept, uten veipricing	-21	-8	-2
1b	KVU Oslo-Navet anbefalt konsept med veipricing	-192	-77	-15
2a	Tog Oslo-Stockholm 3 timer (ned fra 5 timer)	-32	-27	-16
2b	Tog Oslo Stockholm 3 timer og 50 % økt pris fly Oslo-Stockholm	-43	-37	-21
2c	Tog Oslo-Bergen 5 timer (ned fra 6,5 timer)	-20	-16	-9
2d	IC-utbyggingen ²			
	Dovrebanen	-8	-3	-1
	Østfoldbanen	-6	-2	0
	Vestfoldbanen	-12	-5	-1
2f	Nord-Norgebanen (tallene fra analysen) ¹⁾	-82	-102	-102
3a	Motorvei E39 Lyngdal-Ålgård	+34	+27	+2
3b	25 % kortere reisetid med bil på alle hovedrelasjoner fra Oslo	+7	-2	-4
4a	Tilskudd godstransport på jernbane i Norge (-15 kr/tonn i tilskudd til terminalkostnad)	-67	-51	-5
4b	Lengre godstog i Norge (kryssingsspor)	-61	-46	-11
4c	Kombinasjon tiltak i Norden (lavere havneavgift, terminalkostnad tog og økte kostnader for lastebil)	-64	-47	8

1) Her har vi fullt ut basert oss på forutsetningene i selve analysen, og skiller ikke mellom to scenarioer for 2050.

2) Bearbeidet fra gjennomsnittlige utslippstall for hele analyseperioden ved å legge inn trafikkvekst, samt lavere utslippsfaktorer i scenarioene.

⁷ Tiltak AT03 i Klimakur.



Kapittel 6

FØLSOMHETSBEREGNINGER

- 
- 6.1 Usikkerhet: Ikke mulig med økt bruk av biodrivstoff
 - 6.2 Usikkerhet: Klimaeffekter av skydannelser fra luftfart regnes med

6 FØLSOMHETSBEREGNINGER

Scenarioene som er lagt til grunn i kapittel 5 er stiliserte framtidbilder der vi har valgt verdier på en rekke usikre faktorer. Usikkerheten er svært stor. Tabellen nedenfor er en liste over en rekke faktorer som kan utvikle seg annerledes enn det som er forutsatt i scenarioene. Vi oppsummerer nedenfor i tabellen de ulike risikofaktorene og kommenterer kort mulige konsekvenser dersom de slår inn.

Tabell 6-1 Usikkerhetsfaktorer i klimapolitikken og konsekvens for jernbanens rolle for å redusere Norges overgangsrisiko.

Usikkerhetsfaktor	Konsekvens
Biodrivstoff blir mindre tilgjengelig enn antatt på 2020-tallet.	Utslippsreduksjonene i norsk transportsektor blir vesentlig mye mindre enn antatt som følge av stor oppmerksomhet om indirekte utslipp i produksjonsfasen, særlig som følge av ILUC-effekter (indirekte arealbrukseffekter) og negative effekter på biomangfold.
Politisk motstand mot avgifter og tiltak som virker	Mindre effektive tiltak må iverksettes. Det blir dyrere for landet, men det er kanskje nødvendig for å få ned utslippene. Kan bety at det i mindre grad blir økte avgifter på CO ₂ .
Offentlige budsjetter krymper	Konkurransen mellom klimatiltakene hardner. Store og kostbare jernbaneprosjekter og veiprosjekter må vike eller utsettes. Økt fokus på utslippsreduksjon per krone. Aksepten av avgiftsøkninger på utslipp kan bli større. Budsjettene for store jernbanetiltak begrenses. Viktig med mindre tiltak og fokus på kostnadseffektivitet.
Svakere/sterkere teknologisk framgang enn lagt til grunn	Betydelig konsekvens
Omstillings- og fordelingsproblemer på grunn av «grønt skifte»	Angår ikke jernbane direkte, men en utfordring for politikken generelt. Mindre bruk av prismekanismen (CO ₂ -avgifter).
Svakere økonomisk vekst.	Lettere å nå utslippsmålene på 2020-tallet. Men mindre midler tilgjengelig for å investere, innovere og omstille i nye teknologier. Ikke noen spesiell konsekvens for jernbanen.
Sterk etterspørselsvekst etter flyreiser	Øker norske ikke-kvotepliktige utslipp (innenlandske). Øker intra-EU-utslipp i EU-ETS. Svekker måloppnåelse der i noen grad. Deler av denne etterspørselsveksten kan kanskje tas av toget med en målrettet politikk dels for å begrense flyreiser (skatter, reguleringer) og dels for å gjøre jernbane attraktivt (reiser som konkurrerer med fly i Norge, Stockholm, mot kontinentet).

Vi presenterer deretter regneeksempler som viser betydningen av to av disse konsekvensene: 1) At økt innblanding av biodrivstoff ikke blir mulig, og 2) at klimaeffekter av skydannelser også regnes med som klimaeffekter fra luftfarten.

6.1 USIKKERHET: IKKE MULIG MED ØKT BRUK AV BIODRIVSTOFF

Både norsk og europeisk klimapolitikk har en økt bruk av biodrivstoff som en viktig bestanddel. Det er stor oppmerksomhet om de potensielle negative utslipps- og biomangfoldsvirkningene av direkte og indirekte arealbruksendringer. EUs reviderte fornybardirektiv setter i løpet av 2020-tallet gradvis strengere krav til andelen av biodrivstoffet som skal være definert og dokumentert som bærekraftig. Utredninger av dette tyder imidlertid på et viktige indirekte arealbruksendringer skjer på makronivå slik at det på enkeltprosjektnivå ikke trenger være mulig å verifisere sikkert at det ikke er nevneverdige indirekte virkninger på globale utslipp. Det er stor faglig og politisk oppmerksomhet om temaet, og det er også spørsmål om de økonomiske konsekvensene av en globalt sterk etterspørselsvekst etter biodrivstoff. Dette er også drøftet inngående i Klimakur 2030 [14], selv om man der retter liten oppmerksomhet mot spørsmålet om det er mulig å verifisere de globale bærekraftsegenskapene for slikt drivstoff. En av risikofaktorene vi har identifisert, er at det ikke blir mulig å øke biodrivstoffinnblandingen slik som antatt i scenarioene.

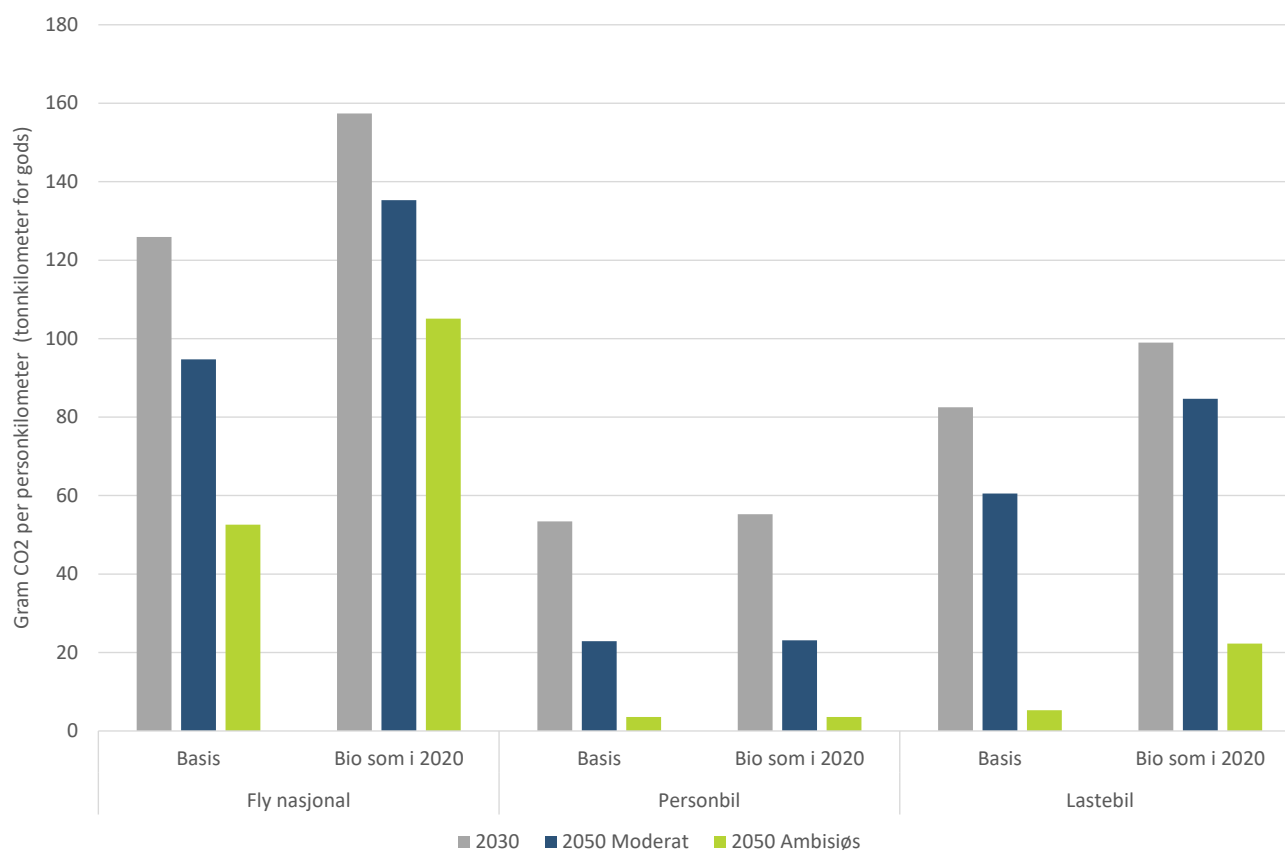
Som et regneeksempel har vi derfor for alle relevante transportmidler forutsatt at bioinnblandingsandelen fra 2020 videreføres til 2050. Det vil si 16 prosent for veitransport. Dagens innblandingsandel på 0,5 prosent for innenlandsk luftfart er så liten at bortfall

av denne får neglisjerbar betydning i 2030, sammenlignet med de usikre endringene som er lagt til grunn i scenarioene.

Søylene for «Bio som i 2020» ligger alle vesentlig høyere enn dem for basisberegningene i de ulike scenarioene («Basis»), som er forklart i foregående kapitler. Forskjellene er relativt små for personbiler, fordi det er dette reisemidlet som blir elektrifisert i størst grad. For både lastebil og fly blir utslippene for fly og lastebil betydelig høyere i 2030 uten økt innblanding av biodrivstoff. Konsekvensene i 2050 blir større enn i 2030 for fly, fordi scenarioene forutsetter at innblandingsandelen av biodrivstoff i 2050 er større enn i 2030. For lastebil er det motsatt, fordi begge 2050-scenarioene forutsetter en betydelig innfasing av fossilfrie kjøretøy (el/hydrogen) i 2050, og da spiller manglende økning i bioinnblandingen mindre rolle.

6.2 USIKKERHET: KLIMAEFFEKTER AV SKYDANNELSER FRA LUFTFART REGNES MED

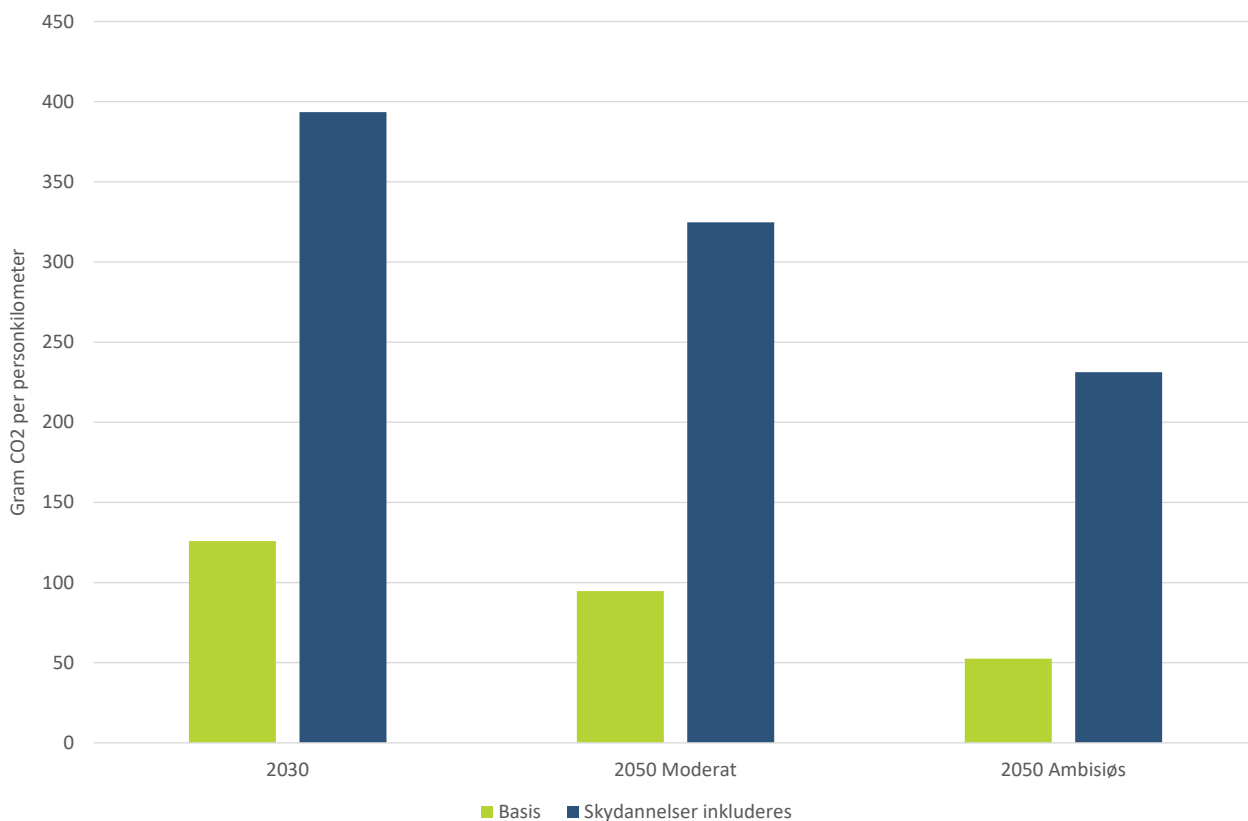
I dag er luftfart innad i EU/EØS underlagt kvoteplikt i EU-ETS, for utslippene av CO₂. Men klimaeffektene av effektene på skydannelser i høye luftlag som følge av avgasser fra jetmotorer er ikke inkludert. Som beskrevet tidligere i rapporten, er det ingen vitenskapelig enighet om hvor stor denne tilleggseffekten er, og Cicero finner i en litteraturgjennomgang [38] en betydelig variasjon i anslagene på tilleggseffekten (multiplikator) av skydannelser. Midtpunktet mellom laveste og høyeste anslag er en multiplikator på 1,7, som vi legger til grunn. Dette vil si at i tillegg til CO₂-effekten vil flyet gi et tilleggsbidrag til global oppvarming på 1,7 ganger CO₂-bidraget. Forbrenning av biobasert flydrivstoff gir ikke CO₂-effekt, men samme effekt på skydannelsene. Resultatene er vist i Figur 6 2.



Figur 6-1 Utslippsfaktorer i gram CO₂ per personkilometer og for lastebil gram CO₂ per tonnkilometer. Basis følsomhetsberegning («Bio som i 2020») der innblandingsandelen for biodrivstoff beholdes på 2020-nivå.

Generelt gir dette klimaeffekter fra flyreiser som er langt høyere enn i basisberegningene i alle scenarier i alle år. Forskjellene blir mindre i 2050, særlig i 2050 Ambisiøs, som følge av den forutsatte økningen i andelen elektriske eller hydrogendrevne fly, som ikke antas å gi skydannelser av denne typen.

Relevansen av denne typen beregninger kan diskuteres. Det er for det første usikkert i hvilken grad denne typen effekter får gjennomslag i det internasjonale avtalesystemet om klima, både under IPCC og innen EUs klimapolitikk. Det gir en indikasjon på størrelsesordenen av luftfartens klimapåvirkning basert på et gjennomsnitt av resultater i litteraturen. SoWm nevnt foran, er figuren basert på midtpunktet av ulike estimat med en stor spredning.



Figur 6-2 Utslippsfaktorer i gram CO2 per personkilometer nasjonal luftfart. Basisberegning og beregning der klimaeffekten av skydannelser ved luftfart regnes med som CO2-utslipp.

Kapittel 7

JERNBANENS ROLLE

7.1 Jernbanens rolle i transportsystemet

7.2 Jernbanens rolle i klima- og transportpolitikken

7 Jernbanens rolle

Før vi går videre til å drøfte implikasjonene av scenarioene for jernbanens klimafortrinn og dens betydning for Norges overgangsrisiko, vil vi kort presenterer momenter som, uavhengig av klimaeffekter, har vært og vil være viktige for beslutninger om transportinfrastruktur generelt og jernbaneinfrastruktur spesielt.

7.1 JERNBANENS ROLLE I TRANSPORTSYSTEMET

Jernbanens fortrinn er dens høye kapasitet, dens ulempe er høye kostnader. Høy kapasitetsutnyttelse er derfor nødvendig for at nytten for samfunnet skal rettferdiggjøre kostnadene. Dette har betydning for jernbanens rolle i transportsystemet.

Selv om fremtidig elektrifisering av biltrafikken vil bety at personbil blir en mer klimavennlig transportform, vil jernbanen fortsatt ha et miljøfortrinn som et kollektivtransportmiddel med høyere kapasitet og som effektivt kan frakte flere mennesker med høy hastighet ut og inn av byene, mellom byer og mellom ulike steder i byenes omland. I samspillet med øvrig kollektivtransport vil jernbanen kreve mindre inngrep og være mer arealeffektiv. Jernbanen har en strukturerende effekt på arealbruk og bidrar dermed til å redusere behovet for transport på lang sikt.

Kapasitet og rollefordeling i et kollektivsystem

De ulike transportmidlene har sine sterke og svake sider. For eksempel har tog og T-baner høy kapasitet, men krever en kostbar og lite fleksibel infrastruktur. Trikk og buss kan i større grad utnytte eksisterende vei og gater, og tilpasses bystrukturen. Tog med lange stasjonsavstander kan gi korte reisetider, men vil gi lavere flatedekning enn de andre driftsartene. Buss og trikk med god flatedekning med mange stopp underveis, vil ha lavere framføringshastighet.



Fjerntogene tilbyr alternativ transport til bil, fly og buss på de lange reisene mellom de store byene, og har også en viktig funksjon for underveismarkedet. Regiontog frakter passasjerer fra regionen raskt inn til de regionale knutepunktene. Lokaltogene dekker de lokale stasjonene inn mot byene.

Et godt kollektivtransportsystem er et nettverk som utnytter de sterke sidene til de ulike driftsartene og har gode omstigningsmuligheter i knutepunkter. Det er også viktig å unngå parallelle konkurrerende infrastruktur. Driftsartene har ulik roller med hensyn på kapasitet og dekningsavstand i kollektivtransportsystemet. Figurene under er fra KVVU Oslo-Navet fra 2015 og illustrerer driftsartene sin ulike kapasitet og reiseavstand lokalt/regionalt. Bil har sin styrke både lokalt og regionalt, men har betydelig lavere kapasitet enn regiontog og lokaltog. Metro/T-bane har høyest kapasitet lokalt.

Tiltak for å redusere biltrafikk og trengselsproblematikk på veiene i og rundt byene forutsetter et godt alternativt tilbud med tilstrekkelig kapasitet. Et godt togtilbud

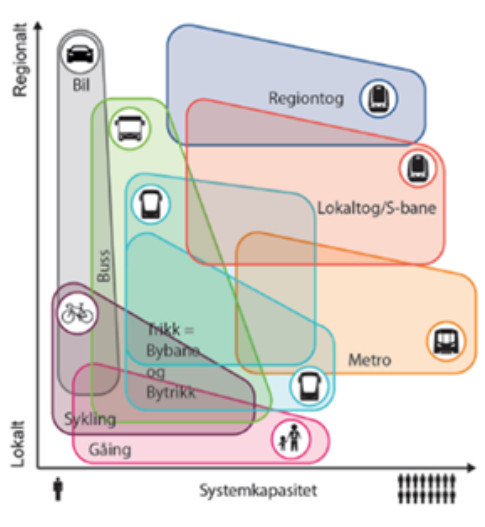
vil kunne utgjøre ryggraden i et robust kollektivtransportsystem med kapasitet til å håndtere betydelig overføring av persontransport fra vei til bane.

Overgangen til fossilfri veitrafikk vil medføre betraktelige reduksjoner i klimagassutslipp fra bil, men vil ikke løse utfordringer med trengselsproblematikk på veiene i og rundt de store byene, og ulempene med svevestøv, mikroplast og støy fra bildekk. Jernbane vil derfor fortsatt spille en viktig rolle i kollektivtrafikken rundt de store byene.

For å få en bærekraftig arealbruk, er det viktig at fylker og kommuner planlegger for en arealbruk som er tilpasset mulighetene og begrensningene i kollektivtransportnettet. Dette betyr fortetting av bebyggelse rundt jernbanestasjonene og kollektivknutepunktene.

Arealbruk

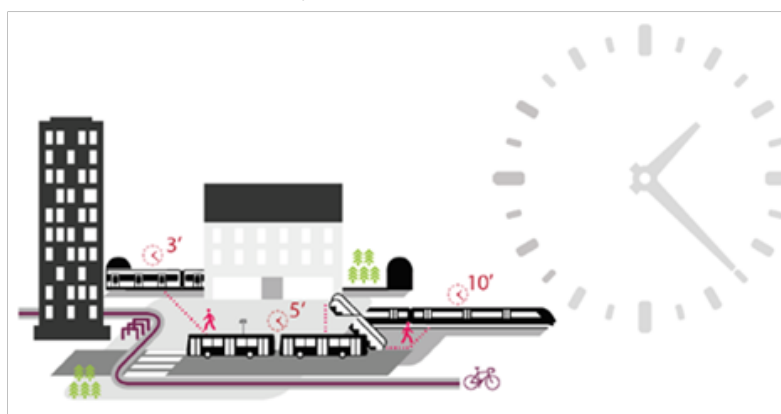
Jernbanen er en mer arealeffektiv transportform enn veg. Med gjeldende regelverk er en dobbeltsporet jernbane ca. 15 meter bred mens en firefelts motorvei er ca. 23 meter. I tillegg er kapasiteten målt i maksimalt antall passasjerer per kvadratmeter vei/bane langt høyere med banen.



Storbyområdene er en viktig arena for utvikling av fremtidsrettet næringsliv, blant annet som erstatning for dagens oljebaserte næringsliv. Veksten i arbeidsplasser fremover vil være kunnskapsbasert og knyttet til tjenesteyting, forskning og fritid og reiseliv. Disse næringene vil etter spørre persontransport. Jernbanens potensial for å binde sammen større bolig- og arbeidsmarkeder vil ha betydning for dette næringslivet.

Jernbanen er dessuten en driver for ønsket, konsentrert arealutvikling, både sentralt i byene, i byenes forsteder og i byenes omland. I et internasjonalt perspektiv er det viktig å utvikle attraktive storbyområder med gode bomiljøer. Jernbanen kan bidra til dette ved å tilby miljøvennlige og arealeffektive løsninger som avlastar byene for persontrafikk på vei.

Storbyens trengselsproblemer er knyttet til kø på vegene som gir uforutsigbare reisetider og redusert tilgjengelighet, men også negative virkninger av biltrafikken på bomiljø. Nullvekstmålet for personbiltrafikk i storbyområdene er ikke bare et tilsvar på klimautfordringene, men også på trengselsproblemene. Nullutslippskjøretøy vil redusere og etter hvert fjerne klimagassutslipp fra personbiltrafikken, men slik teknologi vil ikke fjerne køer og andre trengselsproblemer sentralt i byene.



Figur 7 1 KVV Oslo-Navet fra 2015 anbefalte et transportsystem for Oslo-området med gode omstigningsmuligheter og fokus på samspill og god rollefordeling mellom driftsartene.

Befolkningsveksten storbyområdene gir muligheter til å utvikle en tettere og mer effektiv bystruktur. Dette er et sentralt punkt i arbeidet med bymiljøavtaler. Jernbanen kan spille en viktig rolle i utviklingen mot fortetting og bedre utnyttelse av stasjonsnære arealer.

På regionalt nivå, i tettsteder og byer i omlandet til de store byene, vil også jernbane bygge opp under en gunstig geografisk konsentrasjon av befolkningsveksten. Denne fortettingen vil gi færre korte bilreiser i hverdagen. Investering i fornyelse og utbygging av jernbanen til disse byene har gjort det lettere for å få politisk gjennomslag lokal for mer konsentrert utbygging istedenfor en mer klattvis etablering av boligområder langt fra jernbanestasjoner og eksisterende sentra. Jernbanen har dessuten lavere ulykkekostnader per transportert enhet enn transport på vei, jf. blant annet [39] og [40].

7.2 JERNBANENS ROLLE I KLIMA- OG TRANSPORTPOLITIKKEN

Hovedmålet for utbygging av ny jernbaneinfrastruktur er å gi nytte for de reisende. Eventuelle klimagassreduksjoner har frem til nå ikke vært i fokus og kommet som tilleggsfordeler. En konsistent måte å telle med disse effektene, er dagens praksis å sette en pris på CO₂-utslippene og telle dem med som ett av de mange elementene i nyttekostnadsanalysen av transportprosjekter.

Viktige nyttekomponenter er blant annet:

- Trafikantnytte - kroneverdien av kortere reisetid og lavere kostnader for eksisterende passasjerer og for overførte passasjerer fra fly eller bil.
- Reduserte ulykkeskostnader (pga. at ulykkesrisikoen er lavere med tog enn med bil)
- Kroneverdien av reduserte utslipp av CO₂ og andre gasser

Disse nytteverdiene ses opp mot kostnadene til investering og drift over levetiden.

Generelt har sparte utslippskostnader utgjort en relativt liten del av de samlede nyttevirkingene som har vært beregnet i jernbaneprosjekter. Nylig ble det vedtatt nye priser for den samfunnsøkonomiske kostnaden ved CO₂-utslipp. Disse er svært mye høyere enn tidligere verdier.

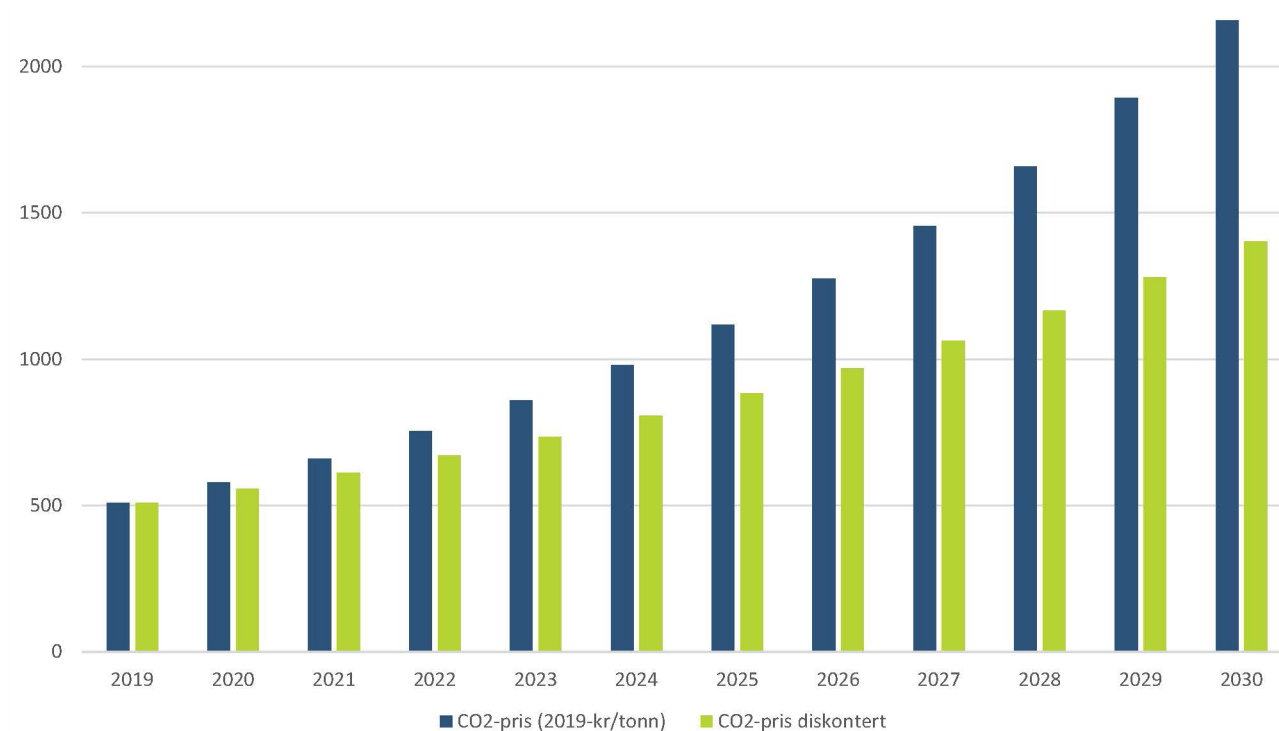
Nyttekostnadsanalysen innebærer å beregne effektene på trafikk, reisetid, utslipp, kostnader i prosjektets levetid (75 år), verdsette dem i kroner og å diskontere dem ned til sammenligningsåret for å beregne netto nytte i nåverdi. Utslippseffektene måles som utslipp i en referansebane uten tiltaket fratrukket utslippene i samme periode når tiltaket er gjennomført. De årlige endringene i CO₂-utslipp får hver sin årlige pris, som utover 2020-tallet og videre fram mot 2100 blir svært høy per tonn CO₂. På denne måten ivaretas utslippsreduksjonene i nyttekostnadsanalysen.

Den CO₂-prisen som skal benyttes i samfunnsøkonomiske analyser er vist i figuren nedenfor. Den bygger på dagens CO₂-avgifter, og fases inn mot gjennomsnitt av anslåtte globale marginalkostnader for at verdens CO₂-utslipp skal reduseres så mye at verden når 1,5-gradersmålet ved utgangen av dette hundreåret (kommer i TØI-rapport, 2020). I 2019 var CO₂-prisen ca. 500 kroner, økende til over 1000 kroner i 2025, over 2000 kroner i 2030 og 8 000 kroner i 2050, se Figur 7 2.

Den lysegrønne søylen i figuren på neste side viser den diskonterte verdien av ett tonn lavere utslipp, og denne øker også videre fram til ca. 2050 og holder seg relativt stabil deretter.

Tidsforløpet for utslippsendringene er viktig

Ved bruk av priser som reflekterer de samfunnsøkonomiske kostnadene ved CO₂-utslipp i nyttekostnadsanalysen, godskrives



Figur 7.2 Den samfunnsøkonomiske verdien (prisen) per tonn CO₂ som skal nyttes i nyttekostnadsanalyser av transportprosjekter. Kilde: Transportetatene. Kroner per tonn CO₂. Årlig verdi og nåverdidrag (neddiskontert).

det aktuelle prosjektet i utgangspunktet de samfunnsøkonomiske gevinstene ved reduserte utslipp på en dekkende måte.

At Norge har årlige utslippstak for ikke-kvotepliktig sektor, som gradvis reduseres fra 2021 til 2030, kan imidlertid innebære at prosjekter som gir tidlige utslippsreduksjoner bør prioriteres høyere enn hva som følger av en nyttekostnadsanalyse.

Utslipp fra anleggsfasen og norske klimaforpliktelser

Til nå har det i klimagassberegninger for anleggsfasen i transportprosjekter vært

vanlig å beregne livsløpsutslippene. Norges utslippsmål og -forpliktelser på 2020-tallet gjelder utslippene på norsk territorium. Med dette fokuset bør klimabudsjettene fra utbyggingsprosjekter skille ut direkte utslipp fra anleggsfasen i Norge. Hvor stor del av disse livsløpsutslippene som faktisk skjer i Norge, kan variere mye mellom prosjekter, blant annet avhengig av om viktige innsatsvarer er produsert i Norge eller er importert. En forenklet metodikk for å ta høyde for utslipp i anleggsfasen kan være å forutsette at en fast prosent av livssyklusutslippene i anleggsfasen er utslipp på norsk territorium, uavhengig av importandelen på det konkrete prosjektet. Da unngås også tilpasninger i prosjektet som bare flytter utslipp mellom land. Vi anslo i kapittel 3 at om lag halvparten av livsløpsutslippene ved anleggsinvesteringer skjer i Norge.

Kapittel 8

JERNBANEN OG NORGES OVERGANGSRISIKO

- 8.1 Jernbanens klimafortrinn - mulige utviklingsbaner
- 8.2 Jernbanens klimafordeler avtar, men jernbanen er viktig for Norges overgangsrisiko
- 8.3 Transportmarked og utslippsreduksjon
- 8.4 Jernbanesektorens interne prioriteringer og planlegging
- 8.5 Tidsforløp og type jernbanetiltak
- 8.6 Konklusjoner
- 8.7 Implikasjoner

8 JERNBANEN OG NORGES OVERGANGSRISIKO

8.1 JERNBANENS KLIMAFORTRINN - MULIGE UTVIKLINGSBANER

I scenarioene beholder jernbanen mye av sine klimafordeler overfor gods, mens fordelene blir vesentlig redusert overfor personbiltransport. Usikkerheten på lang sikt er likevel betydelig, og det er stor forskjell i utslipp per tonnkilometer mellom Moderat (M) og Ambisiøs (A) scenarioet for lastebil. Usikkerheten går på hvorvidt el/hydrogendrift får utbredelse innen lastebiltransporten. Overfor fly har jernbanen i dag betydelige klimafortrinn, men det er også for fly stor forskjell mellom M- og A-scenarioet. Usikkerheten ligger i hvorvidt det utvikles el- eller hydrogenfly, og denne usikkerheten er mye større enn usikkerheten om teknologiutvikling for personbilene.

I figurene på side 60 illustreres jernbanens klimafortrinn overfor henholdsvis personbil og fly. Alle utbyggingsprosjekter gir opphav til «klimagjeld» i anleggsfasen (jf. kapittel 3.4) med direkte og indirekte klimagassutslipp fra materialer og anleggsmaskiner og transport. Jernbanens klimagassgjeld «betales» tilbake med nullutslipp i driftsfasen og utslippsreduksjoner som følge av overføring av passasjerer til jernbane. De skraverte arealene indikerer utslippsdifferanser mellom flyets utslipp og jernbanens utslipp som er null i driftsfasen ved de ulike scenarioene. Vi regner her bare nasjonale utslipp for fly. De øverste kurvene inkluderer effektene av at risikofaktorene i følsomhetsberegningene slår til.

Klimaeffektene av toget er størst der toget konkurrerer mot flyet, siden det antas å ta lengst tid for luftfarten å avkarbonisere. Flyet er etter vår vurdering også mer teknologisk usikker når det gjelder å redusere utslippene, enn personbiltransporten. Per i dag er det ingen land som gjøres ansvarlig for

klimagassutslippene fra internasjonal luftfart (og sjøfart), og det blir krevende å etablere et effektivt reguleringsregime for internasjonal luftfart. I dag er reiser internt i EU/EØS underlagt kvoteplikt i EU-ETS, noe som gir en viss kostnadsøkning og incentiver til lavere utslipp. Lave priser på grunn av konkurranse og større og mer effektive fly har imidlertid i mange år redusert prisene på mange reiserelasjoner, slik at økt etterspørsel har «spist opp» bidraget fra reduserte utslipp fra økte kvotepriser. Et kommende kvotesystem i regi av den internasjonale luftfartsorganisasjonen ICAO vurderes å få mindre effekter.

Vi har i denne rapporten rettet det meste av oppmerksomheten mot klimaeffekter, men andre miljøeffekter som kan inngå i det mer omfattende begrepet bærekraft, er også relevante for jernbanens miljøfortrinn. Vektleggingen mellom nasjonale klimagassutslipp og det samlede miljø- og klimaavtrykket fra nordmenns transport vil påvirke graden av jernbanens fortrinn overfor konkurrerende transportmidler når det gjelder klima og miljø.

8.2 JERNBANENS KLIMAFORDELER AVTAR, MEN JERNBANEN ER VIKTIG FOR NORGES OVERGANGSRISIKO

8.2.1 TRE FAKTORER SOM PÅVIRKER JERNBANENS KLIMAFORDEL

Scenario Ambisiøs har sterk teknisk framgang og sterk klimapolitikk, mens Moderat har svakere teknisk framgang og mindre sterk klimapolitikk. Følsomhetsanalysene omhandler risikofaktorer knyttet til biodrivstoff og luftfart. Nedenfor kombinerer vi scenarioene og følsomhetsberegningene til å utgjøre kombinasjoner av ulike utfall når det gjelder:

- Styrken i den teknologiske framgangen innenfor fossilfri transportteknologi (sterk/ svak)
- Hvor viktige bærekraftshensyn i vid forstand vil bli (blant annet muligheten for storskala bruk av biodrivstoff. Biodrivstoff tilgjengelig i stor eller liten grad)
- Hvor sterk klimapolitikken internasjonalt, og dermed også nasjonalt, vil bli (sterk/ svak).

Tabellen nedenfor indikerer hvordan jernbanens klimafordrinn varierer med ulike utfall for disse tre usikkerhetsfaktorene, indikert med symboler. Grønn farge indikerer sterk/høy verdi. Rød farge indikerer svak/lav verdi. Kombinasjonene av utfall gir ulik grad av klimafordel for jernbanen. Rangeringen av de ulike utfallskombinasjonene mellom høy og lav er skjønnsmessig

Teknologisk framgang

Jernbanen vil isolert sett miste mer klimafordrinn jo sterkere den teknologiske framgangen innenfor karbonfri transport blir, og få større klimafordrinn desto svakere den teknologiske framgangen blir.

Klimapolitikken

En tilstramming av klimapolitikken vil i utgangspunktet innebære større utslippsreduksjoner enn det som legges til grunn i dag. Dersom klimapolitikken strammes til i en situasjon der den teknologiske framgangen ikke er kommet svært langt, vil overføring fra vei og fly til bane bli viktigere å få til, og jernbanens klimafordrinn vil øke. Dersom tilstrammingen i klimapolitikken, for eksempel i form av mer ambisiøse utslippsmål derimot skjer fordi teknologien endres raskere enn antatt og det dermed blir enklere å oppnå utslippskutt, vil det i utgangspunktet ikke gi noen ytterligere klimafordel for jernbanen. Vi har her forutsatt en partiell tilstramming av politikken uten at den teknologiske framgangen endres.

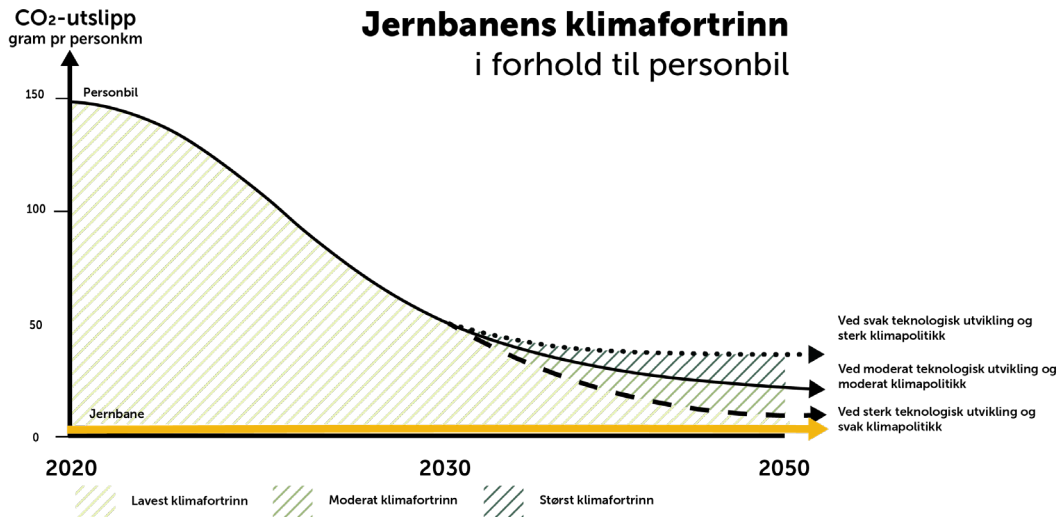
Omstendigheter som påvirker jernbanens klimafordel

Jernbanens klimafordel	Høy				Svak teknologisk framgang Sterk klimapolitikk Lav tilgang på biodrivstoff
					Svak teknologisk framgang Sterk klimapolitikk Høy tilgang på biodrivstoff
					Svak teknologisk framgang Sterk klimapolitikk Høy tilgang på biodrivstoff
					Svak teknologisk framgang Sterk klimapolitikk Høy tilgang på biodrivstoff
					Svak teknologisk framgang Sterk klimapolitikk Høy tilgang på biodrivstoff
					Svak teknologisk framgang Sterk klimapolitikk Høy tilgang på biodrivstoff
					Svak teknologisk framgang Sterk klimapolitikk Høy tilgang på biodrivstoff
					Svak teknologisk framgang Sterk klimapolitikk Høy tilgang på biodrivstoff
	Lav				Svak teknologisk framgang Sterk klimapolitikk Høy tilgang på biodrivstoff

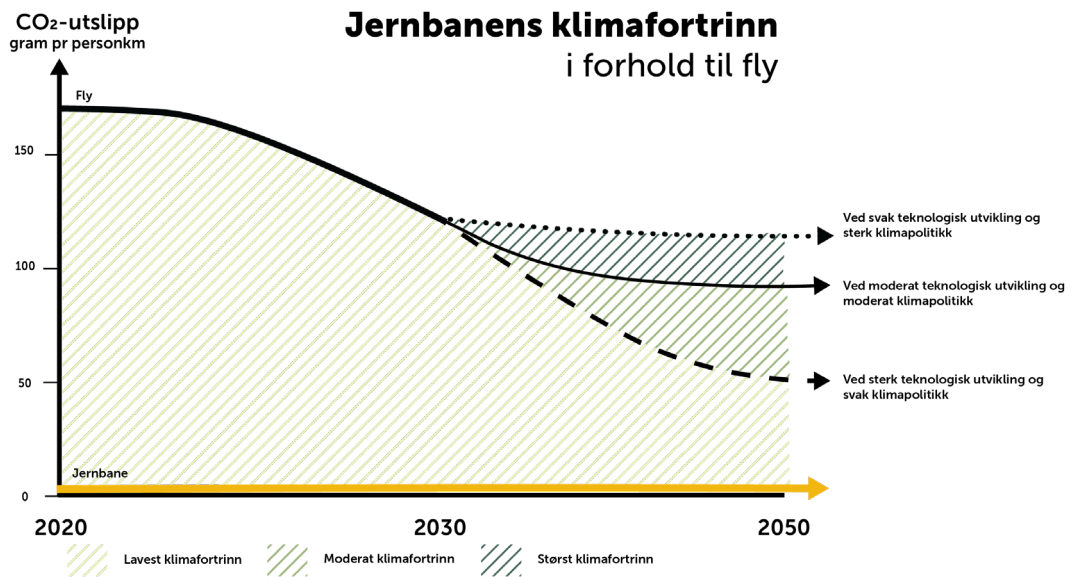
■ Svak/lav Teknologisk Framgang Klimapolitikk Tilgang på Biodrivstoff
■ Sterk/høy

Figur 8-1 Hvordan jernbanens klimafordel avhenger av usikkerhetsfaktorene: Teknologisk framgang; Styrken i klimapolitikken; Mulighetene for bruk av biodrivstoff (tilgang på biodrivstoff).

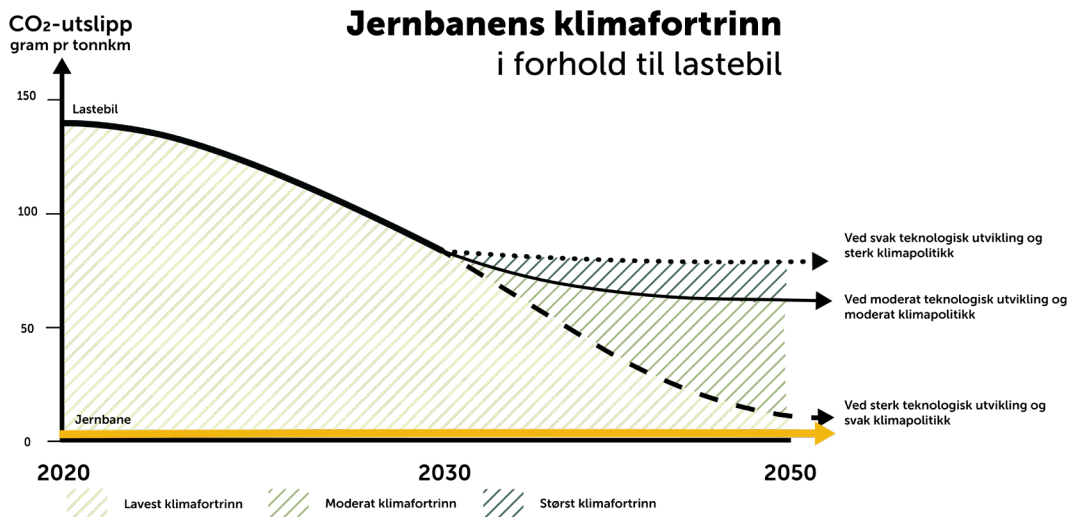
Dersom klimapolitikken i større grad enn i scenarioene rettes mot å begrense utslipp fra luftfarten, vil det være nødvendig med et alternativt transporttilbud, som innenlands mellom de store byene i stor grad vil være jernbane. Jernbanens klimafordel øker dermed dersom det politisk blir grunnlag for skjerpet virkemiddelbruk mot luftfart. I en slik situasjon vil en jernbane som kan tilby mobilitet og erstatte flyreiser kunne være viktig å ha på plass.



Figur 8-2 Viser jernbanens klimafortrinn under ulike omstendigheter mot personbil



Figur 8-3 Viser jernbanens klimafortrinn under ulike omstendigheter mot fly



Figur 8-4 Viser jernbanens klimafortrinn under ulike omstendigheter mot lastebil

Tilgang på biodrivstoff/ vektlegging av bærekraft

Et sterkt fokus på bærekraft og globalt klima- og miljøavtrykk vil kunne begrense mulighetene for sterk vekst i bruken av biodrivstoff og også kunne svekke omdømmet til batteribaserte teknologier. Faglige, politiske og omdømmemessige faktorer kan dra i denne retningen. En slik tendens vil i så fall føre til at jernbanen får et større klimafortrinn enn i scenarioene.

Kombinasjonen

Kombinasjonen av svak teknologisk framgang og streng klimapolitikk og eventuelt også lav tilgang på biodrivstoff, innebærer at man i større grad må stole på den eneste sikre fossilfrie transportmåten, nemlig jernbanen. Med en slik utvikling vil jernbanens klimafortrinn forsterkes. En slik utvikling vil måtte innebære bruk av prismekanismer eller restriksjoner for å flytte passasjerer og gods fra vei og fly til jernbane.

8.2.2 JERNBANENS PÅVIRKNING PÅ NORGES OVERGANGSRISIKO

Vi tolker Norges overgangsrisiko i klimapolitikken som risikoen for at Norge ikke klarer å overholde utslippsforpliktelsene uten svært store kostnader og ulemper for samfunnet, eventuelt at vi ikke klarer å overholde forpliktelsene.

Jernbanen vil fortsatt ha betydelige klimafortrinn dersom forutsetningene bak den forventede teknologiske utviklingen og politikken skulle svikte. Å fortsette å videreutvikle jernbanen med henblikk på å flytte personer og gods fra vei og fly til jernbane, vil derfor bidra til å redusere Norges overgangsrisiko.

Dersom for eksempel økt innfasing av bioenergi og fortsatt elektrifisering av veitransporten skulle «svikte» på 2020-tallet, vil jernbane kunne være et gjenværende bein å stå

på for å sikre befolkningens mobilitet samtidig som CO₂-utslippene reduseres. For å håndtere en slik situasjon vil det være hensiktsmessig å ferdigstille jernbanetiltak i løpet av 2020-tallet. Det er derfor et stort behov for å prioritere de jernbanetiltakene som kan realiseres tidlig og gi størst utslippsreduksjoner per investert krone. Eksempler er kjøp av nytt rullende materiell for å oppnå bedre utnyttelse av ledig sporkapasitet (rushtidsavganger, sovevogner, flere/lengre nattog), mindre investeringstiltak som plattformforlengelser og stasjonstiltak samt kryssingsspor og tilsvinger for gods.

Generelt vil bruk av prismekanismen påvirke kostnadene for personer og bedrifter. Det gjelder særlig personer og bedrifter som i dag bruker mye transport, og er avhengige av god transport for å bringe sine produkter til markedet. Eksempler på dette kan være norske fiskeoppdrettere og foredlingsbedrifter, som er lokalisert i distriktene, men som har markedet sitt i befolkningssentrene i Norge, Europa og Asia. Slike bedrifter kan bli rammet av dyrere flyfrakt og lastebiltransport. Et spørsmål er om forbedret jernbanetransport kan være et alternativ i en situasjon med begrensninger for fly.

Lignende argumentasjon kan anføres overfor dagens persontransport med fly, både innenlands og internasjonalt. Dersom innenlandstrafikken med fly blir vesentlig dyrere av klimahensyn, kan det spørres om styrket jernbanetransport på lengre distanser som konkurrerer med flyet kan være et delvis botemiddel. For flyreiser på kortbanenettet vil ikke jernbane ha noen relevans, men den vil kunne ha det for trafikken mellom Oslo og de større byene.

8.3 TRANSPORTMARKED OG UTSLIPPSREDUKSJON

Scenarioene og følsomhetsberegningene er definert ut fra mulig utvikling i utslipp per transportert enhet. Jernbanens evne til å redusere utslipp avhenger også av i hvor stor grad personer og gods flytter seg fra

bil og fly til jernbane som følge av tiltak. Konkurransesflatene mellom jernbane og konkurrentene vil derfor være viktige for utslippsreduksjonen. Dessuten vil sterk vekst i transportmidler som gir mye utslipp, kanskje særlig flytrafikken, bidra til å øke potensialet for at store volumer i framtiden kan flyttes til jernbane og dermed gi store utslippsreduksjoner.

Beregningene i kapittel 5 tyder på at det er nødvendig med restriktive tiltak mot bil og fly, for at jernbanetiltak skal føre til en stor trafikkoverføring fra disse transportmidlene. Fram til 2030 vil jernbanetiltak kombinert med for eksempel veipricing eller økte flypriser, føre til en betydelig markedseffekt og reduksjon i CO₂-utslipp.

Beregningene i kapittel 5 viser at i scenarioet Ambisiøs vil det være betydelig overføring av reisende fra fly til jernbane med en kombinasjon av økte flypriser og togsatsinger. Man kan øke flyprisene mye også uten å forbedre jernbanetilbudet, da tyder beregningene på at en del vil la være å reise i det hele tatt og en del går over til tog selv uten økt togtilbud, og utslippene går ned. Men for å få aksept for prisøkninger på fly som virkelig merkes av forbrukerne, kan det være nødvendig å ha et forbedret togtilbud.

Også i en situasjon der man i byområdene ønsker veipricing og andre restriktive tiltak for å redusere køer og effektivisere arealbruken, vil forbedret togtilbud kunne være viktig for å dekke innbyggernes mobilitetsbehov. Størrelsen på utslippseffektene som da kan oppnås illustreres for eksempel i den kombinerte beregningen av anbefalt konsept i KVVU Oslo-Navet kombinert med veipricing.

Også en del motorveiprosjekter konkurrerer mot flyet. Det gjør også toget. Motorvei Lyngdal-Ålgård vil neppe gi særlig konkurranseforbedring mot fly, siden reisetiden Oslo-Stavanger uansett blir for lang. Det er en av grunnene til at dette prosjektet ikke

resulterer i utslippsreduksjoner som følge av færre flyreiser. Motorveiprosjekter mellom Oslo og for eksempel Bergen eller Trondheim vil gjøre bil og langdistansebuss mer attraktivt, og gi noe bidrag utslippsreduksjoner som følge av overgang fra fly til bil og buss.

Bare utslipp fra innenlands luftfart teller med i dagens nasjonale klimastatistikk og klimamål. Men framover kan utslipp fra internasjonal luftfart fra et lands borgere bli tillagt en verdi. Dette gjelder også klimaeffekter via skydannelser. Da vil fly som transportmiddel være langt mer problematisk og jernbane kunne få en betydelig klimafordel.

8.4 JERNBANESEKTORENS INTERNE PRIORITERINGER OG PLANLEGGING

Klimakur 2030 er en oversikt over mulige tiltak for å redusere klimagassutslippene i Norge, med anslåtte kostnader per tonn CO₂-reduksjon for de ulike tiltakene. Dette informasjonsgrunnlaget skal brukes når Norges politikk for å møte utslippsforpliktelsene mot 2030 og videre mot 2050 skal planlegges og vedtas. Kostnadseffektivitet blir sannsynligvis et viktig kriterium for hvilke tiltak som blir foretrukket. Jernbanens rolle som klimatiltak, utover jernbanens egentlige begrunnelse som transportmiddel, vil være basert på dens evne til å flytte så mye gods og så mange personer som mulig fra transportmidler som slipper ut mye klimagasser, over til jernbanen, for en lavest mulig kostnad.

Prioriter internt i prosjektene etter effekt på antall reisende per kroners kostnad

Dette innebærer at man ved planleggingen av jernbaneprosjekter søker etter nyttegevinster for en lavest mulig kostnad i prosjektene. Like viktig er det å søke kostnadsbesparelser på felt der det er kostbart å bygge, for minst mulig nyttetap i form av reisetid eller kapasitet. Optimalisering av nytte i forhold til kostnad på alle ledd i prosjektene må være det man søker etter. Å redusere kostnadene til et minimum, samtidig som man i så stor grad kan bibeholde

overføring av personer og gods fra andre reisemidler, vil være det viktigste bidraget for at jernbanen skal få klimafortrinn og bidra til å redusere Norges klimarisiko. Dette innebærer langt på vei at man skal prioritere de tiltakene som gir høyest netto nytte i nyttekostnadsanalysen, gitt at det er satt en passende samfunnsøkonomisk kostnad på CO₂.

Prioritering av jernbaneprosjekter etter størst effekt på antall reisende, innebærer som oftest at man skal prioritere reiserelasjoner der det allerede er mange som reiser i dag, og som kan lokkes til å bytte fra for eksempel bil til bane. Dette vil som regel også innebære de samme prioriteringene som ved å benytte netto nytte i nyttekostnadsanalysen. Det vil også ofte innebære at det er reiserelasjoner i sentrale strøk som prioriteres.

Løpende optimalisering av kvalitet mot kostnad

Jernbanens rolle i klimapolitikken blir størst når man kan dokumentere utslippsreduksjoner til en lav samfunnsøkonomisk kostnad. Der det er særlig kostbart eller praktisk krevende å bygge høy standard (for eksempel høy hastighet eller dobbeltspor), kan det være gunstig å variere standarden langs en jernbanestrekning.

Problemstillingen kan illustreres ved de store ulempene og merkostnadene som har vist seg de senere årene ved planleggingen av IC-utbyggingen på Østlandet. Med opprinnelige planer om å bygge tospors jernbane overalt på disse strekningene, også gjennom Østlandsbyene (Tønsberg, Larvik, Sarpsborg, Fredrikstad, Hamar) har dette vist seg svært vanskelig å få til. Årsaken er vanskelighetene med å bygge ny jernbane i en eksisterende by. I denne situasjonen har det blitt foreslått å etablere den nye stasjonen utenfor byen. Det er en mulig løsning, men har ulemper ved at stasjonen blir mindre attraktiv for de som skal reise med toget. Slik lokalisering av stasjonen vil også skape et behov for supplerende lokaltransport, medføre forskyvning av

bysentrum og en mer spredt bebyggelse. Et tredje alternativ som er blitt foreslått, blant annet i Hamar, er å beholde den gamle stasjonslokaliseringen og sporet i sin eksisterende trasé gjennom byen, og la denne del av jernbanestrekningen fortsatt være enkeltsporet. Kostnadsbesparelsene og reduksjonen i ulempene for byen i anleggsfasen ville være store. Dette vil medføre lavere kjørehastighet gjennom byen og dermed gi noen få minutters lengre reisetid mellom Oslo og stasjonene nord for Hamar. Men nyttetapet ved dette (og utslippstapet) vil trolig være helt marginalt i forhold til kostnadsbesparelsen. Man får dessuten en markedsfordel av at stasjonen fortsatt ligger i byens sentrum.

Utbyggingsprosjekter bør i større grad fokusere på det endelige prosjektmålet om et bedre togtilbud for de reisende og få flere overførte passasjerer, mer enn gjennomgående høye tekniske standarder og dobbeltspor på hele strekninger. Dette kan gi betydelige kostnadsbesparelser uten store tap verken i nytte for de reisende eller i form av mindre utslippseffekt. Kostnadsbesparelsene kan enten benyttes til å gjennomføre flere jernbaneprosjekter, eller de kan benyttes til å gjennomføre klimatiltak andre steder.

Nye jernbanetraseer gjennom etablerte byer er ofte dyre på grunn av kompensasjon til grunnerverv, ulemper i anleggsfasen, ny stasjonsløsning og omfattende tekniske løsninger med tunge konstruksjoner med behov for grunnforsterkning og spunting/pæling for å redusere konsekvensene. Disse dyre løsningene medfører også store klimagassutslipp fra en stor mengde byggematerialer og fra tung anleggsvirksomhet.

Utslipp i anleggsfasen

Infrastrukturprosjekter på vei og bane innebærer ofte betydelige utslipp i anleggsfasen, særlig der det er stor andel tunnel og bru. Våre anslag tyder på at et

prosjekt på 10 milliarder kroner ofte gir livsløpsutslipp (dvs. både i Norge og indirekte via innsatsvarer produsert i andre land) av klimagasser på 300 000 til 400 000 tonn. Av dette vil om lag halvparten gjerne være utslipp fra norsk territorium, i hovedsak fra bygg- og anleggssektoren og industri. Både for å minimere slike utslipp og å spare kostnader, vil det være viktig for jernbanen å søke etter tiltak som gir overflytting av passasjerer og gods uten at man trenger investere mye.

Over tid skjer det på 2020-tallet trolig en teknologisk framgang og bevisstgjøring om å redusere klimagassutslippene i anleggsfasen av infrastrukturprosjekter, noe som gjør at man over tid vil få mindre utslipp fra infrastrukturprosjekter enn i dag. Det gjelder både vei- og baneprosjekter. Både for å spare investeringer og for å vente med dem til de gir mindre utslipp, er det derfor fornuftig å prioritere tiltak som ikke innebærer store investeringer.

På den andre siden vil mer utslippsfattige investeringer ikke komme av seg selv, så en målrettet strategi ved nye prosjekter for å redusere utslippene vil trolig være hensiktsmessig.

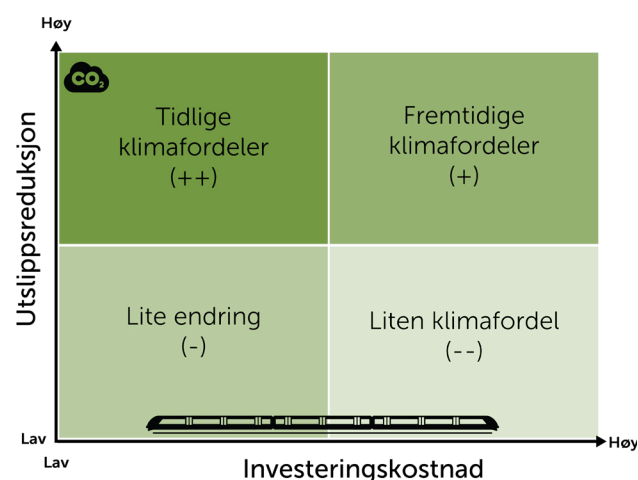
Det er imidlertid en rekke jernbanetiltak som ikke nødvendigvis gir store utslipp i anleggsfasen, som kan gi økt kapasitet. Eksempelvis IKT-tiltak som ERTMS som gir mulighet til å kjøre flere tog på en strekning. Tiltak som hel- eller delelektrifisering av strekninger som i dag ikke er elektrifiserte, vil gi direkte utslippsreduksjoner, selv om de absolutte utslippene fra dagens trafikk på disse strekningene ikke nødvendigvis er svært store. Klimaeffekten bør vurderes ut fra et nyttekostperspektiv, og sammenlignes med andre tiltak som kan gi klimaeffekt.

8.5 TIDSFORLØP OG TYPE JERNBANETILTAK

Jernbanens bidrag til å dempe Norges overgangsrisiko, varierer med type tiltak og

investeringskostnad. Figuren nedenfor viser hvordan tiltak kan grupperes med hensyn på klimafordeler og hvilken grad de bidrar til å dempe Norges overgangsrisiko. Dette inkluderer tiltak som bidrar til overføring av transport til utslippsfri jernbane og jernbanetiltak som vedlikehold, fornyelse og utbygging av infrastruktur. Store jernbaneinfrastrukturtiltak tar 5-10 år å realisere, avhengig av hvor langt planleggingen er kommet og på hvilket plannivå tiltaket er behandlet. For å nå klimamålene i 2030 er det spesielt viktig å prioritere tiltak som kan realiseres raskt. Tiltak som har lav kostnad, som kan realiseres/bygges raskt og bidrar til betydelig lavere utslipp bør prioriteres høyest. Tiltak som har en meget høy kostnad, tar lang tid å realisere/bygge og som ikke bidrar til lavere utslipp bør nedprioriteres.

Vi diskuterer tiltak og virkning i fire stiliserte hovedgrupper (kvadrantene i figuren).



Figur 8-5 Klimafordeler ved type og omfang av jernbanetiltak.

Tidlige klimafordeler (++)

Dette er mindre tiltak som kan realiseres raskt og gir tidlige klimafordeler. Eksempler er kjøp av nytt rullende materiell for å oppnå bedre utnyttelse av ledig sporkapasitet (rushtidsavganger, sovevogner, flere/lengre nattog), mindre investeringstiltak som plattformforlengelser og stasjonstiltak samt kryssingsspor og tilsvinger for gods.

Denne typen tiltak gi økt togtilbud uten store kostnader. Overført trafikk til jernbanen gir størst utslippsreduksjon dersom det kan skje tidlig, før veitrafikken og eventuelt også luftfarten rekker å redusere sine utslipp.

Argumentet om å gjennomføre mindre tiltak først, har en generell begrunnelse (som deles av «Teknologiutvalget» [41]), om at i tider med stor usikkerhet bør man velge lite kapitalintensive framfor kapitalintensive prosjekter, alt annet likt. Hvis rammevilkårene for prosjektene endres i framtiden, for eksempel at valgte teknologiske løsninger blir utdatert, blir det mindre å avskrive dersom investeringen i utgangspunktet var liten enn om den var stor.

Fremtidige klimafordeler (+)

Flere store jernbaneprosjekter under planlegging og lang byggetid gjør at strekningene først kan åpnes sent på 2020-tallet og på 2030-tallet. Eksempler er Ringeriksbanen, nye trafikkstyringssystem (ERTMS) som gir økt togkapasitet, IC-utbyggingen på Østlandet og internasjonale togforbindelser. Klimafordelene ved enkelte slike prosjekter kan likevel vise seg å være betydelige, særlig hvis toget kan vinne markedsandeler fra flyet eller fra lastebil i godstransporten. Scenariene og følsomhetsberegningene illustrerer at flyets og lastebilens utslipp etter 2030 er svært usikre, avhengig av den teknologiske utviklingen og mulighetene for å benytte biodrivstoff i stor skala som et akseptabelt og virkningsfullt instrument. Usikkerhet om selve politikken og virkemiddelbruken overfor luftfart og godstransporten på vei vil være svært viktig for hvor stor markedsandel toget kan få, og dermed hvor store utslippsreduksjoner togsatsinger kan bidra til.

Lite endring (-)

Liten investering i jernbane og det iverksettes få tiltak for å flytte trafikk fra vei til jernbane. Forbedringer i veinettet forverrer jernbanens konkurranseposisjon. Vedlikeholdsetterlepet

øker og jernbanetilbudet blir dårligere. Jernbanen bidrar i liten grad til utslippsreduksjoner.

Liten klimafordel (--)

Enkelte store jernbaneutbygginger viser seg å innebære svært høye kostnader, blant annet som følge av krevende grunnforhold eller geometrikrav som gjør det vanskelig å bygge dobbeltspor gjennom eksisterende byer og tettsteder. Slike tiltak kan også medføre store miljøkonsekvenser og generere høye klimagassutslipp i anleggsfasen.

8.6 KONKLUSJONER

8.6.1 KLIMAFORTRINN

Jernbanen har i dag betydelige klimafortrinn overfor bil og fly. Fordelene overfor personbil reduseres betydelig fram mot 2030 som følge av elektrifisering og økt bruk av biodrivstoff. Sannsynligvis er personbilene helt elektrifisert innen 2050, slik at jernbanens klimafordel i forhold til personbil da langt på vei vil være borte. Jernbanens klimafordel overfor fly er i dag stor, og vil fortsette å være det minst fram til 2030. Teknologien for CO₂-frie fly basert på elektrisitet eller hydrogen er i dag svært umoden, og det er også meget usikkert om slike fly vil spille noen vesentlig rolle fram til 2050. Vi tror at jernbanen vil ha en vedvarende, men kanskje noe avtakende, klimafordel i forhold til fly helt til 2050.

Jernbanen har størst potensial til å redusere utslipp ved å prioritere raske tiltak som kan flytte passasjerer og gods fra vei til jernbane. Mindre kapasitetsøkende tiltak, investering i flere tog, fornyelse og vedlikeholdstiltak som gir økt regularitet og punktlighet vil bidra til overføring av trafikk fra vei til jernbane. Tidlige jernbanetiltak er viktige for å nå de årlige utslippstakene i ikke-kvotepliktig sektor på 2020-tallet og fram mot 2030.

Nye store jernbaneutbyggingsprosjekter tar lang tid å realisere. Det vil derfor ikke være

realistisk å regne med store reduksjoner i reisetid på jernbanen innen 2030, utover reisetidsbesparelsene som de allerede igangsatte prosjektene kan bidra med. Mindre jernbanetiltak som kan gjennomføres tidlig vil ikke medføre særlige reduksjoner i reisetiden, og jernbanen vil trolig i liten grad kunne kapre betydelige markedsandeler fra flyet frem mot 2030. Tiltak som kan gi store reisetidsreduksjoner på relasjoner som konkurrerer med flyet, er svært kostbare og trolig ikke realistiske å gjennomføre, med unntak av de få relasjonene hvor man kan oppnå særlig store reisetidsreduksjoner gjennom å rette ut store «omveier» på dagens toglinjer.

Holdningsendringer og økt vekt på bærekraftig transport, vil kunne medføre en økning i etterspørselen etter togreiser på bekostning av bil og fly, men størrelsen på denne effekten er usikker. Tiltak som styrker jernbanetilbudet på kort sikt vil være viktig for at jernbanens potensial til å redusere klimautslippene kan realiseres. Eksempler på tiltak kan være flere nattog, bygging av flere kryssingsspor og vedlikehold/fornyelse som opprettholder eller bedrer regulariteten.

Det er på godsområdet jernbanen har sine største klimafortrinn, siden teknologien for avkarbonisering av tungtrafikk på vei gjennom elektrisk eller hydrogenbasert drift må anses å være umoden. Omfattende innblanding av biodrivstoff kan gi reduserte utslipp fra lastebiltransport, men er et usikkerhetsmoment. Fram mot 2030 vil lastebiltransport sannsynligvis fortsatt medføre betydelige CO₂-utslipp, og utviklingen i CO₂-utslippene per tonnkilometer mot 2050 er enda mer usikker. Hvis karbonfri langdistansetransport med lastebil blir faset inn i stor grad innen 2050, mister toget mye av sitt klimafortrinn. Biodrivstoff og teknologisk framgang er usikkerhetsfaktorer som vi drøfter videre i underkapitlet om klimarisiko. Tidlige godstiltak som gir god utslippseffekt

i godstranporten er vedlikehold og mindre investeringer som tilsvinger og kryssingsspor som gir økt kapasitet, fleksibilitet, regularitet og forutsigbarhet i godsframføringen. Også i godstransporten vil klimaeffekten av jernbanetiltak øke dersom man samtidig gjennomfører prisbaserte tiltak, enten det er økt beskatning av veitransport gjennom veiprising eller økonomiske stimuli (tilskudd) til godstransport med jernbane.

Elektrifisering av bare lastebiler med kort rekkevidde vil gi en ytterligere klimafordel for godstransport på jernbane, siden de siste kilometerne av godstransport med jernbane går fra terminalen til kunden med varebil eller lastebil. Elektriske lastebiler og varebiler uten lang rekkevidde kan her brukes. Dette gir en ytterligere klimafordel for godstransport på jernbane.

8.6.2 KLIMARISIKO

Norges overgangsrisiko er risikoen for at Norge ikke klarer å overholde utslippsforpliktelsene uten svært store kostnader og ulemper for samfunnet. Jernbanen kan dempe Norges overgangsrisiko ved å gjøre det mulig å dekke store deler av befolkningens og næringslivets mobilitetsbehov, dersom man i liten grad lykkes i å avkarbonisere bil- og flyreisene. Da vil man ikke oppnå nødvendige reduserte utslipp, men tiltak som kan flytte reisende fra bil og fly til tog vil likevel kunne gi betydelige utslippsreduksjoner. For å dempe ulempene for de reisende, vil et godt jernbanetilbud være viktig, både for å opprettholde mobilitet og for å sikre en bærekraftig velferdsutvikling. Et godt alternativt transportsystem er en viktig forutsetning for fortsatt økonomisk vekst og for å få nødvendig aksept og oppslutning i befolkningen for overføring til mer utslippsvennlig transport.

Et argument for å satse på jernbane er altså at man skal ha et godt utslippsfritt alternativ i en situasjon der teknologien ikke lykkes med å avkarbonisere bil- og flyreisene. Jernbanen kan slik sett redusere Norges overgangsrisiko.

I denne rapporten har vi nevnt svak teknologisk framgang, manglende tilgang på bærekraftig biodrivstoff, og sterk utslippsvekst fra luftfarten, som mulige forhold som vil forhindre at utslippene fra transportsektoren går ned i framtiden.

Norge er utsatt for overgangsrisiko av en rekke grunner, blant annet på grunn av mulige lavere oljeinntekter og økonomiske problemer i næringsliv som leverer til norsk oljesektor. Denne overgangsrisikoen kan innebære lavere økonomisk vekst i Norge, og dempet etterspørsel, og dermed også dempe transportetterspørselen. Norges overgangsrisiko har neppe noen betydning for jernbanens klimafortrinn.

8.7 IMPLIKASJONER

I tillegg til å sette søkelys på klimafortrinn og klimarisiko, er det også forskjeller mellom jernbane og andre transportmidler når det gjelder miljøeffekter generelt, ofte uttrykt i begrepet bærekraft. Bærekraft innenfor transport omhandler mye mer enn Norges avtalemessige forpliktelser og mål om å redusere klimagassutslippene mot 2030 og 2050. Bærekraft innen transport handler om direkte og indirekte miljøulempere i hele verdikjeden for produksjon av kjøretøy og av energien. Bærekraftfordeler for jernbanen er:

- Ikke behov for biodrivstoff og dermed mindre potensial for globale klimagassutslipp fra produksjon og transport av biodrivstoff. Dette er en produksjon som til nå i betydelig grad har skjedd i fattige land, og med arealbruksendringer som resultat (avskoging). Disse miljøbelastningene vil finne sted jo mer Norge og Europa bruker økt innblanding av biodrivstoff for å redusere CO₂-utslippene fra transport innenfor sine egne grenser.
- Mindre behov for økt utvinning av sjeldne mineraler som trengs til å øke

batteriproduksjonen tilstrekkelig for å elektrifisere verdens bilpark. Elektrisk jernbane med kontaktledning bidrar ikke i samme grad til økt utvinning av sjeldne mineraler og til en eventuell knapphet på dem. De lokale miljøulempene ved gruve drift er som regel betydelige, både ved landskapsinngrep, særlig ved åpne dagbrudd, og ved deponering av overskuddsmasser.

- Elektrifisering av bilparken vil også kreve økt kraftproduksjon, og selv om økt produksjon av vindkraft, vannkraft og solkraft skjer uten direkte CO₂-utslipp, medfører slik kraftproduksjon likevel miljøulempere. Utbygging av vindkraft vil beslaglegge betydelige arealer og medføre hva mange vil se som visuell forurensning over store områder. Økt nettutbygging som følge av økt kraftforbruk til elektriske biler og prosesser vil medføre økte økonomiske kostnader og visuelle ulemper. Også økt vannkraftproduksjon medfører konflikt med naturverninteresser.
- Høyere arealeffektivitet for jernbanen, og høyere verdsetting av ikke-nedbygd areal over tid, utgjør en bærekraftfordel for jernbane sammenlignet med person- og godstransport med bil. En grunn til dette er at nedbygging av areal i seg selv som regel innebærer at karbon frigjøres til atmosfæren. Nedbygging av skogarealer og andre uutbygde områder vil ofte gi reduserte leveområder for dyre- og plantearter, noe som kan virke negativt på artsmangfoldet. Jernbaneutbygging innebærer i seg selv nedbygging av areal, men for samme trafikkmengde ofte i mindre grad enn veiprosjekter.
- Jernbanens arealeffektivitet i forhold til veitransport og jernbanens evne til å strukturere arealutviklingen og dermed bidra til å dempe transportbehovet over tid, er miljøfordeler for jernbanen som trolig vil få økt verdi over tid.

Jernbanen må som andre transportmidler vurderes etter nytten den gir for de reisende og samfunnet, sett opp mot kostnadene. Jernbanen har en rolle utover klimagasutslipp. Bærekraft er både klima og miljø, sosiale forhold og økonomi. Klima- og de øvrige miljøeffektene er sentrale elementer i analysen og må i fremtiden få en høyere vektning når det skal gjøres prioriteringer mellom prosjekter og internt i jernbanesektoren.

Dette vil være helt avgjørende for at Norge skal nå sine klimaforpliktelser og bærekraftsmål.



Figur 8-6 Jernbanen har en rolle utover klimagassutslipp. Bærekraft er både klima og miljø, sosiale forhold og økonomi.

An aerial photograph of a railway yard. In the foreground, several parallel tracks run diagonally across the frame, supported by a concrete wall on the right. Overhead power lines and support structures are visible above the tracks. In the background, there are several buildings, including a large multi-story brick building and a smaller white building. A river or lake is visible in the distance, surrounded by trees. The overall scene is captured in a high-angle, wide shot.

REFERANSER

Referanser

- [1] NOU 2018:17, «Klimarisiko og norsk økonomi».
- [2] Norsk Klimastiftelse og KLP, «Hvordan møte klimarisiko. Rapport nr. 06/2018».
- [3] Norsk klimastiftelse, «Hvordan møte klimarisiko? Rapport 06/2018».
- [4] 21 Investing initiative, TheCO-firm, EU, «The Transition risk-o-meter. Reference scenarios for financial analysis,» 2017.
- [5] AVINOR m.fl. , «Bærekraftig og samfunnsnyttig luftfart. Rapport 3,» 2017.
- [6] Lund, Aamas, Berntsen og Fuglestedt, «Luftfart og klima,» CICERO Report 2016:05.
- [7] Statistisk sentralbyrå, «Energiforbruk og utslipp til luft fra innenlandsk transport,» Rapport 2008/49.
- [8] Transport and environment, «High & Low ILUC risk biofuels. January 2019.».
- [9] Rambøll, «Nordlandsbanen på Biogass,» 2018.
- [10] asplan viak, «Bygge- og anleggssektorens klimagassutslipp,» 2019.
- [11] Vegdirektoratet, «Konsekvensanalyser. Veiledning. Håndbok V712,» 2018.
- [12] Jernbanedirektoratet, «Veileder i samfunnsøkonomiske analyser i jernbanesektoren,» 2018.
- [13] Klimarådet, «Hvor klimavenlige er elbiler sammenlignet med benzin- og dieslbiler?,» Baggrundsnotat til Klimarådets analyse "Flere elbiler på de danske veje". september 2018.
- [14] Miljødirektoratet, Enova, Statens vegvesen, Kystverket, Landbruksdepartementet, Norges vassdrags- og energidirektorat, «Klimakur 2030. Rapport M-1625, 2020.».
- [15] H. Riekeles, «Klimabudsjett - Hvordan få et statsbudsjett i tråd med 1,5-gradersmålet,» CIVITA-notat nr. 20 2019.
- [16] B. Holtsmark, «Dropp planene om norsk biodiesel,» Dagens Næringsliv, p. 4, 12 desember 2019.
- [17] M. Norton, «Serious mismatches continue between science and policy in forest bioenergy,» GCB Bioenergy, pp. 1156-1263, 11 2019.
- [18] NVE, «Langsiktig kraftmarkedsanalyse 201-02040. Rapport 41/2019».
- [19] NVE, «Strømforbruk mot 2040. Rapport 22/2019».
- [20] NVE, «Kraftproduksjon i Norden til 2040. Rapport 43/19.».
- [21] M. A., «Framtidens transportbehov. Framskrivninger for person- og godstransport 2018-2050. TØI-rapport 1718/2019.».
- [22] European Commission, «In-depth analysis in support of the commission communication COM(2018) 773. A Clean planet for all. A European long-term strategy vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy.,» 2018.
- [23] NOU 2019:22, «Fra statussymbol til allemannseie - norsk luftfart i forandring».
- [24] L. Fridstrøm, «Framskrivning av kjøretøyparken i samsvar med nasjonalbudsjettet 2019,» TØI-rapport 1689/2019.
- [25] European Environment Agency, «European Aviation Environmental Report 2019».
- [26] KVVU Oslo-navet (Ruter, Statens vegvesen, Jernbanedirektoratet), «Transportanalyse og modellberegninger. Vedlegg til delrapport 4. 23.09.2015».
- [27] KVVU Oslo-Navet (Ruter, Statens vegvesen, Jernbanedirektoratet), «Transportanalyse, tilleggsberegninger. Vedlegg til delrapport 4. 23.09.2015».

- [28] A.-I. Lundberg, «Konkurrens och samverkan mellan Tåg och flyg. Del 1- internationell jämförelse,» KTH, Stockholm, 2011.
- [29] Vista analyse, «Transportanalyse og samfunnsøkonomi, Intercitystrekningene på Østlandet,» Rapport 2012/04.
- [30] Jernbanedirektoratet, «Nord-Norgebanen. Overordnet vurdering av klimagassutslipp,» 2019.
- [31] Jernbanedirektoratet, «Nyttekostnadsanalyse av Nord-Norgebanen,» 2019.
- [32] TØI, «Nordiske virkemidler for overføring av godstransport fra veg til sjø og bane,» Rapport 1706/2019.
- [33] L. Fridstrøm og K. Alfsen, «Vegen mot klimavennlig transport,» TØI-rapport 1321/2014.
- [34] Jernbaneverket, «Fjerntogstrategi. Datert 26.04.2019».
- [35] Jernbanedirektoratet, «Halvtimesintervall på Trønderbanen,» 16/12-2019.
- [36] Jernbanedirektoratet, «NULLFIB. Sluttrapport,» 30/11-2019.
- [37] Jernbanedirektoratet, «NULLFIB. Delrapport 1: Kostnadseffektivitetsanalyse av å innføre nullutslippsteknologi på Nordlandsbanen.» Ikke datert. .
- [38] CICERO, «Luftfart og klima. Rapport 2016:05,» 2016.
- [39] Vista analyse, «Marginale eksterne kostnader ved sjø og banetransport. Rapport 2015/54».
- [40] Transportøkonomisk institutt, «Marginale eksterne kostnader ved veitrafikk,» Rapport 1307/2014 Revidert 2016.
- [41] Ekspertutvalget , «Teknologi for bærekraftig bevegelsesfrihet og mobilitet,» 2019.
- [42] Sandbag, «Halfway There. Existing policies put Europe on track for emission cuts of at least 50% by 2030.,» 2019.
- [43] Statkraft, «Globale energitrender og norske muligheter. Statkrafts lavutslippsscenario,» 2019.
- [44] ENOVA, «Det norske lavutslippssamfunnet etter 2050,» 2017.
- [45] NTP, «NTP Godsanalyse. Hovedrapport.,» 2015.
- [46] NTP, «NTP Godsanalyse. Delrapport 3: Virkemidler og tiltak.,» 2015.
- [47] DNV GL, «Energy Transition outlook 2019».
- [48] Transportetatene, AVINOR og Nye Veier, «Teknologitrender i transportsektoren,» 2019.
- [49] Transportetatene, AVINOR og Nye Veier, «Strategisk mulighetsrom ved ny teknologi,» 2019.
- [50] KPMG, «Fremsyn 2050-Trender innen samferdsel frem mot 2050,» 2018.
- [51] TØI, «Reisevaner på fly 2017. TØI-rapport 1646,» 2018.
- [52] KVVU Oslo-Navet (Ruter, Statens vegvesen, Jernbaneverket), «Samfunnsøkonomisk analyse. Vedlegg til konseptanalysen.».
- [53] A. Madslie, «Framtidens transportbehov. Følsomhetsberegninger av transportframskrivninger og transportutvikling i korridorer. TØI rapport 1722/2019».
- [54] Jernbanedirektoratet, «Transportanalyse og samfunnsøkonomisk analyse av Trønderbanen,» 2018.

A photograph of a railway track curving to the left. The tracks are made of steel rails on a bed of gravel. Above the tracks, there is a complex system of overhead power lines supported by metal poles and cross-arms. The background shows a dense forest of trees, some bare and some evergreen, under a grey, overcast sky. A concrete drainage ditch runs alongside the tracks on the right side.

VEDLEGG

Vedlegg 1 Transportarbeid og utslipp historisk

Her beskrives viktige utviklingstrekk og strukturtrekk innenfor transport, energibruk og utslipp.

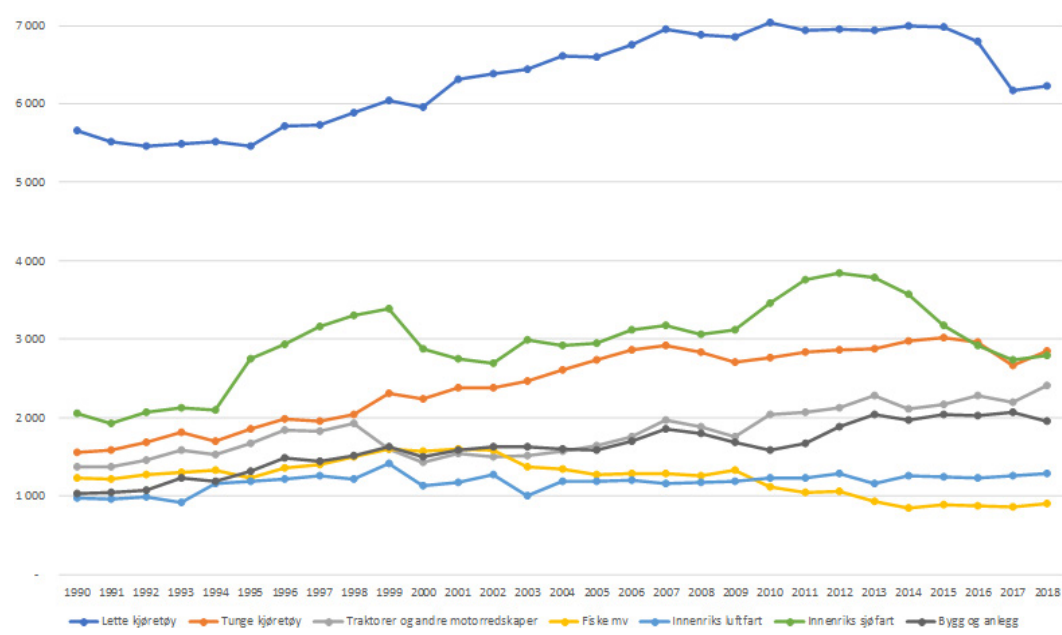
Utslipp av klimagasser fra transport

Norge slapp samlet sett ut 52,0 millioner tonn CO₂-ekvivalenter i 2018. Det er 0,8 millioner tonn eller 1,6 prosent høyere enn i 1990. Utslipp fra «mobile kilder», det vi si i hovedsak transport var 16,5 millioner tonn eller 32 prosent av de samlede utslippene. Disse transportutslippene økte samlet ca. 28 prosent fra 1990 til 2017.

Utslippene fra lette kjøretøy var på 6,3 millioner tonn i 2018, en økning på 23 prosent siden 1990. De har vokst jevnt siden midt på 1990-tallet som følge av økt biltrafikk, til tross for en viss økning i energieffektiviteten over tid. Som følge av økt innblanding av biodrivstoff, som definisjonsmessig ikke regnes å gi netto utslipp av CO₂, har utslippene gått ned siden 2016. Innblandingsandelen for biodrivstoff i Norge var ekstraordinært stor i 2017.

Utslippene fra tunge kjøretøy ble nesten fordoblet fra 1990 til 2015 og var da 3 millioner tonn (som er halvparten av utslippsnivået for lette kjøretøy). Dette må ses på bakgrunn av at varetransporten har vokst sterkere enn persontransporten, og at andelen av innenlandsk varetransport (målt i tonnkilometer) som skjer med lastebil har vært økende i mesteparten av perioden. Også for tunge kjøretøy har det vært en økning i energieffektiviteten og tilsvarende nedgang i CO₂-utslippene per tonnkilometer, også som følge av lengre og større kjøretøy. Ifølge SSB var utslippene fra Jernbane 49 000 tonn CO₂ i 2018, i all hovedsak fra dieseldrevne gods- og persontog. Det er 0,3 prosent av de samlede CO₂-utslippene fra mobile kilder og mindre enn 0,1 prosent av totalutslippene.

Innenriks luftfart sto for utslipp av 1,3 millioner tonn CO₂ i 2018. Disse utslippene har endret seg



Figur 0-1 Utslipp av klimagasser fra mobile kilder. 1000 tonn CO₂-e. Kilde: SSB statistikkbanken.

Innenriks luftfart sto for utslipp av 1,3 millioner tonn CO₂ i 2018. Disse utslippene har endret seg lite siden midten av 1990-tallet. Utenriks sjøfart og utenriks luftfart er ikke inkludert i SSB sine utslippstall.

TRANSPORTMIDDELFORDELING

Utslippsutviklingen er naturlig nok sterkt påvirket av utviklingen i trafikk- og transportarbeidet. I 2017 sto personbil for 83 prosent av persontransportarbeidet⁸ som ble utført av bil, buss, tog, trikk og innenriks luftfart. Buss sto for 6 prosent og tog for 4 prosent. Fra 1990 til 2017 vokste transportarbeidet for disse transportformene med 49 prosent, nesten det dobbelte av vekstraten for befolkningen, som var på 25 prosent. Resten av transportveksten kan trolig tilskrives økt inntektsnivå i befolkningen og nye transportmuligheter. Veksten i persontransportarbeidet for bil var på linje med veksten i samlet transportarbeid, mens tog og innenriks luftfart hadde litt sterkere prosentvis vekst (henholdsvis 55 prosent og 61 prosent). Siden 2010 har toget hatt en kraftig vekst i antall passasjerkilometer, samtidig som biltransporten har fortsatt å vokse. Innenlandske flyreiser har derimot hatt en utflating målt som transportarbeid. Det kan være påvirket av en strukturendring i retning av at det er blitt flere direkteruter til utlandet fra andre flyplasser enn Oslo Lufthavn.

For godstransporten innenlands ser vi samlet sett mer enn en dobling fra 1990 til 2016. Mens gjennomsnittlig årlig vekst i innenlands transportarbeid for persontransport var ca. 1,5 prosent årlig i perioden, var den for godstransporten hele 3,2 prosent årlig. Det framgår av figuren at sjøtransport har en høy andel av godstransportarbeidet, det har også vei. At jernbanen har en relativt lav andel, må ses på bakgrunn av at svært mye varetransport skjer over relativt korte distanser, hvor jernbanen ikke er noe reelt alternativ. Sjø har sin styrke i lave kostnader for store godsmengder over lange distanser særlig der det ikke går jernbane, og får derfor også en høy andel av godstransportarbeidet.

Utviklingen de siste årene kan illustreres med statistikken fra SSB, jf. Tabell 0 1 og Tabell 0 2.

Tabell 0 1 Innenlands transportarbeid persontransport, 2010-18. Personkilometer og andeler.

	Andel av samlet transportarbeid (personkilometer)										% endr 2010-18	snitt % per år
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018			
Sjøtransport	1,3 %	1,3 %	1,3 %	1,3 %	1,3 %	1,2 %	1,2 %	1,2 %	1,2 %	9,3 %	1,1 %	
Jernbanetransport mv.	5,0 %	4,8 %	4,9 %	5,1 %	5,2 %	5,3 %	5,5 %	5,4 %	5,5 %	27,1 %	3,0 %	
Personbil	78,9 %	78,9 %	78,9 %	78,7 %	78,9 %	78,8 %	78,6 %	78,9 %	78,6 %	14,0 %	1,7 %	
Rutebiler	5,3 %	5,0 %	5,0 %	4,8 %	4,7 %	5,0 %	5,3 %	5,1 %	5,2 %	12,3 %	1,5 %	
Annet	2,6 %	2,6 %	2,6 %	2,6 %	2,5 %	2,5 %	2,5 %	2,5 %	2,5 %	8,4 %	1,0 %	
Lufttransport	7,0 %	7,4 %	7,4 %	7,5 %	7,4 %	7,1 %	6,9 %	7,0 %	7,0 %	14,2 %	1,7 %	

Kilde: Statistisk sentralbyrå

⁸Persontransportarbeidet er det arbeidet som blir utført når et transportmiddel transporterer et visst antall personer en bestemt reiselengde. Persontransportarbeidet måles vanligvis i personkilometer, produktet av reiselengde og antall personer transportert. Tallene i dette avsnittet er tatt fra [55]

De siste SSB-tallene viser at jernbanens andel av persontransporten har økt de senere årene, fra ca. 5 prosent til 5,5 prosent. Personbilens andel har ligget ganske flatt. Jernbanen er den transportformen som har hatt sterkest vekst i transportarbeidet det siste tiåret. Styrket tilbud er en av forklaringene.

Også innenfor godstransporten har jernbanen hatt en økt markedsandel de siste årene (siden 2015), jf. Tabell 0 2. Tallene er imidlertid noe vanskelig å tolke som følge av store svingninger fra år til år. Hovedbildet synes å være en stabil andel av transportarbeidet på vei siden 2010, svak nedgang for sjø og en viss økning for jernbane.

Godstransporten vokste også det siste tiåret langt raskere enn folketallet. Vekstraten for godstransporten var 80 prosent høyere enn vekstraten i befolkningen 2010-18 (1,5 prosent årlig mot 1,1 prosent årlig).

Utenrikshandelen (vi ser her bort fra petroleumshandelen) er også dominert av sjøtransport, mens tog har en lav andel.

Tabell 0 2 Innenlands transportarbeid gods, 2010-18. Tonnkilometer og andeler.

	Andel av samlet transportarbeid (tonnkilometer)									% endring i transportvolum 2010-18	% årlig snitt
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018		
Jernbanetransport	4,5 %	4,7 %	4,4 %	4,3 %	4,0 %	4,2 %	5,0 %	5,1 %	5,4 %	37,8 %	4,1 %
Lufttransport	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	-31,3 %	-4,6 %
Veitransport	49,0 %	48,3 %	46,2 %	48,2 %	47,6 %	44,5 %	50,0 %	48,6 %	48,7 %	15,6 %	1,8 %
Sjøtransport	46,4 %	46,9 %	49,3 %	47,4 %	48,4 %	51,2 %	44,9 %	46,3 %	45,9 %	14,8 %	1,7 %

Kilde: Statistisk sentralbyrå

Vedlegg 2 Oversikt over scenarier utarbeidet av andre

Dette vedlegget gir en kortfattet oversikt over scenarier knyttet til energi, transport og utslipp som er utarbeidet i forbindelse med ulike utredninger, og som har vært grunnlag for scenarioene i denne rapporten.

Fremsyn 2050 og NTP

Vi tar utgangspunkt i scenarioene som er utarbeidet i regi av NTP, som bygger på KPMG-rapporten Fremsyn 2050⁹. Til grunn ligger en forutsetning om fortsatt vekst i befolkning og inntekt per innbygger, men at den økonomiske veksten vil flate ut. For transportsektoren er det usikkerheter knyttet til teknologiutviklingen knyttet til lavutslippskjøretøy, til autonomi (selvkjørende kjøretøy) og konnektivitet (samhandlede transportmidler) som danner utgangspunktet for formuleringen av scenarier. I NTP-rapportene er det definert ett scenario for 2030 og to scenarier for 2050. For 2050 er det ett teknologioptimistisk scenario og ett lite teknologioptimistisk scenario.

TØIS FRAMSKRIVNINGER AV ELBILPARKEN

TØI har fremskrevet kjøretøyparken til 2050 i to alternativer [1]. Den ene framskrivningen er en ren forlengelse av historiske trender for elbiler innenfor kategoriene personbiler, varebiler og lastebiler, kalt NB19-banen (den banen som ble lagt til grunn for Nasjonalbudsjettet 2019). Den andre framskrivningen forutsetter ny virkemiddelbruk for å realisere mål om at alle nye personbiler skal være nullutslippskjøretøy fra 2025 (kalt NTP-banen).

NTP-banen er langt på vei en konsekvens av målene/kravene satt til andel nullutslippskjøretøy i nybilsalget i NTP 2018-2029 (Meld. St. 33 2016-2017). I henhold til disse målene skal alle nye personbiler og bybusser fra 2025 være nullutslippskjøretøy. Fra 2030 skal dette gjelde alle varebiler, 75 prosent av alle langdistansebusser og 50 prosent av alle tunge lastebiler. Til grunn for trendbanen (omtalt som NB19-banen i TØI-rapporten) antas at hydrogenteknologien får fotfeste i markedet en gang mellom 2040 og 2035. I NTP-banen antas dette gjennombruddet å komme allerede i 2025. Det antas at mindre lastebiler går over til batteridrift mens de større bruker brenselceller. Resultatene for andel nullutslippskjøretøy er vist i Tabell 0 1.

	2030	2050	2050 H
Konnektivitet (andel samhandlede kjøretøy)	30 % av personbiler	50 % innen hver transportform	100 % innen og mellom transportformer
Autonomi	10 % SAE 4 (5 er høyeste nivå)	20 % er SAE 5	90 % SAE 5
-Personbil	Pilot plattoning	10 % plattoning på riks/E-vei	90 % SAE-5-plattoning
-Lastebil			
Andel karbonfri transport			
-Buss	95%	100%	100%
-Lastebil	40%	100%	100%
-Personbil	60%	100%	100%
-Fly	Mindre enn 30%	Mindre enn 50%	100%

⁹ Se [48], [49] og [50].

GLOBALE/INTERNASJONALE SCENARIOER

IEA

IEA publiserer i sin world energy outlook internasjonale scenarier for energit utviklingen, som har stor relevans for transportsektoren.

IEA har tre globale scenarier: Dagens politikk, planlagt politikk og Bærekraftig politikk. Planlagt politikk er tiltak for å realisere intensjoner og politiske mål. Bærekraftig utvikling er en beskrivelse av en utvikling der verden når bærekraftmål for energi og utslipp, og gir globale utslipp som antas å begrense den globale oppvarmingen til mellom 1,5 og 2 grader.

Globalt vokser elektrisitetsforbruket mer enn dobbelt så raskt som totalt energiforbruk i scenarieret Erklært politikk. Solenergi blir etter hvert den energiteknologien som har størst global installert kapasitet, slik at fornybar energi blir den største energikilden globalt fra midt på 2020-tallet. Utviklingen avhenger kvi

SDS scenarieret til IEA er kjennetegnet ved:

- Kraftig økning i investeringene i fornybar kraft.
- Økning i investeringene i energieffektivitet i bygninger
- Om lag uendret oljepris i Stated policy og bærekraftig politikk scenarieret til 2040. Med Bærekraftig scenarieret dempes veksten i oljeetterspørselen og det blir mindre behov for å produsere olje fra nye og dyrere oljereserver.
- CO₂-prisen med «dagens i politikk» er 27-38 dollar (2030 og 2040), 33-43 dollar i Stated policy og 100 til 140 dollar (2018-priser) per tonn CO₂ i Bærekraft-scenarieret. Dette tilsvarer grovt sett 1000 kroner per tonn i 2030 og 1500 kroner i 2040.

Tabell 0 1 Andel av bestanden, prosent av ulike kjøretøytyper som er nullutslippskjøretøy (batterielektrisk eller hydrogen). Kilde: [1]

	2019	2030		2050	
		NB19-banen	NTP-banen	NB19-banen	NTP-banen
Personbil	10	46	61	76	94
Varebil	2	21	53	37	95
Lastebil	0	0	15	25	73
Buss	7	41	41	94	94

Sandbag

Sandbag er et utredningsinstitutt som følger internasjonal klimapolitikk, og særlig den i EU, tett. De presenterer i [2] tre scenarier for energi- og utslippsutviklingen i EU, oppsummert i tabellen på neste side.

Sandbag tror på så stor utfasing av kull, som erstattes av fornybar energi (særlig vind og solkraft), at de tror at EU vil overoppfylle sine eksisterende mål om reduksjon på 40 prosent i 2030. Innenfor veitransport skjer reduksjonen både ved økt bruk av biodrivstoff og økt innfasing av elbiler (dog langt mindre enn i Norge).

Ifølge Sandbag vil utfasingen av kull i EU bli så kraftig at det kan redusere etterspørselen etter utslippskvoter så mye at kvoteprisen faller tilbake til sine tidligere lave nivåer igjen. Det vil true de økonomiske incentivene til innovasjon og teknologiomstilling som vil være nødvendige for å nå lavutslippssamfunnet i 2050. De lave kostnadene ved å fase ut kull til fordel for fornybar er hovedgrunnen til at kvoteprisene i EU-ETS ikke øker mer enn de gjør selv i det «Avanserte» scenarioet.

Tabell 0 2 Sandbags scenarioer for energi og klima i EU [2].

	Basis	Moderat	Avansert
Utfasing av kull i kraftsektoren	Kull faset ut i 2040	Kull faset ut i 2035	Kull faset ut i 2035
Andel elbiler blant lette kjøretøy	7%	13%	18%
Karbonpris i 2030 (€/tonn CO2)	31	31	35
Utslipsreduksjon siden 1990	-50%	-53%	-58%

Statkraft lavutslippsscenario

Statkraft har satt sammen et lavutslippsscenario for verdens energisektor [3]. I dette scenarioet faller kostnadene for solkraft med 50 prosent og vindkraft med 40 prosent til 2050. Det gir 44 prosent lavere energirelaterte klimagassutslipp enn i dag, noe Statkraft anser er i tråd med en 2-gradersbane for global temperaturstigning. Globalt anslår de at elandelen blant lette biler er nesten 50 prosent i 2050 og nesten 40 prosent blant tyngre kjøretøy i 2050. Statkraft antar at elbiler utgjør 100 prosent av nybilsalget av lette biler globalt i 2050, og 60 prosent (el og hydrogen) for tyngre kjøretøy.

Statkraft anser at det med kjent teknologi er mulig, men krevende å redusere globale utslipp ytterligere, ned til en 1,5 graders bane. Det krever en utslippsfri kraftsektor i EU i 2050. Ifølge Statkraft vil elektrifisering samt energieffektivisering være de viktigste hovedområdene for virkemidler for at EU skal nå dette målet. Ny sol- og vindkraftproduksjon i EU vkan og vil i 1,5-gradersscenarioet dekke den økte etterspørselen etter utslippsfri elektrisitet. Kostnadene ved dette blir små fordi det antas at kostnadsreduksjonene vi har sett historisk vil fortsette mot 2050.

Hydrogen vil få en viktig rolle i andre halvdel av perioden 2020-2050. Statkraft er åpen for at hydrogen fra fornybar elektrisitet raskt kan bli konkurransedyktig med fossile løsninger som diesel i tungtransport. Også «blå» hydrogen basert på fossil gass sammen med karbonfangst og lagring forventes også å kunne bli et konkurransedyktig alternativ.

Statkraft anser at både elektriske og hydrogendrevne lastebiler vil være konkurransedyktige med diesellastebiler fra slutten av 2020-tallet, i hvor stor grad også avhengig av dieselavgiften og andre avgifter. Viktig for hva de næringsdrivende faktisk velger av teknologi vil også være kjørelengden bilen skal ha, tilgangen på ladeinfrastruktur og generelt reguleringer av ulik art. Elektrisitet vil være mest attraktivt for kjøretøy med kort kjørelengde for eksempel innenfor renovasjon, mens i langtransport vil hydrogen være mest hensiktsmessig.

Innen transportsektoren under ett er elektrisitetsandelen 50 prosent, andelen hydrogen 12 prosent og andelen bioenergi 3 prosent i 2050. I 1,5 gradersscenarioet er disse andelen økt til henholdsvis 58 prosent, 14 prosent og 7 prosent.

Bloomberg New energy outlook 2019 (executive summary)

Kraftsektoren går fra 2/3 fossil i 2018 til 2/3 karbonfri i 2050. Vind + sol leverer 50 % av verdens elektrisitet i 2050. Hydro svak vekst, atom flat. Kull fases ut overalt unntatt i Asia. Europa gjør raskest og sterkest overgang fra fossil energi. I 2040 utgjør fornybar 90 % av kraftproduksjonen i Europa (vind og sol = m80%). En vellykket håndtering av intermittency må det bety. 63% kostnadsreduksjon for en PV plant til 2050.

Karbonprising + regulert utfasing av kull i Europa tvinger kullet ut av kraftsektoren.

Kraftsektoren er på sporet av 2 gradersmålet til 2030. nullutslipp står for mer enn 50 % av kraftproduksjon. Aggressiv dekarbonisering trengs etter 2030, særlig hvis vi skal klare 1,5 grader. Utslipp -95% i 2050 fra kraft. Globalt vil elektrifisering av veitransporten og boligvarmesektoren mer enn doble etterspørselen etter kraft. I 2050 er etterspørselen etter kraft 25 % høyere enn i scenarioet NEO 2019.

EU (2018)

EU publiserte i 2018 et omfattende dokument med en referansebane og en rekke alternative scenarier for utviklingen i energi og klimagassutslipp til 2050 og videre mot 2100, som synes å være det seneste omfattende dokument om framtidige utslipp [4]. Med framleggelsen av de mer ambisiøse målene og i forbindelse med EUs initiativ A European Green deal, må det forventes ytterligere reduksjoner i forventningene til framtidige utslipp, men vi kjenner ikke til at det foreligger scenarioanalyser som gjenspeiler dette.

Trendscenarioet (Baseline) som reflekterer dagens avkarboniseringsbaner i EU og vedtatt politikk i EU-landene tiltak som er foreslått av EU-kommisjonen men fortsatt under politisk behandling. Trendscenarioet skal danne sammernligningsgrunnlag for ulike klimascenarier.

Dokumentet presenterer 8 scenarier for hele økonomien, der ulike trender rendyrkes. Fem scenarier som rendyrker henholdsvis elektrifisering, hydrogen, e-drivstoff, energieffektivisering og sirkulær økonomi gir alle utslippsreduksjoner konsistent med togradersmålet. I alle disse scenarioene reduseres utslippene av drivhusgasser med 80 prosent i 2050. Et annet sett av mer radikale scenarier gir større utslippsreduksjoner ned mot 1,5-gradersmålet (100 prosent utslippsreduksjon). Så er det et kombinasjonsscenario som kombinerer elementer fra de rendyrkede scenarioene, som er beregnet å gi utslippsreduksjon på 90 prosent.

I kombinasjonsscenarioet er kraftsektoren praktisk talt karbonfri i 2050.

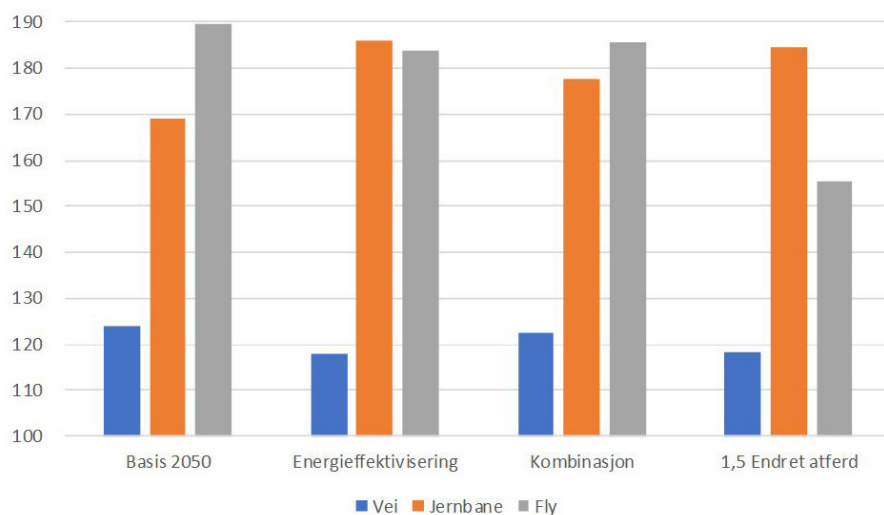
Noen nøkkeltrekk i scenarioene:

Biltrafikken vokser fortsatt betydelig i Baseline-scenarioet, men langsommere enn før som følge av metning i bilinnhav samt økt utbredelse av distanserelatert veipricing og økt markedsandel for tog. Jernbanetransport vokser betydelig raskere enn veitrafikk, drevet særlig av økt konkurranse på jernbanen i passasjermarkedet.

- Karbonfangst og lagring: Selv om det er 37 storskala CCS-prosjekter i gang, og teknologien i prinsippet er kjent, er det fortsatt usikkerhet knyttet til den langsiktige lagringen av karbon i bakken, aksept av teknologien i befolkningen og at fangstrater på over 90 prosent er vanskelig å oppnå. CCS er sentrale for å oppnå nullutslippsscenarioene, også utviklingsbaner med negative

utslipp. Teknologien trenger økonomiske incentiver i form av en høyere CO₂-pris enn i dag. (står ikke hos EU, men annetsteds).

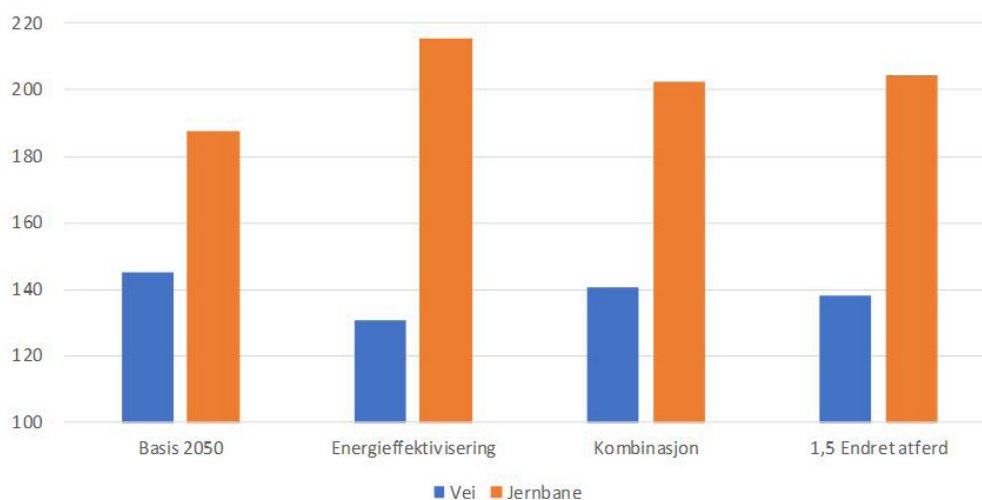
- Energieffektivisering ses som viktig og virker i samspill med tiltak som virker direkte mot reduserte utslipp. Redusert energietterspørsel har potensial for å redusere behovet for nye (og kostbare) karbonfattige energibærere og dermed redusere kostnadene ved å redusere CO₂-utslippene.
- Etterspørselen etter elektrisitet øker kraftig mot 2050 i alle scenarier (75 prosent økning i scenarier med høyest grad av elektrifisering blant 80-prosentsscenariene). Alle sektorer opplever økt elektrifisering, i størst grad innenfor transport. I Baseline-scenariet er det en sterk nedgang av kull som primær energikilde i kraftsektoren, og en svært sterk økning av vindkraft og til dels solkraft. I 2030 er det fortsatt ca 15 prosent kullkraft, men denne energikilden er fjernet i 2050. I baseline beholdes gass i hele perioden (ca. 15 prosent i 2050).
- Transport. EUs politikk fokuserer på reguleringer for å fremme innovasjon innenfor nullutslippskjøretøy blant bilprodusentene, og moderate stimuli for å fase elbiler inn i personbilmarkedet. Det forventes i alle scenarier fallende batteripriser og økt innfasing av elbiler, og også hydrogen for tunge kjøretøy som kjører over lange avstander. Biodrivstoff ønskes prioritert for anvendelser der annen avkarbonisering er vanskelig eller umulig. I godstransporten ser EU potensial for utslippsreduksjon for å styrke jernbanens konkurranseevne overfor veitransport, både ved å fjerne barrierer mellom nasjonale transportnettverk, og ved å fremme internasjonal godstransport med jernbane. ERTMS ses som et virkemiddel for å øke kapasiteten i jernbanenettet. EU ser også potensial for utslippsreduksjoner ved å erstatte mellomdistanse flyreiser med jernbane i høye hastigheter, siden flyreiser er vanskelige å avkarbonisere. Multimodale «last mile» bylogistikkløsninger kan gi effekt for å styrke multimodal godstransport.
- Elektrifisering mest lovende for personbiler og varebiler. Hydrogen for tungtransport over lange strekninger. Biodrivstoff er noe som er særlig aktuelt for tungtransport med gods over lange avstander, inntil teknologiskiftet til for eksempel hydrogen er gjennomført.
- EU vil fremme alternativ til vei for å fremme det fulle potensialet for multimodal transport, som inkluderer jernbane.



Figur 0 1 Trafikknivå persontrafikk i 2050 (indekser 2015 = 100) i utvalgte EU-scenarier. Kilde: [4].

Nøkkresultat fra scenarioene: Etterspørselsutviklingen i basisscenarioet og kombinasjonsscenarioet.

Dette er utvalgte scenarioer som representerer ytterpunkter. Endret atferd går særlig ut over etterspørselen etter flyreiser som reduseres med 20 prosent. Jernbaneetterspørselen øker noe og det er en viss overgang fra vei og fly. Drivkrefter bak overgangen er internalisering av eksterne kostnader i prisingen av transport, inkludert veiprising.



Figur 0 2 Trafikknivå godstrafikk i 2050 (indekser 2015 = 100) i utvalgte EU-scenarioer. Kilde: [4].

Vurdering av teknologier for veitransport

Personbiler

Ikke ytterligere tiltak om CO₂-standards i baseline etter 2020. Gradvis innfasing av elbiler i personbilparken som følge av normal utskifting. Batteribiler er 35 % av bestanden i 2050. Med andre ord langsom innfasing i baseline. I 80-prosents scenarioene har elbiler mellom 65 % og 89 % i 2050. I de andre 80-%-scenarioene legges det til grunn mye biodrivstoffinnblanding. Det er store variasjoner i prognostisert elbilandel i de ulike scenarioene, fra 10 % i 2030 i baseline og 40 % i 2050 (inkludert brenselceller), til 65-70 % (inkl brenselceller) i H2 og ELEC. I 1,5 graders scenarioene er el+Hydrogenandelen over 95% i 2050.

Varebiler

Batteri, hydrogen og ladbar hybrid er 46 % av bestanden i 2050. I 890-prosentsscenarioene vil disse kjøretøytypene utgjøre 58-80% av varebiler i 2050.

EU er rimelig sikre på utviklingen for disse kjøretøyene. De viser til IEA Global EV Outlook New policies scenario som gir 23% av alle kjørt i 2030. Det mer ambisiøse scenarioet EV@30 fra IEA ... (side 121).

Lastebiler

Større variasjonsbredde i teknologiske forventninger. Dessuten større variasjon i teknologi avhengig av bruksmåte (korte vs lange godsturer). I Baseline er dieselandelen antatt å reduseres til 50%, drevet av CO₂-standarder. Gassdrevne er 18% i 2050, hybrider 29%. Samlet elbil og brenselceller (H₂) utgjør bare 2% i 2050 Baseline. Elektrisk (batteri og pantograf) utgjør 17-20% i elektriske scenarier. Brenselceller er 15 % i H₂ scenarioet. Gass er 14 % i H₂-scenarioet. (gass er mye

biogass). Det forutsettes dessuten mye biodrivstoffinnblanding. I COMBO er det moderat uptake av elbil og H2 i lastebilparken. Men en del hybrider. Biodrivstoff ca 16 %. Gass er 33 % (herav 15 % e-gass, 8 % biometan og 9 % naturgass). Med andre ord forventer ikke EU en stor overgang innenfor lastebilsegmentet i 2050. Side 123.

DNV GL Energy transition outlook 2019

DNV GL produserer globale og regionale prognoser med hovedfokus på energi fram til 2050. Til forskjell fra andre prognosemakere presenterer de hva de anser som den mest sannsynlige utviklingen, uten å presentere ulike scenarier for mulig utvikling, selvsagt vel vitende at det er store usikkerheter. DNV GL legger til grunn fortsatt befolkningsvekst i Afrika og i deler av Asia, og fortsatt økonomisk vekst globalt. Historiske lærekurver innenfor solenergi, batteriproduksjon og vindkraft antas å fortsette, det vil si gitt reduksjon i gjennomsnittskostnadene for hver dobling av akkumulert produksjonsvolum.

elektriske scenarier. Brenselceller er 15 % i H2 scenarier. Gass er 14 % i H2-scenarier. (gass er mye biogass). Det forutsettes dessuten mye biodrivstoffinnblanding. I COMBO er det moderat uptake av elbil og H2 i lastebilparken. Men en del hybrider. Biodrivstoff ca 16 %. Gass er 33 % (herav 15 % e-gass, 8 % biometan og 9 % naturgass). Med andre ord forventer ikke EU en stor overgang innenfor lastebilsegmentet i 2050. Side 123.

DNV GL Energy transition outlook 2019

DNV GL produserer globale og regionale prognoser med hovedfokus på energi fram til 2050. Til forskjell fra andre prognosemakere presenterer de hva de anser som den mest sannsynlige utviklingen, uten å presentere ulike scenarier for mulig utvikling, selvsagt vel vitende at det er store usikkerheter. DNV GL legger til grunn fortsatt befolkningsvekst i Afrika og i deler av Asia, og fortsatt økonomisk vekst globalt. Historiske lærekurver innenfor solenergi, batteriproduksjon og vindkraft antas å fortsette, det vil si gitt reduksjon i gjennomsnittskostnadene for hver dobling av akkumulert produksjonsvolum.

DNV GL forventer økt karbonprising regionalt, men ikke nok til å gjøre CCS bedriftsøkonomisk lønnsomt (de antar en nedgang i kostnader fra 128 til 68 dollar per tonn CO₂), og med karbonpris på 60 dollar i WEU anser de at en stor del av CCS-prosjekter vil være lønnsomme. Generelt anser de at CCS investeringer er svært følsomme overfor karbonpris.

Politikken er helt avgjørende for den teknologiske utviklingen og innfasingen av nye teknologier. DNV GL forventer en karbonpris i Europa fra ca 25 dollar rundt 2020 til 35 dollar i 2030, stigende til 60 dollar i 2100. De ser heller ingen store, bare gradvise, endringer i eksisterende subsidier for fossil energi (blant annet kull), men en viss økning i omfanget av beskatning av biltrafikk, herunder veiprising.

DNV anser at det er tilstrekkelig med malmreserver til å møte etterspørselen etter sjeldne metaller til å produsere nye energiteknologier slik som nikkel, mangan, krom, kobber. Til tross for perioder med høye priser på enkelte av disse råvarene anser DNV GL at disse næringene er i stand til å respondere på midlertidige knapphetssituasjoner og sikre et langsiktig tilbud. Særlig kobolt avhenger av en enkelt tilbyder (Kongo), men det synes som om teknologiske endringer i batteriteknologier vil gi mindre behov for dette metallet i framtiden (s 59).

Nye energikilder krever areal, det gjelder både vind og sol. De forventer at sol vil øke 30 ganger fra dagens nivå.

De diskuterer også bioenergi og konkurransen mellom mat og brensel (transportbrensler) s 61. De tror den største etterspørselen vil komme fra luftfart og tungtransport, siden disse transportformene har få alternative fossilfrie teknologier. De har anslått arealbehovet for å forsyne verden med andre- og tredjegerasjons biodrivstoff. De anslår arealbehov for biodrivstoff på 0,5 til 1 million kvadratkilometer. De sier at dette bare er 0,8% av globalt landareal, så det synes som om de anser dette som et lite tall. Kina og Europa er regionene med store krav til landareal dersom de skal være selvforsynt, men de antar at regioner med arealbegrensninger (i.i Europa og Kina) kan dekke behovet med import. De drøfter ikke nærmere ILUC-effekter i produsentlandene.

Bil

De forventer rekkevidde for elbiler øker kraftig i første halvpart av 2020-tallet, til 400-500 kilometer, som følge av økt batterikapasitet per kilo. Batteriprisene forventes å avta fortsatt gjennom hele 2020-tallet. Livsløpskostnader (kjøp, service, drivstoff og andre løpende kostnader) antas å gå ned med 20 prosent til 2030 og gradvis ytterligere 10 prosent til 2050.

De antar at hydrogen ikke vil være attraktivt for lette kjøretøy, blant annet på grunn av mer komplisert og kostbar teknologi enn elbil.

Ladbar hybrid anses som en «broteknologi» som bare vil være attraktiv til elbielen har fått tilstrekkelig rekkevidde, noe DNV GL tror vil skje midt på 2020-tallet.

Luftfart

De konstaterer at velstandsveksten i mange regioner er en sterk driver bak veksten i luftfarten. Dette har dels kommet av effektiviseringsgevinster. SDom i shipping, tror de «lommer» av kortdistansefly kan bli elektrisk, (6 % elfly i 2050). Men andel av passasjerene vil følgelig bli mye lavere. De tror mer på innblanding av biodrivstoff. (de finner en inntektselastisitet globalt for fly på 1,3 mhp BNP per kapita (uklart formulert om det er per cap eller per BNP enhet). Uansett 165% øknin i lantall flyreiser 2050. De tror på at drivstoffet vil inneholde 42% biodrivstoff i 2050.

Kraft i Europa

På grunn av elektrifisering av flere sektorer, øker energiproduksjonen i Europa. Vindkraft på land øker en del til 2030, men mot 2050 er det vindkraft til havs som øker. DNV GL tror på solenergi som den store vekstfaktoren i kraftsektoren i Europa, mens kull langt på vei fases ut til 2030, tror DNV GL. De tror at sol og vind står for ca. 50 % av verdens elektrisitetsproduksjon i 2040 og 63 prosent i 2050. Det kan da bli utfordringer i forsyningssikkerheten med så store andeler variabel kraft, men det fins en rekke botemidler. De tror dette kan løses.

Hydrogen

Kostbar elektrolyse som også gir et betydelig energitap. Langdistansetransport med lastebil kan ikke stole på batterier som hovedenergilagere og må benytte brenselcellerløsninger, til tross for at disse bare er halvparten så eneregieffektive og mer komplekse og kostbare. Karbonprisen vil være avgjørende for hydrogenbruken. Med høyere karbonpriser, vil hydrogenbruken øke i transport, (og i bygg).

Under kapitlet Energikilder diskuteres biomasse, og også kort spørsmålet om bioenergi er klimanøytral. De stoler på IPCC-reglene som sier at biomasse er klimanøytral. De vektlegger at framtidig bioenergi vil være en annen enn dagens, og at bærekraftig biodrivstoff vil være en

«viktig del av biomasse-miksen» (s 151). De holder på prinsippet, men sier bare at de vil følge forskning og debatt om dette nøye. De anser at høy karbonpris er viktig for å få opp bruken av bioenergi.

En egen analyse av Europa

Framskrivningen gir ikke oppfyllelse av utslippsmålene. Energirelaterte utslipp går ned fra 3,3 Gtonn i 2017 til 2,1 i 2030 og 1,0 i 2050.

Utviklingen de nærmeste 5 år

De drøfter blant annet de politiske mulighetene til reduksjoner de nærmeste årene. Mange eiere av 'stranded assets' vil være motstandere av store teknologiskift som vil gjøre tidligere investeringer ulønnsomme, for eksempel i kullkraftverk, fossile kjøretøy og energiintensiv industri. Kina og India driver sterk energitransformasjon pga. lokal forurensning og forsyningssikkerhet. Avkarbonisering i mange land drives mer av helse og lokal luftkvalitet enn av klimahensyn (s 250). De tror på at biodrivstoff i større grad kan tilbys på mange flyplasser de nærmeste 5 årene (s 253). Eksperimenter med elfly fortsetter, men Det anses lite sannsynlig at disse vil utgjøre noe reelt marked de nærmeste fem år.

Hvordan nå 1,5 grader?

Framskrivningen gir 2,4 grader. Hva mer må til? DNV GL fokuserer bare på karbon sinks etter 2050, men de mener det er for dyrt og for usikkert.

Tilnærminger:

- Energieffektivisering. Det hjelper.
- Mer fornybar energi.
 - o Men direkte utslipp vil fortsatt være til stede i 2050 (utenom kraft)
 - o Elektrifisering av andre sektorer (blant annet bygg er svært dyrt). Ikke realistisk å få til alt med fornybar
 - o Trenger CCS (men den fjerner heller ikke alt).
- Trenger en kombinasjon av tiltak (selvsagt)
- Negative utslipp.
 - o Skogplanting, bioenergi med CCS, Direct carbon capture (DACCS)

Enova

Enova [5] presenterer et bilde av det norske og globale lavutslippssamfunnet i 2050, basert på innspill fra fire forskningsinstitusjoner, basert på at viktige egenskaper ved det norske samfunnet videreføres, men at man ved hjelp av sterk virkemiddelbruk og teknologisk utvikling har redusert utslippene til nesten null, med begrensede kostnader. Dette har skjedd ved hjelp av teknologier som er kjent i dag, riktignok med varierende modenhet.

