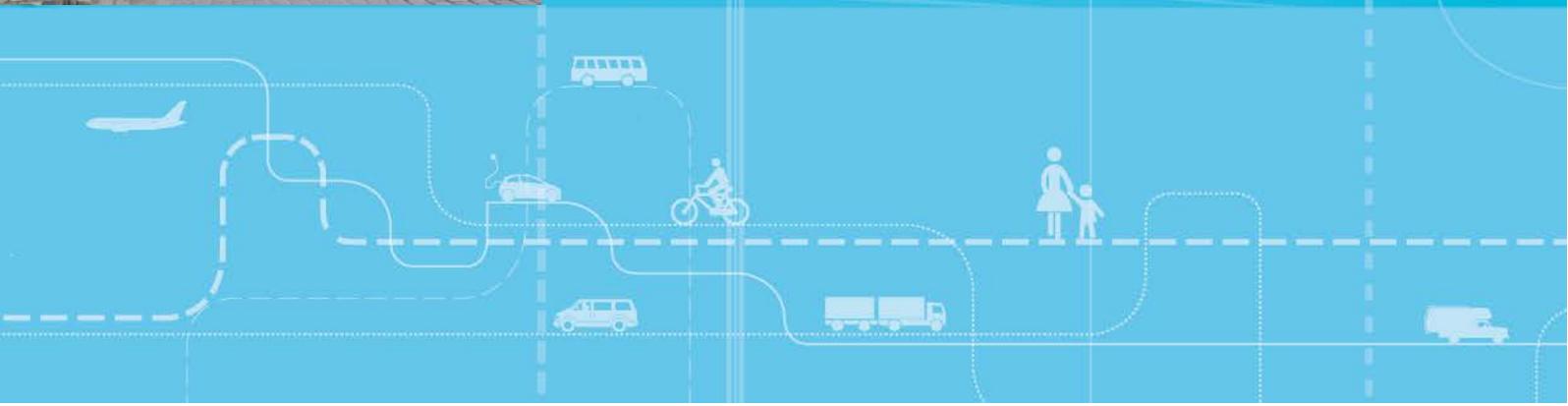


Klimagasseffekt ved ulike tiltak og virkemidler i samferdselssektoren - transportmodellberegninger



Klimagasseffekt ved ulike tiltak og virkemidler i samferdselssektoren - transportmodellberegninger

Anne Madslie
Chi Kwan Kwong

Transportøkonomisk institutt (TØI) har opphavsrett til hele rapporten og dens enkelte deler. Innholdet kan brukes som underlagsmateriale. Når rapporten siteres eller omtales, skal TØI oppgis som kilde med navn og rapportnummer. Rapporten kan ikke endres. Ved eventuell annen bruk må forhåndssamtykke fra TØI innhentes. For øvrig gjelder [åndsverklovens](#) bestemmelser.

Tittel: Klimagasseffekt ved ulike tiltak og virkemidler i samferdselssektoren - transportmodellberegninger

Forfattere: Anne Madslie
Chi Kwan Kwong

Dato: 08.2015

TØI rapport: 1427/2015

Sider 52

ISBN Elektronisk: 978-82-480-1651-9

ISSN 0808-1190

Finansieringskilde: Avinor
Jernbaneverket
Kystverket
Miljødirektoratet
Statens Vegvesen

Prosjekt: 4080 - Avrop 5 - Grunnprognoser for person- og godstransport

Prosjektleder: Anne Madslie

Kvalitetsansvarlig: Kjell Werner Johansen

Emneord: Godstransport
Klimagassutslipp
Persontransport
Prognoser
Transportmodell

Sammendrag:

Beregninger med transportmodeller viser at det skal kraftige virkemidler til for å få endret transportmønster på en slik måte at det oppnås betydelige utslippsreduksjoner. Dette gjelder både persontransport og godstransport. I et prosjekt for transportetatene, Avinor og Miljødirektoratet er effekten på CO₂-utslippene ved ulike tiltak og virkemidler beregnet. Beregningene viser at både økte kilometerkostnader for vegtransport, parkeringskostnader, forfetting ved kollektivknutepunkter, billigere kollektivtransport og kombinasjoner av tiltakene kan bidra til lavere utslipp. Hvor stor CO₂-effekten blir avhenger imidlertid i stor grad av hvordan utslippsfaktorene for de ulike transportformene utvikler seg fremover. Dersom utviklingen blir slik at personbiler får betydelig lavere CO₂-utslipp, bl.a. som følge av elektrifisering, så vil det være mindre å oppnå ved overføring til kollektivtransport, sykkel og gange enn i dag. Det kan likevel være andre hensyn som taler for overgang fra bil til andre transportformer, f.eks. kapasitet i vegnettet, ulykkesrisiko, svevestøv etc.

Title: Policy measures for reducing greenhouse gas emissions from the transport sector – transport model calculations

Authors: Anne Madslie
Chi Kwan Kwong

Date: 08.2015

TØI report: 1427/2015

Pages 52

ISBN Electronic: 978-82-480-1651-9

ISSN 0808-1190

Financed by: Avinor
Norwegian Environment Agency
The Norwegian Coastal Administration
The Norwegian National Rail Administration
The Norwegian Public Roads Administration

Project: 4080 - Avrop 5 - Grunnprognoser for person- og godstransport

Project manager: Anne Madslie

Quality manager: Kjell Werner Johansen

Key words: Forecasts
Freight transport
Greenhouse gas emissions
Passenger transport
Transport model

Summary:

This report documents a project conducted for Norwegian transport authorities, Avinor and the Norwegian Environment Agency. The project team has calculated the effect various policy measures and instruments will have on CO₂ emissions in the transport sector. The calculations show that it is difficult to achieve significant emission reductions if measures only aimed at the demand side are applied. New technologies, including electric cars and rechargeable hybrids, appear to have significantly greater potential for reducing emissions compared to measures that contribute to changes in the population's travel behavior. It is worth noting though, that increased kilometer costs for road transport, parking charges, densification by public transport nodes, cheaper public transport and combinations of these measures all contribute to lower emissions. Also for freight transport, the calculations show that strong measures are needed to achieve significant changes in the modal share.

Language of report: Norwegian

Rapporten utgis kun i elektronisk utgave.

This report is available only in electronic version.

Transportøkonomisk Institutt
Gaustadalleen 21, 0349 Oslo
Telefon 22 57 38 00 - www.toi.no

Institute of Transport Economics
Gaustadalleen 21, 0349 Oslo, Norway
Telefon 22 57 38 00 - www.toi.no

Forord

Transportøkonomisk institutt har på oppdrag for NTPs klimagruppe (Vegdirektoratet, Jernbaneverket, Kystverket og Avinor) og Miljødirektoratet utført en modellanalyse av hvordan ulike tiltak og virkemidler påvirker transportomfang og klimagassutslipp i 2014, 2028 og 2050. Effekter på de lange reiser er beregnet med den nasjonale persontransportmodellen (NTM6). For å synliggjøre virkninger for korte reiser i et byområde er det valgt å gjøre beregninger ved bruk av delområdemodellen DOM-Bergen basert på det regionale persontransportmodellsystemet (RTM). Beregningene for godstransport er gjort med den nasjonale godstransportmodellen. Arbeidet er gjennomført innenfor «Rammeavtale for bistand til analyser i transportetatene og Avinor sitt arbeid med NTP 2018-2027», som ble inngått våren 2014.

Arbeidet har vært organisert som et fellesprosjekt mellom NTPs klimagruppe og Miljødirektoratets arbeid knyttet til Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling. NTPs klimagruppe har vært representert ved Ellen Foslie og Erik Lorentzen fra Statens vegvesen Vegdirektoratet, Per Fjeldal fra Jernbaneverket, Olav Mosvold Larsen fra Avinor og Rolf Jørn Fjærbu fra Kystverket, med sistnevnte som kontaktperson. Kenneth Birkeli, Vilde Haarsaker og Christine Maass har fulgt opp arbeidet fra Miljødirektoratet, med sistnevnte som kontaktperson. I tillegg har Oskar Kleven fra NTP Transportanalyse fulgt arbeidet. Vi vil takke dem alle for gode innspill og verdifulle bidrag i arbeidet gjennom en rekke prosjektmøter og mailkorrespondanse.

Prosjektarbeidet ved TØI har vært ledet av Anne Madslie, som har gjort godstransportberegningene og skrevet rapporten. Chi Kwan Kwong har gjort alle beregninger knyttet til persontransport. Avdelingsleder Kjell Werner Johansen har vært kvalitetsansvarlig for arbeidet og sekretær Trude C Rømming har stått for den endelige redigering av rapporten.

Oslo, august 2015
Transportøkonomisk institutt

Gunnar Lindberg
direktør

Kjell Werner Johansen
avdelingsleder

Innhold

Sammendrag

1	Innledning	1
2	Modellverktøy og forutsetninger for arbeidet	3
2.1	Persontransport	3
2.2	Godstransport	5
3	Persontransport, lange reiser	7
3.1	Modellberegninger	7
3.2	Utslipp	14
4	Persontransport, Korte reiser (eksempel Bergen)	22
4.1	Modellberegninger	22
4.2	Nullvekstmålet	30
4.3	Utslipp	36
5	Godstransport	42
5.1	Modellberegninger	42
5.2	Utslipp	44
6	Oppsummering	48
6.1	Samlede utslippsreduksjoner	48
6.2	Konklusjoner	49
	Litteratur	51

Sammendrag:

Virksomheter på transportomfang og klimagassutslipp av ulike tiltak og virkemidler - transportmodellberegninger

TØI rapport 1427/2015

Forfattere: Anne Madslie, Chi Kwan Kwong

Oslo 2015 52 sider

Beregninger med transportmodeller viser at det skal kraftige virkemidler til for å få endret transportmønsteret på en slik måte at det oppnås betydelige utslippsreduksjoner. Dette gjelder både persontransport og godstransport. I et prosjekt for transportetatene, Avinor og Miljødirektoratet er effekten på CO₂-utslippene ved ulike tiltak og virkemidler beregnet. Beregningene viser at både økte kilometerkostnader for vegtransport, parkeringskostnader, fortetting ved kollektivknutepunkter, billigere kollektivtransport og kombinasjoner av tiltakene kan bidra til lavere utslipp. Hvor stor CO₂-effekten blir avhenger imidlertid i stor grad av hvordan utslippsfaktorene for de ulike transportformene utvikler seg fremover. Dersom utviklingen blir slik at personbiler får betydelig lavere CO₂-utslipp, bl.a. som følge av elektrifisering, så vil det være mindre å oppnå ved overføring til kollektivtransport, sykkel og gange enn i dag. Det kan likevel være andre hensyn som taler for overgang fra bil til andre transportformer, f.eks. kapasitet i vegnettet, ulykkesrisiko, svevestøv etc.

Innledning

Innenfor "Rammeavtale for bistand til analyser i transportetatenes og Avinor sitt arbeid med NTP 2018-2027", har TØI gjort et utvalg modellberegninger for å vurdere potensialet for reduserte klimagassutslipp fra transport. Modellberegningene skal benyttes av NTPs prosjektgruppe for Klima, samt i Miljødirektoratets arbeid med "Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling".

Modellberegningene er gjort ved bruk av transportetatenes modeller NTM6 (nasjonal persontransportmodell), RTM (regionale modeller) og Nasjonal godstransportmodell. I disse modellene beregnes transportomfang og transportmiddelfordeling (turer og transportarbeid) for et referansealternativ, samt for ulike tiltaksalternativ. Det vil alltid være en betydelig usikkerhet i slike beregninger. I tillegg er utslippsfaktorene som legges til grunn for å beregne den fremtidige effekten på klimagassutslipp usikre. Resultatene må derfor ikke sees på som en "fasit" for transportomfang, transportmiddelfordeling eller utslipp, men som en sannsynlig **retning** og **størrelsesorden** på effekten av tiltaket, samt gi en pekepinn på relative forskjeller mellom tiltakene.

Flere av tiltakene som er beregnet kan være utfordrende å gjennomføre av praktiske eller tekniske årsaker, eller fordi det krever innføring av upopulære avgifter. Slike forhold er ikke vurdert i forbindelse med foreliggende beregninger.

Forutsetninger for utslippsberegningene

For å beregne klimagassutslipp multipliseres antall kjøretøykilometer eller personkilometer med en transportform med en utslippsfaktor pr kilometer. Vi har etablert et sett med utslippsfaktorer for de ulike transportformene basert på informasjon fra ulike kilder. For vegtrafikken (bil og buss) er utslippsfaktorer fra Miljødirektoratets referansebane lagt til grunn. Disse faktorene er konservative fordi de skal vise utviklingen dersom dagens vedtatte virkemiddelsituasjon forblir uendret. Det forskutteres dermed ingen teknologiutvikling eller endringer i kjøretøyparken som ikke utløses av dagens virkemidler. Flere mulige klimatiltak er ikke inkludert i utslippsfaktorene, men utredes mer spesifikt i Miljødirektoratets lavutslippsutredning (<http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M386/M386.pdf>) og i NTP-samarbeidets fase 2. På bakgrunn av dette ble det også gjort en alternativ utslippsberegning hvor en for bil forutsetter en høyere elbilandel i 2028 (15 % mot 2 % i opprinnelig beregning), samt en kraftigere vridning mot lav- eller nullutslippsbusser enn det som ligger i referansebanen.

For fly er dagens utslippsfaktor basert på informasjon fra Avinor, mens utviklingen fremover er basert på Miljødirektoratets lavutslippsarbeid. For tog og hurtigbåt er det benyttet samme utslippsfaktorer som i Klimakurarbeidet fra 2010 (Madslie, Minken og Vingan, 2010). For tog er det forutsatt null utslipp fra eltogene, samt at en økende andel av persontogtrafikken går med eltog.

Utslippsfaktorer for 2014 og beregningsårene 2028 og 2050 er vist i tabell S.1. Det er også vist hvilke faktorer som er brukt i den alternative beregningen med gunstigere utslippsutvikling for vegtrafikken.

Tabell S.1 Utslipp av CO₂ pr. kjøretøykilometer og personkilometer anvendt på lange personreiser. Gram pr. kilometer. For 2028 også et alternativ med sterkere overgang til elbil og lavere utslipp fra bybuss.

Gram CO ₂ pr. kjøretøykm	2014	2028	2050	2028-alt.
Personbil	158	128	115	113
Buss, langdistanse	862	862	862	862
Bybuss	921	879	787	400
Gram CO ₂ pr. personkm	2014	2028	2050	2028-alt.
Buss, langdistanse	72	72	72	72
Bybuss	61	59	52	27
Båt	472	410	329	410
Tog*	8	3	2	2
T-bane	0	0	0	0
Fly	118	94	65	65

*For tog er disse faktorene brukt for lange reiser, mens det er brukt 0 for korte reiser i områder der det kun er eltog.

Beregnet utslipp av CO₂ fra godstransport bygger på utslippsfaktorer som vist i tabell S.2. Utslippsfaktorer pr kjøretøykilometer for lastebil er levert av Miljødirektoratet. I disse øker utslippet pr km kjørt med lastebil noe fremover. Utslipp pr tonnkilometer avhenger imidlertid også av antall tonn pr bil, og vi velger å forutsette at tonn pr bil øker svakt. Ved dette får vi en utslippsfaktor pr tonnkilometer som er konstant i perioden. For øvrige transportformer er det benyttet samme utslippsfaktorer som i

Klimakurarbeidet fra 2010. For skip vil det komme oppdaterte utslippsfaktorer fra SD høsten 2015.

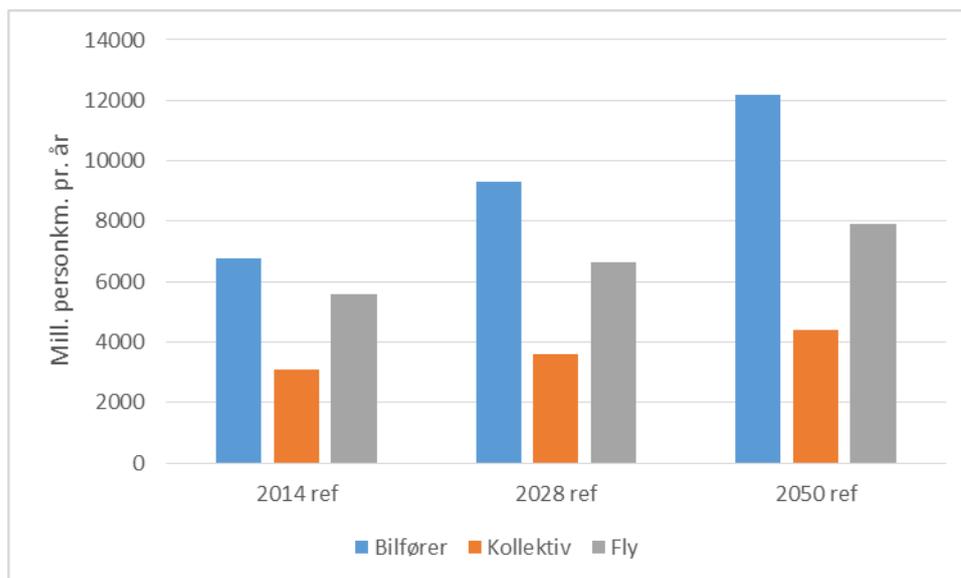
Tabell S.2 Utslipp av CO₂ pr. kjøretøykilometer og tonnkilometer for godstransport. Gram pr. kilometer.

	2014	2028	2050
Lastebil g/kjøretøykm	997	1009	1009
Lastebil g/tonnkm	121	121	121
Skip g/tonnkm	57	55	50
Tog g/tonnkm	10	7.8	5.8

Persontransport

Lange reiser

For reiser over 7 mil er det gjort et utvalg beregninger med Nasjonal persontransportmodell, NTM6. Som utgangspunkt for modellberegningene ligger grunnprognosene fra NTP (Madslie m.fl, 2014) til grunn. Utvikling i persontransportarbeidet i grunnprognosen er vist i figur S.1, for de tre beregningsårene. Bilpassasjer er også beregnet i modellen, men ikke tatt med i figuren da det ikke er relevant for utslippsberegningene.



Figur S.1 Beregnet utvikling i transportarbeid for lange reiser i referansebanen. Millioner personkilometer pr. år.

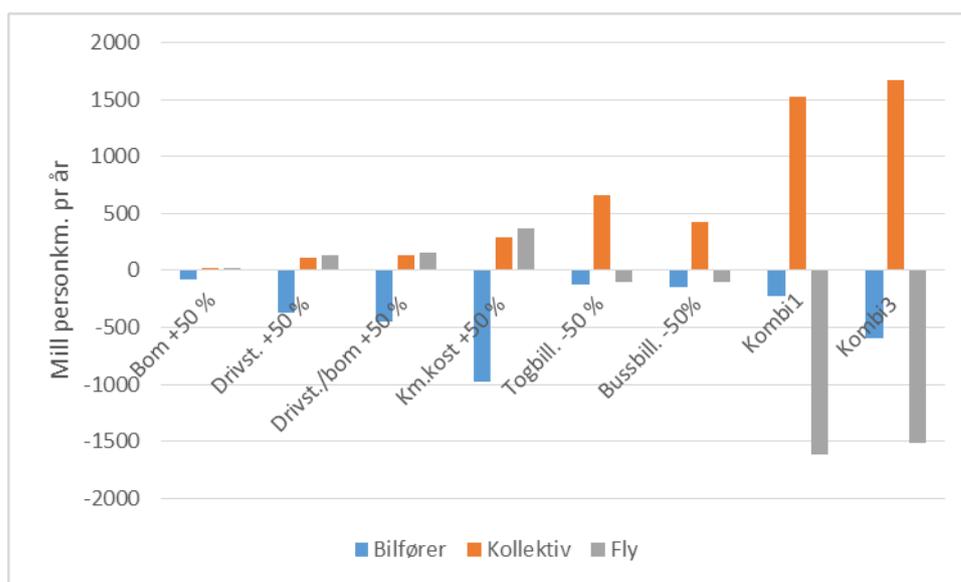
Beregningsalternativene for lange reiser er vist i tabell S.3. Alle alternativene er beregnet for 2014 og 2028, i tillegg til at det er gjort grove anslag for 2050.

Tabell S.3 Beskrivelse av modellkjøringene med langdistansemodellen NTM6.

Alternativ	Beskrivelse
1 Referanse 2014/2028	Referansealternativet 2014 og 2028
2 Bom +50 %	Alle bomstasjoner får 50 % økning i bomsatsene
3 Drivstoff +50 %	Drivstoffprisen* for privatbil økes med 50 %
4 Drivstoff og bom +50 %	Både bomsatser og drivstoffpris økes 50 %
5 Kilometerkost +50 %	Kilometerkostnadene* for privatbil øker 50 %
6 Togbillett -50 %	Prisen på togbilletter halveres
7 Bussbillett -50%	Pris på bussbilletter halveres
8 Kombi1	Kombinasjonsalternativ 1: 50 % økning av bomsatser, 50 % lavere pris buss og tog, 25 % økt pris fly, 10 % redusert reisetid tog.
9 Kombi3	Kombinasjonsalternativ 3: Som Kombi 1, men også 50 % økt drivstoffpris bil.

* drivstoffprisen utgjør ca. 40 % av kilometerkostnadene for privatbil

For beregningsåret 2028 er beregnede endringer i transportarbeid for hvert alternativ vist i figur S.2, for hhv bilfører, kollektivtransport (ekskl. fly) og fly.

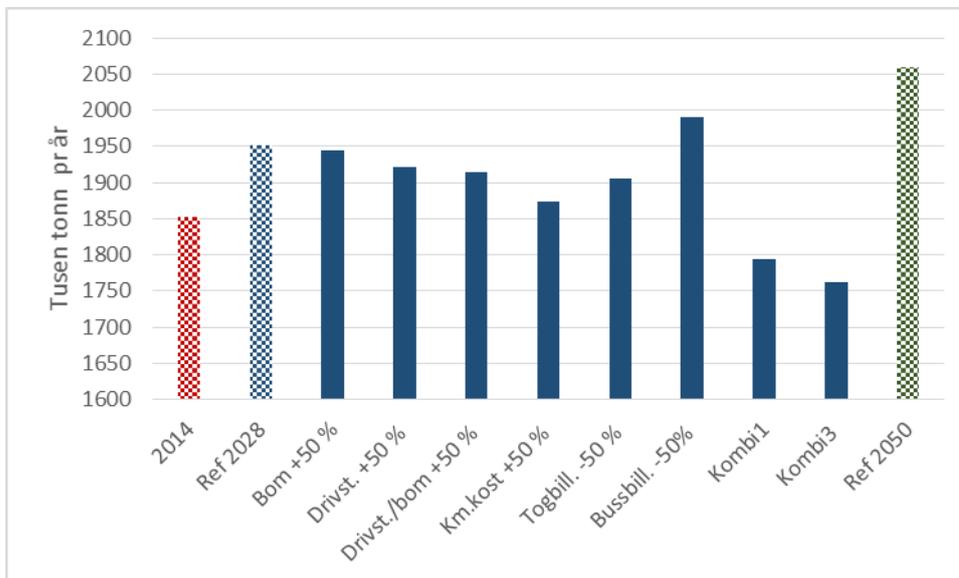


Figur S.2 Beregnet endring i transportarbeid for lange reiser i de ulike beregningsalternativene i 2028. Millioner personkilometer pr. år.

Alternativene 6 og 7, med reduserte kollektivpriser for buss eller tog, medfører høyere samlet transportarbeid enn i referansealternativet. Kombi1 har også lavere priser for buss og tog, men her er det en betydelig prisøkning for fly som bidrar til lavere transportarbeid samlet sett. Alle alternativ med økte kostnader knyttet til bruk av privatbil gir redusert transportarbeid. Økte kostnader for bilreiser gir en viss overgang til flytrafikk, mens flytrafikken reduseres i de to kombialternativene hvor billettprisen på fly øker.

De beregnede endringene i transportarbeid kan, sammen med egnede utslippsfaktorer pr. transportform, brukes til å beregne endret utslipp av CO₂, som omtalt tidligere.

Figur S.3 viser beregnede utslipp av CO₂ fra lange reiser i 2014, referansealternativene i 2028 og 2050, samt de ulike tiltaksalternativene i 2028.



Figur S.3 Beregnet utvikling i CO₂-utslipp fra lange reiser i referansebanen og de ulike tiltaksalternativene 2028. Tusen tonn pr. år.

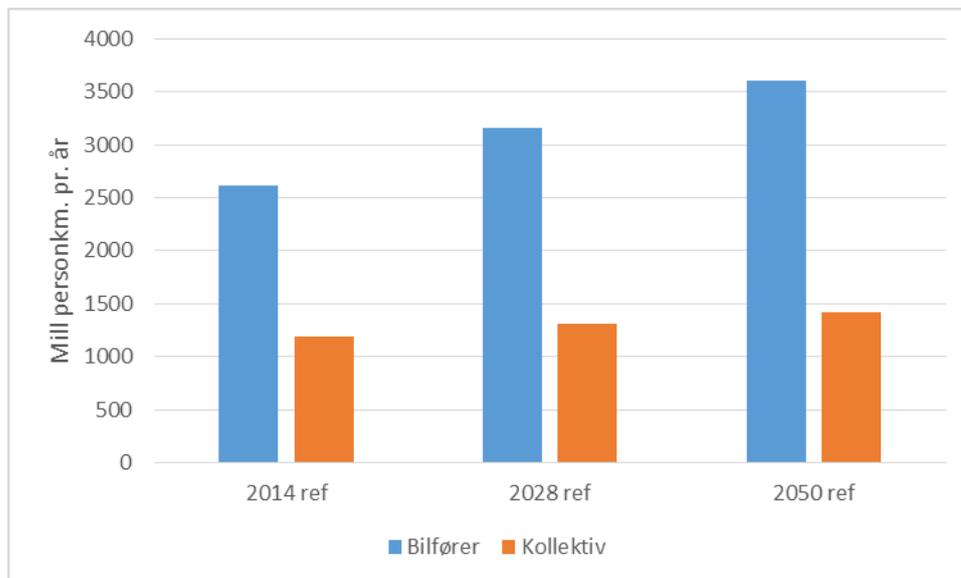
Med de utslippsfaktorer og andre forutsetninger som ligger til grunn så beregnes i referansebanen en økning i CO₂-utslippene fra lange reiser på knapt 100 tusen tonn i 2028 i forhold til i 2014. Begge de to kombinasjonsalternativene gir utslippsreduksjoner som innebærer at utslippet blir lavere i 2028 enn i 2014. Ellers ser vi at alle tiltakene, med unntak av lavere pris på buss, gir en reduksjon i utslippene. Lavere billettpriser på buss fører riktignok til en reduksjon av bil- og flyreiser, men det blir samtidig så stor økning i samlet reiseaktivitet at utslippene går opp. Ellers er utslippsreduksjonen relativt beskjeden i flere av beregningene, og viser at det må kraftige virkemidler til for å oppnå større utslippskutt. Der økte kostnader for vegtrafikken er kombinert med lavere priser for kollektivtransport (Kombi3), vil man få en nedgang i utslipp på grunn av overgang fra bil til kollektivtransport, men samtidig vil man også få generert mer kollektivtrafikk som reduserer utslippsgevinsten noe. Dersom det er mye ledig kapasitet i kollektivtrafikken så vil imidlertid de utslippsfaktorene vi har benyttet være for høye, og CO₂-gevinsten ved overføring til kollektivtrafikk vil være større enn vist i figuren. Det er også verdt å merke seg at alle de beregnede tiltakene også vil påvirke de korte reisene, slik at den totale effekten av et tiltak vil være større enn det som er vist i figuren.

Korte reiser

Modellsystemet for korte reiser, RTM, består av 5 regionale modeller som til sammen dekker alle reiser under 70 km i hele landet. I tillegg finnes delområdemodeller for en del byområder, for bruk i analyser på mer detaljert nivå. Det har ikke vært mulig å gjøre beregninger for alle korte reiser i Norge, da det ville kreve beregninger med et for stort antall modeller. Det er derfor valgt å gjøre beregningene med én av det regionale modellsystemets delområdemodeller, som en illustrasjon av forventede effekter av ulike tiltak. Modellen som ble valgt er for Bergensområdet (DOM-

Bergen), som var den eneste delområdemodellen som var oppdatert på det tidspunkt beregningene skulle gjøres.

Figur S.4 oppsummerer beregnet utvikling i transportarbeid for korte reiser (under 70 km) i modellområdet for perioden 2014-2050, med befolkningsvekst og økonomisk utvikling som i grunnprognosene. Utslippsfrie transportformer som bilpassasjer, gang og sykkel er inkludert i modellberegningene, men er ikke tatt med i figuren siden det ikke påvirker utslippsberegningene.



Figur S.4 Beregnet utvikling i transportarbeid for korte reiser i DOM-Bergen i referansebanen. Millioner personkilometer pr. år.

Tabell S.4 viser hvilke tiltak/case som er beregnet med DOM-Bergen. Alle beregninger er gjort for 2028, med unntak av referansealternativet for 2014. I tillegg er det gjort grove anslag for alle tiltak i 2050.

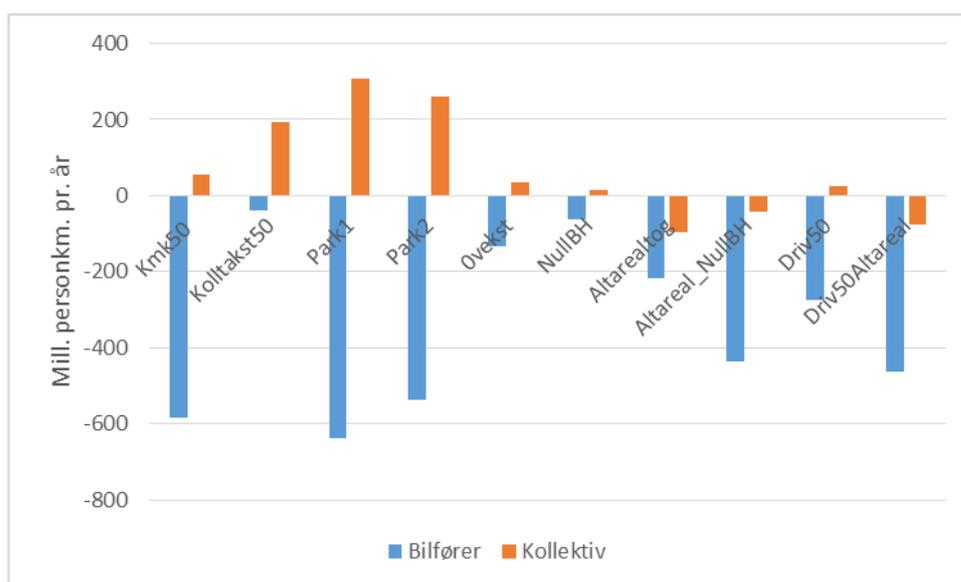
Tabell S.4 Oversikt over hvilke tiltak som er beregnet med DOM-Bergen

1	2014	Referanse 2014
2	2028	Referanse 2028
3	Kmk50	Kilometerkostnad for bil: +50 % for alle reisehensikter
4	Kolltakst50	Kollektivtakst: - 50 % i hele modellområdet
5	Park1	Flat parkeringskostnad i hele modellområdet: 150 kr/dag for arbeidsparkering, 30 kr/time for korttidsparkering. Alle arbeidstakere betaler fullt for arbeidsparkering (dvs ingenting dekket av arbeidsgiver). Ingen parkeringskostnad på bosted.
6	Park2	Differensierte parkeringskostnader: 150 kr/dag for arbeidsparkering og 30 kr/time for korttidsparkering i Bergen kommune. Andre kommuner: 75 kr/dag for arbeidsparkering og 15 kr/time for korttidsparkering. Arbeidstakere betaler fullt for arbeidsparkering. Ingen parkeringskostnad på bosted.
7	Ovekst	Tilnærmet null økonomisk vekst fra 2014 til 2028, dvs. at det forutsettes uendret i realdisponibel inntekt/privat konsum fra 2014. Påvirker bilhold/biltilgang i modellen.
8	NullBH	Null bilhold i grunnkretser med bybanestasjoner (fra sentrum til og med Nesttun) + Indre Arna (15 grunnkretser)

9	Altarealtog	All befolkningsvekst fra 2014 til 2028 i hele modellområdet er lagt til grunnkretser med bybanestasjoner (fra sentrum til og med Nesttun) + Indre Arna (til sammen 15 grunnkretser). Befolkningen i disse grunnkretsene øker fra 15 659 til 94 116.
10	Altarealtog_ NullBH	Kombinerer 8 + 9 (dvs all befolkningsvekst til 15 knutepunkter og null bilhold i disse grunnkretsene)
11	Driv50	Drivstoffkostnad for bil: +50 %
12	Driv50Altarealtog	Kombinerer 9 + 11 (all befolkningsvekst til 15 knutepunkt og drivstoffkostnad opp 50 %)

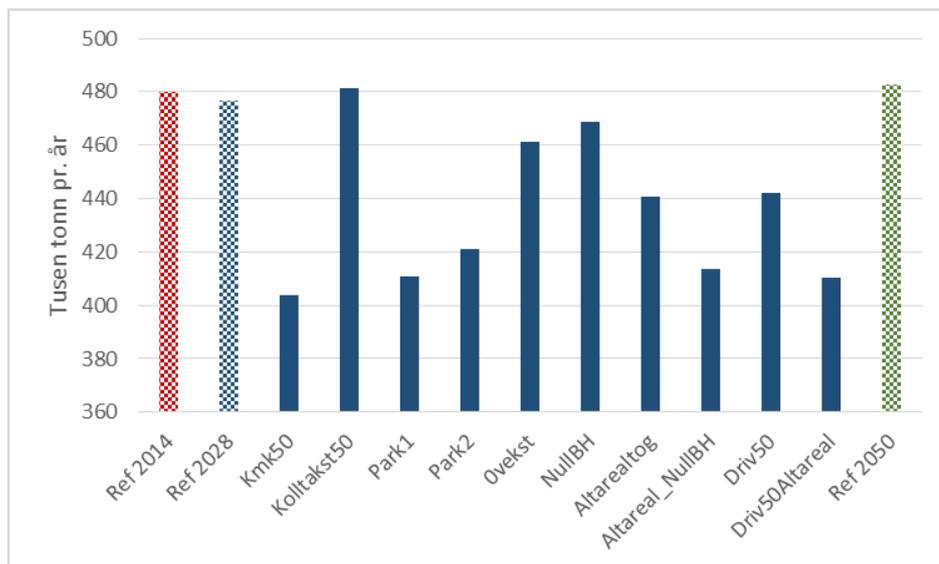
Det må bemerkes at mye av dette er svært stilistiske alternativer, som det pr. i dag ikke er enkelt å gjennomføre. Dette gjelder særlig tiltakene med null bilhold, fullstendig styrt befolkningsvekst, og svært høye kostnadsøkninger for privatbil. Beregningene kan likevel være interessante for å si noe om hva som *kunne* skjedd dersom det ble gjennomført tiltak som går i retning av det som er skissert i tabellen over. Caset hvor den økonomiske veksten stopper opp kan betraktes som en følsomhetsberegning av effekten av økonomisk vekst.

Beregnete endringer i transportarbeid for 2028 er vist i figur S.5, for hhv bilfører og kollektivtransport. Bilpassasjer, gang og sykkel er ikke med, da det ikke er relevant for de videre utslippsberegningene.



Figur S.5 Beregnet endring i transportarbeid for korte reiser i DOM-Bergen i de ulike beregningsalternativene i 2028. Millioner personkilometer pr. år.

Figur S.6 viser beregnede utslipp av CO₂ fra korte reiser i DOM-Bergen i 2014, referansealternativene i 2028 og 2050, samt de ulike tiltaksalternativene i 2028. I motsetning til for de lange reisene så beregner vi for korte reiser en nedgang i CO₂-utslipp fra 2014 allerede i referansealternativet 2028. De ulike tiltakene bidrar i ulik grad til ytterligere nedgang, med unntak av redusert kollektivtakst som gir en liten økning. Det er imidlertid mange forutsetninger som kan endre dette bildet, f.eks. er det i vår beregning lagt til grunn at kollektivtilbudet øker i takt med etterspørselen etter kollektivtransport. Dersom det i utgangspunktet er mye ledig kapasitet vil ikke det være nødvendig, og utslippsfaktorene i kollektivtransport vil synke på grunn av økt passasjerbelegg.



Figur S.6 Beregnet utvikling i CO₂-utslipp fra korte reiser i DOM-Bergen. Referansebanen og de ulike tiltaksalternativene 2028. Millioner tonn pr. år.

Godstransport

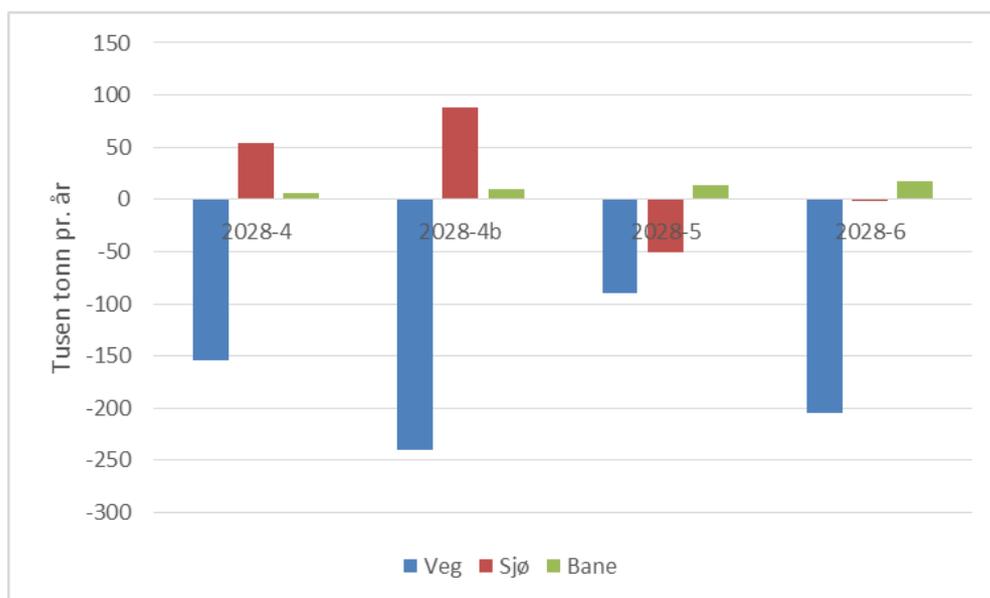
For godstransport er den nasjonale godstransportmodellen kjørt for et antall utvalgte alternativer. Alternativene er kjørt for to analyseår, 2028 og 2050. I tillegg til en referansekjøring for hvert av årene, er det gjort tre beregninger for hvert av de to årene (alternativ 3, 4 og 5), samt en tilleggsberegning kun for 2028 (alt 4b). Dette er oppsummert i tabell S.6.

Tabell S.6 Oversikt over alternativene som er beregnet med godsmodellen.

Alternativ	Beskrivelse
4: Vegkm + 25%	Kilometerkostnader på veg øker 25 %
4b: Vegkm +50 %	Kilometerkostnader på veg øker 50 % (kun for år 2028)
5: Jernbane/sjø	Satsing på jernbane og sjø (700 m tog, 25 % lavere kostnad/tidsbruk i terminal, 25 % lavere kostnad for transport av stykk gods på skip)
6: Pisk/gulrot	Alternativ 4 og 5 kombinert

Beregninger av fordelingen av transportarbeid på de ulike transportformene i hvert alternativ viser at det skal kraftige virkemidler til få å flytte store andeler av vegtransporten over til sjø og bane. Dette er det flere grunner til, bl.a. vil det alltid være slik at en del av godset er lokalisert slik at det må kjøre lange omveier (med lastebil) for å komme til havner og jernbaneterminaler. En annen viktig årsak er at en del gods er såpass tidsfølsomt at i hvert fall sjøtransport blir et dårlig alternativ. I tillegg er ofte traséen på sjø lenger enn for vegtransport, slik at samlet transportarbeid øker ved en overflytting (f. eks. mellom Oslo og Trondheim eller Nord-Norge).

Med de utslippsfaktorene som er benyttet beregnes samlet utslipp av CO₂ fra godstransport i referansebanen å øke med ca 1 millioner tonn fra 2012 til 2028, og ytterligere 0.6 millioner tonn til 2050. Dersom det mest omfattende tiltaket legges til grunn i 2028 (Pisk og gulrot) vil knapt 200 tusen tonn av økningen på 1 million tonn unngås. I de andre alternativene er effekten noe mindre. Figur S.7 viser hvordan utslipp pr. transportform beregnes å endre seg i hvert av beregningsalternativene i 2028, målt mot referansealternativet for dette året.



Figur S.7 Beregnet endring i CO₂-utslipp fra godstransport i de ulike alternativene 2028, målt mot referansealternativet 2028. Tusen tonn.

Samlede utslippsreduksjoner

Selv om det i stor grad er forskjellige tiltak som er analysert for korte reiser, lange reiser og godstransport, så er det likevel to beregninger som er sammenlignbare for personturene. Disse dreier seg begge om økte kostnader knyttet til personbiltransport, hhv. økning av drivstoffkostnadene med 50 prosent, og økning av kilometerkostnadene knyttet til biltransport med 50 prosent. Basert på en grov antakelse om at trafikkarbeidet i området som omfattes av DOM-Bergen utgjør i overkant av 10 % av trafikkarbeidet for korte reiser på landsbasis, oppnås en samlet reduksjon i CO₂-utslipp fra personreiser på mellom 350 og 400 tusen tonn CO₂ i 2028 dersom drivstoffprisen for personbil øker med 50 prosent. Dette utgjør i underkant av 6 % av beregnede utslipp fra persontransport i 2028. Hvis det i stedet er de kilometeravhengige kostnadene knyttet til personbiltransport som øker med 50 prosent, så beregnes en nedgang i CO₂ på rundt 800 tusen tonn (ca 12 % reduksjon).

Tiltakene som er beregnet for godstransport er ikke helt like, men det er gjort en beregning med 25 % økning i kilometerkostnadene for vegtransport, som til en viss grad kan sammenlignes med 50 % økning i drivstoffkostnadene for persontransport. I dette tilfellet har vi beregnet en nedgang i CO₂ på knapt 100 tusen tonn (ca. 1 %). Det er også gjort en beregning med 50 % øking i kilometerkostnadene for lastebiltransport, som kanskje kan sammenligne med 50 % økning i kilometerkostnadene for personbil. Her beregnes en reduksjon i CO₂-utslipp på knapt 150 tusen tonn (ca. 1.5 %).

Den samlede årlige utslippsreduksjonen for person og gods vil dermed være i størrelsesorden 850 til 900 tusen tonn i forhold til referansealternativet 2028 ved 50 % økning i kilometerkostnadene. Ved 50 % økning i drivstoffkostnadene er den årlige CO₂-besparelsen anslått til mellom 450 og 500 tusen tonn i forhold til referansealternativet 2028.

Oppsummering

Beregningene viser at det skal kraftige virkemidler til for å få til betydelige utslippsreduksjoner fra persontransporten ved tiltak bare rettet mot etterspørselssiden. Dette samsvarer med f.eks. konklusjonene fra TEMPO-prosjektet hvor man fant at virkemidler for å bidra til innfasing av ny teknologi, bl.a. i form av elbiler og ladbare hybrider, har betydelig større potensiale for utslippskutt enn tiltak som skal bidra til endringer i befolkningens reisevaner. En massiv overgang til nullutslippsbiler bidrar imidlertid ikke til å løse problemer knyttet til køer, svevestøv, trafikkulykker etc. på samme måte som ved overgang til kollektivtrafikk, sykkel og gange.

Beregningene viser at økte kostnader knyttet til bilkjøring er effektivt på den måten at det både bidrar til overgang til andre transportformer samtidig som reiseomfanget går noe ned. Effekten er kraftigere i byområder enn for lange reiser, i hovedsak fordi det der er lettere å finne gode alternativer til bilkjøringen. De lange bilreisene har også høyere personbelegg enn de korte reisene, noe som innebærer at det skal mer til av kostnadsøkninger før man finner det gunstig med overgang til kollektiv transport. Også reduserte priser i kollektivtransporten fører til en viss overgang fra bilreiser, men her får man også utilsiktede effekter som overgang fra gang og sykkel, samt noe høyere reiseaktivitet totalt sett.

Beregningene viser videre at parkering er et kraftig virkemiddel, ikke minst med såpass høye satser og strenge reguleringer som i de alternativene vi har sett på. Det er imidlertid viktig å være klar over at beregningene som er gjort forutsetter at det er mulig å krevne inn parkeringsavgift for *alle* bilturer, uansett hvor de går til. Den ene av beregningene skiller riktignok på taksten innenfor og utenfor Bergen kommune, og det er mulig å oppgi både forskjellig takst i alle modellens soner og forskjellig andel av de besøkende til sonen som betaler parkeringsavgiften selv. Dette er noe man bør se nærmere på dersom man ønsker å få mer realistiske beregninger av effekten av et slikt tiltak.

Ellers viser beregningene at arealutvikling med fortetting ved effektive kollektivknutepunkter fører til lavere bilandel og mer kollektivreiser. Eksemplet som er beregnet er imidlertid svært stilistisk og man bør se nærmere på konkrete utbyggingsmuligheter for å beregne et mer realistisk potensiale for utslippsreduksjonen. Her vil det være av stor betydning hvilke knutepunkter man bygger ut og hvor befolkningsveksten ellers ville kommet. Dersom knutepunktene er så sentralt plassert at man også får økt andel gange og sykkel vil dette virke mer positivt enn om knutepunktene er lokalisert langt fra sentrum.

Også for godstransporten viser beregningene at det skal kraftige virkemidler til for å flytte gods fra veg til mer utslippsvennlige transportformer. Årsaker til dette er at mye transport skjer mellom steder hvor jernbane og sjø ikke er reelle alternativer (ut fra lokalisering), samt at lastebiltransport er den raskeste og mest fleksible transportformen. Beregningene viser også at det er betydelige konkurranseflater mellom jernbane og sjøtransport, og at en forbedring av begge disse transportformene samtidig ikke bare fører til overgang fra veg men at det også kan bli en omfordeling mellom disse transportmåtene. Omfanget av dette vil naturlig nok variere med styrken på virkemidlene som settes inn.

1 Innledning

Innenfor ”Rammeavtale for bistand til analyser i transportetatens og Avinor sitt arbeid med NTP 2018-2027”, har TØI fått i oppdrag å gjøre et utvalg modellberegninger for å vurdere potensialet for reduserte klimagassutslipp fra transport. Modellberegningene gjøres for et utvalg tiltak og virkemidler og skal benyttes av NTPs prosjektgruppe for Klima, samt inn mot Miljødirektoratets arbeid med ”Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling”. NTP (Statens vegvesen, Kystverket, Jernbaneverket, Avinor) og Miljødirektoratet har sammen finansiert prosjektet.

Modellberegningene er gjort ved bruk av transportetatens modeller NTM6 (nasjonal persontransportmodell), RTM (regionale modeller) og Nasjonal godstransportmodell. I disse modellene beregnes transportomfang og transportmiddelfordeling (turer og transportarbeid) for et referansealternativ, samt for ulike tiltaksalternativ. Hvilke tiltak som er beregnet er bestemt i samråd med oppdragsgivergruppen for prosjektet, bestående av representanter fra Miljødirektoratet, Kystverket, Jernbaneverket, Statens vegvesen og Avinor. Det er tidligere gjort lignende beregninger både i forbindelse med Klimakurarbeidet i 2010 (Madslie, Minken og Vingan, 2010) og i forskningsprosjektet TEMPO (Fridstrøm, Alfsen m.fl 2014). I mellomtiden er det utviklet en ny nasjonal persontransportmodell, mens alle de andre modellene er videreutviklet. I foreliggende prosjekt er det dels gjort tilsvarende beregninger som tidligere er gjort med eldre modeller, dels er nye tiltak beregnet.

Denne rapporten går ikke nærmere inn på hvordan de ulike tiltakene eller tiltakspakkene kan gjennomføres, eller hvor realistiske de er. Flere av tiltakene kan være utfordrende å gjennomføre av praktiske eller tekniske årsaker eller fordi det for eksempel krever at politikerne våger å innføre upopulære avgifter.

Transportmodellene som er benyttet er svært omfattende og kompliserte og kombinerer en rekke ulike datasett. Det må likevel presiseres at modellberegninger er en forenklet fremstilling av virkeligheten og at det derfor er usikkerhet knyttet til i hvilken grad modellene klarer å forutsi effekten av de ulike tiltakene. Usikkerheten er både knyttet til modellene og de forutsetninger og svakheter som finnes i dem, men også til den input som brukes for å beregne transportomfanget i fremtidige år, som befolkning, økonomisk utvikling, framtidig transporttilbud, prisutvikling osv. Når det gjøres beregninger svært langt fram i tid, eller for spesielt kraftige tiltak eller virkemidler, så tøyser en også modellene godt på utsiden av deres normale gyldighetsområde, med den usikkerhet som følger av det.

Modellene beregner endringer i reiseomfang og transportmiddelfordeling ved ulike tiltak. For å beregne effekten på klimagassutslipp er det lagt til grunn en utslippsfaktor pr. personkilometer og tonnkilometer som også kan være usikker. Slike utslippsfaktorer vil variere sterkt etter hvilke forutsetninger som legges til grunn, bl.a. i hvilken grad de inkluderer klimatiltak eller ikke. Utslippsfaktorene som er brukt i våre beregninger bygger på Miljødirektoratets referansebane og Klimakurarbeidet fra noen år tilbake. Dette er det nærmere redegjort for i kapittel 3.2. Resultatene må derfor ikke sees på som en ”fasit” for transportomfang, transportmiddelfordeling

eller utslipp, verken for referansealternativet for et fremtidig år eller for effekten av ulike tiltak. Modellberegningene vil likevel angi sannsynlig **retning** og **størrelsesorden** på effekten av et tiltak, samt relative forskjeller mellom tiltakene.

I foreliggende rapport er det gjort beregninger for år 2028 og 2050. Disse er basert på samme forutsetninger som ble brukt ved utarbeidelsen av prognoser til transportetatens arbeid med NTP 2018-2027 (Hovi m.fl, 2015, Madslie m.fl, 2014), dvs. MMMM-alternativet i SSBs befolkningsframskrivning fra 17. juni 2014 og utviklingsbaner for næringsøkonomisk vekst og privat konsum fra Finansdepartementet (Perspektivmeldingen, 2013). Det er senere kommet en lavere vekstbane fra Finansdepartementet, som ville gitt noe lavere transportaktivitet og ved det lavere utslipp. Det har dessverre ikke vært anledning til å beregne effekten av lavere forventet økonomisk vekst i foreliggende arbeid.

Siden dette har vært et felles prosjekt mellom Miljødirektoratet og transportetatene/NTP, har det vært tilstrebet å finne et sett felles forutsetninger som i størst mulig grad stemmer overens med det som brukes i andre utredninger. For fremtidige utslippsfaktorer er det tatt utgangspunkt i Miljødirektoratets referansebane, hvor det for vegtransport (personbil, buss, lastebil) er lagt til grunn en mer konservativ effektiviseringstakt enn for andre transportformer. For vegtransport bygger referansebanen for utslipp pr km i stor grad på historisk utvikling og eventuelle vedtatte tiltak, mens man for de andre transportformene i større grad har sett på forventede utslippsreduksjoner basert på flåteutskiftning og teknologiforbedring. På grunn av dette har vi valgt å også gjøre beregninger med lavere utslippsfaktorer for personbil og buss, som muligens er mer realistiske. Dette kommer vi tilbake til i senere kapitler.

I rapportens kapittel 2 gis en kort oversikt over modellsystemet som er brukt i beregningene. Kapittel 3 beskriver transportberegninger og utslippsberegninger for lange persontransporter, mens kapittel 4 viser beregninger for korte reiser med Bergensområdet som eksempel. Kapittel 5 viser et utvalg beregninger for godstransport, mens man i kapittel 6 konkluderer og gir en grov oppsummering av samlet potensiale for utslippsreduksjoner for noen av tiltakene.

2 Modellverktøy og forutsetninger for arbeidet

2.1 Persontransport

Det norske modellsystemet for persontransport består av den nasjonale persontransportmodellen NTM6 (Rekdal m.fl, 2014), som er en helt ny modell for innenlands reiser lenger enn 7 mil, og et sett regionale persontransportmodeller RTM (Madslien et al 2005, Rekdal et al 2012), som omfatter reiser kortere enn dette. RTM består av 5 regionale modeller, en for hver av Statens vegvesens regioner.

NTM6 er estimert med utgangspunkt i de nasjonale reisevaneundersøkelsene (RVU) fra 2005 og 2009, og erstattet høsten 2014 NTM5 som var estimert på 1997/98-data. RTM er estimert på RVU 2001. RTM benytter ca 13 500 grunnkretser som soner som turene kan gå mellom. NTM6 benytter en soneinndeling basert på i overkant av 1500 såkalte delområder, som er aggregater av grunnkretser. I modellene kan man studere effektene på etterspørselen av tiltak som gir endringer i ulike faktorer som folk vektlegger når de skal reise, som reisetid, reisekostnader og andre forhold knyttet til transporttilbudet. Man kan også se på de mer langsiktige effekter som følge av endret samfunnsutvikling, f.eks. inntektsvekst, befolknings sammensetning og bosettingsmønster.

En av hovedgrunnene til å erstatte NTM5 med en nyere modell, var at den var estimert på reisevaner helt tilbake til 1997/98, dvs. før Oslo lufthavn Gardermoen åpnet i oktober 1998. Det er samtidig en fordel å gjøre estimeringen på to reisevaneundersøkelser (her 2005 og 2009), både for å få et større datamateriale, men også for å bryte en del samvariasjon mellom reisetider og reisekostnader. En viktig forskjell mellom de to modellene er at mens NTM5 gjelder for reiser over 10 mil, så har NTM6 en grense på 7 mil, med ett sett modeller fra 7-20 mil og ett sett for reiser over 20 mil. NTM6 er også tettere knyttet opp mot de regionale modellene ved at bilholdet hentes fra disse, noe som er en forbedring i forhold til NTM5. En annen forbedring fra NTM5 til NTM6 er måten turgenereringen blir ivarettatt på.

NTM6 ble første gang benyttet i forbindelse med grunnprognoser utarbeidet høsten 2014 (Madslien m.fl, 2014), etter veldig kort tids uttesting. Fremdeles har man liten erfaring med bruk av den nye modellen i forbindelse med tiltaksberegninger, noe som innebærer en viss grad av usikkerhet.

For RTM ble det høsten 2014 tatt i bruk en ny modellversjon (RTM versjon 3.5.3) for tre av Statens vegvesens regioner (vest, midt og nord). For hver av disse regionene var det hentet ut 2014-vegnettverk fra NVDB (Nasjonal VegDataBank) og etablert nye rutebeskrivelser (2014) for kollektivtransporten. Begge deler ble kodet med en ny versjon av den GIS-baserte applikasjonen TNEExtension, som blant annet skal sikre full konsistens ved senere oppdateringer fra NVDB. I tillegg tok denne RTM-versjonen i bruk en ny nettutleggingsalgoritme og en ny metode for beregning av utgangshastighet på veglenkene. De to siste vegregionene (øst og sør) fikk på plass ny modellversjon først ut på våren 2015.

RTMs etterspørselsmodell TraMod_By er tilrettelagt for å studere køer i byer ved at reisetiden varierer med antall biler på veglenkene samtidig som vegvalgene påvirkes av køsituasjonen på den enkelte veg. For at dette skal fungere fullt ut må etterspørselen beregnes for kortere tidsperioder enn døgn, og det må gjøres flere iterasjoner mellom etterspørselsmodell og nettverksmodell. Dette er tidkrevende og hovedårsaken til at det er etablert flere mindre bymodeller/delområdemodeller basert på de regionale modellene. I disse spesialiserte bymodellene vil endringer i køsituasjonen i vegnettet være med på å påvirke etterspørselen etter bilreiser. Bymodellene/delområdemodellene har vanligvis betydelig kortere beregningstid enn regionmodellene de har sitt utspring fra.

Flere av tiltakene det var ønskelig å beregne klimaeffekter av, er knyttet til byområder og køproblematikk. Det var derfor behov for å gjøre beregningene i en av delområdemodellene for by i RTM-systemet. Slike modeller er utviklet for de fleste større byområder i Norge, men siden det var et ønske at beregningene skulle gjøres med den nye versjonen av RTM så var ikke regionene sør og øst aktuelle. Valget falt på DOM-Bergen, som i størst grad var uttestet og klar på det tidspunkt beregningene måtte gjøres. I starten av mars 2015 fikk vi tilgang til en modell fra SVV region vest, og denne er brukt i foreliggende arbeid for å vurdere effekten av tiltak i byområder.

Det hadde selvsagt vært ønskelig å få gjort samlede beregninger for hele landet og alle norske byer, men det var ikke mulig innenfor prosjektets tids- og kostnadsrammer. Det forelå heller ikke tilgjengelige modeller for alle byområder på det tidspunkt arbeidet skulle gjøres. Man kunne alternativt gjort alle beregningene i de regionale modellene i stedet for i en delområdemodell for et byområde, men en ville da miste mye viktig funksjonalitet for bytransport.

I foreliggende rapport presenteres tall på ulike geografiske nivå. Usikkerheten øker jo finere geografisk nivå man studerer resultatene på. Dette betyr f.eks. at resultater for et enkelt byområde eller transportkorridor er mer usikre enn når man ser på en større region eller på landet som helhet, og enda mer usikkert blir det om man studerer trafikken på enkeltlenker.

Iblant gjør en analyser av konkrete tiltak som fører til kraftig vekst i antall kollektivturer. Dette vil også skje når en ser på prognoser for år langt fram i tid, da befolkningsveksten i seg selv fører til en stor vekst i antall kollektivturer. Modellen opererer ikke med noe kapasitetstak i kollektivtransporten, men forutsetter at det er plass til alle. For mindre tiltak som fører til begrenset vekst i antall kollektivreisende fungerer en slik forutsetning greit. Ved tiltak som fører til en sterk overgang til kollektivtransport kan en tenke seg ulike scenarier for hva som i realiteten vil skje:

- a) Kapasiteten økes ikke, og en del av den beregnede etterspørselen etter kollektivtransport vil i virkeligheten avvises på grunn av manglende plass. Modellen har da beregnet en høyere bruk av kollektivtrafikk enn det en vil se i praksis.
- b) Kapasiteten økes i takt med etterspørselen uten at frekvensen endres (f.eks. ved lenger tog, større busser, flere samtidige avganger osv). De reisende opplever da transporttilbudet som uendret, en situasjon som samsvarer med slik det beregnes i modellen.
- c) Kapasiteten økes ved at frekvensen økes. De reisende vil da oppleve et bedret kollektivtilbud (kortere ventetid), og antall kollektivreiser vil øke ytterligere på grunn av økt frekvens. Modellen får ikke med seg frekvensøkningen og vil underestimere veksten i kollektivtransport. Dette kan selvsagt motvirkes ved at en kjører modellen i

en ekstra iterasjon der en legger inn økt frekvens dersom første iterasjon viser sterk økning i etterspørselen.

Hva som er mest realistisk at skjer i praksis er noe man må vurdere fra beregning til beregning, og resultatene fra modellen må vurderes i lys av det.

Når det gjelder gående og syklende er det ofte slik at disse trafikantgruppene i praksis kan bruke et annet vegnett enn det som er tillatt for biltrafikk, gjerne med en kortere distanse. Dette er ikke fullt ut kodet i modellene. Det er heller ikke lagt inn kjennetegn på veglenkene som indikerer i hvilken grad de egner seg for gående og syklende, f.eks. om det er eget sykkelfelt eller oppmerket del av veien for syklist, eller om det er fortau og trygt å gå for fotgjengere. Dette betyr at modellen ikke er egnet til å beregne effektene av en del tiltak som er ment å bidra til økt gang- eller sykkelandel, f.eks. bygging av egne sykkeltraséer. Modellen treffer heller ikke alltid så godt på gang- og sykkelandelen i utgangspunktet, da en ikke får frem i hvilken grad det er godt tilrettelagt for disse transportmåtene på enkeltrelasjoner og i gitte områder, ei heller hvorvidt det er bratte bakker som innebærer lavere sykkelandel enn det ellers ville vært. En annen utfordring knyttet til å beregne sykkeltrafikk (og til dels gange) er den store variasjonen man har over året, med betydelig færre syklist i vinterhalvåret. Dette er noe som dagens modellverktøy ikke tar hensyn til.

De norske persontransportmodellene beregner endringer på kort og mellomlang sikt. Befolkning og bosetting endres ikke i modellen som følge av et tiltak, så eventuelle langtidsvirkninger som endring av bostedsadresse fanges ikke opp. Men de reisende antas å ha full oversikt over transporttilbudet både før og etter at endringene trer i kraft, de tilpasser seg «over natten» og de kan endre destinasjonsvalg og arbeidssted.

De siste prognosene som er etablert med persontransportmodellene (Madslie m.fl, 2014) ble gjort til etatenes arbeid med NTP 2018-2027, og er basert på MMMM-alternativet i SSBs befolkningsframskrivning fra 17. juni 2014 og utviklingsbaner for økonomisk vekst og privat konsum fra Finansdepartementet (Perspektivmeldingen, 2013). De viktigste infrastrukturprosjektene som er påbegynt innen 2018 er tatt med i prognoseårene, med bompenger der det er besluttet. Ingen av dagens bompengestasjoner er fjernet til prognoseårene. Flere av disse vil være nedbetalt og fjernet innen analyseåret, samtidig som det nok vil være kommet til noen nye bomstasjoner som vi ikke har kunnskap om i dag. Det er forutsatt uendrede realpriser for transport.

2.2 Godstransport

De viktigste delkomponentene som inngår i nasjonal godstransportmodell er:

1. Varestrømsmatriser, som skal representere årlig vareflyt mellom norske kommuner og mellom norske kommuner og utlandet, fordelt på 39 aggregerte varegrupper. Disse matrisene fremskrives til ulike prognoseår, slik at de representerer etterspørselen etter godstransport for hvert år man ønsker å analysere.
2. Informasjon om antall bedrifter i hver sone som er hhv. leverandør eller mottaker av hver varetype i varestrømsmatrisene.
3. Kostnadsmodell/kostnadsfunksjoner, som representerer transportmidlenes tids- og distanseavhengige kostnader relatert til framføring av godset, samt lasting-/lossing og omlastingskostnader, og kapitalkostnader (inkludert

degraderingskostnader) for varer i transport. Det inngår også andre logistikkostnader som ordrekostnader, lagerholdskostnader mv.

4. Nettverk som representerer de fysiske framføringsårene for veg, sjø, jernbane og flytransport, og terminaler og omlastingspunkter mellom transportformene. Basert på dette nettverket hentes det ut informasjon om transportdistanse, transporttid etc. mellom alle soner i systemet, ved ulike transportmidler og kjøretøytyper (LoS-matriser). Disse dataene benyttes sammen med kostnadsfunksjonene til å etablere transportkostnader for alle fremføringsalternativer.
5. Optimeringsrutiner for valg av sendingsstørrelse og transportkjede, der optimale valg gjøres basert på minimering av logistikkostnadene.

Det tas utgangspunkt i varestrømmer mellom soner, som fordeles til varestrømmer mellom bedrifter basert på informasjon om antall bedrifter etter næringskategori som hhv. leverer og mottar ulike typer av varer. Varestrømsmatrisene fremskrives til hvert prognoseår basert på næringsøkonomiske vekstbaner. Informasjon om transportdistanse og transporttid fra nettverksmodellen benyttes som grunnlag for beregning av transportkostnader ved valg av optimal transportløsning. Bedriftenes beslutninger om valg av sendingsstørrelse og frekvens på sendingene er inkludert i optimaliseringen. Sendingsstørrelse er en viktig faktor for valg av transportløsning, bl. a fordi det for forskjellige transportmidler er ulik grad av avtakende enhetskostnader både mht. lastvekt og transportdistanse. Derfor vil det eksempelvis for små forsendelser være lønnsomt med samlast, dvs. at en forsendelse konsolideres med gods fra andre avsendere. Samlastterminaler, havner og jernbaneterminaler, i tillegg til enkelte store transportbrukeres lagre, er kodet inn i nettverksmodellen.

Gjennom nettverksmodellen kan planlagte infrastrukturtiltak kodes inn slik at modellen kan ta hensyn til at forbedringer i veg-, jernbane- og farledsnett/havnestrukturen vil kunne bidra til å endre konkurranseforholdet mellom transportmidlene. Gjennom endringer i elementer i kostnadsmodellen kan man studere effekten på transportmiddelfordelingen av endringer i transport- og logistikkostnadene knyttet til et eller flere av transportmidlene. I en normal modellkjøring ser man bort fra at det kan være kapasitetsproblemer knyttet til f.eks gitte jernbanestrekninger eller i jernbane- eller havneterminaler. Det er imidlertid utviklet en tilleggsmodul som kan kjøres iterativt etter hovedkjøringen, hvor kapasitet på jernbanestrekninger og i jernbaneterminaler kan legges inn og tas hensyn til i beregningen. Tilsvarende modul er foreløpig ikke etablert for andre typer terminaler. Kapasitetsmodulen for jernbane er ikke benyttet i beregningene i dette prosjektet.

Prognoser med godstransportmodellen (Hovi m.fl, 2015) ble etablert til etatenes arbeid med NTP 2018-2027, og er basert på MMM-alternativet i SSBs befolkningsframskrivning fra 17. juni 2014 og utviklingsbaner for næringsøkonomisk vekst og privat konsum fra Finansdepartementet (Perspektivmeldingen, 2013). Det er forutsatt uendrede realpriser for transport.

Det pågår et løpende utviklingsarbeid med godstransportmodellen, slik at nye versjoner av modellen stadig kommer til. Vi har i dette prosjektet benyttet den modellversjonen som forelå pr. utgangen av november 2014.

3 Persontransport, lange reiser

3.1 Modellberegninger

Beregningsalternativene

For reiser over 7 mil er det gjort et utvalg beregninger med Nasjonal persontransportmodell, NTM6. De konkrete beregningsalternativene er bestemt i samarbeid med oppdragsgivergruppen for prosjektet, og det ble bl.a. valgt noen tiltak og tiltakspakker som tidligere var kjørt med den forrige versjonen av langdistansemodellen (NTM5) slik at man kunne få gjort en sammenligning av modellene. Dette kommer vi tilbake til i forbindelse med tabell 3.5.

Alle beregningene for lange reiser er gjort for årene 2014 og 2028. Tabell 3.1 gir en kort beskrivelse av de ulike alternativene som er kjørt for begge år.

Tabell 3.1 Beskrivelse av modellkjøringene med langdistansemodellen NTM6.

Alternativ	Beskrivelse
1 Referanse 2014/2028	Referansealternativet 2014 og 2028
2 Bompenger +50 %	Alle eksisterende bomstasjoner får 50 % økning i bomsatsene
3 Drivstoffkostnader +50 %	Drivstoffprisen for privatbil økes med 50 %
4 Bompenger og drivstoffkostnader +50 %	Både bomsatser og drivstoffpris økes 50 %
5 Kilometerkostnader +50 %	Kilometerkostnadene for privatbil øker 50 %
6 Togbillett -50 %	Prisen på togbilletter halveres
7 Bussbillett -50%	Pris på bussbilletter halveres
8 Kombinasjonsalternativ1 fra TEMPO	Kombinasjonsalternativ 1: 50 % økning av bomsatser, 50 % lavere pris buss og tog, 25 % økt pris fly, 10 % redusert reisetid tog.
9 Kombinasjonsalternativ3 fra TEMPO	Kombinasjonsalternativ 3: Som Kombi 1, men i tillegg 50 % økt drivstoffpris bil.

Vi legger merke til at det både er beregnet et alternativ hvor drivstoffprisen for privatbil økes med 50 % og et alternativ hvor det er en 50 % økning av kilometerkostnaden for privatbil. Basert på tall fra Opplysningsrådet for vegtrafikken, ble det i forbindelse med utvikling av NTM6 (Rekdal m.fl, 2014) beregnet at marginal gjennomsnittlig kostnad pr. kilometer kjørt med privatbil er kr 2.10 i 2009, som er modellens basisår. Det er denne kostnaden som økes med 50 % i beregning 5. I 2009 utgjorde drivstoffet ca 40 % av kilometerkostnadene, som også inkluderer olje, dekkslitasje, kapitalkostnader og reparasjoner. I COWI (2014) beregnes kilometerkostnadene på en litt annen måte, og her opererer man med en privatøkonomisk kilometerkostnad på kr 2.60 i 2009, hvorav kostnaden for drivstoff opplyses å utgjøre ca 30 %.

De to Kombialternativene (Kombi 1 og 3) er kombinerte pakker av virkemidler som ble beregnet med NTM5-modellen i 2014 i forbindelse med TEMPO-prosjektet. Dette var et omfattende prosjekt for Norges forskningsråd som bl.a. studerte tiltak

og virkemidler for en mer miljøvennlig transportsektor i Norge (Fridstrøm, Alfsen m.fl 2014). Task 2 i TEMPO dreide seg om modellutvikling og beregning av effekter av ulike virkemidler. Modellutviklingen dreide seg både om den type modeller som er anvendt i foreliggende prosjekt, men det ble også utviklet en modell som beregner sammensetningen av bilparken i Norge basert på ulike forutsetninger om bl.a. engangsavgiften og andre kostnader knyttet til bilhold. Det ble også gjort noen beregninger av kombinerte tiltakspakker i Klimakurarbeidet, med litt annet innhold enn i Kombi1 og Kombi3.

I alternativet *Kombi1* er det lagt inn 50 % økning av alle bomsatser, 50 % lavere takst på buss og tog, 25 % økning i prisen på flyreiser, samt 10 % redusert reisetid på tog. Dette alternativet kombinerer altså alternativ 2, 6 og 7, samt at det forutsettes litt raskere togreiser. Alternativet *Kombi3* er likt som Kombi1, men inkluderer også 50 % økning i drivstoffprisen for bil (som i alternativ 3 i tabell 3.1). Kombi2-alternativet fra TEMPO inneholdt også virkemidler som ikke er inkludert i transportmodellene, f.eks. virkemidler for å stimulere til kjøp av elbiler, og er derfor ikke inkludert i de beregningene vi har gjort nå.

I første del av dette kapitlet viser vi resultater fra beregningene for år 2014. Disse beregningene er gjort for å kunne sammenligne resultatene med tidligere beregninger med den gamle langdistansmodellen, NTM5. I senere tabeller vises beregninger for 2028, som grunnlag for utslippsberegninger.

Beregningsår 2014

Tabell 3.2 viser beregnet prosentvis endring fra referansealternativet 2014 i antall turer over 7 mil, både totalt og pr. transportform.

Tabell 3.2 Endring i antall turer pr. transportform, sammenlignet med referansealternativet 2014. Prosent. Alle beregninger for 2014. Beregningene er gjort med langdistansmodellen NTM6.

Endring fra Ref. 2014	Bilfører	Bilpass.	Kollektiv	Fly	SUM
2 Bom +50 %	-0.5%	-0.5%	0.5%	0.2%	-0.2%
3 Drivstoff +50 %	-2.9%	-2.0%	3.0%	2.0%	-1.1%
4 Drivstoff og bom +50 %	-3.4%	-2.5%	3.5%	2.2%	-1.3%
5 Kilometerkost +50 %	-7.8%	-5.4%	8.1%	5.2%	-2.9%
6 Togbillett -50 %	-1.4%	-1.3%	11.6%	-1.7%	0.9%
7 Bussbillett -50%	-1.6%	-1.5%	12.3%	-1.6%	0.9%
8 Kombi1	-2.7%	-2.3%	27.6%	-24.5%	0.2%
9 Kombi3	-5.6%	-4.4%	31.3%	-23.1%	-0.8%

Vi ser at effekten på bilturene er betydelig høyere i tilfellet med økte kilometerkostnader enn med økte drivstoffkostnader (nedgang på hhv. 7.8 og 2.9 %). Årsaken til dette er at drivstoffet kun utgjør en begrenset andel av kilometerkostnadene, som nevnt tidligere. I den gamle NTM5-modellen har vi indikasjoner på at drivstoffkostnaden utgjorde en betydelig høyere andel av kilometeravhengig kostnad enn i NTM6, noe som er grunnen til at endringer i drivstoffprisen slår mindre ut i NTM6 enn det man fant i tilsvarende beregninger med NTM5-modellen. Forskjellen i kostnadsandel for drivstoff kan ha flere årsaker, f.eks. at andre deler av bilholdskostnadene over tid har øket mer enn drivstoffkostnaden, eller at modellutvikler har endret oppfatning av hvilke kostnader

som skal ligge inne som atferdsrelevante kilometerkostnader i modellen. Hvilke kostnader som er riktig å legge til grunn for folks valg av transportmiddel er imidlertid et viktig spørsmål. Ikke bare knyttet til kilometerkostnadene for bil, men også til bompenger (ikke minst nå som man knapt merker når man passerer bomstasjoner), eller til billettpriser for f.eks. tog- og flyreiser. I modellsammenheng opererer man med gjennomsnittlige billettpriser for en gitt reisehensikt, mens det er velkjent at prisen for samme reise varierer svært mye etter når turen ble kjøpt, samt etterspørselen etter den bestemte avgangen.

Vi legger merke til at alternativene med reduserte kollektivpriser (alt. 6, 7 og 8) medfører flere reiser totalt sett enn i referansealternativet, mens alle alternativ med økte kostnader knyttet til bruk av privatbil gir lavere antall turer.

I absolutte tall er beregnet endring som vist i tabell 3.3, målt i tusen reiser pr. år.

Tabell 3.3 Endring i antall tusen turer pr. år, sammenlignet med referansealternativet 2014. Tusen turer. Alle beregninger for 2014. Beregningene er gjort med langdistansmodellen NTM6.

Endring fra Ref. 2014	Bilfører	Bilpass.	Kollektiv	Fly	SUM
2 Bom +50 %	-213	-107	84	23	-213
3 Drivstoff +50 %	-1180	-467	476	205	-966
4 Drivstoff og bom +50 %	-1386	-572	560	228	-1171
5 Kilometerkost +50 %	-3190	-1236	1304	545	-2576
6 Togbillett -50 %	-576	-303	1852	-175	798
7 Bussbillett -50%	-669	-347	1966	-167	782
8 Kombi1	-1116	-525	4431	-2575	215
9 Kombi3	-2287	-1000	5011	-2422	-698

Endret transportmiddelfordeling kan også måles i form av effekter på persontransportarbeidet med hver av transportformene. Det er dette som i hovedsak er relevant for utslippsberegninger. Følgende tabell viser relativ endring i persontransportarbeid (personkilometer) pr. transportform.

Tabell 3.4 Endring i transportarbeid pr. transportform 2014, sammenlignet med referansealternativet 2014. Prosent. Beregningene er gjort med langdistansmodellen NTM6.

Endring fra Ref. 2014	Bilfører	Bilpass.	Buss	Tog	Båt	Fly	SUM	Koll, eks.fly
Bom +50 %	-0.7%	-0.7%	0.6%	0.4%	0.5%	0.2%	-0.3%	0.5%
Drivstoff +50 %	-4.1%	-3.1%	3.0%	2.6%	3.5%	2.0%	-1.1%	2.8%
Drivstoff og bom +50 %	-4.8%	-3.8%	3.6%	3.0%	4.1%	2.1%	-1.3%	3.3%
Kilometerkost +50 %	-10.7%	-8.1%	8.2%	7.0%	9.6%	5.2%	-2.8%	7.5%
Togbillett -50 %	-1.4%	-1.4%	-22.0%	47.7%	1.1%	-1.5%	1.6%	17.8%
Bussbillett -50%	-1.6%	-1.6%	63.2%	-26.0%	-12.0%	-1.5%	0.5%	11.7%
Kombi1	-2.5%	-2.0%	18.2%	58.7%	-2.3%	-24.5%	-1.8%	40.9%
Kombi3	-6.5%	-5.2%	21.7%	62.7%	1.2%	-23.0%	-2.9%	44.7%

For bilfører ser vi at prosentvis endring er større i transportarbeid enn i antall turer for de fire første beregningene og i den siste, som alle innebærer høyere kostnader knyttet til bilkjøring. Dette innebærer at gjennomsnittlig distanse for bilturene går

noe ned, enten ved at lange turer overføres til kollektive transportformer eller ved at man velger destinasjoner som ligger nærmere. De to tiltakene med reduserte priser for buss og tog fører til økt reiseomfang totalt sett, mens man i alle andre alternativer beregner en nedgang i totalt transportarbeid. Kombi1 har også lavere priser for buss og tog, men her er det en betydelig prisøkning for fly som bidrar til lavere transportarbeid samlet sett (selv om vi i tabell 3.2 så at antall turer øker litt også i dette alternativet).

Flere av beregningene som er gjort nå, er også gjort tidligere med den gamle langdistansemodellen NTM5, i forbindelse med TEMPO-prosjektet. I tabell 3.5 er det forsøkt å gi en enkel oppsummering for de alternativene som kan sammenlignes.

Tabell 3.5 Effekter ved kjøring av NTM6 for 2014 sammenlignet med tidligere NTM5-kjøring.

Alternativ	Sammenligning NTM6 mot NTM5
2 Bom +50 %	Små forskjeller i resultatene. Kan skyldes likhet i modellene, men vil også være påvirket av eventuelle endringer i bomstasjoner og takster fra årstall for NTM5-kjøringen til i dag.
3 Drivstoff +50 %	Lavere effekt enn i NTM5. Skyldes at drivstoffkostnaden utgjør en mindre andel av kilometerkostnadene i NTM6. Kan også skyldes mindre prisfølsomhet fra 1998 (NTM5 basisår) til 2009 (NTM6 basisår).
6 Togbillett -50 %	Større effekter i NTM6 enn i NTM5.
7 Bussbillett -50%	Større effekter i NTM6 enn i NTM5.
8 Kombi1	Større effekter i NTM6 enn i NTM5.
9 Kombi3	Mindre effekter i NTM6 enn i NTM5.

Oppsummert finner vi at NTM6 er mindre følsom for endringer i drivstoffprisen for bil enn NTM5, bl.a. fordi drivstoff utgjør en mindre andel av kilometerkostnaden i den nye modellen. NTM6 er samtidig mer følsom for endringer i takster i kollektivtransporten enn det NTM5 var. Det beregnes derfor større effekter av Kombi1 i NTM6 enn i NTM5 fordi dette alternativet hovedsakelig inneholder forbedringer i kollektivtilbudet, mens Kombi3 domineres av økte bilkostnader slik at man der får mindre effekter i NTM6 enn i NTM5. Hvorfor NTM6 er mer følsom for endringer i kollektivtakster enn NTM5 er vanskelig å si uten å se dypere på strukturen i de to modellene, noe som ikke har vært mulig å gjøre innenfor rammene av dette prosjektet. NTM6 bygger imidlertid på atskillig nyere data, er basert på flere årganger av RVU og er delt opp i to distanseintervall for reisene. Dette, sammen med andre forbedringer, er med på å påvirke parametre og elastisiteter i modellen. Vi viser for øvrig til kapittel 2 for mer informasjon om de viktigste endringene fra NTM5 til NTM6.

Tabell 3.6 viser endringene i transportarbeid i absolutte tall, målt i millioner personkilometer pr. år. Kjøretøykilometer for personbil vil være det samme tallet som personkilometer for bilfører.

Tabell 3.6 Endring i transportarbeid, sammenlignet med referansealternativet 2014. Millioner personkilometer pr. år (som for bilfører tilsvarer millioner kjøretøykilometer). Alle beregninger for 2014.

Endring fra Ref. 2014	Bilfører	Bilpass.	Buss	Tog	Båt	Fly	SUM	Koll, eks.fly
Bom +50 %	-48.8	-30.3	7.4	7.2	0.2	10.1	-54.3	14.8
Drivstoff +50 %	-276.3	-130.8	39.3	45.7	1.3	109.8	-211.1	86.3
Drivstoff og bom +50 %	-322.9	-160.3	46.6	52.7	1.5	119.2	-263.2	100.8
Kilometerkost +50 %	-726.2	-340.0	106.1	122.1	3.6	289.7	-544.7	231.8
Togbillett -50 %	-94.3	-56.7	-284.0	831.1	0.4	-85.0	311.5	547.4
Bussbillett -50%	-110.1	-65.7	816.4	-453.4	-4.5	-85.4	97.2	358.5
Kombi1	-166.9	-84.1	235.1	1023.3	-0.8	-1365.6	-359.0	1257.6
Kombi3	-438.5	-215.5	280.3	1092.6	0.4	-1282.4	-563.0	1373.4

Beregningsår 2028

Som tidligere nevnt er det også gjort beregninger for 2028. Tabell 3.7 og 3.8 viser endring i transportarbeid pr. transportform for referansealternativet 2028 sammenlignet med 2014, samt tiltaksalternativene sammenlignet med referanse 2028. Tabell 3.7 viser prosentvise endringer og 3.8 absolutte tall.

Tabell 3.7 Endring i transportarbeid pr. transportform 2028, sammenlignet med referansealternativet 2028 (referanse 2028 sammenlignet med referanse 2014). Prosent. Beregningene er gjort med langdistansemodellen NTM6.

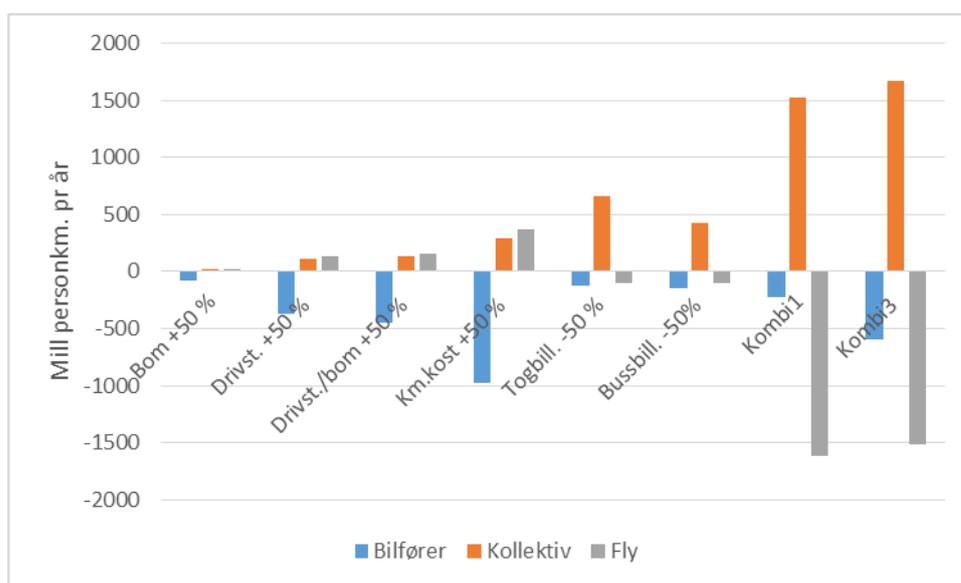
Endring fra Ref. 2028	Bilfører	Bilpass.	Buss	Tog	Båt	Fly	SUM	Koll, eks.fly
Referanse 2028	37.5%	25.9%	15.5%	18.7%	6.9%	18.9%	26.6%	17.2%
Bom +50 %	-0.9%	-0.9%	0.8%	0.5%	1.2%	0.3%	-0.3%	0.6%
Drivstoff +50 %	-4.0%	-3.1%	3.3%	2.8%	3.9%	2.1%	-1.2%	3.0%
Drivstoff og bom +50 %	-4.8%	-4.0%	4.1%	3.4%	4.7%	2.4%	-1.5%	3.7%
Kilometerkost +50 %	-10.5%	-8.2%	8.9%	7.6%	10.4%	5.6%	-3.0%	8.1%
Togbillett -50 %	-1.3%	-1.3%	-22.5%	48.2%	1.4%	-1.5%	1.5%	18.4%
Bussbillett -50%	-1.5%	-1.5%	65.3%	-26.2%	-11.8%	-1.5%	0.4%	11.9%
Kombi1	-2.4%	-2.0%	19.0%	60.2%	-2.0%	-24.4%	-1.7%	42.4%
Kombi3	-6.4%	-5.2%	22.8%	64.5%	2.1%	-22.8%	-2.8%	46.5%

Tabell 3.8 Endring i transportarbeid år (2028), sammenlignet med referansealternativet 2028 (referanse 2028 sammenlignet med referanse 2014). Millioner personkilometer pr. år. Beregningene er gjort med langdistansemodellen NTM6.

Endring fra Ref. 2028	Bilfører	Bilpass.	Buss	Tog	Båt	Fly	SUM	Koll, eks.fly
Referanse 2028	2543	1085	200	325	3	1054	5209	527
Bom +50 %	-81.2	-48.3	11.3	10.8	0.5	21.3	-85.6	22.6
Drivstoff +50 %	-371.9	-165.8	49.5	58.6	1.6	138.6	-289.4	109.7
Drivstoff og bom +50 %	-447.8	-212.6	60.9	70.7	1.9	161.2	-365.8	133.4
Kilometerkost +50 %	-974.9	-431.0	132.5	156.3	4.1	369.0	-743.9	293.0
Togbillett -50 %	-124.5	-66.9	-335.6	995.7	0.5	-100.6	368.6	660.6
Bussbillett -50%	-143.4	-77.0	974.5	-540.8	-4.7	-99.0	109.5	429.0
Kombi1	-226.8	-105.5	283.0	1244.3	-0.8	-1619.5	-425.2	1526.5
Kombi3	-595.2	-272.9	339.9	1333.9	0.8	-1512.2	-705.6	1674.6

De prosentvise endringene av hvert av tiltakene er tilnærmet de samme som vi beregnet for 2014, men målt i absolutte endringer i persontransportarbeid er tallene høyere på grunn av at trafikkmengden er beregnet å øke fra 2014 til 2028.

Beregnete endringer i transportarbeid for 2028 er vist i figur 3.1, for hhv bilfører, kollektivtransport (ekskl. fly) og fly. Bilpassasjerer er ikke med, da det ikke er relevant for de videre utslippsberegningene.



Figur 3.1 Beregnet endring i transportarbeid for lange reiser i de ulike beregningsalternativene i 2028. Millioner personkilometer pr. år.

Anslag for år 2050

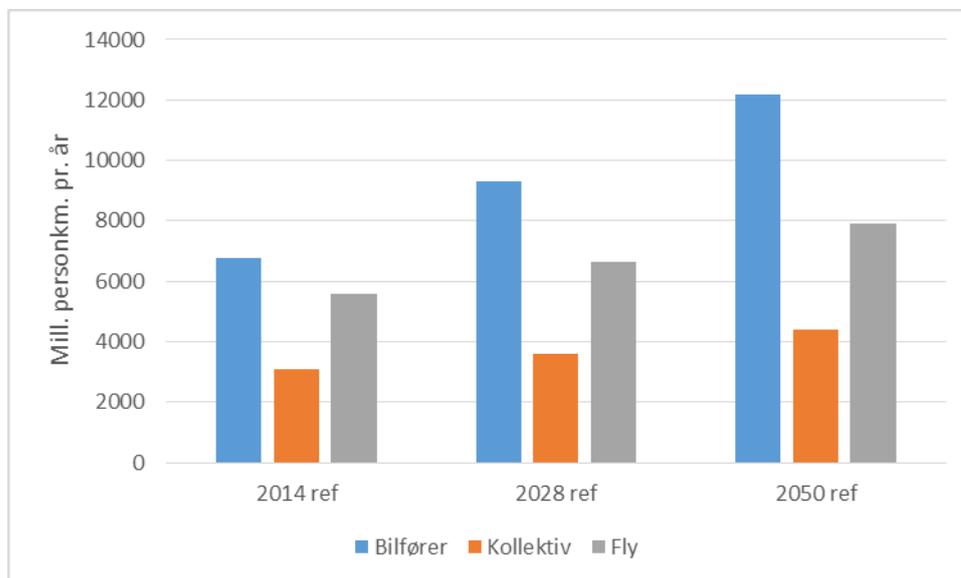
For år 2050 er det ikke gjort modellberegninger, men det var likevel ønskelig med anslag for utvikling i transportarbeid og CO₂-utslipp også for dette året. Vi har derfor gjort noen grove forutsetninger for å beregne dette. Først er transportarbeid pr. transportform for 2050 generert basert på grunnprognosenes vekst fra 2028 til 2050

for lange reiser (Madslie m.fl, 2014). Deretter har vi gjort en grov forutsetning om at prosentvis endring av tiltakene blir den samme i 2050 som det vi har beregnet for 2028, pr. transportform. Dette gir oss følgende endringer i transportarbeid for hvert av tiltaksalternativene i 2050, målt mot referansealternativet samme år. Referanse 2050 er sammenlignet med referanse 2028.

Tabell 3.9 Endring i transportarbeid (2050), sammenlignet med referansealternativet 2050 (referanse 2050 sammenlignet med referanse 2028). Millioner personkilometer pr. år. Beregningene er gjort med langdistansemodellen NTM6.

Endring fra Ref. 2050	Bilfører	Bilpass.	Buss	Tog	Båt	Fly	SUM	Koll, eks.fly
Referanse 2050	2856	1448	317	487	5	1252	6365	810
Bom +50 %	-106	-106	14	13	1	-108	-115	27
Drivstoff +50 %	-486	-486	60	72	2	-363	-398	134
Drivstoff og bom +50 %	-585	-585	74	87	2	-459	-501	163
Kilometerkost +50 %	-1274	-1274	161	193	5	-934	-1026	358
Togbillett -50 %	-163	-163	-407	1230	1	463	456	824
Bussbillett -50%	-187	-187	1182	-668	-5	138	105	508
Kombi1	-296	-296	343	1537	-1	-534	-476	1879
Kombi3	-778	-778	412	1648	1	-886	-862	2061

Figur 3.2 oppsummerer beregnet utvikling i transportarbeid i de tre beregningsårene, med befolkningsvekst og økonomisk utvikling som i grunnprognosene. For bil er det kun vist transportarbeid for bilfører, da det er dette som er relevant for utslippsberegningene.



Figur 3.2 Beregnet utvikling i transportarbeid for lange reiser i referansebanen. Millioner personkilometer pr. år.

3.2 Utslipp

Utslippsfaktorer

De beregnede endringene i transportarbeid kan, sammen med egnede utslippsfaktorer pr. transportform, brukes til å beregne endret utslipp av CO₂. Utslippsfaktorene som benyttes i CO₂-beregningene ser kun på utslippet knyttet til selve transporten, dvs. utslipp knyttet til f.eks. produksjonen av kjøretøyene er ikke inkludert.

Vi har etablert et sett med utslippsfaktorer for de ulike transportformene basert på informasjon fra ulike kilder. Fra Miljødirektoratet har vi fått tilgang til dagens og referansebanens forventede utslippsfaktorer (inkludert innblanding av biodrivstoff i tråd med omsetningspåbudet) pr. kjøretøykilometer for hhv. bilsbiler, dieslbiler og busser for årene 2012, 2020, 2030, 2040 og 2050. Basert på utslippsfaktorene for disse årstallene har vi beregnet faktorer for våre beregningsår. For personbil har vi deretter vektet faktorene basert på anslag fra Miljødirektoratet om hvor mye av trafikkarbeidet som foregår med ulike typer drivstoff/energikilder.

Utslippsfaktorene fra Miljødirektoratet er konservative fordi de skal vise utviklingen dersom dagens vedtatte virkemiddelsituasjon forblir uendret. Det forskutteres dermed ingen teknologiutvikling eller endringer i kjøretøyparken som ikke utløses av dagens virkemidler. Flere mulige klimatiltak er ikke inkludert i utslippsfaktorene, men utredes mer spesifikt i Miljødirektoratets lavutslippsutredning (<http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M386/M386.pdf>) og i NTP-samarbeidets fase 2. Et eksempel på nøkternheten i referansebanens utslippsfaktorer er at andelen av trafikkarbeidet med personbil som utføres av elbiler i år 2030 kun er satt til ca 2 %. Siden andelen elbiler i personbilparken i Norge allerede pr. mai 2015 er rundt 2 %, har vi valgt å også gjøre en alternativ utslippsberegning for 2028 med høyere elbilandel. Det er i beregningene forutsatt null CO₂-utslipp fra elbiler.

For buss opererer Miljødirektoratets referansebane også med svært små forbedringer i utslipp pr. kjøretøykilometer fremover, og spesielt byområder har nok atskillig mer ambisiøse planer enn det som ligger til grunn for disse utslippstallene. Dette kommer vi tilbake til i kapittel 4. Utslipp pr. passasjerkilometer for bussene avhenger av hvor mange passasjerer som benytter bussen, noe som varierer kraftig både etter geografisk område og tid på døgnet. I Klimakurarbeidet ble det benyttet et gjennomsnittlig passasjerbelegg på 12 personer for buss. Dette er et tall vi også finner igjen i dokumentasjon av EFFEKT fra 2008 (Statens vegvesen, 2008). I Thune-Larsen m.fl. (2014) benyttes et passasjerbelegg for buss på 10.35, mens tall fra SSBs statistikkbank (for 2013) angir 11.34 i passasjerbelegg for fylkesinterne busser og 15.17 når vi kun ser på byområdene. Ekspressbussene finnes det ingen god statistikk for, men man kan gjette på et noe høyere belegg for disse. Samtidig er det en del «kunstig lange» ruter, med lavt belegg i enden. I mangel av bedre tall bruker vi et passasjerbelegg på 15 for bybuss og 12 for langdistansebussene ved beregning av utslippsfaktorer pr. personkilometer for buss. Dersom det dukker opp sikrere tall så kan dette enkelt endres.

For fly har Avinor kommet med et anslag på 120 gram pr. personkilometer¹ for 2013, basert på data fra Norwegian (Myhre og Valen, 2015) og SAS (2015). For

¹ Inklusive frakt i buken.

fremskrivningen er det lagt til grunn en årlig energieffektivisering på 1.6 prosent. Det er i tråd med forutsetningene for referansebanen, og ligger innenfor et intervall på 1.5-2.0 prosent årlig energieffektivisering som i all hovedsak blir brukt i luftfartsbransjen, ref bl.a. FN's International Civil Aviation Organisation (ICAO) og International Air Transport Association (IATA). Tiltak for å oppnå denne gjennomsnittlige årlige forbedringen omfatter både flåtefornying og energieffektiviseringstiltak på motorer og flymaskin. Andre tiltak som for eksempel innblanding av biodrivstoff i norsk luftfart er ikke inkludert i fremskrivningen. Utslippsfaktorene for fly er beregnet for faktisk utflyet distanse, altså utslipp pr personkilometer. I tillegg kommer effekten av at distansen i luften vanligvis er betydelig kortere enn langs veg. I modellene er dette hensyntatt når transportarbeidet for fly beregnes.

For tog og hurtigbåt er det benyttet samme utslippsfaktorer som i Klimakurarbeidet fra 2010 (Madslie, Minken og Vingan, 2010). For tog er det forutsatt null utslipp fra eltogene, samt at en viss andel av persontrafikken går med dieseltog. På grunn av bl.a. økt elektrifisering er denne andelen fallende frem mot 2028 og 2050. For hurtigbåt ble det i Klimakur benyttet en effektivisering på 1 % pr år.

Dette gir oss utslippsfaktorer pr. kjøretøy- og personkilometer som vist i tabell 3.10.

Tabell 3.10 Utslipp av CO₂ pr. kjøretøykilometer og personkilometer. Gram pr. kilometer.

Gram CO ₂ pr. kjøretøykm	2014	2028	2050
Personbil	158	128	115
Buss, langdistanse	862	862	862
Bybuss	921	879	787

Gram CO ₂ pr. personkm	2014	2028	2050
Buss, langdistanse	72	72	72
Bybuss	61	59	52
Båt	472	410	329
Tog	8	3	2
T-bane	0	0	0
Fly	118	94	65

Utslipp fra personbil beregnes mest nøyaktig som kjøretøykilometer med personbil multiplisert med en utslippsfaktor pr kjøretøykilometer. Fra transportmodellen får vi tall for personkilometer med bil splittet på bilfører og bilpassasjer. Siden kilometer som bilfører er det samme som kjøretøykilometer for bil, så beregner vi utslipp fra personbil som antall personkilometer som bilfører multiplisert med gram CO₂ pr kjøretøykilometer. Dette er grunnen til at vi i tabell 3.10 ikke opererer med et eget utslipp pr personkilometer for bil. For de andre transportmidlene har vi ikke samme informasjon om utkjørt distanse for kjøretøyene i modellen og må derfor gå veien om persontransportarbeid og gjennomsnittlig utnyttelsesgrad.

For de lange reisene benytter vi utslippsfaktorene oppgitt for langdistansebuss, mens vi for korte reiser i kapittel 4 bruker faktorene for bybuss.

Beregningsår 2028

Referansebanens utslippsfaktorer

Basert på beregnet transportarbeid for lange reiser i 2028, får vi følgende utslipp av CO₂ i hvert beregningsalternativ i 2028, målt i tusen tonn pr. år. Beregnet utslipp er også vist for 2014, for å gi et bilde av utviklingen.

Tabell 3.11 Utslipp av CO₂ pr. transportform og i sum for lange reiser. Referanse 2014 og 2028 og tiltaksalternativ for 2028. Tusen tonn.

	Bilfører	Buss	Tog	Båt	Fly	SUM
Referanse 2014	1069	93	14	18	659	1853
Referanse 2028	1196	107	7	16	625	1951
Bom +50 %	1186	108	7	17	627	1944
Drivstoff +50 %	1148	111	7	17	638	1921
Drivstoff og bom +50 %	1139	112	7	17	641	1915
Kilometerkost +50 %	1071	117	7	18	660	1873
Togbillett -50 %	1180	83	10	17	616	1905
Bussbillett -50%	1178	177	5	14	616	1990
Kombi1	1167	128	10	16	473	1794
Kombi3	1120	132	11	17	483	1762

Beregnete utslipp fra flytrafikken i 2014 er en del lavere her enn det man finner i enkelte andre sammenhenger², selv om transportarbeidet med fly i modellen samsvarer bra med statistikk for innenlands transportarbeid med fly (Farstad, 2014). En viktig årsak til forskjellen i beregnet utslipp er at transportmodellen kun omfatter rene innenlands reiser, slik at man ikke får med seg flyreiser mellom norske flyplasser som er en del av en utenlandsreise. Transportmodellen har heller ikke med seg utslippene fra helikoptertrafikk eller militær luftfart. I tabellen over er det for alle transportmidler kun inkludert rene CO₂-utslipp, og ikke CO₂-ekvivalenter som i enkelte andre sammenhenger er det som fremstilles. For transportsektoren er det uansett CO₂ som er den tunge komponenten.

Vi beregner følgende endringer i utslipp for hvert av beregningsalternativene, målt mot referansealternativet 2028.

² Klimagassutslipp (CO₂-ekvivalenter) for innenriks sivil fly- og helikoptertrafikk var i 2013 1.245 millioner tonn slik de rapporteres i henhold til Kyotoprotokollen. Utslipp fra utenrikstrafikken og eventuell tilleggseffekt av at deler av utslippene finner sted i høye luftlag er ikke inkludert.

Tabell 3.12 Beregnet endring av utslipp av CO₂ pr. transportform og i sum for lange reiser fra referanse 2028 (referanse 2028 sammenlignet med 2014). Tusen tonn.

	Bilfører	Buss	Tog	Båt	Fly	SUM
Referanse 2028	127.4	14.4	-7.3	-1.2	-34.0	99.3
Bom +50 %	-10.4	0.8	0.0	0.2	2.0	-7.4
Drivstoff +50 %	-47.7	3.6	0.2	0.6	13.1	-30.3
Drivstoff og bom +50 %	-57.5	4.4	0.2	0.8	15.2	-36.9
Kilometerkost +50 %	-125.1	9.5	0.5	1.7	34.8	-78.6
Togbillett -50 %	-16.0	-24.1	3.1	0.2	-9.5	-46.2
Bussbillett -50%	-18.4	70.0	-1.7	-1.9	-9.3	38.6
Kombi1	-29.1	20.3	3.9	-0.3	-152.6	-157.8
Kombi3	-76.4	24.4	4.2	0.3	-142.5	-189.9

I referansebanen beregnes en økning i CO₂-utslippene fra lange reiser på ca 100 tusen tonn i 2028 i forhold til i 2014. Begge de to kombinasjonsalternativene gir utslippsreduksjoner som innebærer at utslippet blir lavere i 2028 enn i 2014. Ellers ser vi at alle tiltakene, med unntak av lavere pris på buss, gir en reduksjon i utslippene. Lavere billettpriser på buss fører riktignok til en reduksjon av bil- og flyreiser, men det blir samtidig så stor økning i samlet reiseaktivitet at utslippene går opp. Ellers er utslippsreduksjonen relativt beskjeden i flere av beregningene, og viser at det må kraftige virkemidler til for å oppnå større utslippskutt. Der økte kostnader for vegtrafikken er kombinert med lavere priser for kollektivtransport (Kombi3), vil man få en nedgang i utslipp på grunn av overgang til kollektivtransport, men samtidig vil man også få generert mer kollektivtrafikk som reduserer utslippsgevinsten noe. Dette gjelder dersom økt antall passasjerer krever at det settes inn flere busser. Dersom det er mye ledig kapasitet i kollektivtrafikken vil man kunne ta veksten med eksisterende busstilbud, og det blir ingen økning i utkjørt distanse for bussene. Da øker gjennomsnittlig belegg i bussene og utslippsfaktorene vi har benyttet er for høye. CO₂-gevinsten ved overføring til kollektivtrafikk vil da være større enn vist i tabellen.

Det er ellers verdt å legge merke til at det er stor forskjell i CO₂-utslipp knyttet til de to alternativene med reduserte kollektivkostnader. Mens man ved å redusere prisen på togbilletter får en nedgang i utslippene så øker de med reduserte billettpriser på buss. For buss fås utslippsøkning fordi det samtidig med overføring fra personbil til buss også beregnes en overgang fra tog (med lavere utslipp), i tillegg til at det blir økt transportarbeid totalt. Ved lavere pris for togreiser fås også økt transportarbeid totalt, men her fås en overgang til tog fra buss (med høyere utslipp), samtidig som det gir en større CO₂-gevinst ved overføring fra bil til tog enn fra bil til buss.

I tabell 3.13 er de samme endringene vist i prosent, som ofte kan være lettere å forholde seg til når man ønsker å vurdere effekten av et tiltak eller en tiltakspakke.

Tabell 3.13 Beregnet endring av utslipp av CO₂ pr. transportform og i sum for lange reiser 2028. Referanse 2028 sammenlignet med 2014. Prosent.

	Bilfører	Buss	Tog	Båt	Fly	SUM
Referanse 2028	10.7%	15.5%	-52.7%	-7.1%	-5.2%	5.4%
Bom +50 %	-0.9%	0.8%	0.5%	1.2%	0.3%	-0.4%
Drivstoff +50 %	-4.0%	3.3%	2.8%	3.9%	2.1%	-1.6%
Drivstoff og bom +50 %	-4.8%	4.1%	3.4%	4.7%	2.4%	-1.9%
Kilometerkost +50 %	-10.5%	8.9%	7.6%	10.4%	5.6%	-4.0%
Togbillett -50 %	-1.3%	-22.5%	48.2%	1.4%	-1.5%	-2.4%
Bussbillett -50%	-1.5%	65.3%	-26.2%	-11.8%	-1.5%	2.0%
Kombi1	-2.4%	19.0%	60.2%	-2.0%	-24.4%	-8.1%
Kombi3	-6.4%	22.8%	64.5%	2.1%	-22.8%	-9.7%

Alle de beregnede tiltakene vil også påvirke de korte reisene, slik at den totale effekten av et tiltak vil være større enn det som er oppgitt i tabellen. Noen av tiltakene er også beregnet med kortdistansemodellen, og er vist i kapittel 4, selv om man for de korte reisene i stor grad har konsentrert seg om mer spesifikke tiltak knyttet til bytransport. For de tiltak som er beregnet både for korte og lange reiser, gjør vi i kapittel 6 et forsøk på å anslå totale utslippsreduksjoner for hele landet.

Det er vanskelig å sammenligne de beregnede utslippsendringene med det som tidligere er gjort i Klimakur og i TEMPO, da det er ulike utslippsfaktorer som er brukt i alle disse arbeidene. I TEMPO ble det f.eks. benyttet en utslippsfunksjon for bilturer hvor utslipp pr. kilometer varierer med anslått hastighet på de ulike veglenkene, mens foreliggende beregninger har brukt et fast tall pr. kjøretøykilometer. Det ble i TEMPO også benyttet en del høyere utslippstall for fly og hurtigbåt enn det vi har brukt i dette arbeidet, hvor det bl.a. er kommet nye utslippstall fra Avinor for dagens situasjon som er kombinert med Miljødirektoratets forutsetninger om energieffektivisering (som for øvrig stemmer godt overens med hva bransjen selv tror om framtiden).

Lavere utslippsfaktorer for bil

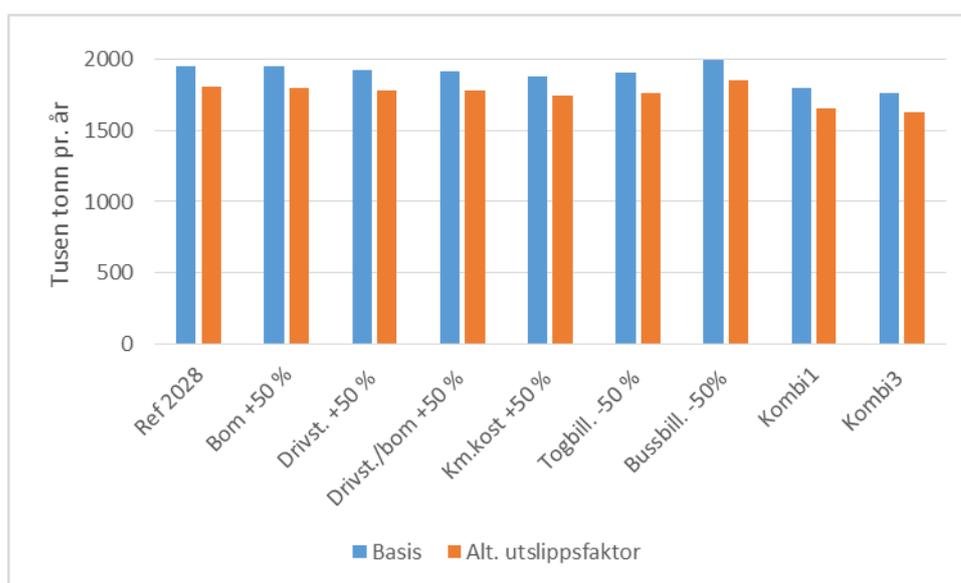
I og med at det er stor usikkerhet i enkelte av utslippsfaktorene for CO₂ så har vi også gjort en alternativ beregning for å illustrere følsomheten. I tabell 3.16 har vi forutsatt 15 % elbilandel i 2030 i stedet for referanseberegningens knappe 2 %. Dersom dagens elbilsalg opprettholdes eller øker så vil også dette være en lav andel, det samme gjelder dersom de ladbare hybridene slår godt an fremover. Økningen i elbilandel er gjort ved at andel dieselmotorer er redusert i forhold til i referanseberegningen. Dette gir oss et utslipp pr. kjøretøykilometer for personbil på 113 gram CO₂ i 2028 i stedet for 128 gram i opprinnelig beregning. Vi beregner nå følgende endringer i CO₂-utslipp, som kan sammenlignes med tallene i tabell 3.12.

Tabell 3.14 Beregnet endring av utslipp av CO₂ pr. transportform og i sum for lange reiser fra referanse 2028 (referanse 2028 sammenlignet med 2014). Tusen tonn. Lavere utslippsfaktor for personbil.

	Bilfører	Buss	Tog	Båt	Fly	SUM
Referanse 2028	-18.4	14.4	-7.3	-1.3	-34.0	-46.6
Bom +50 %	-9.1	0.8	0.0	0.2	2.0	-6.1
Drivstoff +50 %	-41.9	3.6	0.2	0.6	13.1	-24.5
Drivstoff og bom +50 %	-50.5	4.4	0.2	0.8	15.2	-29.9
Kilometerkost +50 %	-109.9	9.5	0.5	1.7	34.8	-63.4
Togbillett -50 %	-14.0	-24.1	3.1	0.2	-9.5	-44.3
Bussbillett -50%	-16.2	70.0	-1.7	-1.9	-9.3	40.9
Kombi1	-25.6	20.3	3.9	-0.3	-152.6	-154.2
Kombi3 NTM6	-67.1	24.4	4.2	0.3	-142.5	-180.6

Øverste rad i tabellen viser at vi, med disse forutsetningene om CO₂-utslipp fra personbiltrafikken, kan få noe lavere samlede utslipp i 2028 enn i 2014. De ulike tiltakene (med unntak av lavere pris på bussbilletter) vil bidra til å forsterke utslippsnedgangen. Hvert tiltak gir imidlertid litt mindre utslippsreduksjon i tonn enn det man fant med de opprinnelige utslippsfaktorene for bil, noe som skyldes at det ved lavere utslippsfaktor for bil er mindre «å tjene» på overgang til andre transportformer.

Figur 3.3 illustrerer effekten på CO₂-utslippet av lavere utslippsfaktorer i 2028 for personbiler. De blå søylene viser utslippet ved opprinnelige utslippsfaktorer, mens oransje søyler viser hvordan det ser ut ved lavere utslipp fra personbil.


 Figur 3.3 Forskjeller i CO₂-utslipp fra lange reiser i ved ulike forutsetninger om utslippsfaktoren for bil. Millioner tonn pr. år.

Beregningsår 2050

Basert på anslagene for transportarbeid i 2050, samt utslippsfaktorene i tabell 3.10, er det beregnet følgende utslipp av CO₂ i hvert beregningsalternativ i 2050, målt i tusen tonn pr. år.

Tabell 3.15 Utslipp av CO₂ pr. transportform og i sum for lange reiser. Referanse og tiltaksalternativ for 2050. Tusen tonn.

	Bilfører	Buss	Tog	Båt	Fly	SUM
Referanse 2050	1398	130	5	15	513	2060
Bom +50 %	1386	131	5	15	514	2051
Drivstoff +50 %	1342	134	5	15	523	2020
Drivstoff og bom +50 %	1331	135	5	16	525	2012
Kilometerkost +50 %	1251	142	5	16	541	1956
Togbillett -50 %	1379	101	8	15	505	2007
Bussbillett -50%	1376	215	4	13	505	2113
Kombi1	1364	155	8	15	388	1929
Kombi3	1308	160	8	15	396	1887

Dette gir følgende endringer i utslipp for hvert av beregningsalternativene, målt mot referansealternativet 2050.

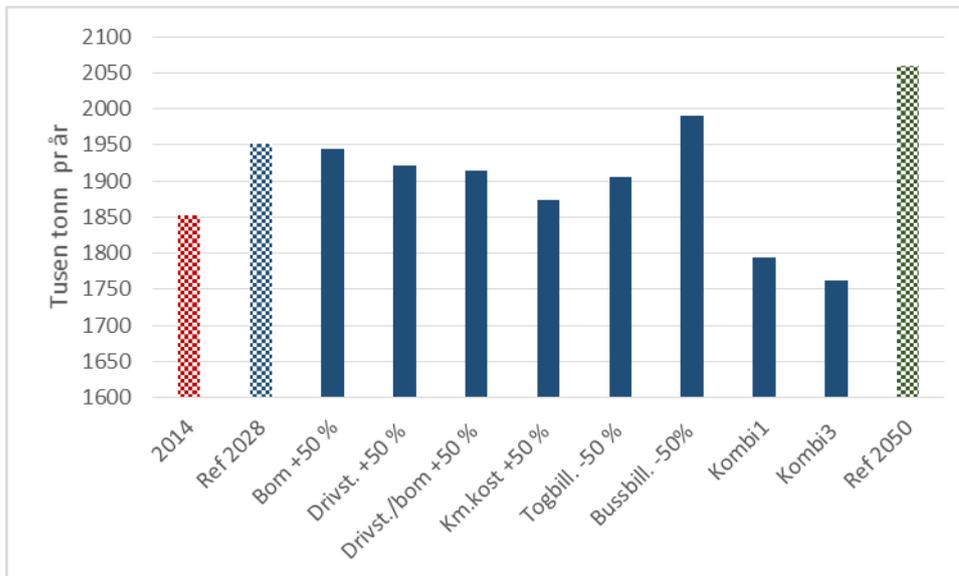
Tabell 3.16 Beregnet endring av utslipp av CO₂ pr. transportform og i sum for lange reiser fra referanse 2050 (referanse 2050 sammenlignet med 2028). Tusen tonn.

	Bilfører	Buss	Tog	Båt	Fly	SUM
Referanse 2050	201.7	22.8	-1.4	-1.5	-112.8	108.8
Bom +50 %	-12.2	1.0	0.0	0.2	1.6	-9.3
Drivstoff +50 %	-55.8	4.3	0.1	0.6	10.7	-40.0
Drivstoff og bom +50 %	-67.2	5.3	0.2	0.7	12.4	-48.5
Kilometerkost +50 %	-146.2	11.5	0.4	1.5	28.5	-104.2
Togbillett -50 %	-18.7	-29.2	2.5	0.2	-7.8	-53.0
Bussbillett -50%	-21.5	84.9	-1.3	-1.8	-7.6	52.7
Kombi1	-34.0	24.7	3.1	-0.3	-125.1	-131.6
Kombi3	-89.3	29.6	3.3	0.3	-116.8	-172.8

I referansebanen beregnes en økning i CO₂-utslippene fra lange reiser på knapt 110 tusen tonn i 2050 i forhold til i 2028. For at noen av tiltakene skal gi en utslippsreduksjon fra 2028 til 2050 må det gi en større nedgang enn denne beregnede veksten. Både Kombi1- og Kombi3-alternativet klarer dette, mens en økning av kilometerkostnadene på 50 % ligger like i nærheten.

Vi har nevnt usikkerhet i beregningene tidligere i rapporten, men det må igjen fremheves når vi nå beveger oss så langt fram som til 2050. Det er stor usikkerhet både i transportarbeid og utslippsfaktorer, men det er også mange andre ting som kan se veldig annerledes ut 35 år fram i tid.

Figur 3.4 viser beregnede utslipp av CO₂ fra lange reiser i 2014, referansealternativene i 2028 og 2050, samt de ulike tiltaksalternativene i 2028. Vi ser at med de utslippsfaktorer og andre forutsetninger som ligger til grunn for beregningen, så er det kun i de to kombinasjonsalternativene at utslippet i 2028 beregnes å være lavere enn i 2014.



Figur 3.4 Beregnet utvikling i CO₂-utslipp fra lange reiser i referansebanen og de ulike tiltaksalternativene 2028. Tusen tonn pr. år.

4 Persontransport, Korte reiser (eksempel Bergen)

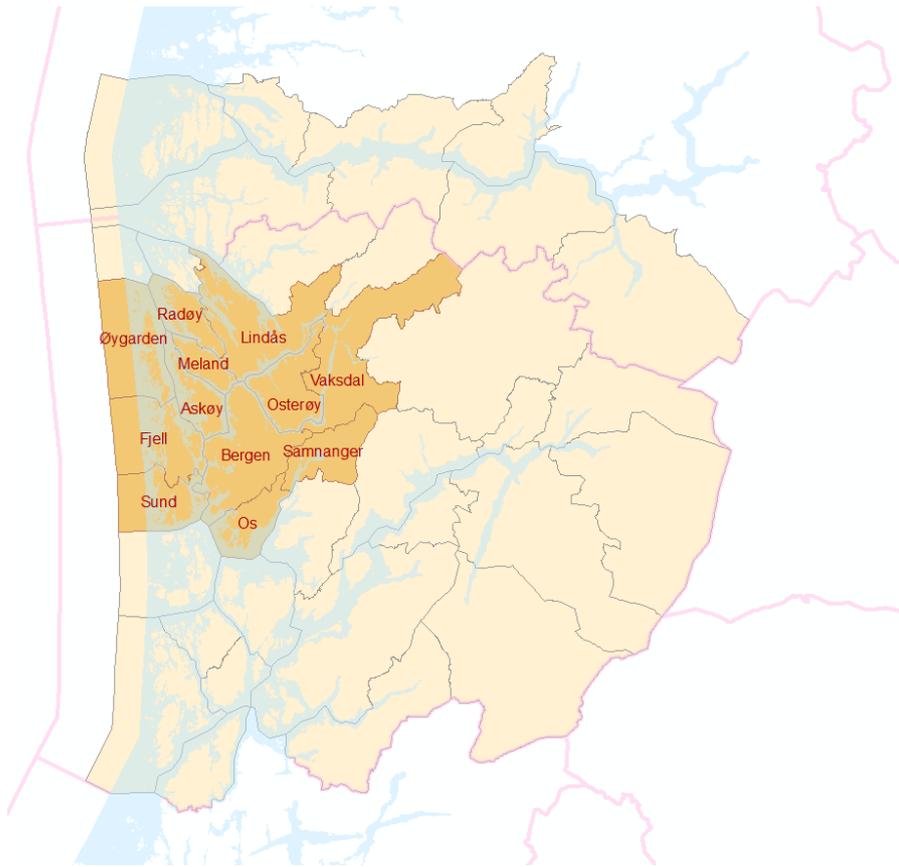
4.1 Modellberegninger

Beregningsalternativene

For å beregne samlet effekt på CO₂-utslipp for hele landet så må man, i tillegg til å kjøre langdistansemodellen, også gjøre beregninger med alle de regionale modellene. Dette har ikke vært mulig innenfor tids- og kostnadsrammene for prosjektet. Bruk av de regionale modellene gjør også at man vil miste muligheten til en fullgod analyse av tiltak som er spesifikke for byområder, hvor en mer spesialtilpasset delområdemodell (DOM) for et byområde fungerer bedre. I stedet for å kjøre en eller to av de regionale modellene for hvert tiltak, valgte man i stedet å bruke én av byområdemodellene. Valget falt da på DOM-Bergen, som var den eneste delområdemodellen som var oppdatert på det tidspunkt beregningene skulle gjøres.

Et interessant spørsmål i den forbindelse er i hvilken grad resultatene fra Bergen kan generaliseres til også å gjelde andre byområder i Norge, dvs. hvorvidt Bergen er representativ for norske byområder når det gjelder effekten av tiltak. I Madslie og Steinsland (2011) er resultatene fra Klimakurberegningene fra 2010 (Madslie, Minken og Vingan, 2010) brutt ned på Fremtidens byer. De fleste sammenligningene mellom byene er gjort for effekten på antall turer med ulike transportformer, men det er også gjort en sammenligning av utviklingen i transportarbeid for et av kombinasjonsalternativene. I grove trekk viser denne rapporten at det er en del forskjeller mellom byene og at dette varierer fra tiltak til tiltak, men at Bergen verken skiller seg ut med veldig store eller veldig små utslag for noen av tiltakene. Vi mener derfor at resultatene fra Bergen vil kunne fungere som et grovt anslag på effekten av tiltak i byområder.

I figur 4.1 har vi vist hvilket område som dekkes av DOM-Bergen. Hele modellområdet er vist med lys gul farge, mens selve byområdet (slik det muligens blir definert i forbindelse med nullutslippsmålet for byene) er vist med mørkere gult. Dette består av kommunene Bergen, Samnanger, Os, Sund, Fjell, Askøy, Vaksdal, Osterøy, Meland, Øygarden, Radøy og Lindås. Området er med andre ord atskillig større enn det man vanligvis tenker på som et byområde.



Figur 4.1 Hele modellområdet er vist med lys gult, mens byområdet Bergen er vist med mørkere gult.

Modellen er kjørt for hele det lysegule området, mens datauttak er gjort for hhv. hele området, det mørkegule byregionområdet og for selve Bergen kommune.

Modellversjonen som er brukt er fra 2. mars 2015, kjørt med Regmod versjon 3.6. Modellen dekker reiser under 7 mil, og er kjørt på døgntrafikk med 7 iterasjoner. Modellen var ikke ferdig kalibrert på timenivå da vi mottok den, og er derfor ikke kjørt med timetrafikk. Dette kan ha en viss betydning for om man får regnet så realistisk på bilkøer og trengsel som man skulle ønske. Dersom modellen ikke får inn de rushtidstoppene som man har i praksis, vil trafikken flyte for godt i modellen og man kan ende opp med å beregne at en for stor del av arbeidsreisene foregår med bil. Et annet forhold det er viktig å være oppmerksom på, er at det ikke regnes med kapasitetsbegrensninger i kollektivtrafikken. Dersom det er så store kapasitetsproblemer på enkelte ruter eller tider at det fører til at noen i praksis velger bort kollektivtrafikk, så vil ikke det tas hensyn til i beregningene.

Tabell 4.1 viser hvilke tiltak/case som er beregnet med DOM-Bergen. Alle beregninger er gjort for 2028, med unntak av referansealternativet for 2014.

Tabell 4.1 Oversikt over hvilke tiltak som er beregnet med DOM-Bergen

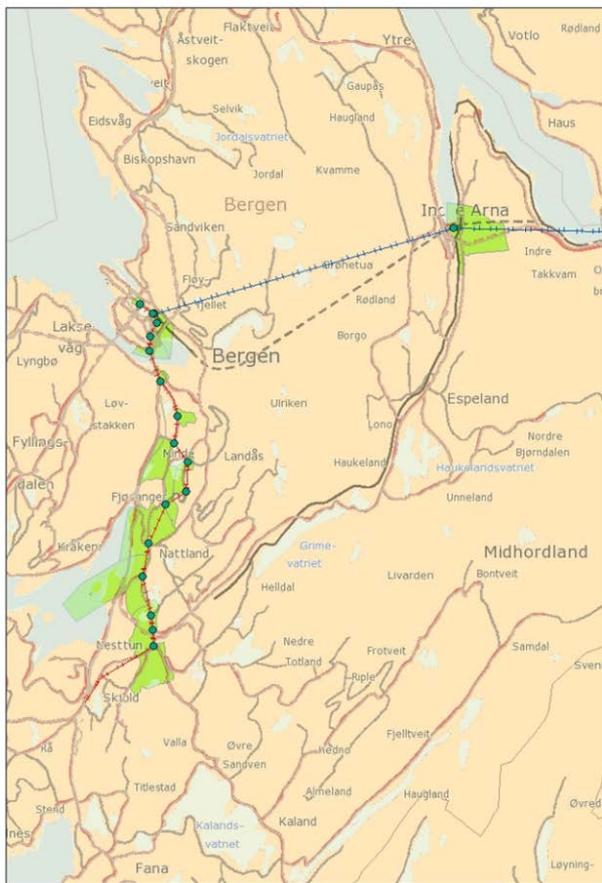
1	2014	Referanse 2014
2	2028	Referanse 2028
3	Kmkostnad +50%	Kilometerkostnad for bil: +50 % for alle reisehensikter
4	Kollektivtakst +50%	Kollektivtakst: - 50 % i hele modellområdet
5	Parkering1	Flat parkeringskostnad i hele modellområdet: 150 kr/dag for arbeidsparkering, 30 kr/time for korttidsparkering. Alle arbeidstakere betaler fullt for arbeidsparkering (dvs ingenting dekket av arbeidsgiver). Ingen parkeringskostnad på bosted.
6	Parkering2	Differensierte parkeringskostnader: 150 kr/dag for arbeidsparkering og 30 kr/time for korttidsparkering i Bergen kommune. Andre kommuner: 75 kr/dag for arbeidsparkering og 15 kr/time for korttidsparkering. Arbeidstakere betaler fullt for arbeidsparkering. Ingen parkeringskostnad på bosted.
7	0-vekst	Tilnærmet null økonomisk vekst fra 2014 til 2028, dvs. at det forutsettes uendret realdisponibel inntekt/privat konsum fra 2014. Påvirker bilhold/biltilgang i modellen.
8	Null Bilhold	Null bilhold i et utvalg grunnkretser med bybanestasjon (fra sentrum til og med Nesttun) + Indre Arna (15 grunnkretser)
9	Arealog/Knutepunkt	All befolkningsvekst fra 2014 til 2028 i hele modellområdet er lagt til et utvalg grunnkretser med bybanestasjon (fra sentrum til og med Nesttun) + Indre Arna (til sammen 15 grunnkretser). Befolkningen i disse grunnkretsene øker fra 15 659 til 94 116.
10	Altarealog/knutepkt_ NullBilhold	Kombinerer 8 + 9 (dvs all befolkningsvekst til 15 knutepunkter og null bilhold i disse grunnkretsene)
11	Drivstoff +50%	Drivstoffkostnad for bil: +50 %
12	Drivstoff50_Altareal/ knutepkt	Kombinerer 9 + 11 (all befolkningsvekst til 15 knutepunkt og drivstoffkostnad opp 50 %)

Det må bemerkes at mye av dette er svært stilistiske alternativer, som det pr. i dag ikke er enkelt å gjennomføre. Dette gjelder særlig tiltakene med null bilhold, fullstendig styrt befolkningsvekst, og svært høye kostnadsøkninger for privatbil. De kan likevel være nyttige for å kunne si noe om hva som *kunne* skjedd dersom det ble gjennomført tiltak som går i retning av det som er skissert i tabellen over. Caset hvor den økonomiske veksten stopper opp kan betraktes som en følsomhetsberegning av effekten av økonomisk vekst.

Parkeringscasene forutsetter at ingen slipper unna parkeringsavgift verken på arbeidsreiser eller andre reiser, og at arbeidsgiver ikke dekker noe av parkeringskostnaden for sine ansatte. Dette kan være vanskelig å få til i praksis, da det ikke er en enkel sak å sørge for at ikke noen finner gratis steder å parkere bilen, verken i Bergen eller kommunene rundt. Et fullstendig styrt bilhold i gitte grunnkretser eller at det kun er befolkningsvekst i gitte soner er heller ikke spesielt realistisk, men et mer realistisk case hvor man skal se på en veldig detaljert plan for utbygging ville vært betydelig mer tidkrevende å få kodet inn og beregnet. Grader av disse tiltakene kan man imidlertid tenke seg, f.eks. så vil bilholdet være lavt i et område hvor det er dårlige muligheter for å parkere nær bostedet. En styring av befolkningsveksten mot kollektivknutepunkter er også mulig, dersom arealplanlegging og boligutbygging legger til rette for det. At *all* befolkningsvekst skal skje i et fåtall soner er imidlertid mindre sannsynlig. Det vil i hvert fall ikke skje fra i

dag til 2028, da det allerede pågår mye nybygging også utenom kollektivknutepunkter, noe som nødvendigvis vil føre til befolkningsvekst i sonene det bygges i.

Figur 4.2 viser hvilke soner (grunnkretser) i modellområdet som det i noen av alternativene er lagt inn enten null bilhold og/eller som får all befolkningsveksten fra 2014 til 2028. Dette er de sonene fra Bergen sentrum til Nesttun som har bybanestasjon (dvs ikke alle dagens bybanestasjoner), samt Indre Arna som har togstasjon. Siden disse sonene har et svært godt kollektivtilbud er det beregnet noen case (8 og 10) hvor en ser for seg null bilhold i disse sonene, f.eks. på grunn av svært dårlige parkeringsmuligheter ved bolig. Det er også beregnet noen case (9, 10 og 12) hvor disse samme grunnkretsene får hele befolkningsøkningen i modellområdet fra 2014 til 2028, såkalt fortetting ved kollektivknutepunkter. Befolkningen i de 15 utvalgte grunnkretsene øker da fra ca 15600 til ca 94100.



Figur 4.2 Et utvalg av grunnkretsene som har bybanestasjon (fra Sentrum til og med Nesttun), samt Indre Arna med togstasjon.

Beregningsår 2028

For hele regionen beregnes følgende prosentvise endring i antall turer med hver transportform. Alle alternativene er beregnet for år 2028 og sammenlignet med et referansealternativ for samme år:

Tabell 4.2 Endring i antall turer i 2028 i forhold til referansealternativet 2028. Prosent.

Alt.		Bilfører	Bilpassasjer	Kollektiv	Sykkel	Gang	Totalt
3	Kmk50	-4.2 %	-2.4 %	8.4 %	7.9 %	4.3 %	-1.4 %
4	Kolltakst50	-1.4 %	-2.2 %	29.4 %	-6.1 %	-3.2 %	0.5 %
5	Park1	-19.3 %	22.5 %	52.1 %	80.9 %	20.8 %	-1.8 %
6	Park2	-16.2 %	17.6 %	46.1 %	65.7 %	16.8 %	-1.5 %
7	Ovekst	-5.3 %	4.3 %	7.3 %	9.0 %	6.5 %	-1.3 %
8	NullBH	-2.7 %	2.2 %	5.3 %	4.7 %	3.2 %	-0.5 %
9	Altarealtog	-5.5 %	5.1 %	15.9 %	12.0 %	12.3 %	0.4 %
10	Altareal_NullBH	-16.0 %	13.1 %	34.3 %	28.2 %	25.0 %	-1.9 %
11	Driv50	-1.9 %	-1.1 %	3.7 %	3.6 %	2.0 %	-0.6 %
12	Driv50Altareal	-7.2 %	4.0 %	19.5 %	15.3 %	14.2 %	-0.1 %

Totalt antall turer beregnes å gå noe ned i forhold til referansealternativet 2028 i de aller fleste alternativene som er beregnet. Unntaket er alternativ 4 hvor kollektivtakstene reduseres, og alternativ 9 hvor all vekst i befolkningen legges til soner med et godt kollektivt transporttilbud.

Vi ser at det i flere av alternativene beregnes en betydelig økning i antall kollektivturer. I den forbindelse er det verdt å merke seg at modellen ikke opererer med noe kapasitetstak i kollektivtrafikken og at det heller ikke ligger inne eventuelle ulemper for passasjerene knyttet til at busser, tog og bybane blir fullere enn før. Realismen i beregningene må dermed vurderes opp mot sannsynligheten for at man vil klare å gi et kollektivtilbud som også er attraktivt selv med det økte passasjertallet som beregnes. Dersom dette i praksis skjer ved at det settes inn hyppigere avganger, kan modellen ha underestimert veksten i kollektivtransporten. I prinsippet burde en da gjøre en tilleggsberegning med høyere frekvens.

Legg ellers merke til at kombinasjonen av befolkningsvekst kun i bybane/togsoner og null bilhold i de samme sonene (alt. 10) gir en betydelig større nedgang i antall turer som bilfører enn det summen av de to alternativene gjør (alt. 8 og 9). Årsaken til dette er at det i alternativ 8 (NullBH) forutsettes at dagens befolkning i disse 15 grunnkretsene ikke har biltilgang, mens man i kombinasjonsalternativet har flyttet hele regionens befolkningsvekst til disse sonene som er uten biltilgang. Det er altså en betydelig større andel av befolkningen i regionen som ikke har biltilgang i alternativ 10 enn i de andre alternativene, noe som slår kraftig ut på biltrafikken. Vi kommer for øvrig nærmere tilbake til resultater for de enkelte beregninger etter tabell 4.3 og 4.4, som viser endringer i transportarbeid pr. transportform i hvert av beregningsalternativene, målt i forhold til basisalternativet 2028. Resultatene vises for hele regionen (modellområdet) og angis i absolutte tall i tabell 4.3 og som prosentvise endringer i tabell 4.4.

Tabell 4.3 Endring i transportarbeid i 2028 i forhold til referansealternativet 2028 (fra 2014 for referanse 2028). Mill personkilometer pr år.

	Bilfører	Bilpass.	Buss	Båt	Tog	Bybane	Syssel	Gang	Totalt	Tot. koll
2 2028 Ref	544.5	18.9	106.5	0.3	7.6	2.2	0.2	8.6	694.8	116.6
3 Kmk50	-585.6	-41.6	45.5	0.0	5.8	2.8	2.9	4.1	-562.7	54.1
4 Kolltakst50	-39.3	-6.6	171.0	0.1	11.4	11.6	-2.1	-3.9	153.4	194.0
5 Park1	-639.3	95.5	274.0	0.2	14.8	19.2	28.9	23.3	-162.0	308.3
6 Park2	-536.8	73.1	227.9	0.1	12.7	18.3	23.4	19.4	-143.1	259.0
7 Ovekst	-132.5	13.2	29.5	0.0	1.4	2.7	2.8	6.5	-73.7	33.6
8 NullBH	-62.1	5.8	5.3	0.0	1.6	9.3	1.5	3.4	-32.8	16.2
9 Altarealtog	-216.8	-1.1	-132.7	-0.4	1.4	35.0	2.2	16.4	-292.8	-96.8
10Altareal_NullBH	-437.4	18.8	-115.2	-0.4	8.1	65.2	7.0	28.3	-414.2	-42.4
11 Driv50	-276.2	-20.5	20.2	0.0	2.6	1.2	1.3	1.8	-268.0	24.0
12 Driv50Altareal	-463.2	-20.3	-115.5	-0.4	4.0	36.5	3.4	18.2	-532.5	-75.4

Tabell 4.4 Endring i transportarbeid i 2028 i forhold til referansealternativet 2028 (fra 2014 for referanse 2028). Prosent.

	Bilfører	Bilpass.	Buss	Båt	Tog	Bybane	Syssel	Gang	Totalt	Tot. koll
2 2028 Ref	20.8%	7.5%	9.8%	13.9%	13.7%	5.1%	0.9%	5.5%	16.1%	9.8%
3 Kmk50	-18.5%	-15.4%	3.8%	2.3%	9.2%	6.2%	10.4%	2.5%	-11.2%	4.1%
4 Kolltakst50	-1.2%	-2.4%	14.3%	2.9%	18.0%	25.8%	-7.5%	-2.4%	3.1%	14.8%
5 Park1	-20.2%	35.4%	22.9%	11.2%	23.4%	42.7%	104.9%	14.1%	-3.2%	23.6%
6 Park2	-17.0%	27.1%	19.0%	7.0%	20.2%	40.5%	85.1%	11.8%	-2.9%	19.8%
7 Ovekst	-4.2%	4.9%	2.5%	0.9%	2.2%	6.0%	10.1%	4.0%	-1.5%	2.6%
8 NullBH	-2.0%	2.1%	0.4%	0.1%	2.5%	20.7%	5.6%	2.1%	-0.7%	1.2%
9 Altarealtog	-6.9%	-0.4%	-11.1%	-20.3%	2.2%	77.6%	8.1%	10.0%	-5.8%	-7.4%
10Altareal_NullBH	-13.8%	7.0%	-9.6%	-20.2%	12.8%	144.7%	25.3%	17.1%	-8.3%	-3.2%
11 Driv50	-8.7%	-7.6%	1.7%	0.9%	4.1%	2.8%	4.7%	1.1%	-5.4%	1.8%
12 Driv50Altareal	-14.7%	-7.5%	-9.6%	-19.6%	6.3%	81.0%	12.3%	11.1%	-10.6%	-5.8%

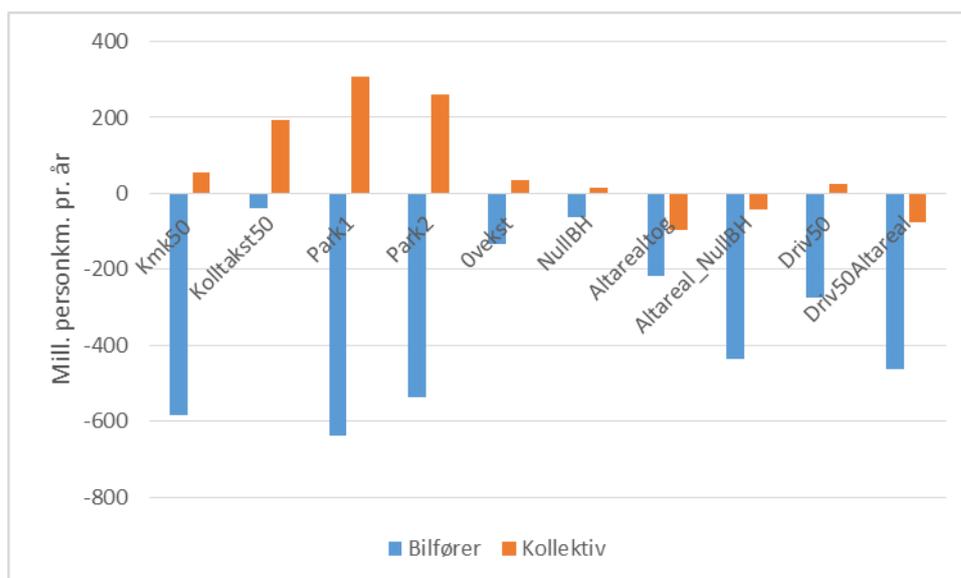
Hvis vi ser nærmere på resultatene så ser vi at effektene på antall turer og transportarbeid er nokså forskjellige for de ulike alternativene. I alternativ 3, hvor kilometerkostnaden for å kjøre bil øker, ser vi at nedgangen er mye kraftigere i utkjørt distanse/transportarbeid for bilfører (-18.5 %) enn for antall turer (-4.2 %). Det vil si at turene i snitt har blitt kortere. Årsaken til dette er at økte kilometerkostnader utgjør et større beløp for de som kjører langt, og en del vil enten gå over til andre transportformer eller velge destinasjoner nærmere. Økte parkeringskostnader (alt 5 og 6) gir stor relativ kostnadsøkning for korte turer, og i disse alternativene ser vi ikke tilsvarende forskjell på effekten på transportarbeid og antall turer for bilfører. Her virker parkeringskostnaden slik at en del bilister velger andre transportmidler (bl.a. beregnes en kraftig økning i kollektivturer og sykkel), men når man først har valgt å kjøre bil så vil ikke parkeringskostnaden bidra til kortere bilturer siden den er et fast påslag uavhengig av reiselengde.

Slik modellene er spesifisert så påvirkes bilholdet av husholdningenes økonomi, dvs. at bilhold og biltilgang øker med økt kjøpekraft for husholdningene. Dette påvirker igjen bruken av bil. I alternativ 7 er det gjort en beregning hvor det er forutsatt at den økonomiske veksten stopper opp, noe som i modellen angis som uendret realdisponibel inntekt for husholdningene. Det beregnes da en nedgang i trafikkarbeid med bil (transportarbeid bilfører) på i overkant av 4 prosent. Dette er i forhold til referansealternativet 2028, og innebærer at man i stedet for nesten 21 % vekst i trafikkarbeid med personbil fra 2014 til 2028 beregner en vekst på knappe 16 % (se tabell 4.7). Dette er like i underkant av forventet befolkningsvekst i regionen i samme periode (ca 17 %). Det diskuteres fra tid til annen om sammenhengen mellom økonomisk vekst og økt bilhold er i ferd med å avta, og yngre personer i byene venter lenger med å ta førerkort. Slike forhold kan bidra til at en mellomting mellom alternativ 7 og referansealternativet gir et mer riktig bilde av fremtiden enn det referansealternativet gjør. Et annet moment er at det etter at referansebanen til NTPs grunnprognoser ble laget (basert på Finansdepartementets perspektivmelding 2013), er kommet en ny fremskrivning av norsk økonomi som opererer med lavere økonomisk vekst enn det som er brukt i modellberegningene i foreliggende rapport. En modellberegning basert på denne fremskrivningen ville gitt noe lavere bilhold og biltrafikk enn det som ligger i 2028 referanse.

I stedet for å modellere redusert bilhold gjennom lavere økonomisk vekst, har vi i alternativ 8 gjort en beregning hvor det i et lite utvalg av modellens soner ikke er mulig å eie bil i det hele tatt. Dette er lite realistisk i praksis, men man kan tenke seg soner med svært tett bebyggelse og dårlige forhold for biloppstilling, slik at færre husstander enn normalt vil ønske å eie bil. I modellen er det til en viss grad tatt høyde for at bilholdet blir lavere i soner med god kollektivdekning, men det er ingen variabel som angir hvor lett eller vanskelig det er å parkere ved bostedet. Alternativ 8 kan f.eks. tenkes på som et case hvor det i noen soner er veldig vanskelig eller veldig dyrt å ha egen bil parkert. Resultatene fra denne beregningen antyder en nedgang i bilturer, hvor de fleste går over til kollektiv, gang og sykkel, men det blir også noe færre turer totalt sett. Tabell 4.3, som fordeler transportarbeidet for kollektivturer på de ulike transportmidlene, viser at kollektivveksten i første rekke skjer på bybane og med tog. Dette er naturlig da sonene hvor bilhold er gjort utilgjengelig enten har en bybaneholdeplass eller togstasjon (Indre Arna). Det er for øvrig vanskelig å angi «potensialet» for nedgang i biltrafikken i et slikt case, da det bare er gjort for noen soner i modellen, samtidig som det er for ekstremt til å være realistisk for de sonene det gjelder.

Et annet case som heller ikke er helt realistisk, men som er i tråd med målet om fortetting ved kollektivknutepunkter, er alternativ 9. Der er all vekst i befolkningen (i hele modellområdet) lagt til 15 grunnkretser med bybaneholdeplass og til Indre Arna som har rask togforbindelse til sentrum. Dette alternativet viser at det ikke blir mindre reisevirksomhet (målt i turer) ved en slik arealbruk, men at transportarbeidet samlet sett går ned. Det siste gjelder både for bil og samlet for kollektivtransporten (på grunn av kortere reiser enn før). Det beregnes større transportarbeid for sykkel og gange, og også en overgang fra transport med buss til tog og bybane (på grunn av at befolkningen er flyttet til tog- og bybanesoner).

Beregnete endringer i transportarbeid for 2028 er vist i figur 4.3, for hhv bilfører og kollektivtransport. Bilpassasjer, gang og sykkel er ikke med, da det ikke er relevant for de videre utslippsberegningene.



Figur 4.3 Beregnet endring i transportarbeid for korte reiser i DOM-Bergen i de ulike beregningsalternativene i 2028. Millioner personkilometer pr. år.

Figuren viser at både økte parkeringskostnader og endret arealbruk er virkemidler som monner og som gradvis kan få økt betydning fremover, selv om eksemplene som er beregnet er stilistiske og nokså ekstreme.

I kapittel 3 så vi at mange av beregningene som ble gjort for lange turer også var gjort tidligere med den gamle langdistansemodellen NTM5, slik at det var mulig å sammenligne effektene. Dette er ikke i like stor grad tilfelle for beregningene gjort for de korte reisene. Noen av alternativene er imidlertid beregnet før, for ulike områder som er dekket av RTM-systemet. I tabellen under er det gjort en grov oppsummering av forskjeller og likheter med tidligere modellberegninger for disse alternativene.

Tabell 4.5 Sammenligning med tidligere kjøring av en av modellene i RTM-systemet.

Alternativ	Sammenligning med tidligere kjøring
3 Kmk50	Ikke så ulik tidligere beregninger med dobbel drivstoffpris fra Klimakur.
4 Kolltakst50	Lavere effekt enn tidligere kjøring for Intercity-området. Kan skyldes generelt bedre kollektivtilbud i IC-området, men har ikke verifisert at dette er tilfelle. Godt samsvar med det man forventer i forhold til en tidligere kjøring for Bergen hvor det var 25 % takstreduksjon.
11 Driv50	Litt lavere effekt enn tilsvarende kjøring for IC-området.

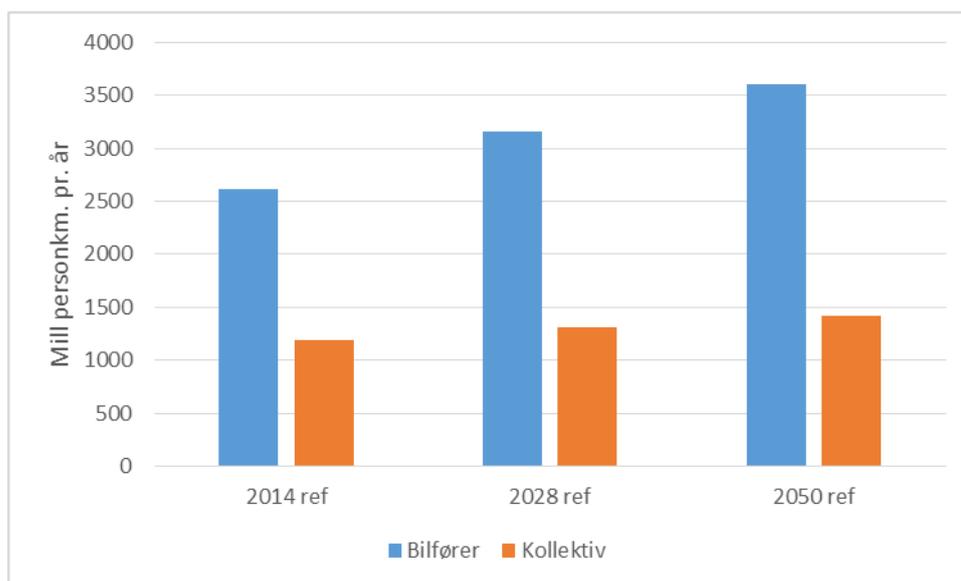
Anslag for år 2050

På samme måte som for de lange reisene, har vi også for korte reiser i Bergensregionen brukt grunnprognosene samt beregnede endringer (i prosent) for tiltakene til å anslå transportarbeidet i 2050. Dette gir oss grove tall for endring i personkilometer pr. transportform, som vist i tabell 4.6.

Tabell 4.6 Endring i transportarbeid i 2050 i forhold til referansealternativet 2050 (fra 2028 for referanse 2050). Mill personkilometer pr år.

	Bilfører	Bilpass.	Buss	Båt	Tog	Bybane	Sykkel	Gang	Totalt
2 2050 Ref	446	31	101	0	7	3	1	15	605
3 Kmk50	-668	-46	49	0	6	3	3	4	-648
4 Kolltakst50	-45	-7	185	0	13	13	-2	-4	152
5 Park1	-729	107	297	0	17	21	30	25	-233
6 Park2	-613	82	247	0	14	20	24	21	-204
7 Ovekst	-151	15	32	0	2	3	3	7	-90
8 NullBH	-71	6	6	0	2	10	2	4	-42
9 Altarealtog	-247	-1	-144	0	2	38	2	18	-334
10Altareal_NullBH	-499	21	-125	0	9	70	7	31	-486
11 Driv50	-315	-23	22	0	3	1	1	2	-309
12 Driv50Altareal	-529	-23	-125	0	4	39	4	20	-610

Figur 4.4 oppsummerer beregnet utvikling i transportarbeid i de tre beregningsårene, med befolkningsvekst og økonomisk utvikling som i grunnprognosene. For bil er det kun vist transportarbeid for bilfører, da det er dette som er relevant for utslippsberegningene.



Figur 4.4 Beregnet utvikling i transportarbeid for korte reiser i DOM-Bergen i referansebanen. Millioner personkilometer pr. år.

4.2 Nullvekstmålet

Nullvekstmålet, slik det er formulert i NTP, sier at veksten i persontransporten i storbyområdene skal tas med kollektivtrafikk, sykkel og gange. For å kunne si noe om i hvilken grad de ulike alternativene som vi har beregnet oppnår dette målet, så

har vi sett nærmere på hvordan biltrafikken er beregnet å utvikle seg i forhold til referansealternativet 2014. Litt forenklet kan man tenke seg at nullvekstmålet er oppnådd dersom trafikkarbeidet med personbil ikke øker fra 2014 til 2028. Transportarbeid for bilfører (som er det samme som trafikkarbeid for personbil) er tatt ut for tre regionale nivå, hhv. hele modellområdet, byområdet Bergen, og Bergen kommune. I forhold til nullvekstmålet har vi forstått det slik at det er byområdet Bergen (dvs Bergen og et antall omliggende kommuner definert av SVV Vegdirektoratet, se figur 4.1) som er mest relevant, og denne kolonnen er derfor markert med grått i tabellen under.

Tabell 4.7 Endring i trafikkarbeid for personbil i 2028 i forhold til referansealternativet 2014 for ulike regionale inndelinger. Prosent.

	DOM-Berg	Byområdet	Bergen komm.
2 Referanse2028	20.8%	23.4%	20.8%
3 Kmk50	-1.6%	-0.7%	-2.2%
4 Kolltakst50	19.3%	21.7%	19.2%
5 Park1	-3.6%	-2.5%	-4.1%
6 Park2	0.3%	0.6%	-4.3%
7 Ovekst	15.8%	17.8%	15.0%
8 NullBH	18.4%	20.5%	16.9%
9 Altarealtog	12.5%	14.6%	17.9%
10 Altareal_NullBH	4.1%	4.2%	4.0%
11 Driv50	10.3%	12.0%	10.0%
12 Driv50Altareal	3.1%	4.5%	8.0%

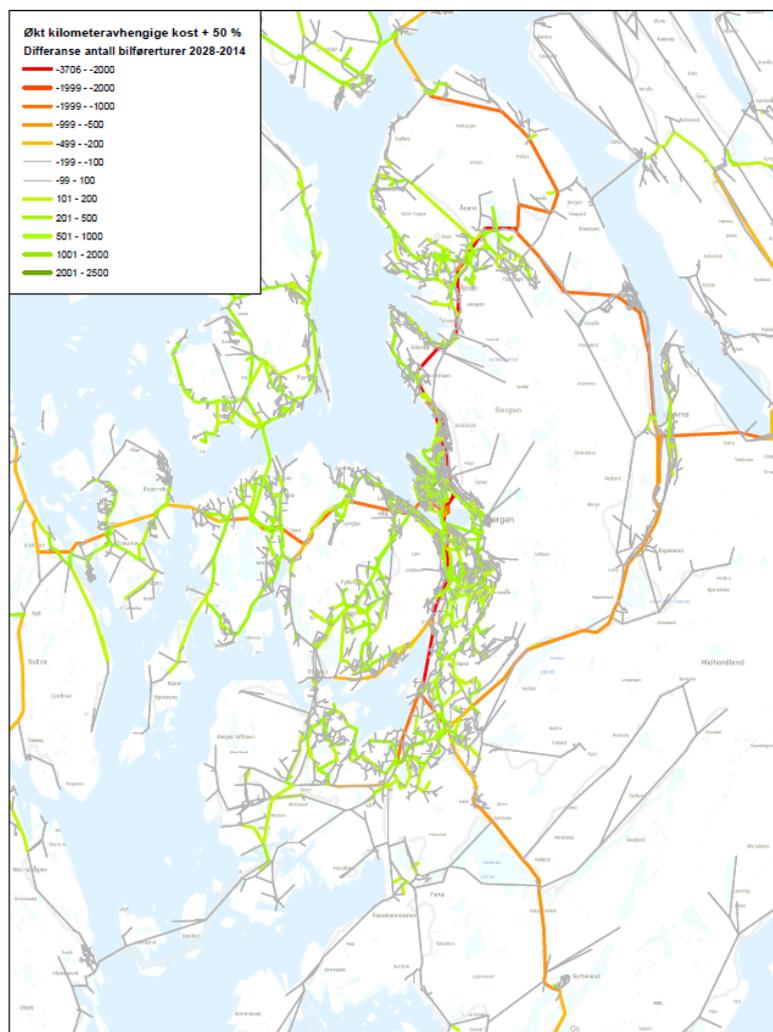
Vi ser at trafikken i byområdet er beregnet å øke med 23.4 % fra 2014 til 2028 dersom ingen tiltak gjøres (og med de forutsetninger for befolkningsvekst og økonomisk utvikling som ligger til grunn for NIPs grunnprognose). Prosentvis vekst er høyere i dette området enn om man ser på hele modellområdet eller kun på Bergen kommune, og har trolig sammenheng med at befolkningsveksten forventes å være stor i de nærmeste kommunene til Bergen, samtidig som kollektivtilbudet ikke er like godt utbygd der som innenfor Bergen kommune.

I forhold til nullvekstmålet (som i denne sammenheng er satt til null vekst i biltrafikken fra 2014 til 2028), så ser vi at de tiltakene som i størst grad oppfyller dette er 50 % økning av kilometerkostnadene for privatbil (alt 3), samt de to parkeringsalternativene (alt 5 og 6).

For å illustrere at ulike måter å nå nullvekstmålet på gir ulike endringer i transportmønster og trafikkbelastning i vegnettet, så har vi i det følgende tatt ut kartplott som viser beregnet endring i ÅDT (årsdøgntrafikk) fra 2014 til 2028 for noen av beregningsalternativene. I figurene er veglenker med forventet økning i ÅDT vist med ulike varianter av grønt, mens nedgang i trafikken er vist med rødt. På grunn av befolkningsvekst kombinert med forventninger om fortsatt økonomisk vekst, så vil man i en situasjon uten tiltak kunne forvente trafikkvekst på så godt som alle veglenker i modellen (kan være unntak hvis det f.eks. er enkeltgrunnkretser med befolkningsnedgang).

Figur 4.5 viser endring i ÅDT på veglenker i alternativ 3 hvor kilometerkostnadene for privatbil øker med 50 %. Det beregnes da en beskjeden nedgang i trafikkarbeid i byområdet på -0.7 %, mot en økning på 23.4 % dersom ingen tiltak gjøres. Dette

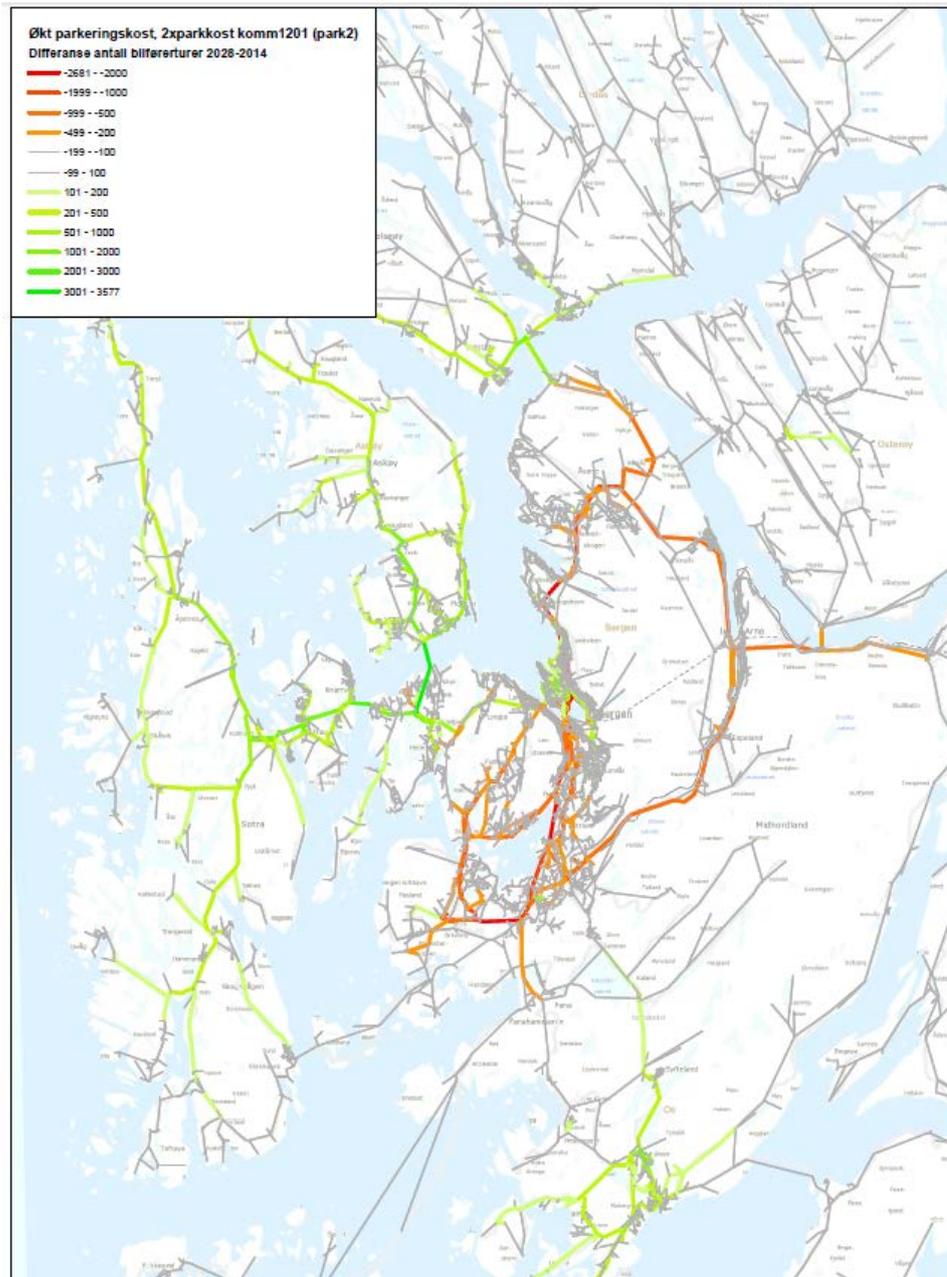
innebærer at tiltaket, ifølge modellen, akkurat er sterkt nok til å motvirke forventet trafikkvekst basert på befolkning, økonomisk vekst osv.



Figur 4.5 Beregnet utvikling i ÅDT 2014 til 2028 ved 50 % økning av kilometeravhengige bilkostnader.

Vi ser at det forventes vekst i ÅDT på de aller fleste veglenker i området, mens det blir en nedgang på en del av innfartsårene til Bergen. En årsak til dette er at økte kilometerkostnader «svir» mest for de som kjører langt, og dermed virker kraftigst på de lange turene.

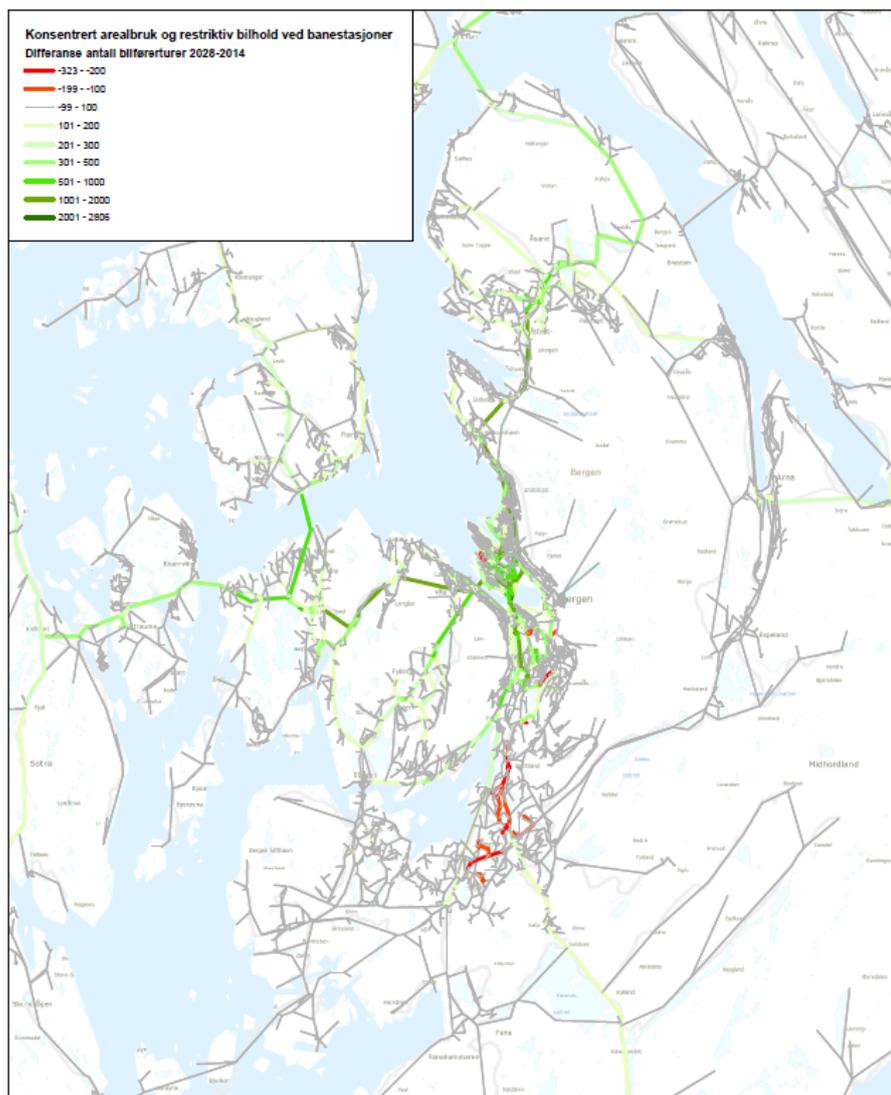
Figur 4.6 viser resultatene for alternativ 6, hvor det er lagt inn en kraftig økning i parkeringskostnadene. I dette alternativet er det lagt inn 150 kr/dag for arbeidsplassparkering og 30 kr/time for korttidsparkering i Bergen kommune (korttidsparkering brukes for alle andre reisehensikter enn arbeidsreiser). Utenfor Bergen kommune er takstene satt til det halve av dette. Det er videre forutsatt at alle betaler for parkeringen selv, dvs. at ikke arbeidsgiver eller andre dekker kostnadene. I dette alternativet er trafikkarbeidet for bil i byområdet beregnet å øke med beskjedne 0.6 % fra 2014 til 2028.



Figur 4.6 Beregnet utvikling i ÅDT 2014 til 2028 ved kraftig økning av parkeringskostnader.

Vi ser at det er en betydelig forskjell i effekten på ÅDT etter nivået på parkeringskostnadene (hhv innenfor og utenfor Bergen kommune), med nedgang i trafikken de fleste steder innenfor kommunegrensen. Økte parkeringskostnader gir størst relativ kostnadsøkning for korte turer, og fra beregningsresultatene finner vi at nedgangen i antall turer som bilfører er større enn nedgangen i utkjørte kilometer. Dette tyder på at det er korte turer som i størst grad påvirkes, noe man også finner igjen ved en betydelig økning av gang- og sykkelturner.

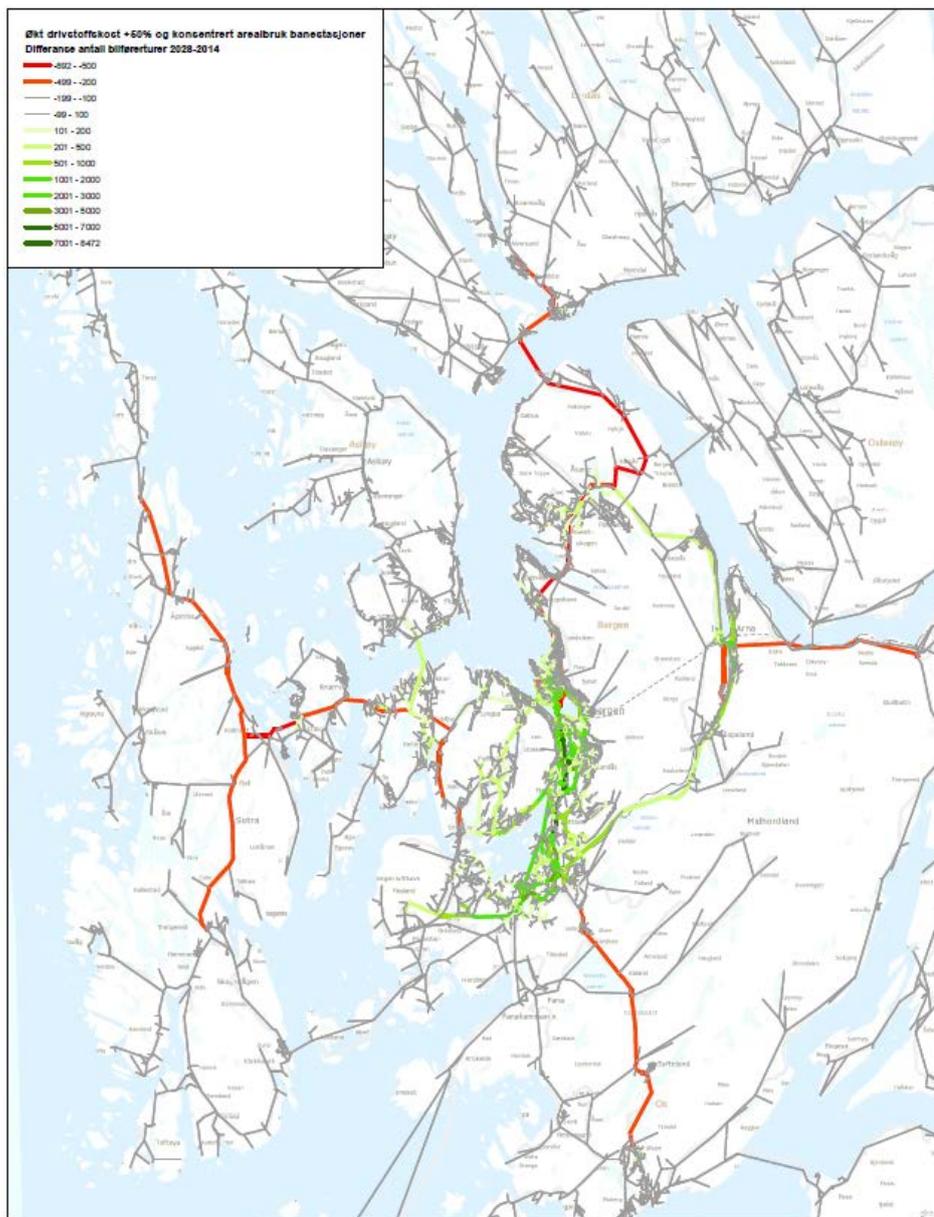
Figur 4.7 viser beregnet effekt på ÅDT av at all befolkningsvekst i modellområdet legges til 14 grunnkretser som har bybanestasjon, samt grunnkretsen ved Indre Arna jernbanestasjon. I tillegg er det definert at bosatte i disse sonene ikke har tilgang til bil (beregningalternativ 10). I dette alternativet er trafikkarbeidet med bil beregnet å øke med 4.2 % fra 2014 til 2028.



Figur 4.7 Beregnet utvikling i ÅDT 2014 til 2028 ved all befolkningsvekst konsentrert til 15 grunnkretser, samt null bilhold i disse sonene.

I dette alternativet er befolkningsveksten altså lagt til et svært begrenset antall soner (et utvalg soner med bybanestasjon pluss Indre Arna). Normalt ville befolkningsøkningen gitt en økning i bilturer fra disse sonene, selv om det er knutepunkter med god kollektivdekning. Det skjer ikke i dette alternativet, og skyldes at det samtidig er forutsatt at befolkningen i disse sonene ikke har tilgang til bil (f.eks. på grunn av dårlige parkeringsmuligheter ved bostedet). I de fleste andre områder finner vi en viss økning i biltrafikken selv om antall bosatte der er konstant. Dette skyldes dels den generelle økonomiske veksten som ligger inne for perioden 2014 til 2028, men kan også skyldes endringer i alderssammensetning etc i de ulike grunnkretsene, da ulike aldersgrupper både har ulik reisefrekvens og ulik tilbøyelighet til å velge bil på reisene.

Figur 4.8 viser endring i ÅDT på veglenker i beregningsalternativ 12, hvor drivstoffkostnaden for privatbil (utgjør ca 40 % av kilometerkostnaden) er økt med 50 %, samtidig som all befolkningsvekst fra 2014 til 2028 i modellområdet legges til bybanestasjonenes grunnkretser samt Indre Arna. I dette alternativet er trafikkveksten beregnet til 4.5 % i perioden, mot 23.4 % dersom ingen tiltak gjøres.



Figur 4.8 Beregnet utvikling i ÅDT 2014 til 2028 ved 50 % økning i drivstoffkostnad for bil, samt all befolkningsvekst konsentrert til 15 grunnkretser.

I denne beregningen er økningen i drivstoffkostnader lavere enn i det første alternativet vi så på. En annen forskjell er at det her ikke er vekst i befolkningen andre steder enn ved bybanestasjonene og i Indre Arna. Vi ser at selv om befolkningsveksten er konsentrert i kollektivknutepunkt så demmer det likevel ikke helt opp for økt bilbruk i disse områdene.

4.3 Utslipp

Beregningsår 2028

Opprinnelige utslippsfaktorer

I dette avsnittet viser vi beregnet CO₂-utslipp og endringer i dette for hele modellområdet i DOM-Bergen (illustrert med lys gul farge i figur 4.1). Vi har tidligere beregnet at trafikkarbeidet for personbil i dette området utgjør i overkant av 10 prosent av trafikkarbeidet for alle korte personreiser i Norge. Det innebærer at dersom man kan anta at tiltakene som analyseres virker likt i hele landet så kan man multiplisere oppnådd CO₂-reduksjon med noe mindre enn 10 for å få fram total effekt fra korte reiser. Dette er en grov forenkling da tiltak vil ha ulik effekt fra område til område avhengig av befolkningssammensetning og hvilket transporttilbud som er tilgjengelig (f.eks. om man har et godt utbygd kollektivtilbud). Når det kommer til utslipp så vil det variere fra område til område om f.eks. dyrere bilbruk gir overgang til tog med null utslipp eller til buss. Fra tidligere beregninger har vi sett at Bergensområdet ikke skiller seg ut med veldig store eller veldig små effekter av de fleste analyserte tiltak, sammenlignet med andre byområder.

Beregningene baserer seg på de samme utslippsfaktorene som er brukt for de lange reisene og vist i tabell 3.10, med unntak av at det for korte reiser brukes tall for bybuss, samt at utslipp fra togtrafikk settes til 0 (ettersom Bergensbanen er elektrifisert). Som nevnt tidligere så er disse utslippsfaktorene nokså konservative, spesielt for personbil og buss hvor det er grunn til å tro at teknologiske forbedringer gir en raskere utslippsnedgang enn det som gjenspeiles i utslippsfaktorene.

Basert på beregnet transportarbeid for de korte reisene i området, får vi følgende utslipp av CO₂ i hvert beregningsalternativ, målt i tusen tonn pr. år. Med unntak av Referanse 2014 så er alle beregningene gjort for 2028, med utslippsfaktorer for det året.

Tabell 4.8 Utslipp av CO₂ pr. transportform og i sum for korte reiser i DOM-Bergen. 2014 og 2028. Tusen tonn pr. år.

	Bil	Buss	Båt	SUM
1 Referanse 2014	412	67	0.9	480
2 Referanse 2028	406	70	0.8	477
3 Kmk50	330	73	0.9	404
4 Kolltakst50	400	80	0.9	482
5 Park1	323	86	0.9	411
6 Park2	337	83	0.9	421
7 Ovekst	389	72	0.9	461
8 NullBH	398	70	0.8	469
9 Altarealtog	378	62	0.7	441
10 Altareal_NullBH	349	63	0.7	413
11 Driv50	370	71	0.9	442
12 Driv50Altareal	346	63	0.7	410

Tabell 4.9 viser beregnet endring i CO₂-utslipp for hvert av beregningsalternativene, målt mot referansealternativet 2028 (referanse 2028 er sammenlignet med 2014).

Tabell 4.9 Beregnet endring av utslipp av CO₂ pr. transportform og i sum for korte reiser i DOM-Bergen. Endring fra 2028 (fra 2014 for referanse 2028). Tusen tonn pr. år.

	Bil	Buss	Båt	SUM
2 Referanse 2028 - fra 2014	-6.9	3.2	0.0	-3.7
3 Kmk50	-75.2	2.7	0.0	-72.5
4 Kolltakst50	-5.0	10.0	0.0	5.0
5 Park1	-82.0	16.1	0.1	-65.9
6 Park2	-68.9	13.4	0.1	-55.5
7 Ovekst	-17.0	1.7	0.0	-15.3
8 NullBH	-8.0	0.3	0.0	-7.7
9 Altarealtog	-27.8	-7.8	-0.2	-35.8
10 Altareal_NullBH	-56.1	-6.8	-0.2	-63.1
11 Driv50	-35.5	1.2	0.0	-34.3
12 Driv50Altareal	-59.4	-6.8	-0.2	-66.4

Vi ser at med den trafikkvekst og de utslippsfaktorene som er benyttet så er utslippet av CO₂ i 2028 litt lavere enn i 2014 (knappt 4000 tonn). En annen ting som er verdt å merke seg er at utslippet i alternativet med lavere kollektivtakst (alt. 4) er beregnet å øke noe på grunn av at man får flere kollektivpassasjerer på bekostning av gående og syklende. Det er i alle beregningene forutsatt konstant utslipp pr. passasjerkilometer, som forutsetter at det settes inn nye busser etc. i samme takt som trafikken øker. Dersom man har mye ledig kapasitet så er dette en forenkling som gir for høye utslippstall.

Tabell 4.10 viser de samme endringene i prosent, som ofte kan være lettere å forholde seg til når man ønsker å vurdere effekten av et tiltak eller en tiltakspakke.

Tabell 4.10 Beregnet endring av utslipp av CO₂ pr. transportform og i sum for korte reiser i DOM-Bergen. Endring fra 2028 (fra 2014 for referanse 2028). Prosent.

	Bil	Buss	Båt	SUM
2 Referanse 2028 - fra 2014	-2%	5%	-1%	-1%
3 Kmk50	-19%	4%	2%	-15%
4 Kolltakst50	-1%	14%	3%	1%
5 Park1	-20%	23%	11%	-14%
6 Park2	-17%	19%	7%	-12%
7 Ovekst	-4%	2%	1%	-3%
8 NullBH	-2%	0%	0%	-2%
9 Altarealtog	-7%	-11%	-20%	-8%
10 Altareal_NullBH	-14%	-10%	-20%	-13%
11 Driv50	-9%	2%	1%	-7%
12 Driv50Altareal	-15%	-10%	-20%	-14%

Lavere utslippsfaktorer for bil og buss

I og med at det er stor usikkerhet i enkelte av utslippsfaktorene for CO₂ så har vi også gjort en beregning hvor noen av disse er endret, for å vise følsomheten. I tabell 4.11 er det, på samme måte som for de lange reisene, forutsatt 15 % elbilandel i 2030 mot knappe 2 % i referanseberegningen. Dette er gjort ved at andelen dieslbiler er redusert i forhold til i referanseberegningen. I tillegg har vi redusert utslippet fra bybuss, fra 879 til 400 gram pr. kjøretøykilometer. Reduksjonen i utslipp fra buss er motivert av at Stortinget har bedt regjeringen «sørge for at kollektivtrafikken i 2025 som hovedregel benytter null- eller lavutslippsteknologi eller klimanøytralt drivstoff»: <https://www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Publikasjoner/Innstillinger/Stortinget/2014-2015/Inns-201415-147/>.

Tabell 4.11 Utslippsfaktorer CO₂, gram pr. kjøretøy- og personkilometer. Opprinnelige faktorer og alternativ følsomhetsberegning med sterkere overgang til elbil og lavere utslipp fra bybuss.

Gram CO ₂ pr. kjøretøykm	2014	2028-oppr.	2028-alt.
Personbil	158	128	113
Bybuss	921	879	400

Gram CO ₂ pr. personkm	2014	2028-oppr.	2028-alt.
Bybuss	61	59	27
Båt	480	410	410
Tog	0	0	0
Bybane	0	0	0

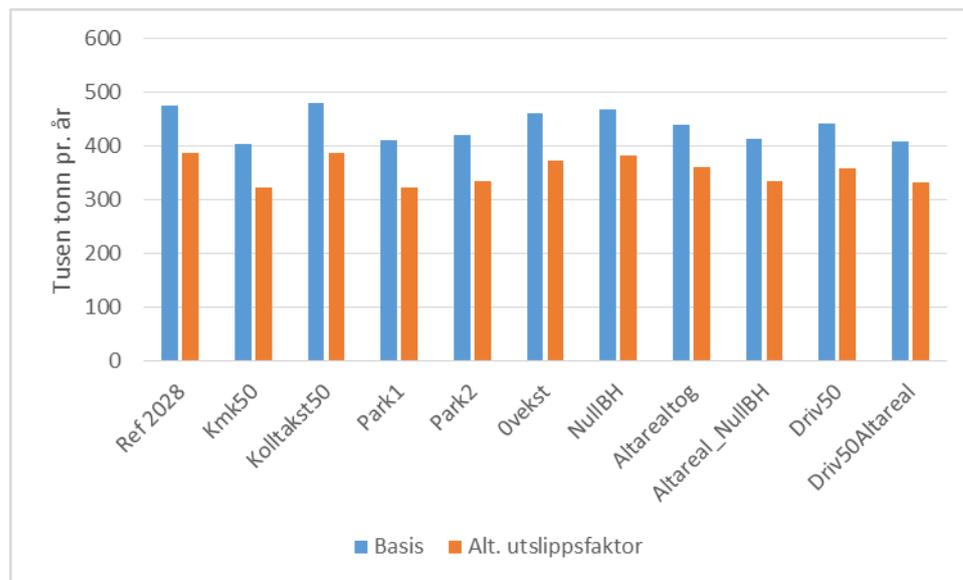
Tabell 4.12 tilsvarer tabell 4.10, bortsett fra at det er brukt alternative utslippsfaktorer for bil og buss.

Tabell 4.12 Beregnet endring av utslipp av CO₂ pr. transportform og i sum for korte reiser i DOM-Bergen, med alternative utslippsfaktorer. Siste kolonne viser effekten med opprinnelige utslippsfaktorer. Endring fra 2028 (fra 2014 for referanse 2028). Prosent.

	Bil	Buss	Båt	SUM	Opprinnelig
2 Referanse 2028 - fra 2014	-14%	-52%	-1%	-19%	-1%
3 Kmk50	-19%	4%	2%	-17%	-15%
4 Kolltakst50	-1%	14%	3%	0%	1%
5 Park1	-20%	23%	11%	-17%	-14%
6 Park2	-17%	19%	7%	-14%	-12%
7 Ovekst	-4%	2%	1%	-4%	-3%
8 NullBH	-2%	0%	0%	-2%	-2%
9 Altarealtog	-7%	-11%	-20%	-7%	-8%
10 Altareal_NullBH	-14%	-10%	-20%	-14%	-13%
11 Driv50	-9%	2%	1%	-8%	-7%
12 Driv50Altareal	-15%	-10%	-20%	-14%	-14%

Hvis vi sammenligner endringen i totale utslipp med det vi beregnet med opprinnelige utslippsfaktorer for 2028 (siste kolonne), så ser vi at den største effekten er at CO₂-utslippet i referansealternativet 2028 nå blir 19 % lavere enn i 2014, mens det opprinnelig ble 1 % lavere. Utover det er effekten av tiltakene, målt som prosentvis endring fra referanse 2028, ikke så veldig forskjellig fra den opprinnelige beregningen. I absolutte tall vil imidlertid utslippsendringen i de ulike tiltaksalternativene bli mindre med disse alternative utslippsfaktorene, da nivået i referanse 2028 (som endringer beregnes i forhold til) er lavere enn med de opprinnelige faktorene.

Figur 4.9 illustrerer effekten på CO₂-utslippet av lavere utslippsfaktorer i 2028 for bil og bybuss.



Figur 4.9 Forskjeller i CO₂-utslipp fra korte reiser i DOM-Bergen ved ulike forutsetninger om utslippsfaktoren for bil og buss. Tusen tonn pr. år.

Utfra Stortingets anmodning om lave utslipp fra kollektivtrafikken, samt vedtatte mål for flere av de større byene, burde man kanskje også gjort en følsomhetsberegning med enda lavere utslipp fra buss. Effekten av dette vil være at forskjellen i utslipp mellom bilreiser og bussreiser blir større og en får ytterligere reduserte utslipp for de beregningsalternativer som gir overgang fra bil til buss. Noen alternativ gir også en overgang fra gang og sykkel til buss, og med lavere utslipp fra bussene vil den negative effekten av dette bli mindre.

Beregningsår 2050

Basert på anslagene for transportarbeid for korte reiser i Bergensområdet, får vi følgende utslipp av CO₂ i hvert beregningsalternativ i 2050, målt i tusen tonn pr. år.

Tabell 4.13 Utslipp av CO₂ pr. transportform og i sum for korte reiser i DOM-Bergen. 2050. Tusen tonn pr. år.

		Bil	Buss	Båt	SUM
2	Referanse 2050	414	68	1	483
3	Kmk50	337	71	1	409
4	Kolltakst50	409	78	1	487
5	Park1	330	84	1	415
6	Park2	344	81	1	425
7	Ovekst	397	70	1	467
8	NullBH	406	68	1	475
9	Altarealtog	385	61	1	447
10	Altareal_NullBH	357	62	1	419
11	Driv50	378	69	1	448
12	Driv50Altareal	353	62	1	415

Tabell 4.14 viser beregnet endring i CO₂-utslipp for hvert av beregningsalternativene, målt mot referansealternativet 2050 (referanse 2050 er sammenlignet med 2028).

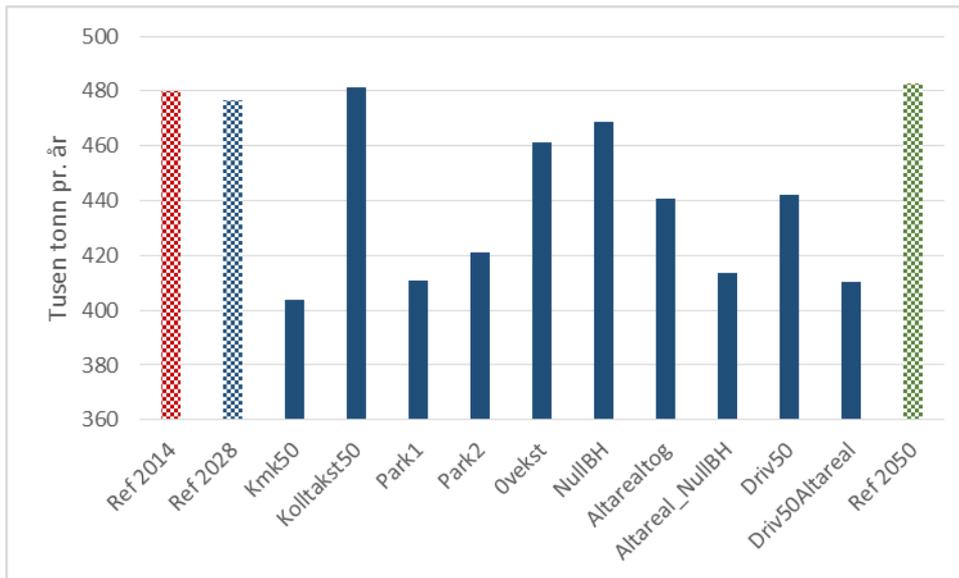
Tabell 4.14 Beregnet endring av utslipp av CO₂ pr. transportform og i sum for korte reiser i DOM-Bergen. Endring fra 2050 (fra 2028 for referanse 2050). Tusen tonn pr. år.

		Bil	Buss	Båt	SUM
2	Referanse 2050 - fra 2028	8.4	-2.0	-0.1	6.2
3	Kmk50	-76.7	2.6	0.0	-74.1
4	Kolltakst50	-5.1	9.7	0.0	4.6
5	Park1	-83.7	15.6	0.1	-68.1
6	Park2	-70.3	13.0	0.1	-57.3
7	Ovekst	-17.4	1.7	0.0	-15.7
8	NullBH	-8.1	0.3	0.0	-7.8
9	Altarealtog	-28.4	-7.6	-0.1	-36.1
10	Altareal_NullBH	-57.3	-6.6	-0.1	-64.0
11	Driv50	-36.2	1.1	0.0	-35.0
12	Driv50Altareal	-60.7	-6.6	-0.1	-67.4

Vi ser at med den trafikkvekst og de utslippsfaktorene som er benyttet så er utslippet av CO₂ i 2050 marginalt høyere enn i 2028 referanse. De fleste av tiltaksalternativene innebærer lavere utslipp i 2050 enn i referansealternativet for 2028.

Det er ikke vist prosentvise endringer pr transportform for hvert av tiltakene i 2050, da disse vil være like som beregnet for 2028, basert på de forutsetninger som lå til grunn for beregningen av transportarbeid for 2050.

Figur 4.10 viser beregnede utslipp av CO₂ fra korte reiser i DOM-Bergen i 2014, referansealternativene i 2028 og 2050, samt de ulike tiltaksalternativene i 2028. I motsetning til for de lange reisene så beregner vi her en nedgang i CO₂-utslipp fra 2014 allerede i referansealternativet 2028. De ulike tiltakene bidrar i ulik grad til ytterligere nedgang, med unntak av redusert kollektivtakst som gir en liten økning. Vi vil igjen minne om at andre forutsetninger kan endre dette bildet, f.eks. er det i vår beregning lagt til grunn at kollektivtilbudet øker i takt med etterspørselen etter kollektivtransport. Dersom det i utgangspunktet er mye ledig kapasitet vil ikke det være nødvendig.



Figur 4.10 Beregnet utvikling i CO₂-utslipp fra korte reiser i DOM-Bergen. Referansebanen og de ulike tiltaksalternativene 2028. Millioner tonn pr. år.

5 Godstransport

5.1 Modellberegninger

Den nasjonale godstransportmodellen er kjørt for 3 tiltaksalternativer for hvert av analyseårene 2028 og 2050, angitt som 4, 5 og 6 i tabell 5.1 (nummereringen av alternativene ble gjort tidlig i prosjektet, på et tidspunkt hvor en hadde definert 3 persontransportalternativer først). Miljødirektoratet ba i ettertid om en ekstrakjøring for 2028 (alt. 4b), med høyere kostnadsøkning for lastebiltransport enn det som først var spesifisert. Denne er ikke kjørt for 2050.

Tabell 5.1 Oversikt over alternativene som er beregnet med godsmodellen

Alternativ	Beskrivelse
4: Vegkm + 25%	Kilometerkostnader på veg øker 25 %
4b: Vegkm +50 %	Kilometerkostnader på veg øker 50 % (kun for år 2028)
5: Jernbane/sjø	Satsing på jernbane og sjø (700 m tog, 25 % lavere kostnad/tidsbruk i terminal, 25 % lavere kostnad for transport av stykkgoods på skip)
6: Pisk/gulrot	Alternativ 4 og 5 kombinert

Tiltak 5 og 6, med mer effektive terminaler, rimeligere sjøtransport og lengre tog, kan kreve store investeringer, f.eks. vil en økning til betydelig lengre godstog enn i dag innebære at flere kryssningsspor må forlenges. Det vil også være behov for tiltak i terminalene for å kunne få ned tidsbruken. Vi har ikke gått nærmere inn på disse kostnadene.

Den nasjonale godstransportmodellen er tidligere også brukt til å belyse hvordan et utvalg ulike rammebetingelser kan påvirke transportmiddelfordelingen i godstransportmarkedet. Dette er gjort i forbindelse med prosjektet «Bred godsanalyse» i regi av transportetatene, og dokumentert i Hovi m.fl. (2014). Her er det imidlertid ikke sett på konsekvenser på klimagassutslipp i de ulike scenariene.

En vanlig kjøring med godstransportmodellen tar ikke hensyn til eventuelle kapasitetsbegrensninger i transportnett og terminaler. Det finnes en tilleggsmodul hvor man kan legge inn kapasitetsgrenser på den enkelte togstrekning (tog pr. døgn) eller i terminal (tonn pr. år), slik at eventuell overskytende etterspørsel fordeles til andre transportformer. Den er imidlertid ikke kjørt i dette prosjektet, da det er interessant å se hva som er potensiell etterspørsel etter togtransport uten at det tas hensyn til dagens begrensninger. For vegtransporten er det ikke tatt hensyn til at det på visse tider av døgnet kan være kø i enkelte områder og på enkelte vegstrekninger. Dette kan bidra til at vegtransport kan fremstå som litt for effektiv, spesielt i byområdene og inn/ut fra terminaler.

Følgende tabell viser beregnet prosentvis endring i transportarbeid på norsk område pr. transportform, fra hhv. referansealternativet 2028 og 2050. Beregningene

omfatter både innenriks transport, import og eksport, mens resultatene presenteres som endring i tonnkilometer på norsk jord.

Tabell 5.2 Beregnet endring i transportarbeid fra referansealternativene 2028 og 2050. Prosent.

		Veg	Sjø	Jernbane	Sum
2028-4	Økte kostnader vegtransport (+25 %)	-4.8%	0.9%	14.2%	0.4%
2028-4b	Økte kostnader vegtransport (+50 %)	-7.6%	1.4%	21.2%	0.6%
2028-5	Satsing sjø og bane	-2.8%	-0.8%	29.1%	0.1%
2028-6	Pisk og gulrot	-6.4%	0.0%	37.1%	0.4%
2050-4	Økte kostnader vegtransport (+25 %)	-5.0%	0.9%	15.8%	0.4%
2050-5	Satsing sjø og bane	-3.0%	-1.1%	30.0%	0.1%
2050-6	Pisk og gulrot	-6.6%	-0.3%	39.3%	0.3%

Vi ser av resultatene at det skal kraftige virkemidler til få å få overført virkelig store andeler av vegtransporten til sjø og bane. Dette er det flere grunner til, bl.a. vil det alltid være slik at en del av godset er lokalisert slik at det må kjøre lange omveier (med lastebil) for å komme til havner og jernbaneterminaler. En annen viktig årsak er at en del gods er såpass tidsfølsomt at i hvert fall sjøtransport blir et dårlig alternativ. I tillegg er ofte traséen på sjø lenger enn for vegtransport, slik at samlet transportarbeid øker ved en overflytting (f. eks. mellom Oslo og Trondheim eller Nord-Norge).

Ulike analyser av konkurranseflatene mellom transportformene er for øvrig detaljert gjennomgått i arbeidet knyttet til «Bred godsanalyse», som vil bli ferdigstilt sommeren 2015.

Det er verdt å merke seg at det i alternativ 5, hvor det satses på både sjø og jernbane, beregnes en nedgang i godstransport på sjø. Årsaken er at forbedringene på jernbanen (som inkluderer en økning fra dagens 480 meter tog til 700 meter) er såpass mye kraftigere enn de forbedringene som er lagt inn for sjø, slik at jernbanen også trekker til seg noe av det godset som i referansealternativet ble fraktet med skip. Det vil være ulike effekter for de 39 varegruppene i modellen, men til sammen over alle varegruppene beregnes en nedgang i transportarbeidet på skip. Med en mer beskjeden økning i tog lengden vil denne effekten være mindre. Nivået på virkemidlene som innføres for den enkelte transportform har altså stor betydning. Det er for øvrig verdt å merke seg at hele gevinsten av lengre godstog i modellen er forutsatt å tilfalle transportkjøperen, ved at denne får lavere fremføringskostnader på tog. Dette påvirker transportprisen betydelig og er med på å gjøre jernbanen mer konkurransedyktig også i forhold til sjøtransporten. I et fritt marked vil togselskapet kunne velge å hente ut noe av denne profitten, i så fall vil overgangen til bane bli mindre enn det som fremgår av tabell 5.2.

Vi legger ellers merke til at totalt transportarbeid øker litt i alle situasjoner der vegtransport blir dyrere. Årsaken til det er at samlet distanse ofte blir noe lengre når gods som før gikk dør-til-dør med lastebil nå skal fraktes til og fra jernbaneterminaler eller havner i en intermodal transportkjede.

I den virkelige verden vil det kunne være slik at etterspørselen etter godstransport går ned når transportene blir dyrere, enten ved lavere mengde transportert eller kortere transportdistanser. I godstransportmodellen opereres det imidlertid med fast etterspørsel etter godstransport, selv om prisen på transport endres. I dette ligger det

at det er like mye gods som skal fraktes mellom ulike steder, men at fordelingen på transportmidler og transportruter kan endres. Det samme kan sendingsstørrelse og andre beslutninger knyttet til forsendelsesmønstret. Med kraftig økning i transportkostnadene kan man i praksis tenke seg at handelsmønstret endres noe, enten ved redusert etterspørsel etter varer eller ved at det legges om til kortere transporter. Dette har vi ikke tatt hensyn til i foreliggende beregninger.

For å kunne beregne endret utslipp, så viser vi i tabell 5.3 beregnet endring i millioner tonnkilometer pr. år med de ulike transportformene, fra hhv. referansealternativet 2028 og 2050.

Tabell 5.3 Beregnet endring i transportarbeid fra referansealternativene 2028 og 2050. Millioner tonnkilometer pr. år.

		Veg	Sjø	Jernbane	Sum
2028-4	Økte kostnader vegtransport (+25 %)	-1275	977	853	556
2028-4b	Økte kostnader vegtransport (+50 %)	-1985	1612	1274	901
2028-5	Satsing sjø og bane	-742	-915	1744	86
2028-6	Pisk og gulrot	-1692	-4	2226	530
2050-4	Økte kostnader vegtransport (+25 %)	-1769	1077	1245	553
2050-5	Satsing sjø og bane	-1074	-1213	2370	82
2050-6	Pisk og gulrot	-2315	-356	3098	427

5.2 Utslipp

For å beregne effekten på CO₂-utslipp av de ulike tiltakene, er det etablert utslippsfaktorer pr. tonnkilometer for hver av transportformene. For lastebil er utslippet basert på utslipp pr. kjøretøykilometer fra Miljødirektoratet, på samme måte som for personbil og buss (se tidligere kapitler). For overgangen fra utslipp pr. kjøretøykilometer til utslipp pr. tonnkilometer, er gjennomsnittlig utnyttelse for lastebiler er hentet fra Thune-Larsen m.fl. (2014). Tallene fra Miljødirektoratet viser en liten forverring i utslipp pr. kjøretøykilometer fra 2012 til 2050 for lastebiler. Vi antar at dette kan ha sammenheng med at det forventes en overgang til større biler, som har større utslipp pr. kjøretøykilometer men som samtidig kan ta flere tonn pr. bil (slik at man ved god utnyttelse av større biler vil få lavere utslipp pr. tonnkilometer enn for mindre biler). For å slippe å spekulere i utviklingen i tonn pr. bil, har vi valgt å holde utslipp pr. tonnkilometer på lastebil fast i perioden.

For sjø- og jernbanetransport har vi lagt til grunn utslippsfaktorer fra Thune-Larsen m.fl (2009), som er det samme som ble benyttet i Klimakurarbeidet. For sjøtransport spriker utslippsfaktorene veldig etter hvilke kilder man ser på, bl.a. fordi det varierer om de gjelder internasjonal skipsfart eller kystfart innenlands. Vi ser at de utslippsfaktorene vi benytter ligger i øvre sjikt. Dersom det brukes lavere tall så vil man beregne en høyere utslippsgevinst ved overføring av godstransport til sjø. Det pågår et arbeid i regi av SD for å få etablert nye utslippsfaktorer for godstransport på sjø, men dette er dessverre ikke klart enda.

I tabell 5.4 fremgår det hvilke utslippsfaktorer som er benyttet.

Tabell 5.4 Utslippsfaktorer CO₂. Gram pr. kjøretøykm og tonnkilometer.

	2014	2028	2050
Lastebil g/kjøretøykm	997	1009	1009
Lastebil g/tonnkm	121	121	121
Skip g/tonnkm	57	55	50
Tog g/tonnkm	10	7.8	5.8

Basert på disse utslippsfaktorene har vi beregnet CO₂-utslippet pr. transportmiddel og i sum for hvert av beregningsalternativene. Det som er beregnet er utslippet på norsk område, dvs. at *innenriks del av utenrikstransportene er medregnet*. For 2012 (som er modellens basisår) har vi brukt utslippsfaktorene som er oppgitt for 2014.

Tabell 5.5 Utslipp av CO₂ pr. transportform og i sum for godstransport. Millioner tonn pr. år.

SUM		Veg	Sjø	Jernbane	Sum
2012	Basisalternativet	2.34	5.99	0.04	8.38
2028-ref	Referanse 2028	3.18	6.16	0.05	9.39
2028-4	Økte kostnader vegtransport (+25 %)	3.03	6.21	0.05	9.29
2028-4b	Økte kostnader vegtransport (+50 %)	2.94	6.25	0.06	9.25
2028-5	Satsing sjø og bane	3.09	6.11	0.06	9.26
2028-6	Pisk og gulrot	2.98	6.16	0.06	9.20
2050-ref	Referanse 2050	4.27	5.68	0.05	9.99
2050-4	Økte kostnader vegtransport (+25 %)	4.06	5.73	0.05	9.84
2050-5	Satsing sjø og bane	4.14	5.62	0.06	9.82
2050-6	Pisk og gulrot	3.99	5.66	0.06	9.71

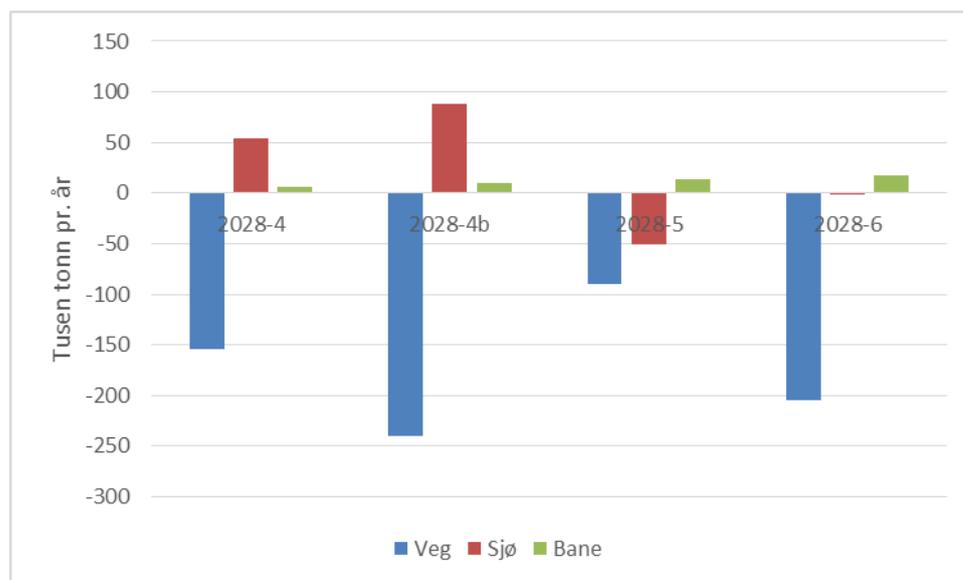
Tabell 5.6 viser endring i CO₂-utslipp vist, som millioner tonn pr. år. Det er verdt å merke seg at endringene er målt i forhold til forskjellig referanse for de ulike alternativene. I 2028 referanse og 2050 referanse er endringene vist i forhold til 2012, mens de ulike tiltaksalternativene er sammenlignet med referansealternativet for samme år.

Tabell 5.6 Beregnet endring i CO₂-utslipp fra referansealternativene 2028 og 2050. For de to referansealternativene (grå rader) vises endring fra 2012. Tusen tonn pr. år.

		Veg	Sjø	Bane	Samlet
2028-ref	Referanse 2028	837	174	2	1012
2028-4	Økte kostnader vegtransport (+25 %)	-154	54	7	-94
2028-4b	Økte kostnader vegtransport (+50 %)	-240	89	10	-142
2028-5	Satsing sjø og bane	-90	-50	14	-127
2028-6	Pisk og gulrot	-205	0	17	-188
2050-ref	Referanse 2050	1928	-311	1	1618
2050-4	Økte kostnader vegtransport (+25 %)	-214	54	7	-153
2050-5	Satsing sjø og bane	-130	-61	14	-177
2050-6	Pisk og gulrot	-280	-18	18	-280

Med de utslippsfaktorene som er benyttet beregnes utslippet av CO₂ fra godstransport i referansebanen å øke med ca. 1 millioner tonn fra 2012 til 2028, og ytterligere 0.6 millioner tonn til 2050. Dersom det mest omfattende tiltaket legges til grunn i 2028 (Pisk og gulrot) vil knapt 200 tusen tonn av økningen på 1 million tonn unngås. I de andre alternativene er effekten noe mindre.

Figur 5.1 viser beregnede utslippsendringer for hvert beregningsalternativ i 2028, målt mot referansealternativet for dette året.



Figur 5.1 Beregnet endring i CO₂-utslipp fra godstransport i de ulike alternativene 2028, målt mot referansealternativet 2028. Tusen tonn pr. år.

Det er for øvrig verdt å merke seg at utslippsfaktorene som er brukt er gjennomsnittsfaktorer for den enkelte transportform. I foreliggende beregninger er det fokus på overføring av gods til jernbane og sjø, noe som normalt er mest aktuelt for litt lengre transporter. Disse vil gjerne ha litt lavere utslippsfaktorer enn gjennomsnittet, i første rekke fordi det benyttes større transportmidler enn for kortere transporter. Spesielt for godstransporten for veg så er det slik at det godset som i beregningene overføres til sjø og bane fraktes over lengre distanser enn gjennomsnittlig gods på veg. For de andre transportformene er nok gjennomsnittsdistanse ikke så ulik det som de overførte godsmengdene har. Dersom vi i forbindelse med beregningene av utslippsendringer forutsetter lavere utslippstall for vegtransporten enn i tabell 5.4, så vil det føre til at CO₂-gevinsten ved overføring til sjø og bane blir noe mindre enn det som er vist i tabell 5.6. Hvis man samtidig kan argumentere for at de skipene som får overført gods fra veg er mer miljøvennlige enn gjennomsnittet så vil det dra i motsatt retning.

Tabell 5.7 viser endringene fra tabell 5.6 i prosent.

Tabell 5.7 Beregnet endring i CO₂-utslipp fra referansealternativene 2028 og 2050. For de to referansealternativene (lilla rader) vises endring i forhold til 2012. Prosent.

		Veg	Sjø	Jernbane	Samlet
2028-ref	Referanse 2028	35.7%	2.9%	4.2%	12.1%
2028-4	Økte kostnader vegtransport (+25 %)	-4.8%	0.9%	14.2%	-1.0%
2028-4b	Økte kostnader vegtransport (+50 %)	-7.6%	1.4%	21.2%	-1.5%
2028-5	Satsing sjø og bane	-2.8%	-0.8%	29.1%	-1.3%
2028-6	Pisk og gulrot	-6.4%	0.0%	37.1%	-2.0%
2050-ref	Referanse 2050	82.3%	-5.2%	1.9%	19.3%
2050-4	Økte kostnader vegtransport (+25 %)	-5.0%	0.9%	15.8%	-1.5%
2050-5	Satsing sjø og bane	-3.0%	-1.1%	30.0%	-1.8%
2050-6	Pisk og gulrot	-6.6%	-0.3%	39.3%	-2.8%

Vi ser at det er relativt store *prosentvise* utslippsendringer fra jernbanen, men på grunn av svært lave utslipp i utgangspunktet blir det likevel bare en liten endring i tonn CO₂ (jfr tabell 5.6).

6 Oppsummering

Det er svært forskjellige tiltak som er beregnet for hhv. korte personreiser, lange personreiser og godstransport, og vanskelig å gi en oppsummering som favner alt. I det følgende gjør vi et forsøk på å angi samlet utslippspotensial for noen av beregningene, gitt de forutsetninger som er beskrevet tidligere i rapporten både for transportmodellberegninger og påfølgende utslippsberegninger. Som vi har nevnt tidligere i rapporten så er det mye usikkerhet i disse beregningene, både når det gjelder effekten på endringer i transportomfang og transportmønster, men ikke minst når det gjelder hvilke utslippsfaktorer som benyttes. Vi gir deretter en grov oppsummering av hovedfunn fra beregningene.

6.1 Samlede utslippsreduksjoner

Selv om det i stor grad er forskjellige tiltak som er analysert for korte reiser, lange reiser og godstransport, så er det likevel to beregninger som er sammenlignbare for personturene. Disse dreier seg begge om økte kostnader knyttet til personbiltransport, hhv. økning av drivstoffkostnadene med 50 prosent, og økning av kilometerkostnadene knyttet til biltransport med 50 prosent. Tiltakene som er beregnet for godstransport er ikke helt like, men det er gjort en beregning med 25 % økning i kilometerkostnadene for vegtransport, som til en viss grad kan sammenlignes med 50 % økning i drivstoffkostnadene for persontransport. Det er også gjort en beregning med 50 % økning i kilometerkostnadene for lastebiltransport, som kanskje kan sammenligne med 50 % økning i kilometerkostnadene for personbil. I det følgende har vi forsøkt å anslå de samlede effektene for korte og lange reiser samt godstransport i 2028.

I beregningen med 50 % økning i drivstoffkostnadene for personbil beregnes en reduksjon i CO₂-utslippet knyttet til lange reiser i hele landet på ca 31 tusen tonn i 2028, i forhold til referansesituasjonen 2028. Dette er en nedgang på knapt 2 % av utslippet fra lange reiser i Norge. For området som omfattes av DOM-Bergen beregnes en nedgang på ca 34 tusen tonn (ca. 7 %). Vi har tidligere funnet at i overkant av 10 % av trafikkarbeidet for korte reiser foregår i området dekket av DOM-Bergen. En grov forutsetning om at dette tiltaket virker likt for alle korte reiser innebærer en samlet nedgang for korte reiser på ca 340 tusen tonn CO₂. Summering av effekten for lange og korte reiser indikerer dermed en nedgang på mellom 350 og 400 tusen tonn CO₂ i 2028 dersom drivstoffprisen for personbil øker med 50 %. Dette utgjør i underkant av 6 % av beregnede utslipp fra persontransport i 2028.

For godstransport har vi beregnet en nedgang i CO₂-utslipp i 2028 på knapt 100 tusen tonn (ca. 1 % av utslippene fra godstransport) ved å øke kilometerkostnadene på veg med 25 %. Hvis dette ses sammen med effekten av å øke drivstoffkostnadene med 50 % for personbil, så oppnås en samlet årlig CO₂-besparelse på mellom 450 og 500 tusen tonn i forhold til referansealternativet 2028.

Hvis det i stedet er de kilometeravhengige kostnadene knyttet til personbiltransport som øker med 50 prosent, så beregnes en nedgang i CO₂ for de lange reisene på ca 80 tusen tonn (ca. 4 %). For Bergensområdet beregnes en nedgang på ca 72 tusen tonn (ca. 15 %), som summerer seg til drøyt 700 tusen tonn til sammen for korte reiser ved samme grove forutsetning som over. Samlet for korte og lange reiser beregnes dermed en nedgang i CO₂-utslipp på rundt 800 tusen tonn ved en 50 prosents økning av de kilometeravhengige kostnadene for personbiler. Dette utgjør ca 12 % av beregnede utslipp fra persontransport i 2028.

For godstransport er det beregnet en reduksjon i CO₂-utslipp på knapt 150 tusen tonn (ca. 1.5 %) ved 50 % økning i kilometerkostnadene for lastebil. Hvis man slår dette sammen med drøye 700 tusen tonn reduksjon fra persontransport ved 50 % økte kilometerkostnader for personbil, fås en årlig utslippsreduksjon fra all transport på 850 til 900 tusen tonn i forhold til referansealternativet 2028.

Også i tidligere prosjekter er det beregnet hvilke utslippseffekter økte fremføringskostnader knyttet til personbil vil ha. Det er imidlertid ikke så relevant å sammenligne med disse, da hvilke utslippsfaktorer som benyttes fort betyr mer for utslippsberegningen enn hva modellen beregner av transportaktivitet og transportmiddelfordeling. En sammenligning med utslippsfaktorene som ble benyttet i TEMPO-prosjektet, viser at det for enkelte transportformer er relativt store forskjell mellom disse og det som er benyttet nå. Dette gjelder i første rekke for rutebuss og fly, hvor vi nå ligger en del lavere basert på helt nye tall fra hhv. Miljødirektoratet og Avinor. For hurtigbåt har vi benyttet utslippsfaktorer fra Klimakurarbeidet, som ligger en del lavere enn det som ble brukt i TEMPO. Her finnes det ulike anslag og det er vanskelig å si hva som er mest riktig. I og med at reiser med hurtigbåt utgjør lite av persontransportarbeidet i Norge så betyr imidlertid dette avviket lite.

I de to alternativene hvor det gjøres dyrere å kjøre bil, så beregnes naturlig nok en nedgang i biltrafikken og i transportaktiviteten totalt, og en økning for kollektive transportformer. Utslippsnedgangen av den generelle trafikkreduksjonen blir større jo høyere utslippsfaktorer man opererer med for personbil, mens overgangen til kollektive transportformer gir større utslippseffekt jo større differansen i utslippsfaktor er mellom bil og det kollektive transportmidlet. I en situasjon hvor en har forutsatt en stor andel elbiler, vil en dermed kunne beregne en negativ utslippseffekt når man øker kilometerkostnadene for biltransport, da de kollektive transportformene vil ha større utslipp enn elbiler (med mindre bussene også går over til lav- eller nullutslippsteknologi). Det er forøvrig verdt å merke seg at det benyttes samme kilometerkostnad for alle biler i modellen, dvs. en forutsetning om at økte kilometerkostnader også gjelder elbiler.

6.2 Konklusjoner

Beregningene viser at det skal kraftige virkemidler til for å få til betydelige utslippsreduksjoner fra persontransporten ved hjelp av atferdsendringer. Dette samsvarer med f.eks. konklusjonene fra TEMPO-prosjektet hvor man fant at virkemidler for å bidra til innfasing av ny teknologi, bl.a. i form av elbiler og ladbare hybrider, har betydelig større potensiale for utslippskutt enn tiltak som skal bidra til endringer i befolkningens reisevaner. En massiv overgang til nullutslippsbiler bidrar

imidlertid ikke til å løse problemer knyttet til trengsel, svevestøv, trafikkulykker etc. på samme måte som ved overgang til kollektivtrafikk, sykkel og gange.

Beregningene viser at økte kostnader knyttet til bilkjøring er effektivt på den måten at det både bidrar til overgang til andre transportformer samtidig som reiseomfanget går noe ned. Effekten er kraftigere i byområder enn for lange reiser, i hovedsak fordi det der er lettere å finne gode alternativer til bilkjøringen. De lange bilreisene har også høyere personbelegg enn de korte reisene, noe som innebærer at det skal mer til av kostnadsøkninger før man finner det gunstig med overgang til kollektiv transport. Også reduserte priser i kollektivtransporten fører til en viss overgang fra bilreiser, men her får man også utilsiktede effekter som overgang fra gang og sykkel, samt noe høyere reiseaktivitet totalt sett.

Beregningene viser videre at parkering er et effektivt virkemiddel, ikke minst med såpass høye satser og strenge reguleringer som i de alternativene vi har sett på. Det er imidlertid viktig å være klar over at beregningene som er gjort forutsetter at det er mulig å kreve inn parkeringsavgift for *alle* bilturer, uansett destinasjon. Den ene av beregningene skiller riktignok på taksten innenfor og utenfor Bergen kommune, og det er mulig å oppgi både forskjellig takst i alle modellens soner og forskjellig andel av de besøkende til sonen som betaler parkeringsavgiften selv. Dette er noe man bør se nærmere på dersom man ønsker å få mer realistiske beregninger av effekten av et slikt tiltak.

Ellers viser beregningene at arealutvikling med fortetting ved effektive kollektivknutepunkter fører til lavere bilandel og mer kollektivreiser. Også her er imidlertid eksemplet stilistisk og man bør se nærmere på konkrete utbyggingsmuligheter for å beregne et mer realistisk potensiale for utslippsreduksjonen. Her vil det være av stor betydning hvilke knutepunkter man bygger ut og hvor befolkningsveksten ellers ville kommet. Dersom knutepunktene er så sentralt plassert at man også får økt andel gange og sykkel vil dette virke mer positivt enn om knutepunktene er lokalisert langt fra sentrum.

Også for godstransporten viser beregningene at det skal kraftige virkemidler til for å flytte gods fra veg til sjø og bane. Årsaker til dette er at mye transport skjer mellom steder hvor jernbane og sjø ikke er reelle alternativer (ut fra lokalisering), samt at lastebiltransport normalt er den raskeste og mest fleksible transportformen. Beregningene viser også at det er betydelige konkurranseflater mellom jernbane og sjøtransport, og at en forbedring av begge disse transportformene samtidig ikke bare fører til overgang fra veg, men at det også kan bli en omfordeling mellom disse transportmåtene. Omfanget av dette vil naturlig nok variere med styrken på virkemidlene som settes inn.

Litteratur

- COWI (2014): *Oppdatering av enbetskostnader i nyttekostnadsanalyser i Statens vegvesen*. COWI, april 2014.
- Farstad E (2014): *Transportytelser i Norge 1946-2013*. TØI rapport 1349/2014.
- Finansdepartementet (2013). *Perspektivmeldingen*. Stortingsmelding nr 12 (2012-2013).
- Fridstrøm, L og Alfsen, K (red) (2014): *Vegen mot klimavennlig transport*. TØI rapport 1321/2014. TØI og CICERO.
- Hovi, I B, Caspersen, E, Johansen, B G, Madslie, A og Hansen, W (2015). *Grunnprognoser for godstransport til NTP 2018-2027*. TØI rapport 1393/2015.
- Hovi, I B, Bråthen, S, Hjelle, H M og Caspersen, E (2014). *Rammebetingelser i transport og logistikk*. TØI rapport 1353/2014.
- Jong, G D, Ben-Akiva, M and Baak, J (2013): *Method Report - Logistics Model in the Norwegian Freight Model System. (Version 3)*. Den Haag, Significance.
- Madslie, A, Steinsland, C og Kwong, C K (2014): *Grunnprognoser for persontransport 2014-2050*. TØI rapport 1362/2014.
- Madslie, A, Rekdal, J og Larsen, O I (2005): *Utvikling av regionale modeller for persontransport i Norge*. TØI rapport 766/2005.
- Madslie, A, Steinsland, C og Grønland, S E (2012): *Nasjonal godstransportmodell. En innføring i bruk av modellen*. TØI rapport 1247/2012.
- Madslie, A og Steinsland, C (2011): *Transportmodellberegninger og virkemiddelanalyse for Framtidens byer*. TØI-rapport 1123/2011.
- Myhre, G F og Valen, T (2015): *Luftfart, energi og miljø*. Masteroppgave BE325E, MBA luftfartsledelse, Universitetet i Nordland. Bodø: Universitetet i Nordland
- Opplysningsrådet for Veitrafikken AS: *Eksempler på beregning av kostnader ved bilhold*. Utgis årlig.
- Rekdal, J, Hamre, T N, Flügél, S, Steinsland, C, Madslie, A, Hoff, A, Zhang, W og Larsen, O I (2014): *NTM6 – Transportmodeller for reiser lengre enn 70 km*. Rapport 1414, Møreforskning Molde.
- Rekdal, J, Larsen, O I, Løkketangen, A og Hamre, T N (2012): *TraMod_By Del 1: Etablering av nytt modellsystem*. Rapport 1203, Møreforskning Molde. Revidert versjon av rapporten i 2013: Rapport 1313.
- SAS (2015): *SAS Sustainability Report Nov 2013-Oct 2014*. Tilgjengelig her: <http://www.sasgroup.net/en/wp-content/uploads/sites/2/2015/01/SAS-Sustainability-Report-2014.pdf> (lastet ned 19. mai 2015).
- Statens vegvesen (2008): *Dokumentasjon av beregningsmoduler i EFFEKT 6*. Utbyggingsavdelingen. Rapport 2008/02.

Statistisk sentralbyrå. Statistikkbanken:

<https://www.ssb.no/statistikkbanken/selecttable/hovedtabellHjem.asp?KortNavnW eb=kolltrans&CMSSubjectArea=transport-og-reiseliv&checked=true>

Thune-Larsen, H, Hagman, R, Hovi, I B, Eriksen K S (2014): *Marginale eksterne kostnader ved vegtransport*. TØI rapport 1307/2014.

Thune-Larsen, H, Veisten, K, Rødseth, K L, Klæboe, R (2009): *Energieffektivisering og CO2-utslipp for innenlands transport 1994-2050*. TØI rapport 1047/2009.

Transportøkonomisk institutt (TØI) Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

TØI er et anvendt forskningsinstitutt, som mottar basisbevilgning fra Norges forskningsråd og gjennomfører forsknings- og utredningsoppdrag for næringsliv og offentlige etater. TØI ble opprettet i 1964 og er organisert som uavhengig stiftelse.

TØI utvikler og formidler kunnskap om samferdsel med vitenskapelig kvalitet og praktisk anvendelse. Instituttet har et tverrfaglig miljø med rundt 70 høyt spesialiserte forskere.

Instituttet utgir tidsskriftet Samferdsel med 10 nummer i året og driver også forskningsformidling gjennom TØI-rapporter, artikler i vitenskapelige tidsskrifter, samt innlegg og intervjuer i media. TØI-rapportene er gratis tilgjengelige på instituttets hjemmeside www.toi.no.

TØI er partner i CIENS Forskningscenter for miljø og samfunn, lokalisert i Forskningsparken nær Universitetet i Oslo (se www.ciens.no). Instituttet deltar aktivt i internasjonalt forsknings-samarbeid, med særlig vekt på EUs rammeprogrammer.

TØI dekker alle transportmidler og temaområder innen samferdsel, inkludert trafiksikkerhet, kollektivtransport, klima og miljø, reiseliv, reisevaner og reiseetterspørsel, arealplanlegging, offentlige beslutningsprosesser, næringslivets transport og generell transportøkonomi.

Transportøkonomisk institutt krever opphavsrett til egne arbeider og legger vekt på å opptre uavhengig av oppdragsgiverne i alle faglige analyser og vurderinger.

Besøks- og postadresse:

Transportøkonomisk institutt
Gautstadalléen 21
NO-0349 Oslo

22 57 38 00
toi@toi.no
www.toi.no