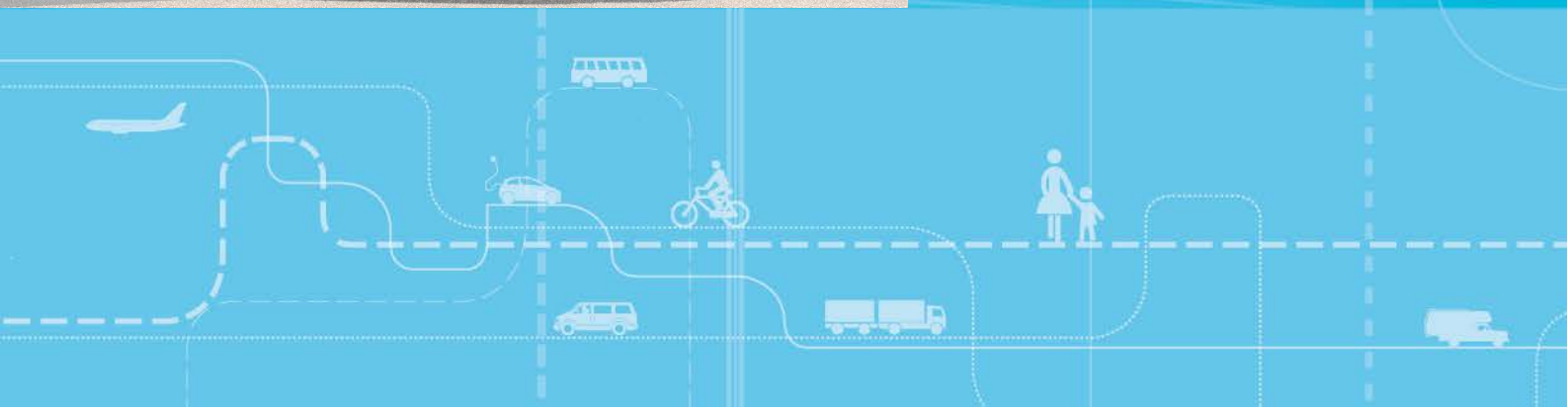


Kjøretøyparkens utvikling og klimagassutslipp

Framskrivinger med modellen BIG



Kjøretøyparkens utvikling og klimagassutslipp

Framskrivinger med modellen BIG

Lasse Fridstrøm
Vegard Østli

ISSN 0808-1190

ISBN 978-82-480-1395-2 Papirversjon

ISBN 978-82-480-1341-9 Elektronisk versjon

Oslo, november 2016

Tittel: Kjøretøyparkens utvikling og klimagassutslipp.
Framskrivinger med modellen BIG

Forfattere: Lasse Fridstrøm
Vegard Østli

Dato: 10.2016

TØI rapport: 1518/2016

Sider 66

ISBN Papir: 978-82-480-1395-2

ISBN Elektronisk: 978-82-480-1341-9

ISSN 0808-1190

Finansieringskilde: Norges Automobil-Forbund
Statens Vegvesen

Prosjekt: 4343 - Framskrivning av
kjøretøyparken

Prosjektleder: Lasse Fridstrøm

Kvalitetsansvarlig: Anne Madslie

Emneord: Beholdning
CO₂-utslipp
Lastebiler
Personbiler
Strøm
Varebil

Sammendrag:

Bilgenerasjonsmodellen BIG er utvidet til å omfatte alle typer motorkjøretøy med fire eller flere hjul. Modellen kan framskrive kjøretøybestanden år for år fram til 2075. Rapporten presenterer to utviklingsbaner - en trendbane og en ultralavutslippsbane. Trendbanen forlenger utviklingen med hensyn til tilgang og avgang av kjøretøy fra perioden 2010-2015. Ifølge denne banen vil CO₂-utslippene fra veitrafikk i 2030 være 21 prosent lavere enn i 2015, men 5 prosent høyere enn i 1990. Ultralavutslippsbanen svarer til målene i transportetatens forslag til klimastrategi. Dersom disse målene innfris, vil CO₂-utslippene fra veitrafikken kunne halveres mellom 2015 og 2031. Men målene er svært krevende. Det skal kun omsettes utslippsfrie personbiler fra 2025. Det samme skal gjelde bybussene, og fra 2030 også varebilene. Det er et åpent spørsmål om det finnes sterke nok virkemidler til at disse målene kan nås.

Title: Vehicle fleet forecasts based on stock-flow modeling

Author(s): Lasse Fridstrøm
Vegard Østli

Date: 10.2016

TØI report: 1518/2016

Pages 66

ISBN Paper: 978-82-480-1395-2

ISBN Electronic: 978-82-480-1341-9

ISSN 0808-1190

Funded by: Norwegian Automobile Federation
The Norwegian Public Roads
Administration

Project: 4343 - Vehicle fleet projections

Project manager: Lasse Fridstrøm

Quality manager: Anne Madslie

Key words: Cars
CO₂-emission
Flow
Freight vehicles
Projections
Stock

Summary:

The BIG stock-flow cohort model of the Norwegian motor vehicle fleet is used to examine the prospects for radical greenhouse gas abatement through automobile, bus and freight vehicle fleet renewal. Under highly optimistic assumptions regarding market uptake of zero and low emission vehicles, CO₂ emissions from the motor vehicle fleet could be halved between 2015 and 2031. This, however, presupposes that virtually all passenger cars, buses and cargo vans sold in 2030 be emission free. Achieving these targets will be quite challenging. Adequate policy instruments have yet to be identified.

Language of report: Norwegian

Forord

Samferdselsmyndighetene har behov for langsiktige framskrivinger av kjøretøyparkens og trafikkarbeidets sammensetning. Transportøkonomisk institutt (TØI) har på oppdrag fra Statens vegvesen utarbeidet slike framskrivinger, som underleverandør til et arbeid SINTEF gjør med utvikling av ny modul for beregning av kjørefart, energiforbruk og utslipp fra kjøretøy. Denne modulen skal blant annet brukes som grunnlag for regionale transportmodeller (RTM) og nytte-kostnadsanalyser i EFFEKT-modellen.

Arbeidet har vært utført i løpet av våren og sommeren 2016, i samråd med en arbeidsgruppe med representanter for Statens vegvesen og SINTEF. Kjell Ottar Sandvik og Vidar Rugset har deltatt fra Vegvesenets side. Anders Straume og Anders Kroksæter har vært sentrale medarbeidere fra SINTEFs side. Leif-Otto Listhaug fra Vegvesenet har også deltatt i arbeidsgruppen og gjort de nødvendige datauttrekk fra motorvognregistret (Autosys). Vi takker medlemmene av arbeidsgruppen for inspirerende og konstruktivt samarbeid. Arbeidet er rapportert i form av arbeidsdokument 51023 fra TØI. Dokumentet redegjør for to sammenliknbare framskrivinger – en ‘referansebane’ og en ‘lavutslippsbane’.

Ved hjelp av samme modellapparat har TØI, på oppdrag fra Norges Automobil-Forbund (NAF), i november 2016 utarbeidet to nye framskrivinger – en ‘trendbane’ og en ‘ultralavutslippsbane’. Disse framskrivingene presenteres i denne rapporten. Kontaktperson for NAF har vært Christer Tonheim.

I begge oppdrag har Lasse Fridstrøm vært prosjektleder på TØIs hånd. Vegard Østli har beregnet hvordan endringer i bilavgiftene vil slå ut i nybilsalget i 2017. Til å trekke ut data fra Lastebilundersøkelsen har prosjektlederen fått hjelp av Daniel Ruben Pinchasik og Inger Beate Hovi.

Framskrivingene bygger på detaljerte inngangsdata om personbilene, som er levert av Opplysningsrådet for Veitrafikken (OFV AS).

Rapporten er kvalitetssikret av forskningsleder Anne Madslie. Sekretær Trude Rømning har hatt ansvaret for den endelige layout.

Oslo, november 2016
Transportøkonomisk institutt

Gunnar Lindberg
direktør

Anne Madslie
forskningsleder

Innhold

Sammendrag

Summary

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Bakgrunn og historikk | 1 |
| 2 | Modellen BIG | 3 |
| 2.1 | Strømmer og beholdninger | 3 |
| 2.2 | Datakilder og beregningsprinsipper | 3 |
| 2.3 | Bilkjøpsmodellen | 8 |
| 2.4 | Trendbanen..... | 10 |
| 2.5 | Ultralavutslippsbanen..... | 11 |
| 3 | Personbiler | 14 |
| 3.1 | Bestand per 2015 | 14 |
| 3.2 | Overgangsrate..... | 15 |
| 3.3 | Bilsalget i 2016..... | 17 |
| 3.4 | Virkningene av avgiftsendringene foreslått for 2017..... | 19 |
| 3.5 | Framskrivning mot 2050..... | 23 |
| 4 | Godsbiler | 26 |
| 4.1 | Bestand per 2015 | 26 |
| 4.2 | Overgangsrate og levetid..... | 27 |
| 4.3 | Framskrivning mot 2050..... | 29 |
| 5 | Busser | 36 |
| 5.1 | Bestand per 2015 | 36 |
| 5.2 | Framskrivning mot 2050..... | 37 |
| 6 | Bobiler og kombinerte biler | 38 |
| 7 | Samlet transportomfang, energibruk og utslipp | 39 |
| 8 | Funn, forbehold, forutsetninger og ny forskning | 45 |
| 8.1 | Tiden det tar å fase inn ny teknologi..... | 45 |
| 8.2 | Drivstoffkostnadselastisiteten..... | 46 |
| 8.3 | Økt bilhold og bilbruk | 47 |
| 8.4 | Sammenlikning med annen statistikk..... | 47 |
| 8.5 | Dokumentasjon..... | 48 |
| 8.6 | Framskrivningene er regneeksempler mer enn prognoser..... | 50 |
| 8.7 | Uviss virkemiddelbruk | 51 |
| 8.8 | Videre forskning | 51 |
| 9 | Konklusjon | 52 |
| | Referanser | 54 |
| | Vedlegg 1: Framskrivingsmodellens matematiske struktur | 56 |
| | Vedlegg 2: Tabeller | 59 |

Sammendrag:

Kjøretøyparkens utvikling og klimagassutslipp

Framskrivinger med modellen BIG

TØI rapport 1518/2016
Forfatter(e): Lasse Fridstrøm, Vegard Østli
Oslo 2016 66 sider

Transportetatene har, i sitt grunnlagsdokument til Nasjonal transportplan 2018-2029, skissert nokså ærgjerrige mål for omsetningen av nye kjøretøy i 2025 og 2030. Dersom disse målene innfris, vil CO₂-utslippet fra veitrafikken kunne reduseres med 45 prosent fra 2015 til 2030. Men målene for 2025 og 2030 er krevende. Det skal for eksempel kun omsettes utslippsfrie personbiler fra 2025. Det samme skal gjelde bybussene, og fra 2030 også alle varebilene, tre fjerdedeler av langdistansebussene og halvparten av de tunge godsbilene. Det er uvisst om det finnes sterke nok virkemidler til at disse målene kan nås. Selv ikke under de mest radikale forutsetninger vil veitrafikken kunne bli fossilfri i 2030. En trendforlenging av markedsutviklingen for nye kjøretøy 2010-2015 innebærer anslagsvis 21 prosent lavere CO₂-utslipp fra veitrafikk i 2030 enn i 2015.

Ved hjelp av bilgenerasjonsmodellen BIG har Transportøkonomisk institutt (TØI) utarbeidet to langsiktige scenarier for kjøretøyparken – en ‘trendbane’ og en ‘ultralavutslippsbane’. Framskrivningene omfatter alle kjøretøy med minst fire hjul beregnet for veinettet. Modellen skiller mellom kjøretøyklassene personbil, varebil, lastebil, trekkbil, buss, bobil og kombinert bil.

Trendbanen og ultralavutslippsbanen

Trendbanen er en form for trendforlenging, der markedsandelene for nye kjøretøy fortsetter å endre seg omtrent på samme måte som i perioden 2010-2015.

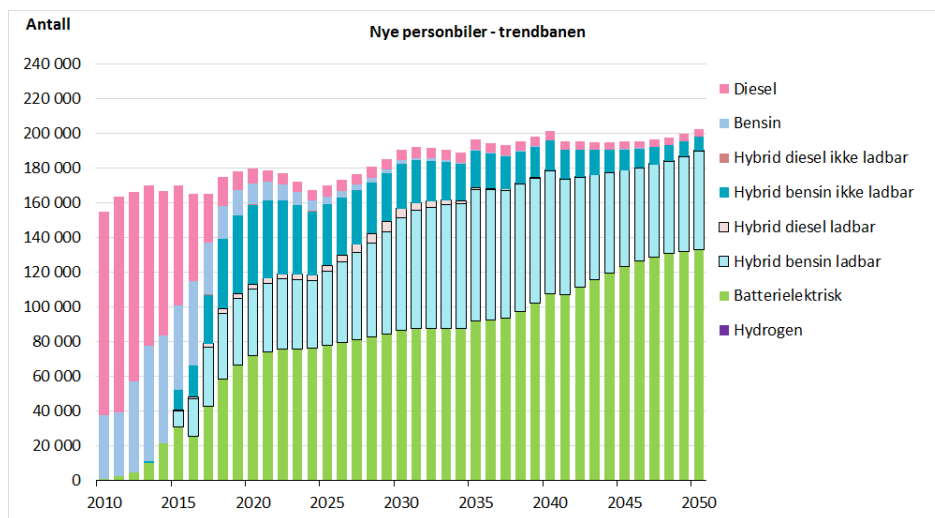
Ultralavutslippsbanen er basert på transportetatenes grunnlagsdokumentet til NTP 2018-2029. Ifølge denne strategien skal praktisk talt alle nye *personbiler* solgt i 2025 være nullutslippsbiler. Fram til 2025 skal hybridbilene ha overtatt det alt vesentlige av markedet fra de rene bensin- og diesebilene. Samtlige nye *varebiler* skal fra 2030 være enten batterielektriske eller hydrogendrevne. Samtlige nye *bybuss* skal være batteri- eller hydrogendrevne fra 2025. De nye *langdistansebussene* skal for 75 prosents del være batteri- eller hydrogendrevne fra 2030. Halvparten av de nye *lastebilene* skal være batteri- eller hydrogendrevne fra 2030. Mellom 2018 og 2030 skal andelen hybridiserte nye lastebiler øke fra 1 til 50 prosent av alle lastebiler med forbrenningsmotor.

Bortsett fra endringene i markedsandelene for nye kjøretøy er forutsetningene i ultralavutslippsscenariet i all hovedsak de samme som i trendbanen. Den samlede anskaffelsen av lette og tunge kjøretøy er i begge scenarier skalert slik at kjøretøyparken

med uendret kapasitetsutnyttning kan avvikle den person- og godstransporten på vei som er skissert i grunnprognosene til Nasjonal transportplan (NTP) 2018-2029.

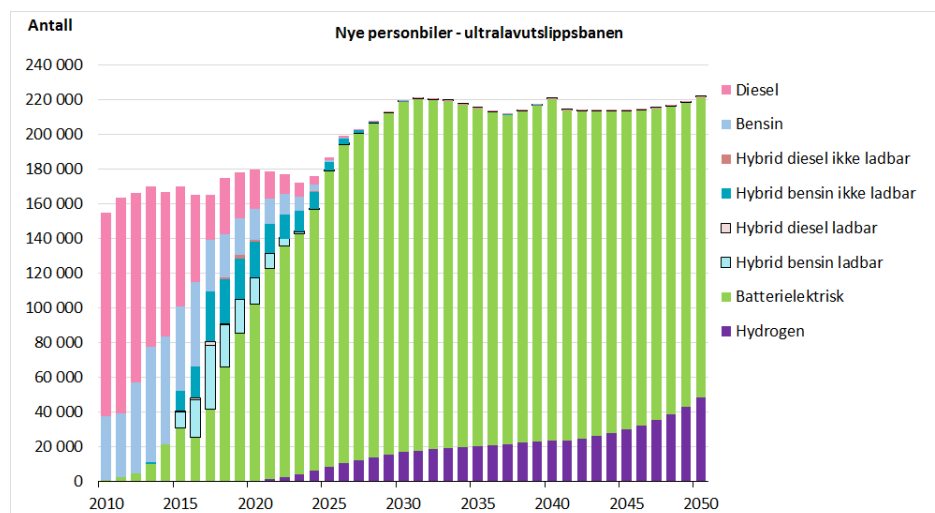
Personbilene

Trendbanen for *salget av nye personbiler* er vist i Fig. S.1. Banen innebærer en særlig kraftig økning i salget av hybridbiler, slik at disse, sammen med elbilene, utgjør 94 prosent av salget i 2025. Nullutslippsbilene alene utgjør 46 prosent i 2025.



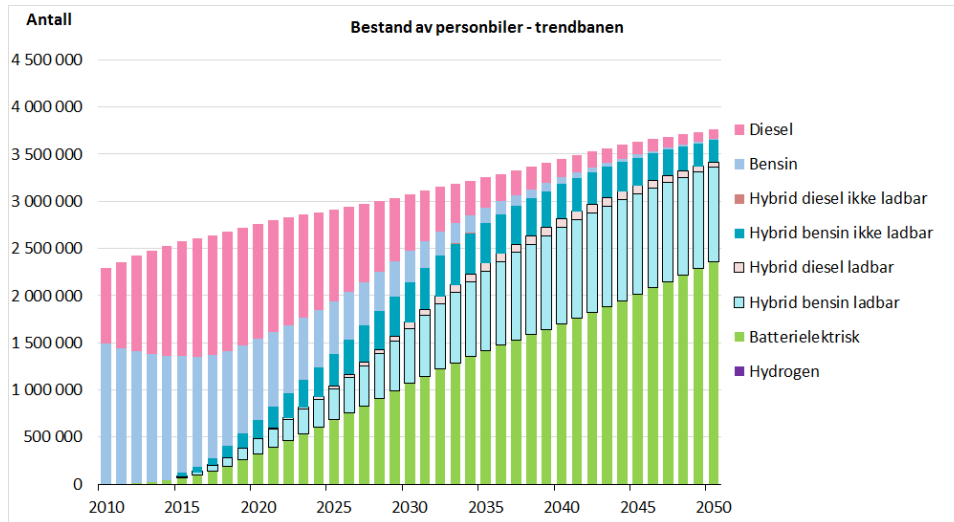
Figur S.1 Observert og framskrevet *nybilsalg av personbiler*, etter drivstoff/energibærer. *Trendbane* basert på videreføring av trenden 2010-2015.

Ultralavutslippsbanen er tilsvarende vist i Fig. S.2. Ifølge denne utgjør nullutslippsbilene 96 prosent av nybilsalget i 2025. Hybridbilene vil, i likhet med bensin- og dieselbilene, på dette tidspunkt være så å si utfaset fra nybilsalget.



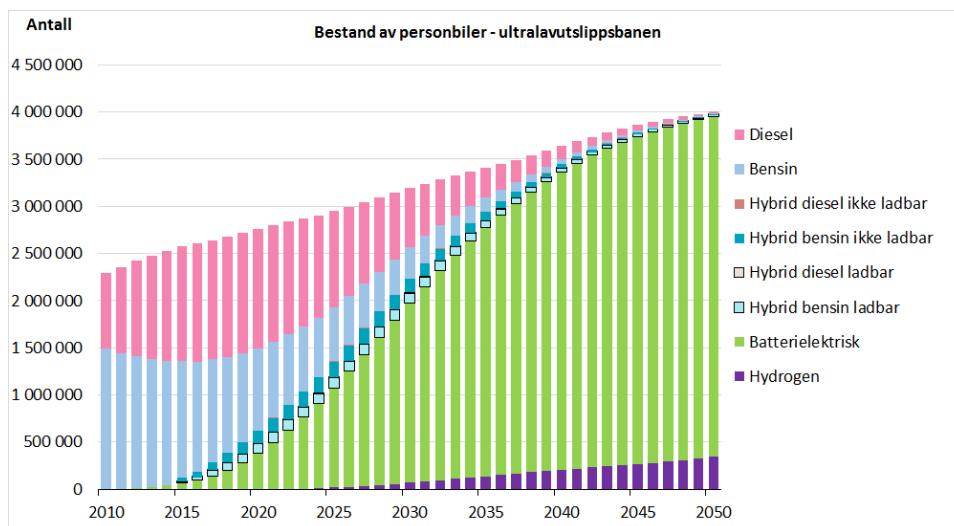
Figur S.2 Observert og framskrevet *nybilsalg av personbiler*, etter drivstoff/energibærer. *Ultralavutslippsbane* i samsvar med måltall i grunnlagsdokumentet for NTP 2018-2029.

Bestanden av personbiler utvikler seg i trendbanen som vist i Fig. S.3. De batterielektriske og hybridiserte bilene utgjør 48 prosent av bestanden i 2025 og 70 prosent i 2030. Nullutslippsbilene alene står for 23 prosent i 2025 og 35 prosent i 2030.



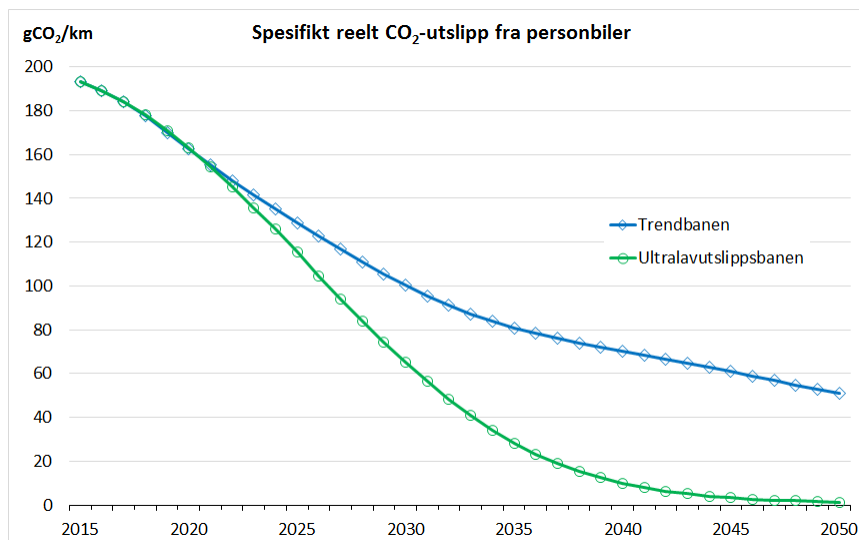
Figur S.3 Observert og framskrevet *bestand av personbiler*, etter drivstoff/ energibærer. *Trendbane* basert på videreføring av trenden 2010-2015.

I ultralavutslippsbanen utgjør nullutslippsbilene 36 prosent i 2025 og 62 prosent i 2030 (Fig. S.4).



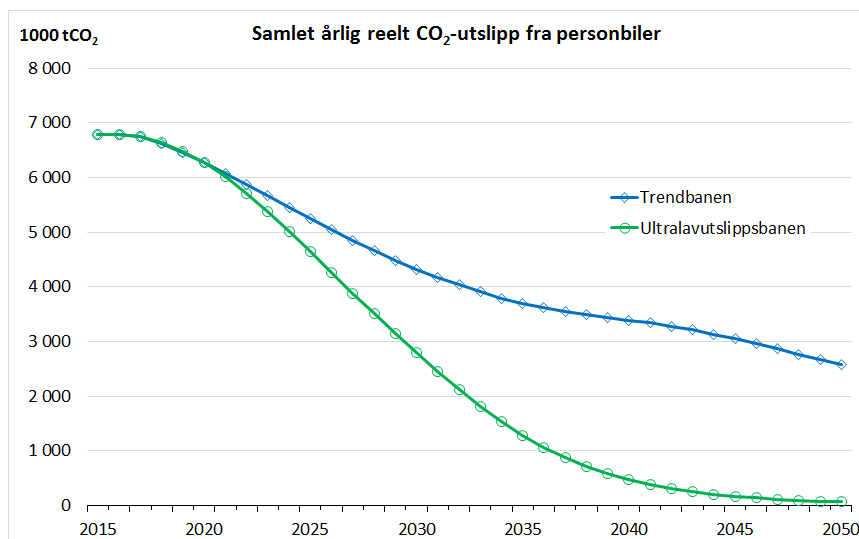
Figur S.4 Observert og framskrevet *bestand av personbiler*, etter drivstoff/ energibærer. *Ultralavutslippsbane* i samsvar med måltall i grunnlagsdokumentet for NTP 2018-2029.

I Fig. S.5 vises det gjennomsnittlige CO₂-utslippet fra personbiler, i trendbanen så vel som i ultralavutslippsbanen. I trendbanen er utslippet per personbilkilometer 48 prosent lavere i 2030 enn i 2015. I ultralavutslippsbanen er nedgangen 66 prosent.



Figur S.5 Personbilparkens spesifikke, reelle CO₂-utslipp 2015-2050, i to scenarier. Utslipp ved forbrenning av biodrivstoff er inkludert.

I Fig. S.6 vises tilsvarende det samlede CO₂-utslippet fra personbilparken. I ultralavutslippsbanen er CO₂-utslippet fra personbiler 59 prosent lavere i 2030 enn i 2015, til tross for at personbiltrafikken har vokst med 22 prosent siden 2015. I trendbanen er utslippsnedgangen for personbiler i alt 36 prosent per 2030.



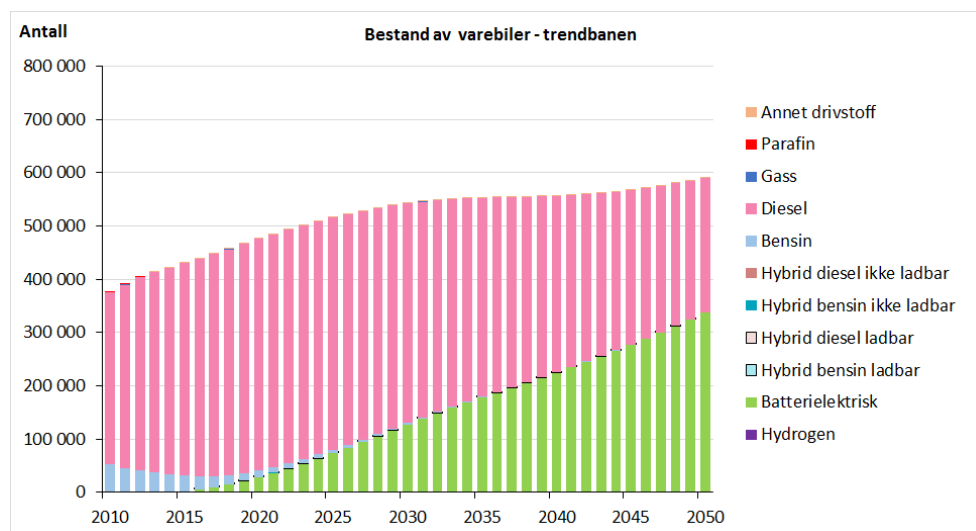
Figur S.6 Personbilparkens samlede reelle årlige CO₂-utslipp 2015-2050, i to scenarier. Utslipp ved forbrenning av biodrivstoff er inkludert.

Kurvene beskriver det anslått reelle utslippet i trafikken. Det vil si at en har korrigert for avviket mellom de laboratoriemålte typegodkjenningsverdiene og det virkelige utslippet. Dette avviket har vokst markert siden år 2000. For 2014-årskullet av bensin- og dieseldrevne personbiler i Europa var utslippet anslagsvis 40 prosent høyere i virkelig trafikk enn ved typegodkjenningstesten. Vi har i modellberegningene gått ut fra at avviket holder seg på dette nivået også for framtidige generasjoner av bensin- og dieslbiler.

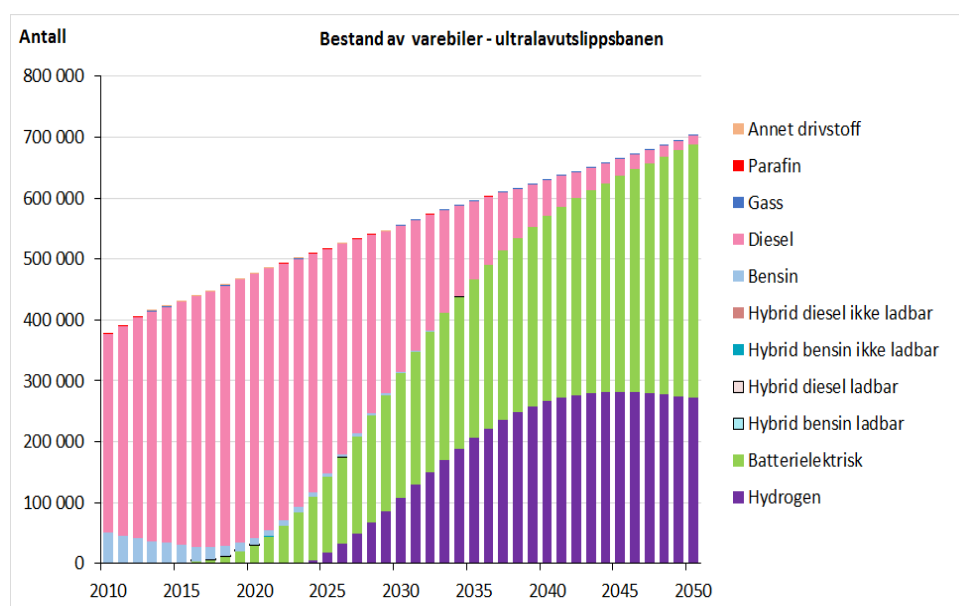
Kurvene inkluderer også utslipp ved forbrenning av biodrivstoff. De gjelder med andre ord uansett hvilken omsetning eller innblanding av biodrivstoff en tenker seg. I 2016 er omsetningskravet til drivstoffleverandørene 5,5 prosent. De fleste drivstoffforhandlerne innfrir kravet ved å blande inn rundt 9 prosent biodrivstoff i dieselen.

Godsbilene

Fig. S.7 viser varebilbestanden i trendbanen fordelt etter drivstoff/energibærer, og Fig. S.8 viser tilsvarende bilde for ultralavutslippsbanen. Ifølge denne banen vil de batteri- og hydrogendrevne varebilene være i flertall i 2030.

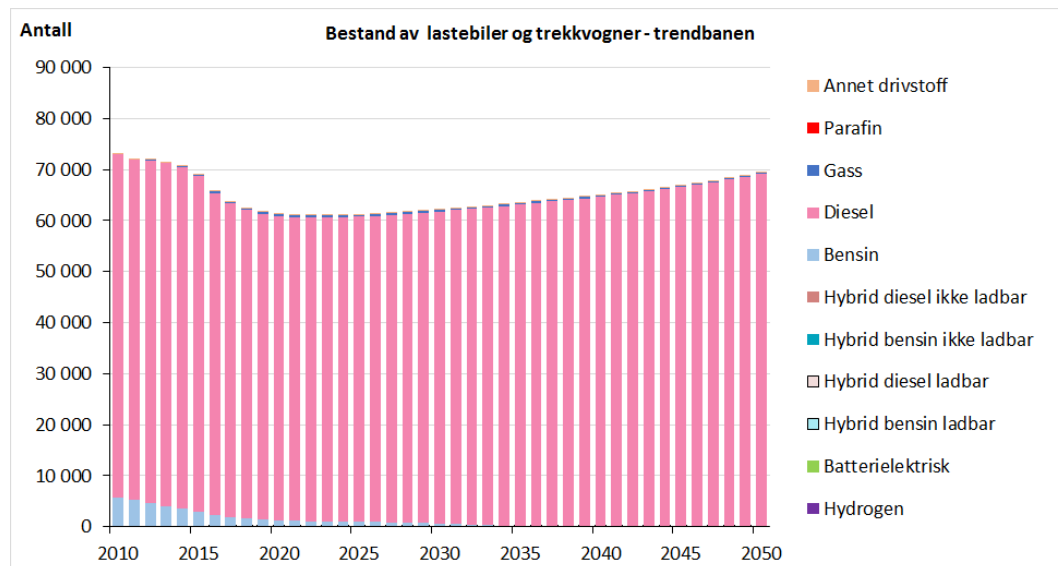


Figur S.7 Observert og framskrevet bestand av *varebiler*, etter drivstoff/energibærer. *Trendbane* basert på observert tilvekst/avgang av kjøretøy 2010-2015.

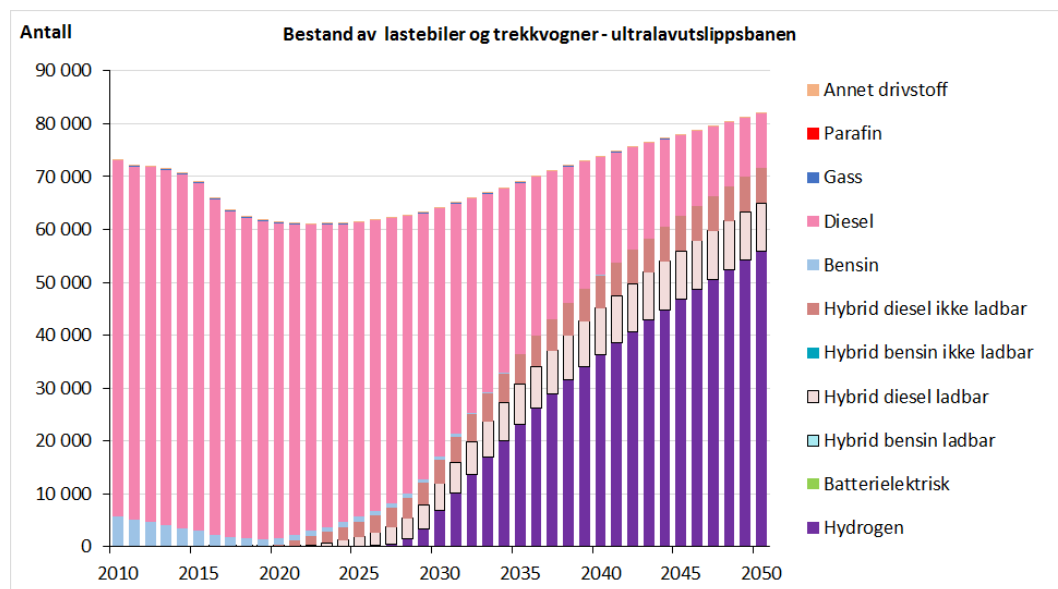


Figur S.8 Observert og framskrevet bestand av *varebiler*, etter drivstoff/energibærer. *Ultralavutslippsbane* i samsvar med måltall i grunnlagsdokumentet for NTP 2018-2029.

For tyngre godsbiler, dvs. lastebiler og trekkbiler, blir det – ifølge trendbanen – liten endring fram mot 2030 (Fig. S.9). I ultralavutslippsbanen vil hydrogen- og hybridkjøretøy få et visst innpass fra 2020 og framover (Fig. S.10).



Figur S.9 Observert og framskrevet bestand av godsbiler tyngre enn 3,5 tonn, etter drivstoff/energibærer. Trendbane basert på observert tilvekst/avgang av kjøretøy 2010-2015.

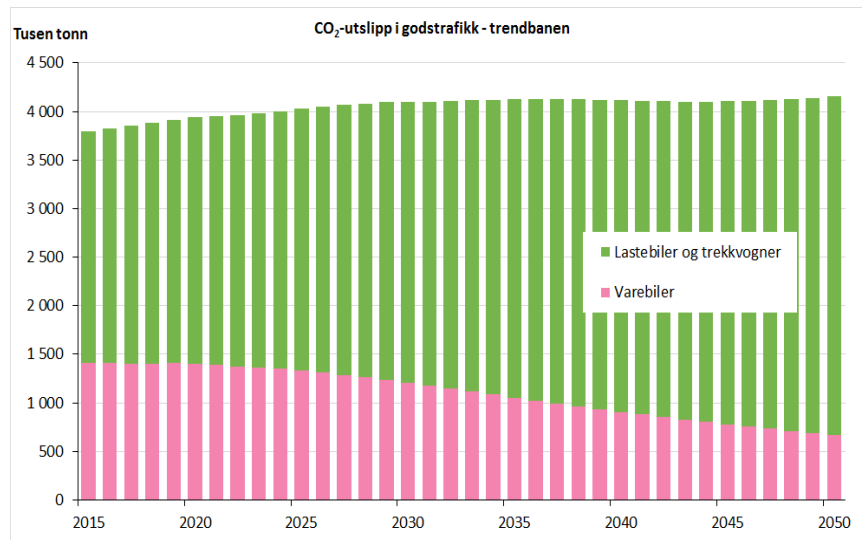


Figur S.10 Observert og framskrevet bestand av godsbiler tyngre enn 3,5 tonn, etter drivstoff/energibærer. Ultralavutslippsbane i samsvar med måltall i grunnlagsdokumentet for NTP 2018-2029.

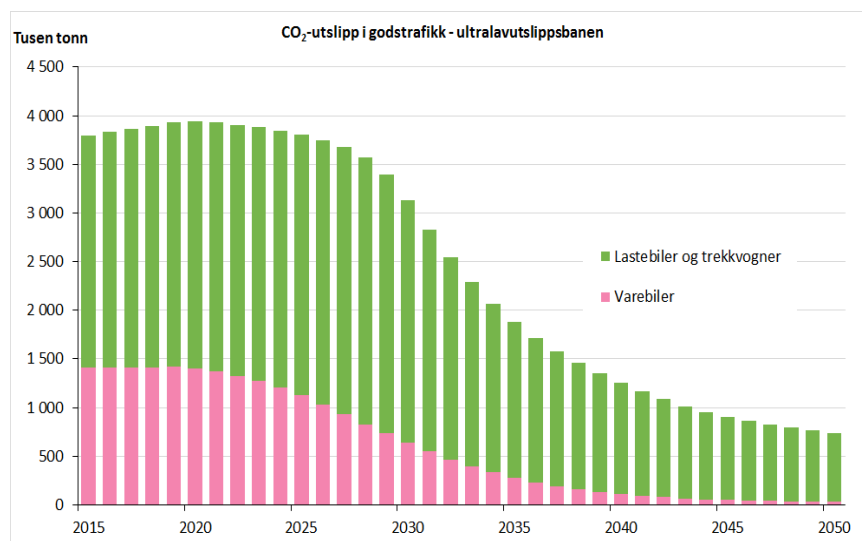
Om en ser alle godsbiler under ett, og fordeler dem etter drivstoff/energibærer, vil diesel ifølge trendbanen fortsatt være dominerende i 2030, selv om en vil ha et drøyt 20 prosents innslag av batteridrevne kjøretøy, i all hovedsak varebiler (Fig. S.7). I ultralavutslippsbanen vil nullutslippskjøretøyene utgjøre omtrent halvparten av

godsbilparken i 2030, men bare rundt 10 prosent av de tyngre godsbilene (Fig. S.8 og S.10).

CO₂-utslippet fra godsbiler går svakt opp i trendbanen (Fig. S.11), men markert ned i ultralavutslippsbanen (Fig. S.12). I ultralavutslippsbanen synker utslippet fra godsbiler med 18 prosent fra 2015 til 2030, og med 81 prosent innen 2050. Utslippet går imidlertid opp helt fram til 2020. Først fra 2021 vil forbedringene i kjøretøyteknologi mer enn oppveie den økte etterspørselen etter godstransport, i henhold til ultralavutslippsbanen.



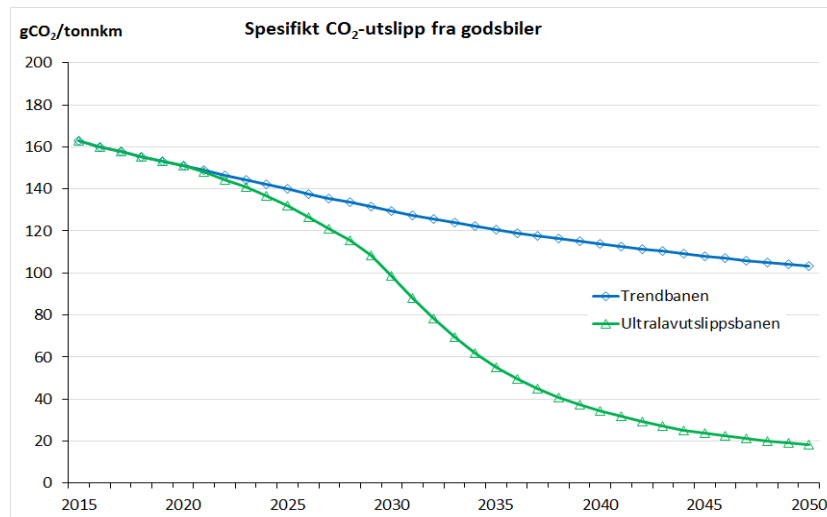
Figur S.11 Framskrevet CO₂-utslipp fra godstransport på vei, etter kjøretøytype. Trendbane basert på observert tilvekst/angang av kjøretøy 2010-2015. Utslipp fra forbrenning av biodrivstoff er inkludert.



Figur S.12 Framskrevet CO₂-utslipp fra godstransport på vei, etter kjøretøytype. Ultralavutslippsbane i samsvar med måltall i grunnlagsdokumentet for NTP 2018-2029. Utslipp fra forbrenning av biodrivstoff er inkludert.

Fig. S.13 viser CO₂-utslippet per godstonnkilometer. Denne raten går ned også i trendbanen, med 21 prosent fra 2015 til 2050, fordi transporten gradvis forskyves til

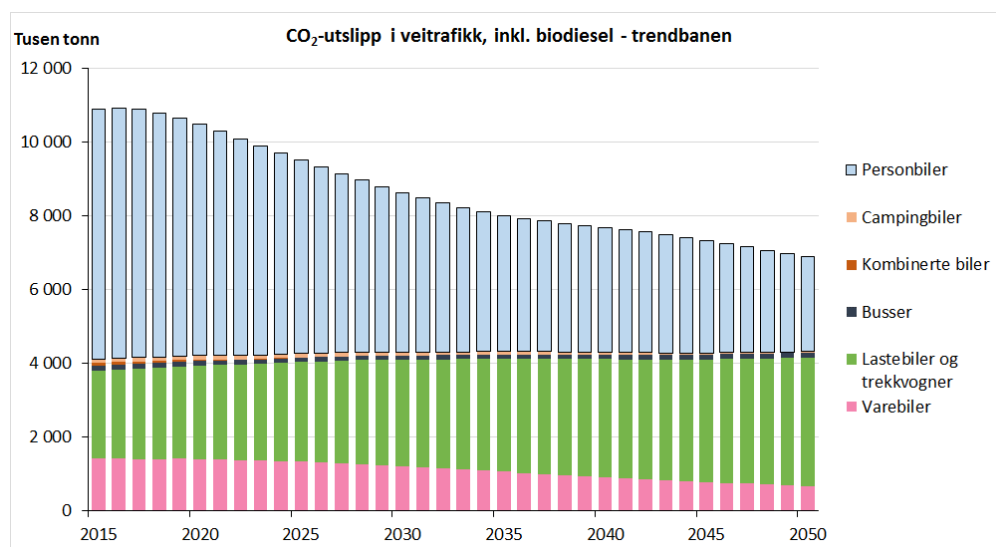
større og mer energieffektive kjøretøy, og fordi det også i denne banen blir et økende innslag av elektriske varebiler. I ultralavutslippssbanen synker utslippet per tonnkilometer med 39 prosent til 2030 og med 89 prosent til 2050.



Figur S.13 *Godsbilparkens spesifikke CO₂-utslipp 2015-2050, i to scenarier. Utslipp ved forbrenning av biodrivstoff er inkludert.*

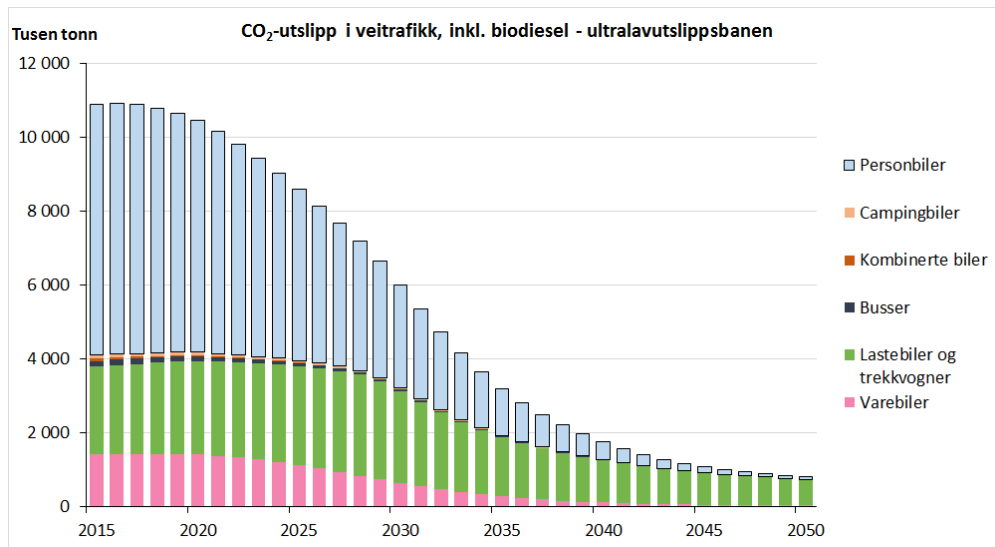
CO₂-utslippene fra veitrafikk

Samlet CO₂-utslipp i veitrafikken fram til 2050 i henhold til trendbanen er vist i Fig. S.14. Utslippene beregnes å bli 2,3 millioner tonn lavere i 2030 enn i 2015, en reduksjon på 21 prosent.



Figur S.14 *Framskrevet CO₂-utslipp i veitrafikken, etter kjøretøyklasse. Trendbane basert på videreføring av trenden 2010-2015.*

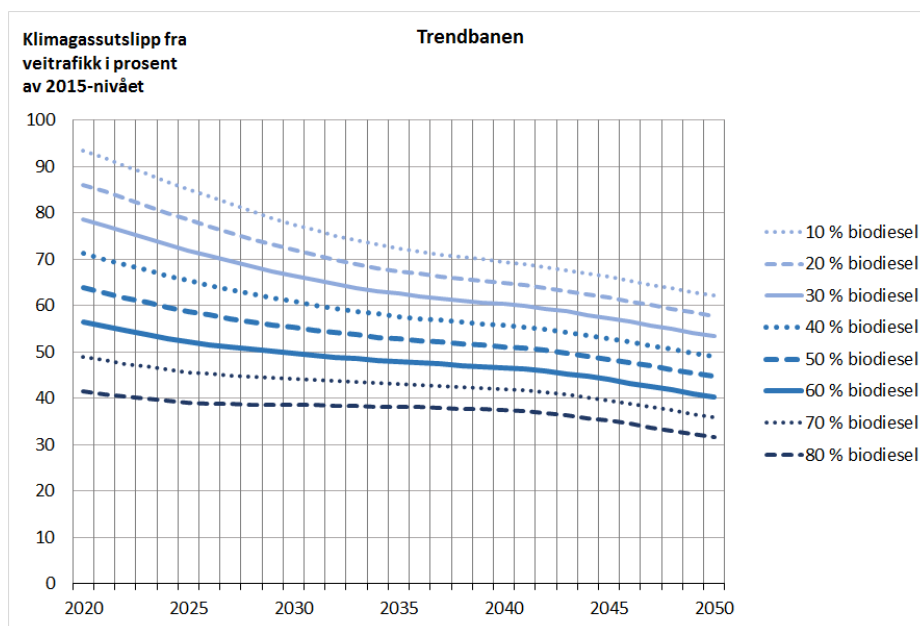
I ultralavutslippssbanen beregnes det samlede CO₂-utslippet fra kjøretøyparken beregnes å bli 4,9 millioner tonn lavere i 2030 enn i 2015, en nedgang på 45 prosent (Fig. S.15).



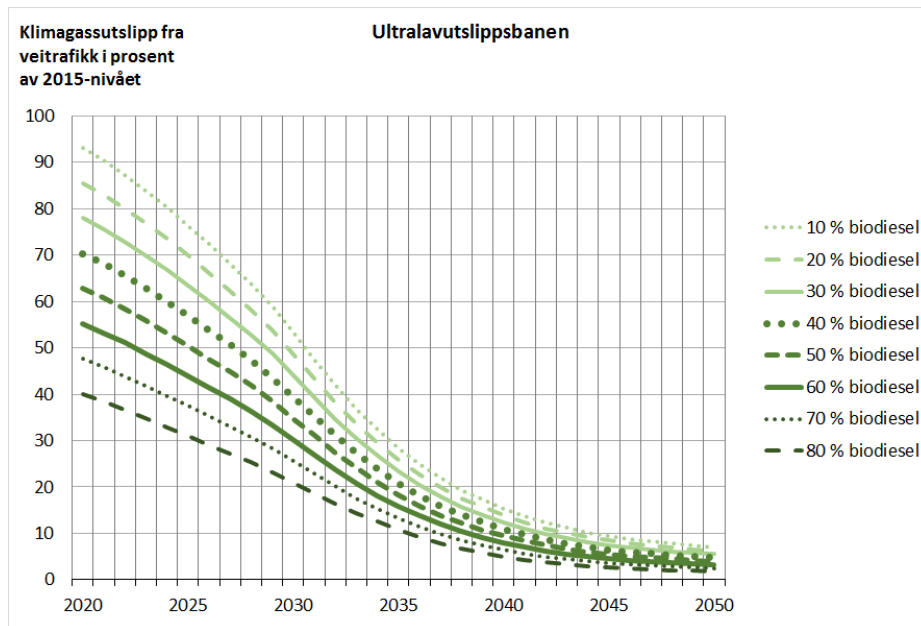
Figur S.15 Framskrevet CO_2 -utslipp i veitrafikken, etter kjøretøyklasse. *Ultralavutslippsbane* i samsvar med måltall i grunnlagsdokumentet for NTP 2018-2029.

Tallene i Fig. S.14 og S.15 inkluderer utslipp ved forbrenning av biodrivstoff. Dersom vi tenker oss et 100 prosent klimanøytralt biodrivstoff, og ser for oss at dette utgjør 42 prosent av all diesel solgt i 2030, så er dette nok til at utslippet fra fossilt drivstoff i veitrafikk blir 40 prosent lavere i 2030 enn i 2015, også i trendbanen (Fig. S.16). Da har vi tatt hensyn til at omsetningskravet for biodrivstoff var ca. 4 prosent av drivstoffsalg allerede i 2015 (3,5 prosent i januar-september og 5,5 prosent i oktober-desember), gjennomført ved at leverandørene dette året blandet inn ca. 6,5 prosent biodrivstoff i dieselen.

Om ultralavutslippsbane skulle bli en realitet, vil 40 prosent innblanding av klimanøytralt biodrivstoff i all diesel være nok til at klimagassutslippet blir 60 prosent lavere i 2030 enn i 2015 (Fig. S.17).



Figur S.16 Beregnet klimagassutslipp fra veitrafikk under *trendbanen* 2020-2050, etter graden av innblanding/ omsetning av klimanøytralt biodiesel.



Figur S.17 Beregnet klimagassutslipp fra veitrafikk under *ultralavutslippsbanen* 2020-2050, etter graden av innblanding/ omsetning av klimanøytral biodiesel.

Treghet i utskiftingen av kjøretøy

Kjøretøyparken er en treg masse. Ingen av beregningsalternativene er forenlige med helt fossilfri veitrafikk allerede i 2030. Ifølge ultralavutslippsbanen med 80 prosent andel helt klimanøytral biodiesel vil utslippet i 2030 være redusert med 79 prosent sammenliknet med 2015.

Ett mål på denne tregheten er tiden det tar fra en ny type teknologi gjør seg gjeldende i markedet for nye kjøretøy til teknologien har fått tilsvarende gjennomslag i kjøretøyparken. Dette er illustrert i Fig. S.18, der vi, som eksempel, viser andelen nullutslippskjøretøy blant personbiler, varebiler og tunge godsbiler i ultralavutslippsbanen.

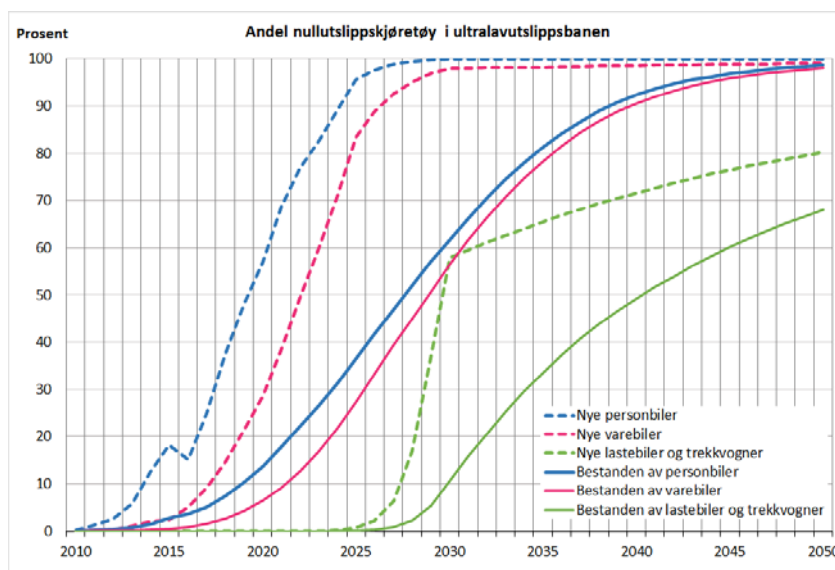


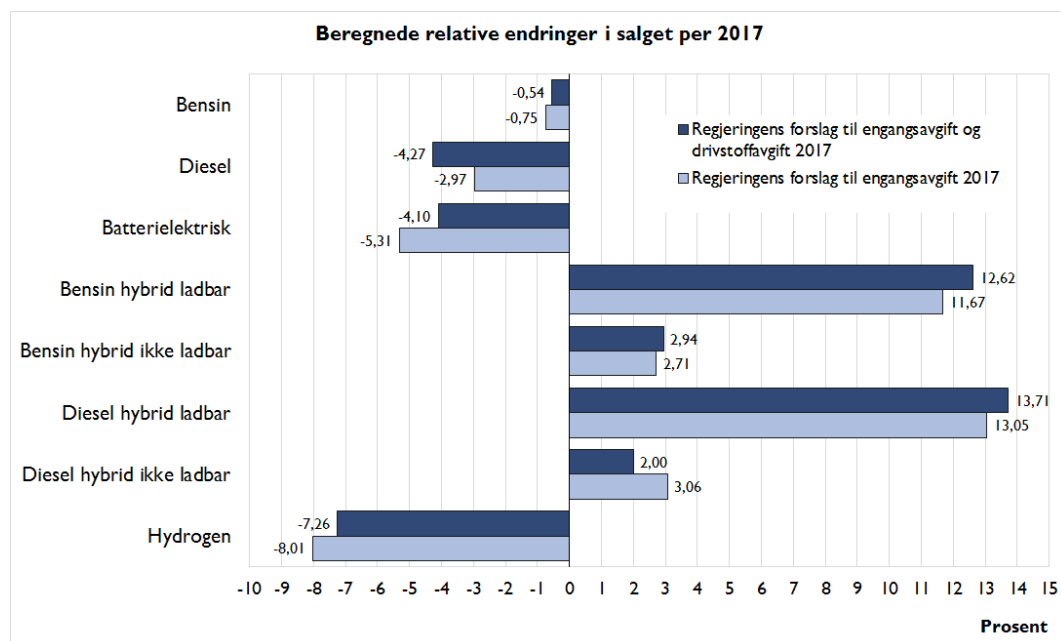
Fig. S.18 Andel nullutslippskjøretøy i *ultralavutslippsbanen*, etter kjøretøyklasse.

Fra det tidspunkt da nullutslippsbilene har overtatt halve markedet for nye personbiler eller varebiler, til de utgjør halvparten av bestanden, går det for begge kjøretøygrupper 7-8 år. Forsinkelsen er mindre når vi snakker om mindre enn 50 prosent gjennomslag, men større – hele 12-15 år – dersom målet er f. eks. 90 prosent nullutslippskjøretøy.

Tunge godsbiler med null utslipp er i ultralavutslippsbanen forutsatt å ha en svært rask vekst mellom 2025 og 2030, hvorefter markedsveksten avtar kraftig. I henhold til dette scenariet tar det 14 år før andelen nullutslippskjøretøy i bestanden blir like høy (58 prosent) som blant nye tunge godsbiler i 2030.

Endringene i bilavgiftene for 2017

Regjeringens forslag til endringer i engangsavgiften på personbiler i 2017 vil, dersom de blir gjennomført, føre til at folk i gjennomsnitt velger biler med noe lavere CO₂-utslipp. Ser en på bilsalgets sammensetning etter motorteknologi, kommer det fram at avgiftsomleggingen trekker i retning av flere ladbare og vanlige hybrider, færre dieslbiler og færre rene elbiler (Fig. S.19). Omleggingen er, sammenliknet med uendrede avgifter fra 2016 til 2017, beregnet å medføre en nedgang i nye personbilers gjennomsnittlige utslipp i henhold til typegodkjenningen med 0,99 gCO₂/km i 2017.



Figur S.19 Beregnede *relative endringer* i personbilenes *markedsandeler* fra 2016 til 2017 som følge av *avgiftsendringer*, etter bilens *framdriiftsteknologi*, under to alternative forutsetninger.

Dersom en i tillegg tar med i regnestykket at veibruksavgiften på bensin er foreslått satt opp med 15 øre per liter og diesellavgiften med 35 øre, øker utslaget til -1,37 gCO₂/km, som utgjør ca. -1,5 prosent. Utslaget av økt drivstoffavgift alene er med andre ord -0,38 gCO₂/km.

Dette utslaget svarer til en elasticitet på -0,17 og er større enn en kunne vente ut fra tidligere analyser. Bilkjøperne ser i 2016 ut til å ha blitt mer følsomme for endringer i

drivstoffkostnadene enn tilfellet var før det kom et stort utvalg av null- og lavutslippsbiler på markedet. Stilt overfor høye drivstoffpriser kan bilkjøperne nå 'flykte' over til bilmodeller med særlig lavt drivstofforbruk. En side ved politikken til fremme av null- og lavutslippsbiler er således at drivstoffavgiftene er blitt et mer effektivt klimavirkemiddel. Den langsiktige, indirekte effekten via bilkjøpernes valg av bilmodell ser nå ut til å være minst like kraftig som den kortsiktige, direkte effekten via utkjørt distanse. Det er med andre ord synergi mellom engangsavgiften og drivstoffavgiftene; de forsterker hverandre som klimavirkemidler.

Om vi tar hensyn til avviket mellom virkelige og laboratoriemålte utslipp og til variasjonene i kjørelengde mellom små og store biler, samt mellom nye og gamle, kan den samlede effekten av de foreslåtte avgiftsendringene for 2017-årskullet av personbiler anslås til 3380 tonn mindre CO₂ i løpet av bilenes første driftsår. Prosentvis blir reduksjonen 0,89 prosent – en vesentlig mindre nedgang enn de 1,5 prosent vi får når vi regner på utslipp i henhold til typegodkjenningen. Det skyldes primært at de ladbare hybridene, der typegodkjenningsverdiene er særlig misvisende, får økt markedsandel, samtidig som de rene elbilene, som har like lave utslipp på veien som i laboratoriet, får lavere markedsandel.

Uten økningen i drivstoffavgift blir utslaget 1800 tonn, eller 0,47 prosent. Endringene i drivstoffavgiftene alene står med andre ord for 1580 tonns reduksjon, eller 0,41 prosent.

Regnet over bilenes fulle levetid blir reduksjonen i klimagassutslipp som følge av avgiftsendringene for 2017-årskullet i størrelsesorden 50 000 tonn CO₂. Det er relevant å regne på utslippet gjennom hele bilens driftstid, fordi statistisk sett er valget av bilmodell bestemmende for utslippet i de neste 15-20 år, uavhengig av om bilen forblir på første eiers hånd eller blir solgt videre som bruktbil. Dermed er det også gode grunner for å CO₂-beskatte bilen ved anskaffelsen, like gjerne som når den brukes.

Modellberegningene tar ikke hensyn til den såkalte rebound-effekten, altså at reduserte priser på kjøretøy og/eller energi kan gjøre bilhold og bilbruk mer attraktivt og slik lede til økt trafikk. En særlig viktig del av dette er elbilenes vesentlig lavere energikostnad sammenliknet med bensin- og dieslbiler. Rebound-effekten kan spise opp en liten del av klimagevinsten, og dessuten skape nye lokale miljø- og framkommelighetsproblemer, dersom en ikke setter inn mottiltak.

Konklusjon

Regjeringens forslag til omlegging av *engangsavgiften* for 2017 er beregnet å medføre en nedgang i nye personbilers gjennomsnittlige utslipp i henhold til typegodkjenningen med 0,99 gCO₂/km. Dersom en i tillegg tar med i regnestykket at *veibruksavgiften* på bensin går opp med 15 øre per liter og dieselavgiften med 35 øre, øker utslaget til 1,37 gCO₂/km, eller rundt halvannen prosents nedgang.

Bilkjøperne ser i 2016 ut til å ha blitt mer følsomme for endringer i drivstoffkostnadene enn tidligere. Stilt overfor stigende drivstoffpriser har bilkjøperne nå et større utvalg av særlig drivstoffgjerrige bilmodeller å ty til. Det økte tilbudet av null- og lavutslippsbiler gjør drivstoffavgiftene til et mer effektivt klimavirkemiddel.

Langsiktige framskrivinger med TØIs modell for kjøretøyparken (BIG) viser at dersom en lykkes med å nå målene for omsetning av nye kjøretøy i 2025 og 2030, slik disse framgår av etatenes grunnlagsdokument for NTP 2018-2029, vil dette være tilstrekkelig til at CO₂-utslippet i veitrafikken blir 4,9 millioner tonn lavere i 2030 enn i 2015. Utslippene synker dermed med 45 prosent, til tross for at persontrafikken er beregnet å øke med 20 prosent og godstrafikken med 25 prosent.

Utviklingen i denne *ultralavutslippsbanen* forutsetter at det omsettes så å si bare utslippsfrie personbiler fra 2025. Det samme skal gjelde de nye bybussene, og fra 2030 også alle de nye varebilene, tre fjerdedeler av de nye langdistansebussene og halvparten av de nye tunge lastebilene.

Under noe mer nøkterne forutsetninger beregnes CO₂-utslippet fra veitrafikk i 2030 å bli 2,3 millioner tonn – eller 21 prosent – lavere i 2030 enn i 2015. I dette scenariet, som vi betegner som *trendbanen*, antas det at markedsandelene for nye kjøretøy utvikler seg omtrent i samsvar med trenden 2010-2015.

I disse tallene er utslippet ved forbrenning av biodrivstoff medregnet. Om klimanøytralt biodrivstoff i 2030 utgjør 42 prosent av all diesel solgt, vil dette ifølge trendbanen være nok til at CO₂-utslippet fra fossilt drivstoff i veitrafikk blir 40 prosent lavere i 2030 enn i 2015.

For at CO₂-utslippet fra veitrafikk i 2030 skal bli 40 prosent lavere enn i 1990, i tråd med Norges klimamål, må utslippet reduseres med 55 prosent fra nivået i 2015. Under trendbanen forutsetter dette at andelen helt klimanøytralt biodrivstoff utgjør snaut 70 prosent av dieselomsetningen i 2030.

Selv om utslippskurvene i trendbanen, og især i ultralavutslippsbanen, peker pent nedover, må framskrivningene ikke tolkes dithen at et mål om 40 eller 50 prosents reduksjon i CO₂-utslippet fra veitrafikk mellom 2015 og 2030 er lett oppnåelig. En slik utvikling vil bare bli realisert dersom kjøperne av lette og tunge biler i de nærmeste 10-15 år i overveiende grad går over til å velge nullutslippskjøretøy. Det er et åpent spørsmål om myndighetene har sterke nok virkemidler til å styre kjøpsatferden i denne retningen.

Kjøretøyparken er en treg masse, som det tar tid å skifte ut. Selv ikke under de mest optimistiske forutsetninger vil veitrafikken kunne bli tilnærmet fossilfri allerede i 2030.

Summary:

Vehicle fleet forecasts based on stock-flow modeling

TOI Report 1518/2016
Author(s): Lasse Fridström, Vegard Ostli
Oslo 2016, 66 pages Norwegian language

Relying on a stock-flow cohort model of the Norwegian motor vehicle fleet, we examine the prospects for radical greenhouse gas abatement through automobile, bus and freight vehicle fleet renewal. Under highly optimistic assumptions regarding market uptake of zero and low emission vehicles, CO₂ exhaust emissions from the motor vehicle fleet could be halved between 2015 and 2031. This, however, presupposes that virtually all passenger cars, buses and cargo vans sold in 2030 be emission free. Achieving these targets will be quite challenging. Under somewhat less demanding assumptions, based on trend extrapolation, the stock-flow model projections suggest an about 20 per cent reduction in GHG emissions from Norwegian road transportation between 2015 and 2030.

Objective

Road transportation is a major source of greenhouse gas (GHG) emissions, and one that, except for electric vehicles, is not covered by the European Union's emissions trading system (EU ETS). In 2015, road transportation represented roughly 19 per cent of total GHG emissions in Norway, and about 38 per cent of the emissions not covered by EU ETS.

European and Norwegian climate policy goals suggest that by 2030, GHG emissions should be cut by 40 per cent compared to the 1990 level. If such a target were to be applied verbatim to road transportation in Norway, it would require that emissions be more than halved – indeed, cut by 55 per cent – between 2015 and 2030, since emissions on the road have already increased 32 per cent between 1990 and 2015.

Barring massive reductions in the mobility of people and goods, and in view of the very limited potential for emission cuts through modal shifts, the most promising strategy left appears to be that of technological innovation through vehicle fleet renewal. Internal combustion engine (ICE) vehicles must be replaced by zero and low emission alternatives such as battery (BEV), plug-in hybrid (PHEV) or fuel cell electric vehicles (FCEV). In addition, renewable biofuel could come into widespread use in whatever ICE or hybrid vehicles be still in operation 15 years ahead.

In their proposed climate strategy document, the Norwegian transportation agencies have suggested the following targets. By 2025 all new passenger cars and transit buses sold should be zero emission vehicles, i. e. BEVs or FCEVs. By 2030, the same should apply to all new light duty freight vehicles, to 75 per cent of all new inter-urban buses and coaches, and to 50 per cent of all new heavy duty freight vehicles.

If these targets, which apply to the *flow* of new vehicles only, were met, would that ensure a more than 50 per cent cut in the emissions from the vehicle *stock* by 2030? To examine this question, a *stock-flow model* of the vehicle fleet is called for.

The BIG¹ stock-flow model

Let $A_{i,j}^{m,n}$ ($i = 1, 2, \dots, I^m$; $j = 1, 2, \dots, J$; $m = 1, 2, \dots, M$; $n = 2010, 2011, \dots, N$) denote the *stock* of $j-1$ -year old vehicles registered in segment i of category m at the end of year n . By vehicle categories, we have in mind a classification into passenger cars, cargo vans, trucks, semi-trailer tractor units, campervans/motorhomes, and buses/coaches. By segments, we shall mean a cross-tabulation between energy carrier (propulsion technology) and vehicle weight. The following 11 energy technologies are specified:

- (i) gasoline internal combustion engine (ICE),
- (ii) diesel ICE,
- (iii) battery electric vehicle (BEV),
- (iv) plug-in hybrid electric vehicle (PHEV) with gasoline ICE,
- (v) PHEV with diesel ICE,
- (vi) non-plug-in hybrid vehicle (HEV) with gasoline ICE,
- (vii) HEV with diesel ICE,
- (viii) hydrogen fuel cell electric vehicle (FCEV)
- (ix) natural gas ICE
- (x) kerosene ICE
- (xi) other ICE

As an example we show, in Fig. E.1, the stock of passenger cars at year-end 2015, by energy technology and age. In the passenger car category we encompass all vehicles meant to carry at most eight passengers plus driver, including sport-utility vehicles (SUV) and minivans. Note that in the model, vehicle age (j) is counted from January 1 of the year of first registration to December 31 of the current year. Since, on average, vehicles enter and leave the stock at mid-year, they are one year younger in reality than in the model.

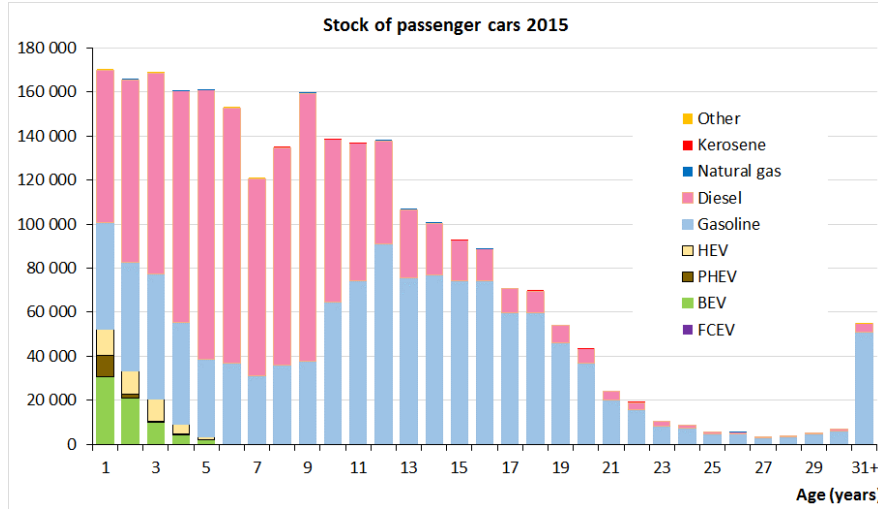


Fig. E.1 Norwegian *passenger car stock* at year-end 2015, by propulsion technology and age.

Also, let $a_{i,j}^{m,n}$ denote the *flow* between the stocks in years $n-1$ and n , in other words

$$(1) \quad A_{i,j+1}^{m,n+1} = A_{i,j}^{m,n} + a_{i,j+1}^{m,n+1} = A_{i,j}^{m,n} [1 + \alpha_{i,j+1}^{m,n+1}] \quad (j = 1, 2, \dots, J),$$

¹ BIG is a Norwegian-language acronym meaning 'vehicle cohort model'.

where the *transition rates* $[1 + \alpha_{i,j+1}^{m,n+1}]$ are defined by

$$(2) \quad \alpha_{i,j+1}^{m,n+1} = a_{i,j+1}^{m,n+1} / A_{i,j}^{m,n} \quad (i = 1, \dots, I^m; j = 1, \dots, J; m = 1, \dots, M; n = 2010, \dots, N)$$

Most vehicles survive until next year, but not all. Some are scrapped, exported, or temporarily or permanently deregistered. On the other hand, the vehicle stock may be augmented through second hand import or reregistration. All of these *gross flows* combine to form what we shall refer to as the *net flow intensities* $\alpha_{i,j+1}^{m,n+1}$. They measure the relative changes, from one year to the next, in the stock of vehicles $A_{i,j}^{m,n}$ of a given cohort and segment.

In most age brackets the net flow intensity will be negative, and hence the transition rate will be smaller than unity, since scrapping exceeds the sum of second hand import and reregistration.

For modeling purposes we shall assume that the net flow intensities are temporally stable, i. e.

$$(3) \quad \alpha_{i,j}^{m,n} = \alpha_{i,j}^m \quad \forall i, j, m, n.$$

They will, however, vary with vehicle category (m), segment (i) and age (j).

In our model, the second highest age bracket is $j = 30$ years. All vintage vehicles older than 30 years are assembled in the uppermost age bracket ($j = J = 31$).

From the Norwegian motor vehicle register we have extracted data for the following six stocks: $A_{i,j}^{m,2010}$, $A_{i,j}^{m,2011}$, $A_{i,j}^{m,2012}$, $A_{i,j}^{m,2013}$, $A_{i,j}^{m,2014}$, $A_{i,j}^{m,2015}$, all of them specified by vehicle category, segment and age.

Invoking the simplification (3), net flow intensities were estimated by forming the weighted averages

$$(4) \quad \hat{\alpha}_{i,j}^m = \frac{a_{i,j}^{m,2011} + a_{i,j}^{m,2012} + a_{i,j}^{m,2013} + a_{i,j}^{m,2014} + a_{i,j}^{m,2015}}{A_{i,j-1}^{m,2010} + A_{i,j-1}^{m,2011} + A_{i,j-1}^{m,2012} + A_{i,j-1}^{m,2013} + A_{i,j-1}^{m,2014}} \quad (j = 2, 3, \dots, 30),$$

where all $a_{i,j}^{m,n}$ follow from equation (1).

At either end of the age span ($j = 1$ and $j = 31$), the flow rates must be defined and computed differently. Specifying the ‘intensities’

$$(5) \quad \alpha_{i,1}^{m,n+1} = \frac{A_{i,1}^{m,n+1}}{\sum_{j=1}^J A_{i,j}^{m,n}}, \quad \alpha_{i,31}^{m,n+1} = \frac{A_{i,31}^{m,n+1}}{A_{i,30}^{m,n} + A_{i,31}^{m,n}} - 1$$

we calculate their empirical counterparts by

$$(6) \quad \hat{\alpha}_{i,1}^m = \frac{\sum_{n=2010}^{2014} A_{i,1}^{m,n+1}}{\sum_{n=2010}^{2014} \sum_{j=1}^J A_{i,j}^{m,n}}, \quad \hat{\alpha}_{i,31}^m = \frac{\sum_{n=2010}^{2014} A_{i,31}^{m,n+1}}{\sum_{n=2010}^{2014} [A_{i,30}^{m,n} + A_{i,31}^{m,n}]} - 1.$$

The youngest cohort of vehicles in segment i of category m is calculated as a certain share of last year's aggregate stock in that segment, i. e. summed across all age groups. The flow of vintage vehicles is calculated as a share of the stocks in the two uppermost age brackets taken together.

Example net flow intensities are displayed graphically in Fig. E.2. The graph reveals that for cars older than 13 years, attrition is markedly higher in years of periodic vehicle inspection, which takes place in odd-numbered years of age as defined in the model. Also, it shows that for vehicles two to five years old, the net flow intensity is often negative, suggesting that second hand car export exceeds second hand import. We suspect this to be due to car rental and leasing companies routinely shifting their vehicles between countries of registration. These companies represent a large share of new passenger car acquisitions.

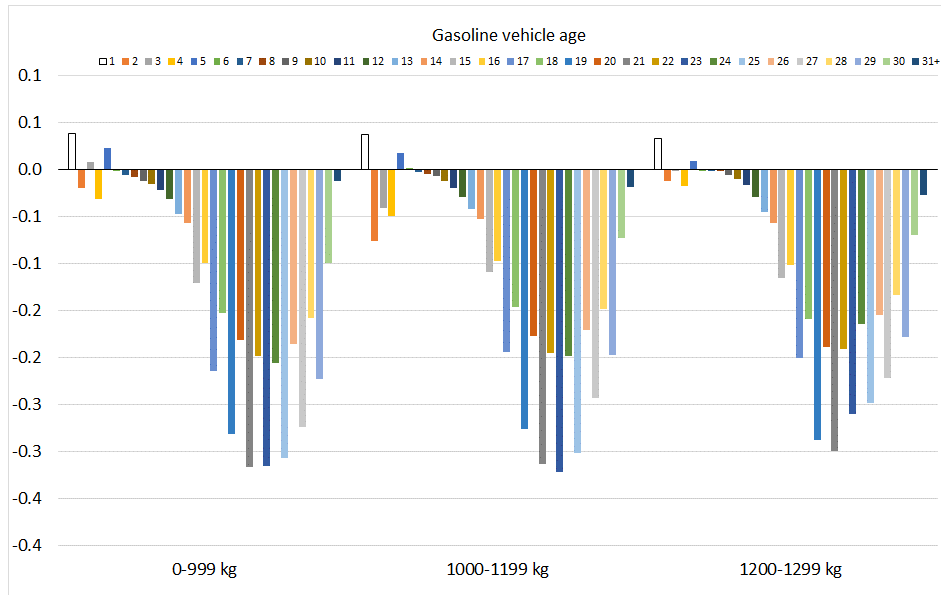


Fig. E.2 Mean net flow intensities 2010-2015 for *gasoline cars lighter than 1300 kg*, by vehicle age and curb weight.

By compounding the transition rates through the years, one can derive ‘survival’ curves. However, since our net flow intensity is a sum of positive and negative gross flows due to scrapping, de- or reregistration, or second hand import or export, ‘survival’ is to be understood as ‘survival with Norwegian license plates’. In some cases, when a cohort is augmented through second hand import, ‘survival’ from one year to the next may exceed 100 per cent. We shall hence refer to the changes in cohort size as *cumulative transition rates* rather than survival rates.

If we denote

$$(7) \quad \xi_{i,j}^m = 1 + \alpha_{i,j}^m,$$

the cumulative transition rates are given by

$$(8) \quad \pi_{i,k}^m = \prod_{j=1}^k \xi_{i,j}^m = \prod_{j=1}^k [1 + \alpha_{i,j}^m] \quad (i = 1, 2, \dots, I^m; k = 1, 2, \dots, 31).$$

In Figs. E.3 and E.4, we have plotted the cumulative transition rates of heavy duty trucks and semi-trailer tractor units, by type of fuel and weight.

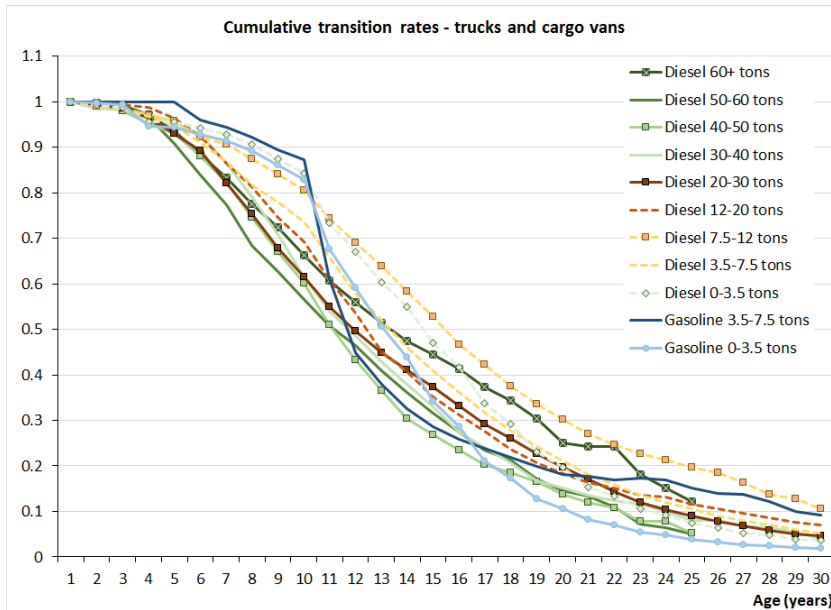


Fig. E.3 Cumulative transition rates for *cargo vans and trucks*, by fuel type and maximally allowed road train weight (metric tons).

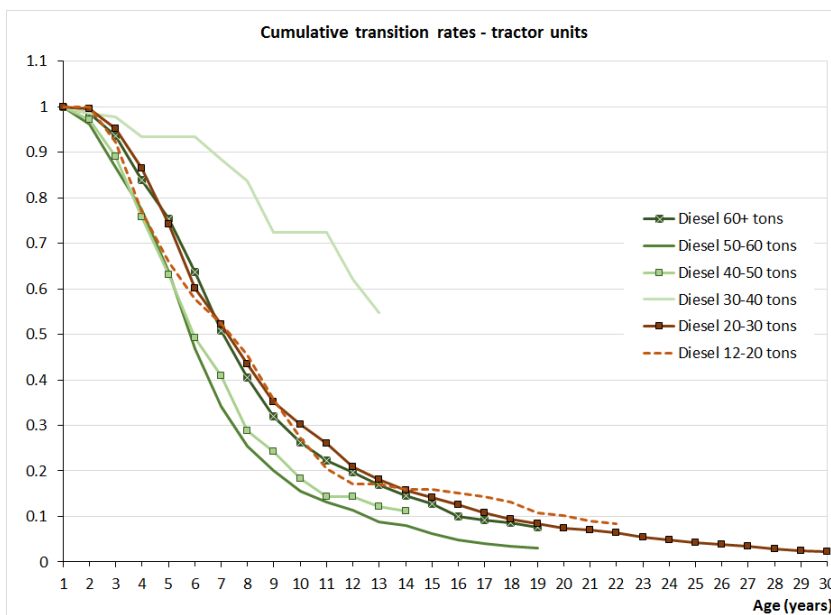


Fig. E.4 Cumulative transition rates for *diesel driven heavy duty tractor units*, by maximally allowed road train weight (metric tons).

Roughly half of the largest trucks are still carrying Norwegian license plates after 10 years (Fig. E.3). The tractor units, however, appear to last only 5 to 7 years in Norway before half of them are sold abroad or scrapped (Fig E.4).

The domestic ‘life expectancy’ of a vehicle in segment i of category m is, in principle, calculable as

$$(9) \quad \Psi_i^m = \pi_{i,1}^m + \sum_{k=2}^{30} k[\pi_{i,k}^m - \pi_{i,k-1}^m] + k^*[\pi_{i,31}^m - \pi_{i,30}^m] \quad (i = 1, 2, \dots, I^m),$$

where the mean age of vintage vehicles has been set at $k^* = 40$ years. An example is shown in Fig. E.5.

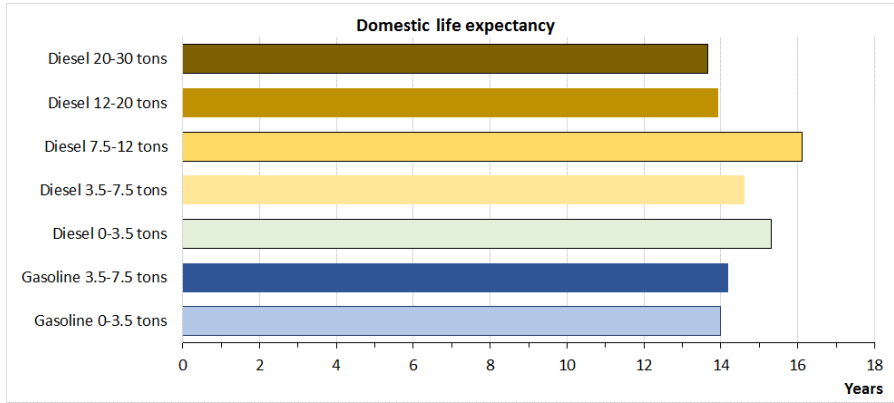


Fig. E.5 Calculated domestic life expectancy of freight vehicles within selected segments.

Let $f_{i,j}^{m,n}$ denote the aggregate fuel consumption in segment i and age bracket j of vehicle category m in year n , let $\varphi_{i,j}^{m,n}$ signify the average on-the-road fuel consumption per kilometer, and let $g_{i,j}^{m,n}$ represent the corresponding per vehicle annual mileage. We assume

$$(10) \varphi_{i,j}^{m,n} = \varphi_{i,j-1}^{m,n-1}, g_{i,j}^{m,n} = g_{i,j}^{m,n-1}$$

i. e. the per kilometer fuel consumption $\varphi_{i,j}^{m,n}$ is cohort dependent, but unaltered as the vehicle ages. The annual vehicle miles traveled $g_{i,j}^{m,n}$ are, on the other hand, constant across cohorts, but decrease markedly with vehicle age (Fig. E.6).

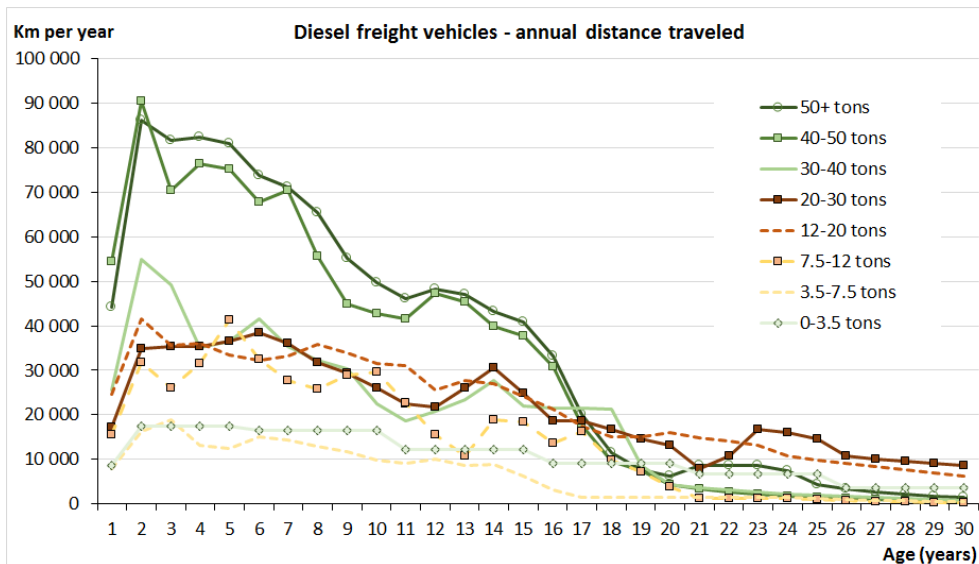


Fig. E.6 Annual vehicle kilometers traveled by diesel driven freight vehicles, by maximally allowed road train weight (metric tons). Source: Heavy duty freight vehicle survey

Now, the aggregate fuel consumption within vehicle category m in year n is calculable as

$$(11) \quad F^{m,n} = \sum_{i=1}^{I^m} \sum_{j=1}^{31} f_{i,j}^{m,n} = \sum_{i=1}^{I^m} \sum_{j=1}^{31} \varphi_{i,j}^{m,n} g_{i,j}^{m,n} [A_{i,j-1}^{m,n-1} + A_{i,j}^{m,n}] / 2,$$

where we have defined $A_{i,0}^{m,n} \equiv 0 \quad \forall i, m, n$ and estimated the mean size of a vehicle cohort throughout the year as the average between the stocks of January 1 and December 31. On average, new vehicles travel only half a normal distance during their year of first registration (Fig. E.6).

Let γ_i^m denote the number of kilograms of CO₂ emitted through the combustion of one liter of fuel type i for vehicles of category m . Then the aggregate CO₂ emission from these vehicles in year n is given by

$$(12) \quad C^{m,n} = \sum_{i=1}^{I^m} \gamma_i^m \sum_{j=1}^{31} f_{i,j}^{m,n} = \sum_{i=1}^{I^m} \gamma_i^m \sum_{j=1}^{31} \varphi_{i,j}^{m,n} g_{i,j}^{m,n} [A_{i,j-1}^{n-1} + A_{i,j}^n] / 2.$$

In our calculations, we have set $\gamma_i^m = 2.32$ kgCO₂/liter for gasoline ICE and hybrid vehicles, $\gamma_i^m = 2.68$ kgCO₂/liter for diesel ICE and hybrid vehicles, and $\gamma_i^m = 0$ for BEVs and FCEVs. This last assumptions can be justified by the fact that all power plants in the European Union (EU) and Norway are covered by the European cap-and-trade system (EU ETS). Hence, the marginal emission caused by the operation of an electric vehicle is, in principle, zero. We assume hydrogen to be produced through electrolysis.

An ultra-low emission policy scenario

Using the above accounting framework, we have worked out two long-term scenario projections – a *trend* path and an *ultra-low emission policy (ULEP)* path.

The trend path for new vehicles is essentially an extrapolation of the trend observed between 2010 and 2015, as defined in terms the log-odds corresponding to the market shares of the eleven different energy technologies. Log-odds are calculated separately for each vehicle category and weight class. Also, transition rates for vehicles older than one year are extrapolated from rates observed during 2010- 2015.

In the ULEP scenario, however, new vehicle acquisition is modified in such a way as to almost achieve the targets laid down by the transportation agencies, bearing on zero and low emission vehicle market shares in 2025 and 2030.

The assumed market development of new passenger cars in the ULEP scenario is shown in Fig. E.7. The corresponding, more sluggish development in the car passenger stock is shown in Fig. E.8.

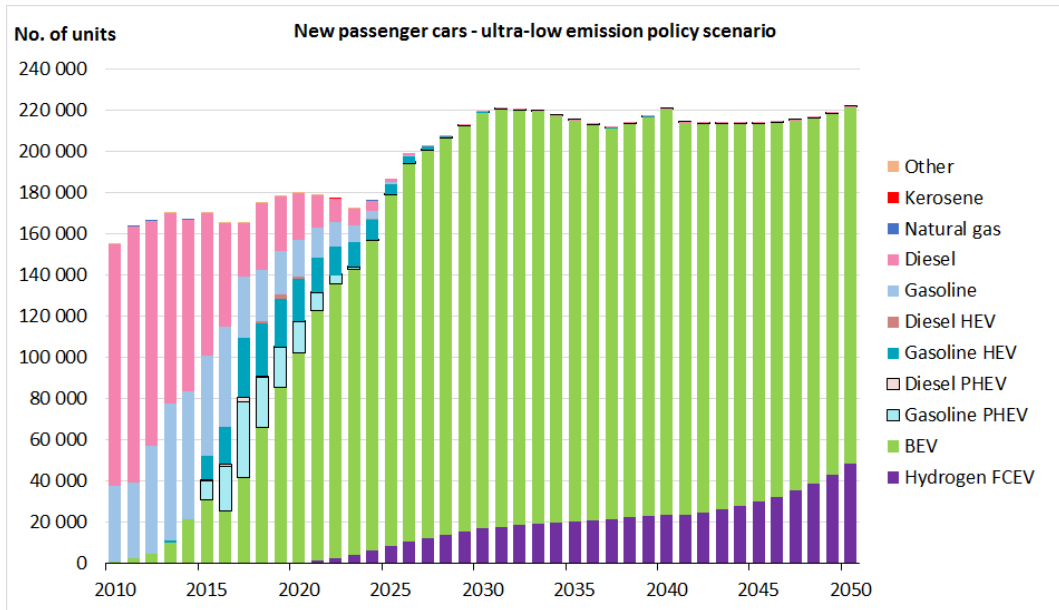


Fig. E.7 Annual flow of new passenger cars under ultra-low emission policy scenario, by propulsion technology.

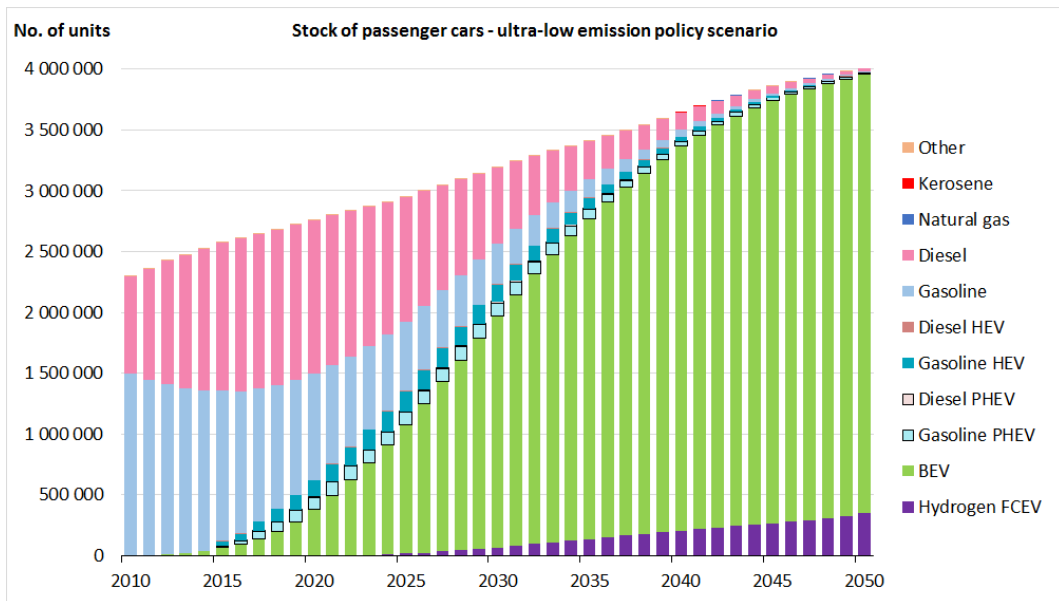


Fig. E.8 Stock of passenger cars at year-end under ultra-low emission policy scenario, by propulsion technology.

In Figs. E.9 and E.10, we show corresponding graphs for the projected light and heavy duty freight vehicle stocks, respectively, under the ULEP scenario. Light duty freight vehicles, also referred to as cargo vans, have – by definition – a maximal weight of 3.5 (metric) tons, including cargo.

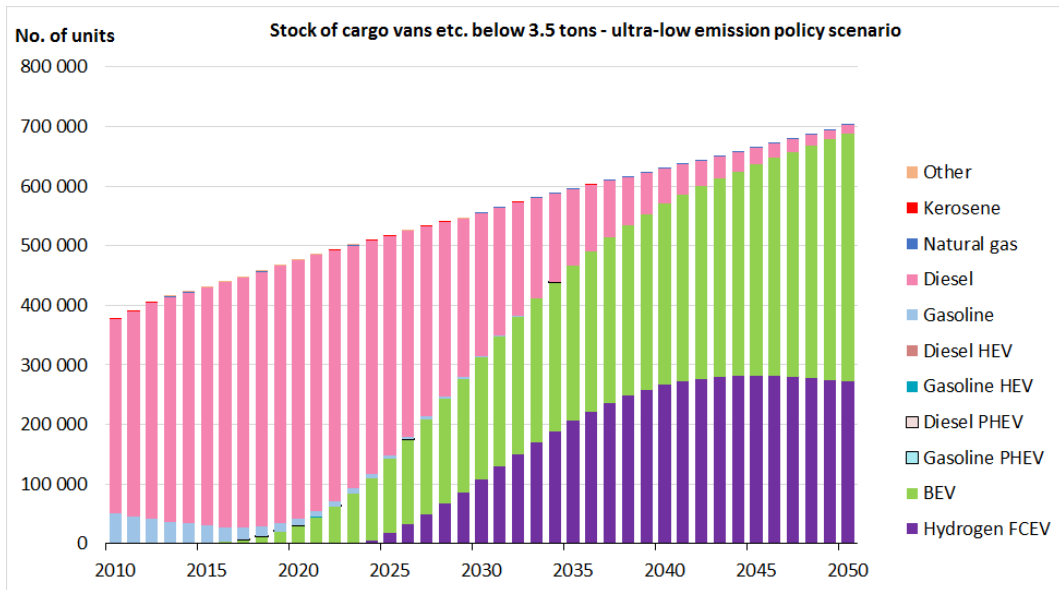


Fig. E.9 *Stock of light duty freight vehicles at year-end under ultra-low emission policy scenario, by propulsion technology.*

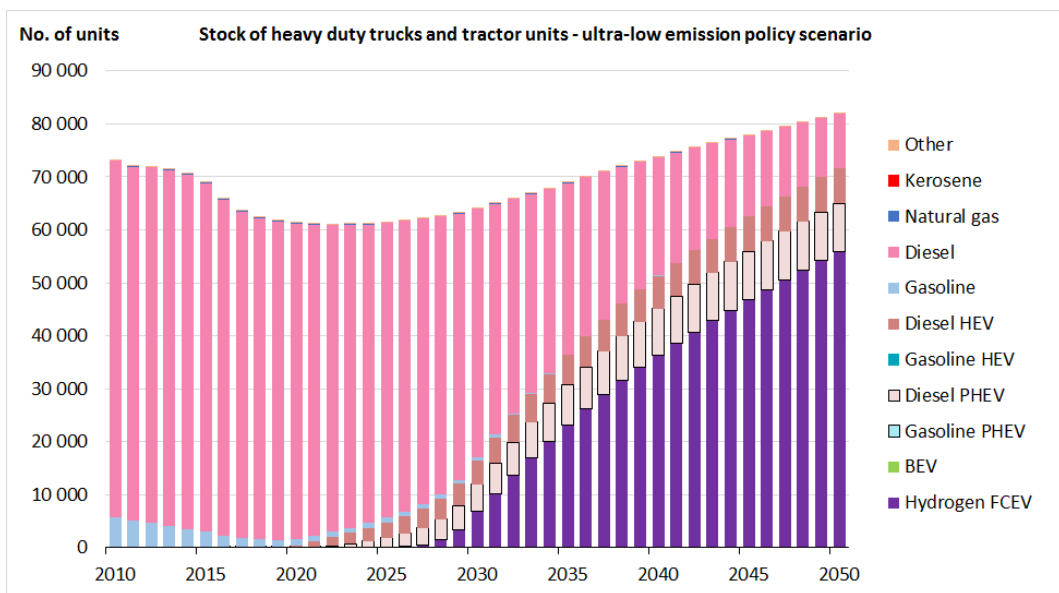


Fig. E.10 *Stock of heavy duty freight vehicles (trucks and tractor units) at year-end under ultra-low emission policy scenario, by propulsion technology.*

The developments in the fleets of passenger cars, cargo vans, trucks, tractor units, buses and coaches, campervans and motorhomes combine to produce the overall amounts of CO₂ emissions shown in Figs. E.11 or E.12. The former depicts the trend path, to be compared to the latter, which shows the ULEP path.

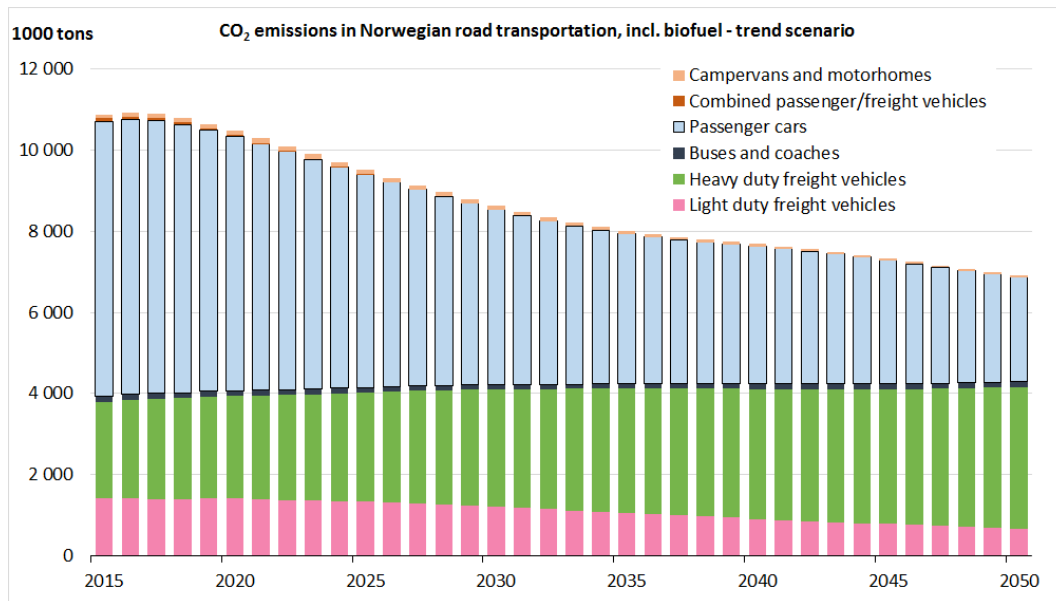


Fig. E.11 Projected metric tons of CO₂ emissions from road transportation under *trend path*, by vehicle category. Biofuel combustion is included.

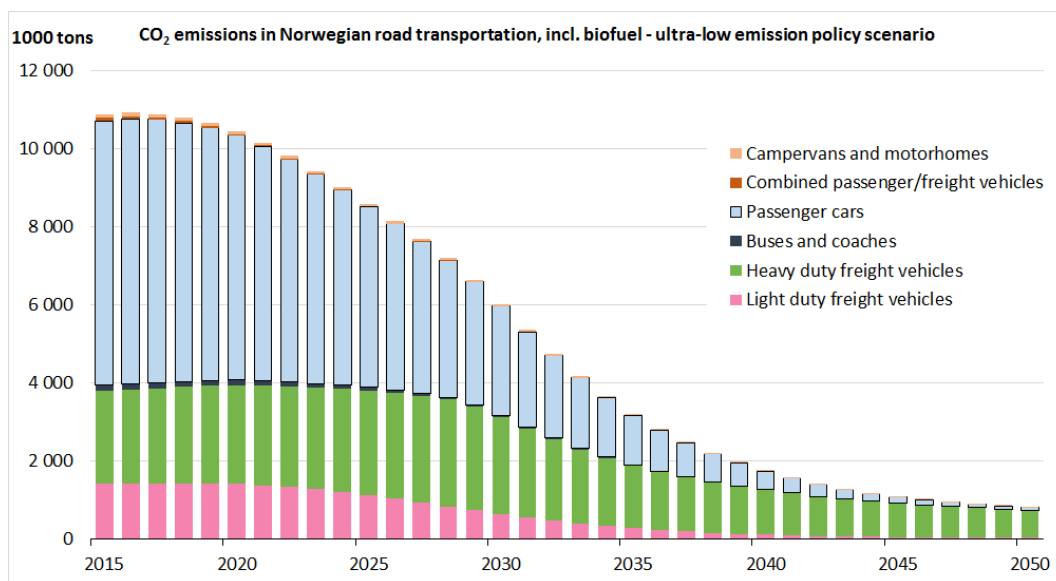


Fig. E.12 Projected metric tons of CO₂ emissions from road transportation under *ultra-low emission policy path*, by vehicle category. Biofuel combustion is included.

According to the ULEP projection, CO₂ emissions from road transportation in 2030 is down by 45 per cent from the 2015 level. In the trend scenario, emissions are cut by 21 per cent.

The graphs E.11 and E.12 include emissions from biofuel combustion. It turns out that if the biofuel share of diesel consumed increases from 6.5 per cent in 2015 to 42 per cent in 2030, this would be sufficient, under the trend scenario, to bring road GHG emissions in 2030 down by 40 per cent from the 2015 level, provided the biofuel used is 100 per cent climate neutral (Fig. E.13). For GHG emissions to come down by 55 per cent, a close to 70 per cent biodiesel share would be required.

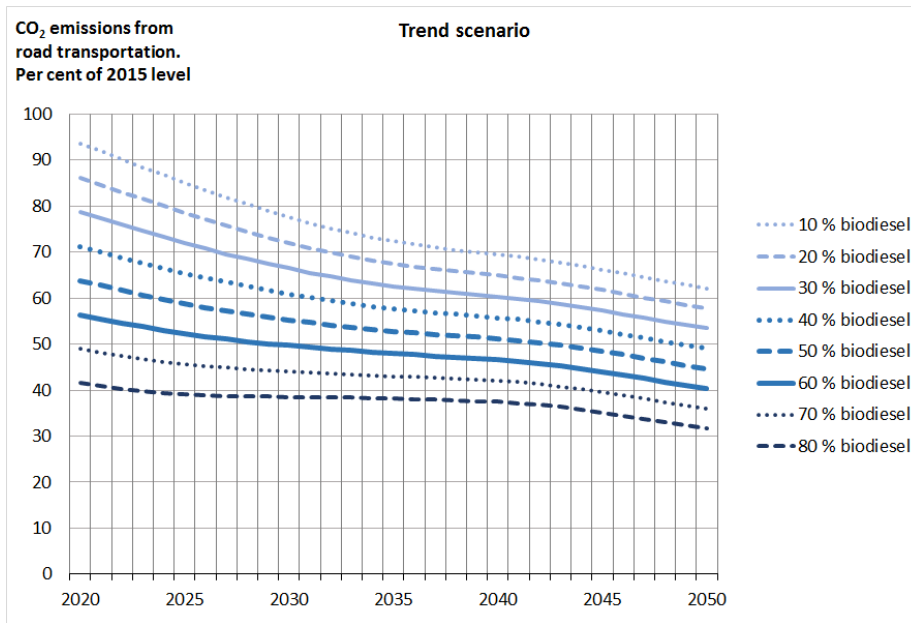


Fig. E.13 Calculated CO₂ emissions from fossil fuel combustion in road transportation, by biofuel share of diesel sold. *Trend scenario* for Norway 2020-2050.

Under the ULEP scenario, a 30 per cent biodiesel share in 2030 would be sufficient to reach the target of a 55 per cent cut in GHG emissions since 2015 (Fig. E.14).

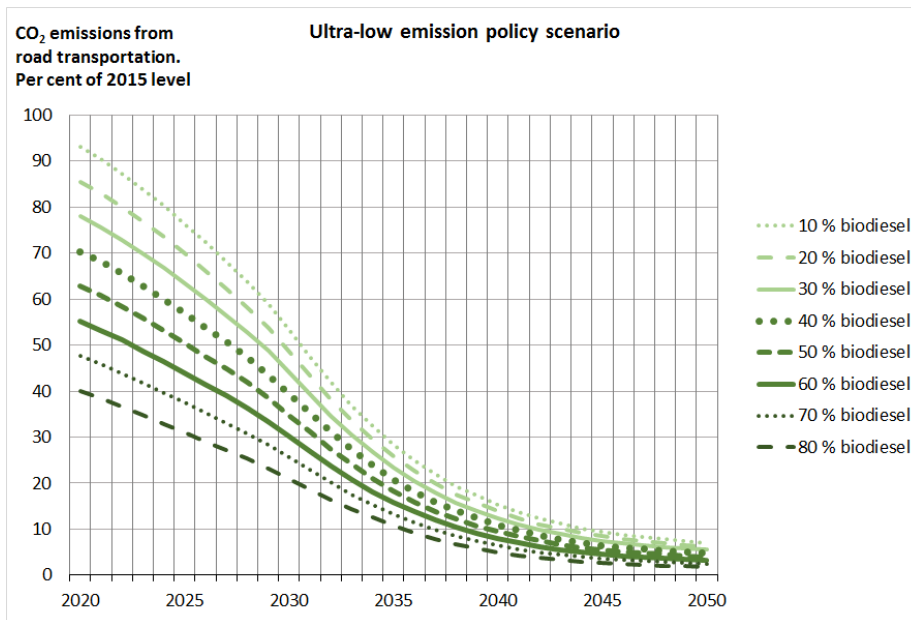


Fig. E.14 Calculated CO₂ emissions from fossil fuel combustion in road transportation, by biofuel share of diesel sold. *Ultra-low emission policy scenario* for Norway 2020-2050.

Finally, in Fig. E.15 we show the development of the energy mix in road transportation in the ULEP scenario. The share of zero emission technologies – hydrogen and electricity – is projected to grow from 0.35 per cent in 2015 to 26 per cent in 2030 and 89 per cent in 2050.

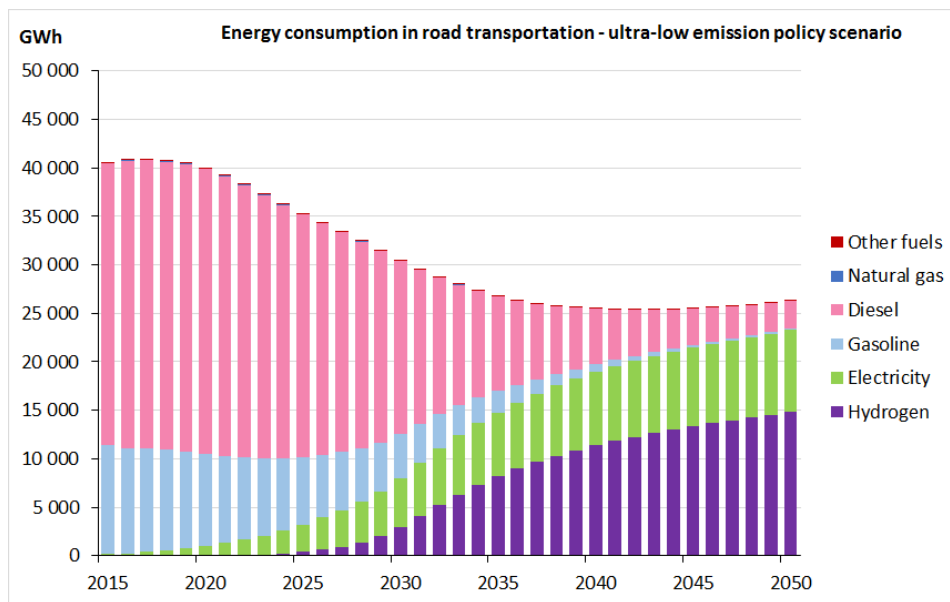


Fig. E.15 Projected *energy consumption* in road transportation under *ultra-low emission policy path*, by energy carrier. Biofuel combustion is included. Campervans, motorhomes and combined passenger/freight vehicles are left out.

Time lag between innovation and penetration

The stock-flow cohort model may provide insights into the speed with which technological innovation spreads through the mass of assets affected. An example is shown in Fig. E.16.

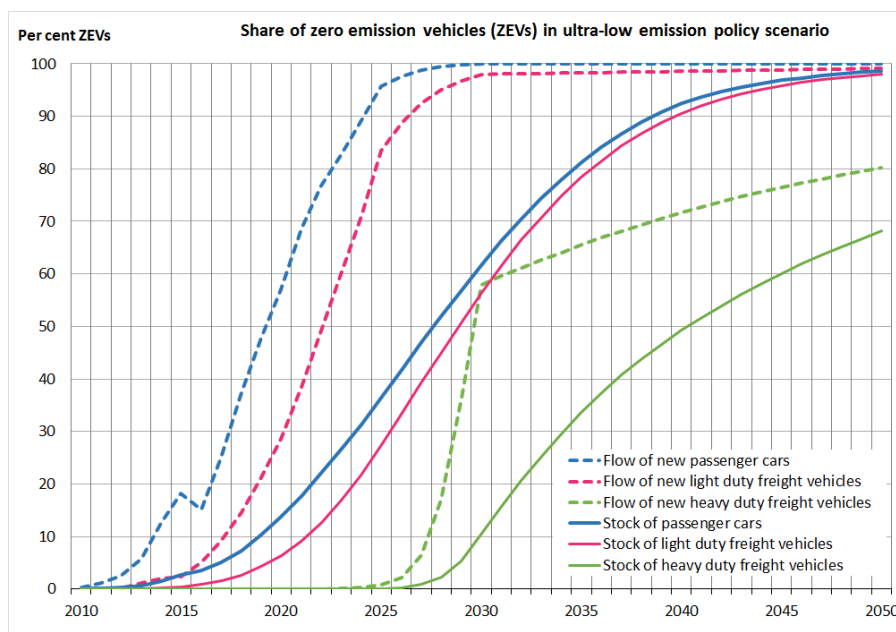


Fig. E.16 Share of zero emission vehicles in flows and stocks of vehicles under *ultra-low emission policy path*, by vehicle category.

The lag between innovation, as measured by the share of zero emission vehicles (ZEVs) in the flow of new passenger cars, and the penetration of ZEVs into the vehicle stock is seen to vary from 5 years at the 10 per cent level to 15 years at the 90 per cent level. For light duty freight vehicles (cargo vans etc.) the corresponding lags can be read off as 4 and 13 years, respectively. At the 50 per cent level, the lag is 8 years for both of these vehicle categories. The time lag would typically depend on the regularity and speed of innovation, i. e. on how steeply and steadily the new technology expands into the market for new vehicles.

Conclusion

Stock-flow cohort modeling of the vehicle fleet is a useful tool for GHG mitigation planning in road transportation. The stock-flow model ensures consistency between the *stock* in any given year and the annual *flows* of scrapping, new vehicle acquisition, and second hand vehicle import and export. It can be constructed from a few years' detailed data on the vehicle stocks and their annual mileage.

As evidenced by the BIG stock-flow model, there is considerable inertia in vehicle fleet developments. It may take 5 to 15 years before innovations affecting the flow of new vehicles have penetrated similarly into the stock. The time lag would depend on the velocity of vehicle fleet turnover and on the speed and steadiness of the technological diffusion process.

The ambitious targets for new vehicle purchases in 2025 and 2030, laid down by Norwegian transportation agencies, would – if met – pave the ground for massive GHG emission cuts in the decades to come. Under highly optimistic assumptions regarding market uptake of zero and low emission vehicles, CO₂ emissions from the Norwegian motor vehicle fleet could be halved between 2015 and 2031.

This is not to say that large cuts in emissions will come easy. There is a risk that downward-bending emission curves be misinterpreted as prophecies, in which case they might give rise to complacency rather than to effective policy intervention.

What the stock-flow model shows is that *if* some rather brave assumptions concerning vehicle purchasing behavior in 2025-2030 are fulfilled, *then* large scale cuts would follow in the long run. But our modeling exercise has little to say about the plausibility of these same assumptions. It remains an open question if there are policy instruments strong enough to induce vehicle customers to behave as presumed in the ultra-low emission policy scenario.

Under somewhat less radical assumptions, based on trend extrapolation, the BIG model projections suggest an about 20 per cent reduction in GHG emissions from Norwegian road transportation between 2015 and 2030. Under no circumstances could the Norwegian vehicle fleet become climate neutral already by 2030.

1 Bakgrunn og historikk

De langsiktige endringene i kjøretøybestandens sammensetning og egenskaper oppstår først og fremst ved at de nye bilene som anskaffes, skiller seg fra de eldre som utrangeres. Det er primært ved å påvirke nybilsalget at myndighetene kan frambringe endringer i veitransportens energibruk, klimafotavtrykk og lokale miljøpåvirkninger. Men disse endringene tar tid. Gjennomsnittlig levetid for en norskregistrert personbil er ca. 17 år.

Forvaltningen, markedsaktørene, mediene og de frivillige organisasjonene etterspør langsiktige framskrivinger av kjøretøyparkens og trafikkarbeidets sammensetning. Det er ikke minst ved utformingen av klimapolitikken og i arbeidet med Nasjonal transportplan (NTP) behov for slike framskrivinger.

Transportøkonomisk institutt (TØI) har i lengre tid arbeidet med utvikling av en modell for framskriving av kjøretøyparken. En første versjon for personbiler ble utarbeidet av Arild Ragnøy (1999) og en neste versjon av Kjell Werner Johansen i 2002. Modellen følger ulike årskull av biler gjennom livsløpet. Den har derfor fått navnet BIG (Bilgenerasjonsmodell).

Personbilmodellen ble ferdigstilt i sin tredje versjon i forbindelse med TEMPO-prosjektet om klimavennlig transport (Fridstrøm et al. 2014). Den ble der anvendt til å beregne de langsiktige virkningene av endringer i engangsavgiften. I et prosjekt for Miljøverndepartementet ble modellen anvendt til å anslå effekten av midlertidig økt vrakpant (Fridstrøm et al. 2013). I et prosjekt for Norsk Elbilforening ble modellen brukt til å studere de skatte- og ressursøkonomiske sidene ved elbilsatsingen i Norge (Fridstrøm og Østli 2014). I et prosjekt for det svensk-norske forskningsprogrammet BISEK ble modellen brukt til å studere utslipps- og fordelingseffektene av endringer i engangsavgiften på personbiler (Steinsland et al. 2016).

Sommeren og høsten 2016 ble BIG-modellverktøyet videreutviklet og utvidet slik at det, i tillegg til personbiler, også framskriver bestanden av busser, varebiler, lastebiler, trekkvogner, bobiler og kombinerte biler – etter alder/modellår, drivstofftype/energibærer og vekt. Arbeidet inngikk som underleveranse i et oppdrag SINTEF har hatt for Statens vegvesen, med mål om å utvikle en ny modul for beregning av kjørefart, energiforbruk og utslipp fra kjøretøy. Denne modulen skal blant annet brukes som grunnlag for regionale transportmodeller (RTM) og nytte-kostnadsanalyser i EFFEKT-modellen (se Straume 2013).

Således omfatter modellen i sin fjerde og hittil siste versjon (BIG-4.1) praktisk talt alle typer motorkjøretøy med fire eller flere hjul som trafikkerer veinettet.

I denne rapporten blir BIG-4.1 brukt til å beregne to utviklingsbaner for kjøretøyparken. *Trendbanen* innebærer i hovedsak en forlenging av trenden 2010-2015. *Ultralavutslippsbanen* er basert på nokså optimistiske forutsetninger om teknologisk innovasjon, i kombinasjon med en kraftfull virkemiddelbruk. Banen er i samsvar med mål som er skissert i transportetatens grunnlagsdokument til NTP 2018-2029 og behandlet i Stortinget 9.6.2016 (Innst. 401 S 2015-2016).

BIG-modellen og dens mulige anvendelser er beskrevet i tre vitenskapelige artikler. Fridstrøm et al. (2016) presenterer en modellversjon begrenset til personbiler. Fridstrøm og Østli (2016) bruker modellen til å karakterisere engangsavgiften som klimapolitisk virkemiddel. Den vitenskapelig mest interessante del av modellen er utviklet av Østli et al. (2016), som – basert på komplette, disaggregerte data for omsetningen av nye personbiler i perioden 1996-2011 – har estimert en hierarkisk valghandlingsmodell for kjøpernes valg mellom bilmodeller (se avsnitt 2.3). Modellen er sensitiv for endringer i engangsavgiften og drivstoffavgiftene og kan brukes til å beregne virkningen av endringer i disse avgiftene. Den danner således bindeledd mellom avgiftspolitikken og utviklingen av personbilparken. I de framskrivingene som presenteres i

denne rapporten, har en i trendbanen for 2017 lagt til grunn uendrede avgiftssatser fra 2016, mens en i ultralavutslippsbanen legger til grunn samme avgifter som foreslått av regjeringen i statsbudsjettet for 2017 (Prop. 1 LS 2016-2017).

2 Modellen BIG

2.1 Strømmer og beholdninger

I BIG-modellen framskrives kjøretøybestanden ved hjelp av Markov-kjedepriippet. Det vil si at bestanden i år n følger av bestanden i år $n-1$, modifisert av et sett endringsrater (tilgangs-/avgangsrater), som angir strømmer av kjøretøy inn til og ut av hvert segment og hver aldersklasse. Segmentene er for hver kjøretøyklasse definert gjennom en kryssgruppering mellom vekt og drivstoff/energibærer.

Til hver av cellene i bestandsmatrisen er det tilordnet kjennetegn av økonomisk eller energi- og miljøpolitisk interesse, så som årlig kjørelengde, lastekapasitet, tilgangs-/avgangsrater, spesifikt drivstofforbruk, CO₂-utslipp, osv. Ved å summere gjennom hele matrisen kan en få fram det samlede trafikkarbeidet, utslippet, drivstofforbruket osv. i et enkelt år.

Modellsystemet BIG er først og fremst et regnskapssystem for kjøretøyparken, som knytter forbindelsen mellom (i) *beholdningen* (bestanden) av kjøretøy ved utløpet av hvert enkelt år og (ii) de ulike *strømmene* inn til og ut av bestanden hvert år. Disse strømmene består av nybilsalg, bruktimport, brukteksport, vraking og annen avregistrering.

Den mest avgjørende input til modellen er tilgangen på nye kjøretøy hvert år. Sammensetningen av nybilsalget bestemmer i hvilken retning kjøretøyparken skal utvikle seg. Dette gjelder for personbiler så vel som for varebiler, lastebiler, trekkvogner og busser.

I motsatt ende av kjøretøyenes livsløp på norske veier spiller det også en viss rolle hvor raskt bilene vrakes eller eksporteres. Men dette mønsteret er nokså stabilt. Det har derfor god mening å anta at de aldersspesifikke avgangsraterne innenfor hvert kjøretøysegment holder seg konstante gjennom en viss framskrivingsperiode.

En mer nøyaktig matematisk beskrivelse av framskrivingsmodellens relasjoner er gitt i Vedlegg 1. Regnerutinene er operasjonalisert gjennom et system av Excel regneark.

2.2 Datakilder og beregningsprinsipper

Godsbiler, busser og personbiler er hver for seg kryssgruppert i segmenter og ettårige aldersklasser. Uttrekk fra kjøretøyregistret (Autosys) gir bestandsdata for 2010-2015.

Godsbilsegmentene er i seg selv en kryssgruppering mellom 11 typer drivstoff/energibærer og 9 vektclasser – i alt 99 segment. Godsbilene er inndelt etter høyeste tillatte vogntogvekt. Modellen skiller dessuten mellom lastebiler og trekkvogner for semitrailer – med fellesbetegnelsen 'tunge godsbiler'. Med 31 aldersklasser består godsbilbestanden det enkelte år av $99 \times 2 \times 31 = 6138$ gjensidig utelukkende celler.

Personbilene er i den utvidede BIG-modellen inndelt i de samme 11 drivstofftyper og 9 vektclasser (99 segment). Personbilene er inndelt etter egenvekt, dvs. vekten av selve bilen pluss 75 kg fører. Personbilbestanden hvert år består av $99 \times 31 = 3069$ celler.

Bussene er inndelt etter tillatt totalvekt (4 klasser) og 11 drivstofftyper, dvs. 44 segment og $44 \times 31 = 1364$ celler.

I tillegg framskrives bestandene av campingbiler (bobiler) og kombinerte biler ($2 \times 31 = 62$ celler).

For alle kjøretøytyper anvendes i BIG-4.1 et forenklet Markov-kjedep prinsipp, ved at det beregnes bare én (netto) endringsrate for hvert segment og hver aldersklasse. Denne netto endringsraten utgjør summen av nybilsalg, bruktimport, brukteksport, vraking og annen netto avregistrering.

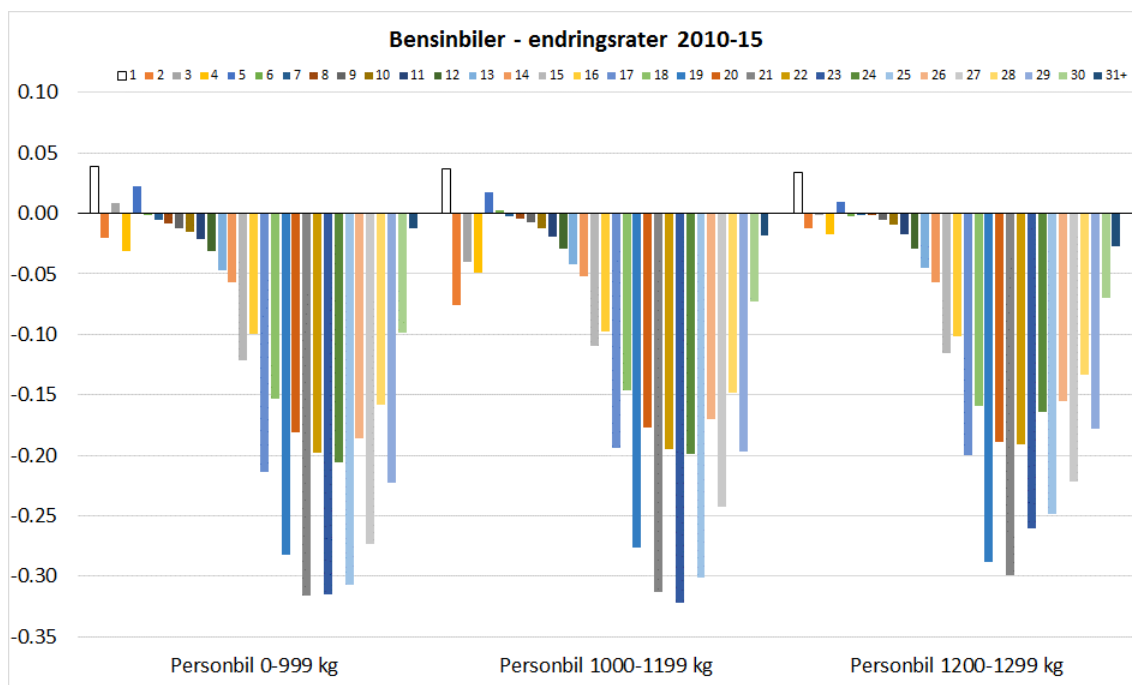
Noen eksempler på endringsrater er vist i Fig. 2.1 til 2.4. Det framgår at for person- og varebiler eldre enn 14 år er avgangen markert større i år med periodisk kjøretøykontroll – denne finner sted i bilens 5, 7, 9 osv. leveår, slik kjøretøyetts alder er definert i BIG-modellen. Vi ser også at det for flere vektclasser er netto avgang av biler i aldrene to til fire år, til tross for at bruktimporten av biler i denne aldersklassen er betydelig. Vi antar at dette har å gjøre med leiebil- og leasing-selskaperes omdisponering av kjøretøy mellom Norge og utlandet.

Merk at de hvite stolpene til venstre i hver stolpegruppe ikke er helt sammenliknbare med de øvrige, siden ‘endringsraten’ for nye kjøretøy (aldersklasse 1) regnes som andel av *samlet* bestand pr. 31.12. forrige år i vedkommende segment, mens de øvrige ratene er regnet i forhold til én bestemt aldersklasse av samme segment.

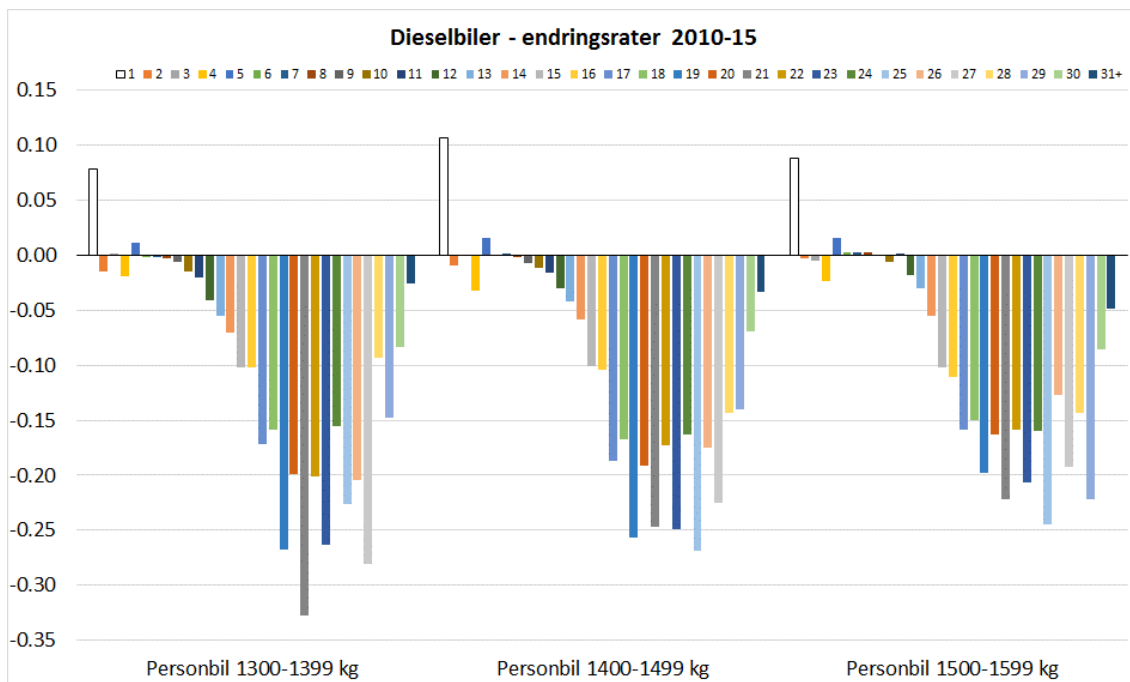
‘Endringsraten’ for nye biler er alltid positiv. ‘Nybilsalget’ består ikke bare av nye biler førstegangsregistrert i Norge, men også av bruktimport av biler som er førstegangsregistrert *samme år* i utlandet.

Aldersklasse 2 til 31+ beregnes ved å anta samme gjennomsnittlige endringsrater som observert 2010-2015. Disse endringsratene er med få unntak negative, dvs. at vraking, eksport og annen avregistrering til sammen overstiger bruktimporten.

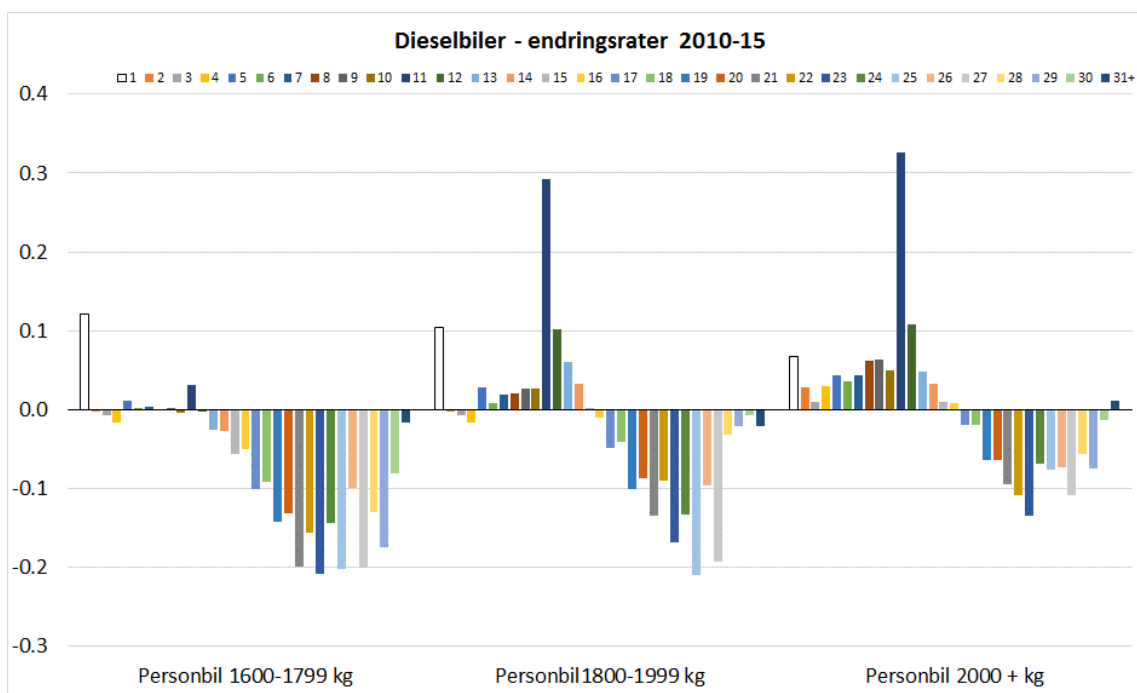
For de største personbilene (over 1800 kg) er likevel mange av endringsratene positive, især fra og med 11. leveår (Fig. 2.3). Det skjer med andre ord en betydelig bruktimport av slike biler.



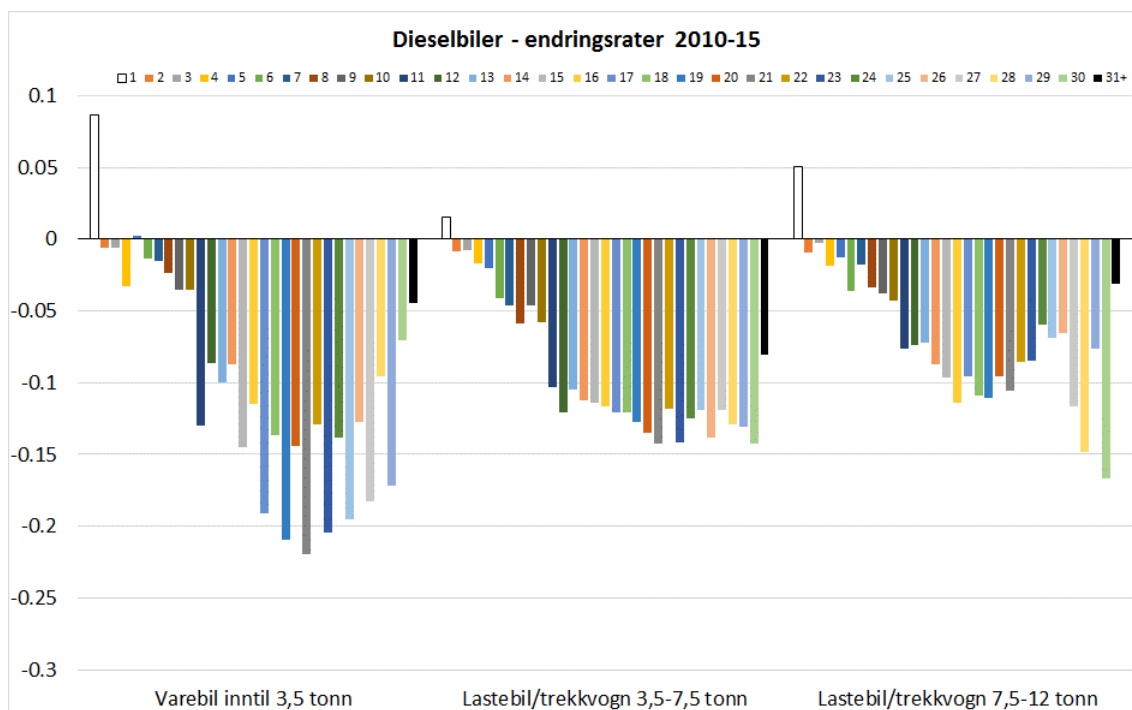
Figur 2.1 Endringsrater for bensindrevne personbiler under 1300 kg egenvekt, i 31 aldersklasser. Gjennomsnitt for perioden 2010-2015.



Figur 2.2 Endringsrater for *dieseldrevne personbiler mellom 1300 og 1600 kg egenvekt*, i 31 aldersklasser. Gjennomsnitt for perioden 2010-2015.



Figur 2.3 Endringsrater for *dieseldrevne personbiler over 1600 kg egenvekt*, i 31 aldersklasser. Gjennomsnitt for perioden 2010-2015.



Figur 2.4 Endringsrater for *dieseldrevne godsbiler under 12 tonn totalvekt*, i 31 aldersklasser. Gjennomsnitt for perioden 2010-2015.

Et fullstendig sett med endringsrater kan beregnes bare for de kjøretøysegmentene som er godt representert i bestandene 2010 til 2015, med alle aldersklasser. For personbiler gjelder det stort sett bare bensin- og dieselbiler, og for busser og godsbiler kun dieseldrevne kjøretøy. For de øvrige kjøretøysegmentene, så som elbiler, hybridbiler og hydrogenbiler, har en i modellen lagt til grunn samme endringsrater som for bensin- eller dieselbiler.

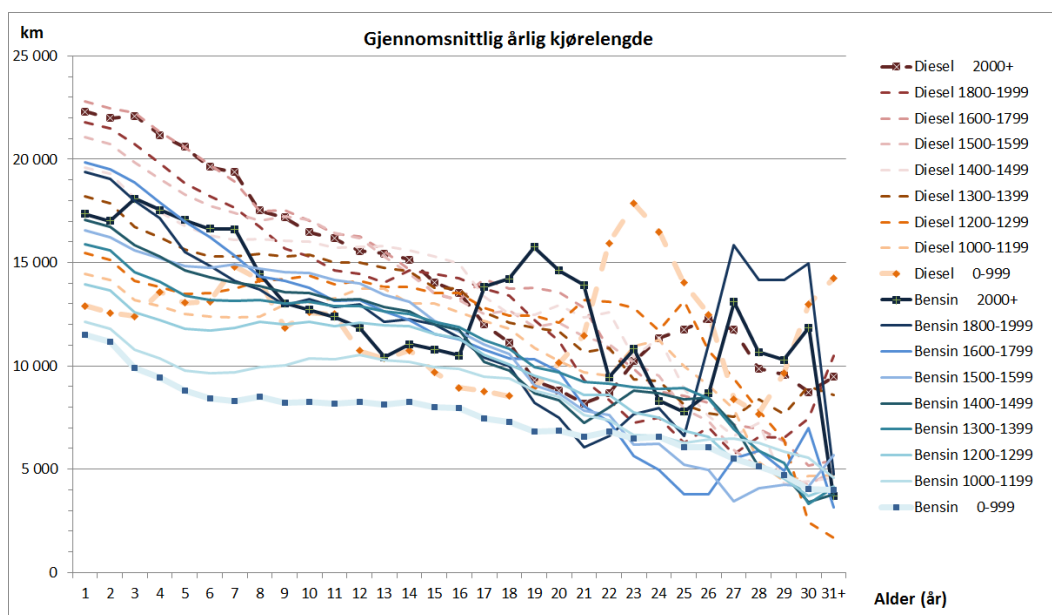
Kjøretøyenes årlige kjørelengder anslås vha. data fra periodisk kjøretøykontroll (PKK) og Lastebilundersøkelsen (LBU). Utkjørt distanse synker med kjøretøyets alder, men stiger med kjøretøyets vekt (Fig. 2.5 og 2.6).

Kjørelengdene for personbiler er vist i Fig. 2.5. Kjøretøyets alder er her målt fra dato til dato. Første gangs periodiske kjøretøykontroll finner sted ved ca. fire års alder. Denne kilometerstanden har vi fordelt på de fire første årene ved å utnytte informasjon om den generelle trenden. Uregelmessighetene i kurvene skyldes i all hovedsak tilfeldige utslag i grupper med få kjøretøy.

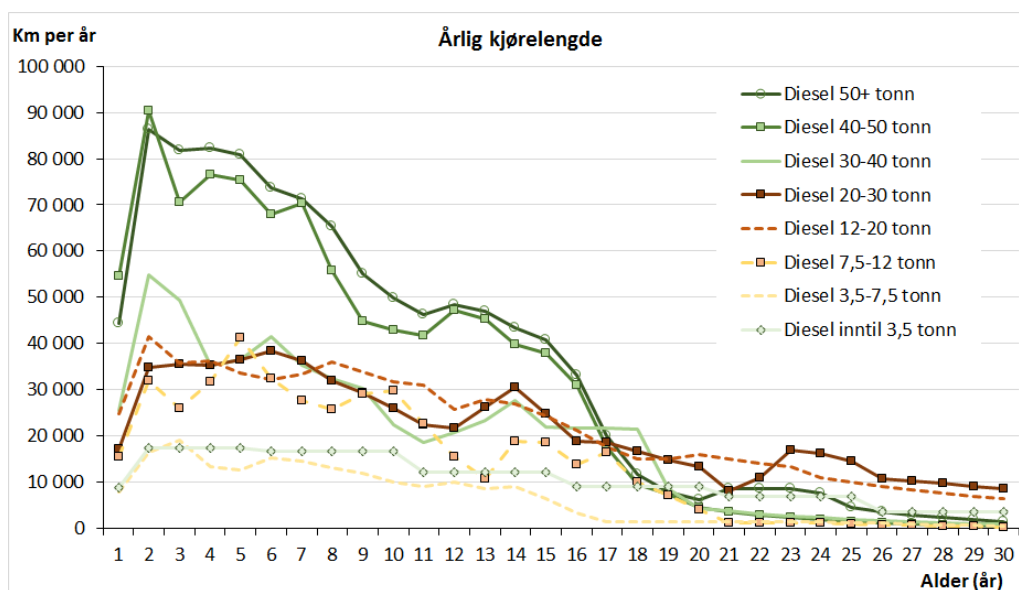
Siden nye kjøretøy i gjennomsnitt blir registrert omtrent midt i året, vil utkjørt distanse i løpet av første kalenderår være bare halvparten av en normal kjørelengde. Dette er tatt hensyn til i modellen. I Fig. 2.6, som gjelder godsbiler, vises – til forskjell fra i Fig. 2.5 – hvordan bildet blir når en tar hensyn til halv kjørelengde første år.

Kjørelengdedata er tilgjengelig kun for de kjøretøytypene som allerede er representert i bestanden, det vil i første rekke si bensin- og dieseldrevne kjøretøy. For nye kjøretøytyper, eksempelvis batteri- eller hydrogendrevne biler, legger vi i BIG-modellen til grunn tilsvarende alders- og vektspesifikke kjørelengder som for bensin- eller dieselbiler.

Nyttelast for godsbiler er i BIG beregnet vha. Autosys og LBU. Gjennom å kombinere disse to kildene kan vi gi omtrentlige tall for vogntogenes faktiske vektfordeling. Kapasitetsutnyttning for godsbiler beregnes også vha. LBU. Det er i modellen forutsatt at elektriske og hybridiserte kjøretøy har noe lavere lastekapasitet enn dieseldrevne (se avsnitt 8.5).



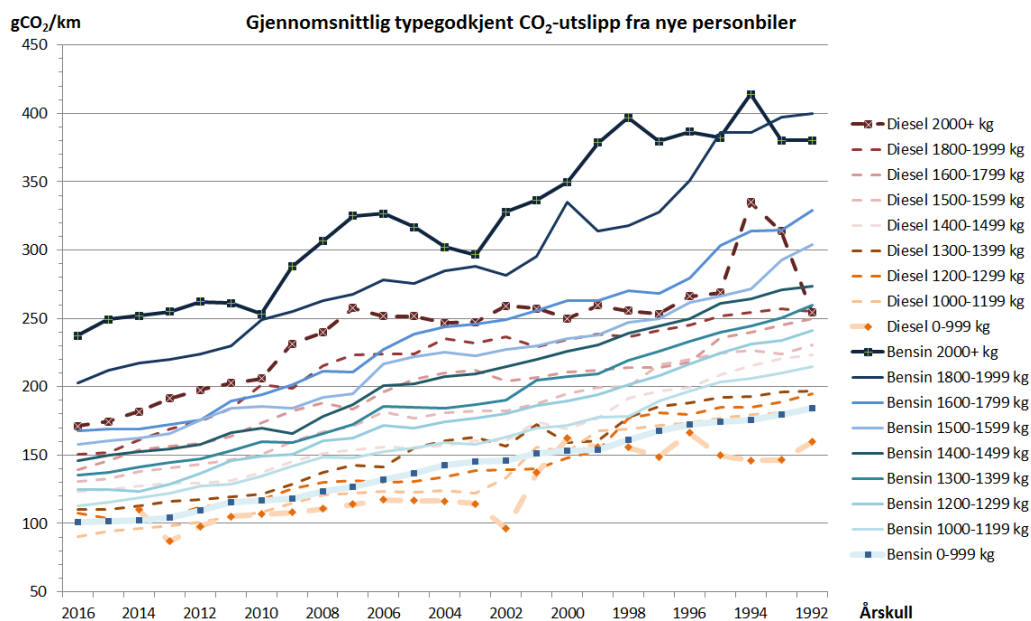
Figur 2.5 Gjennomsnittlig årlig *utkjørt* distanse for bensin- og dieseldrevne personbiler, etter bilens egenvekt, drivstoff og nøyaktig alder, regnet fra datoen for første gangs registrering til datoen for periodisk kjøretøykontroll. Kilde: Fridstrøm et al. (2016).



Figur 2.6 Beregnet gjennomsnittlig årlig *utkjørt* distanse for dieseldrevne vare- og lastebiler, etter høyeste tillatte vognvekt og bilens alder, regnet fra 1.1. i registreringsåret til utløpet av inneværende år. Kilde: LBU.

Godsbilenes spesifikke drivstofforbruk pr 2015 er grovt anslått vha. HBEFA-modellen (HBEFA 2009). For busser er det gjort skjønsmessige anslag (se avsnitt 8.5).

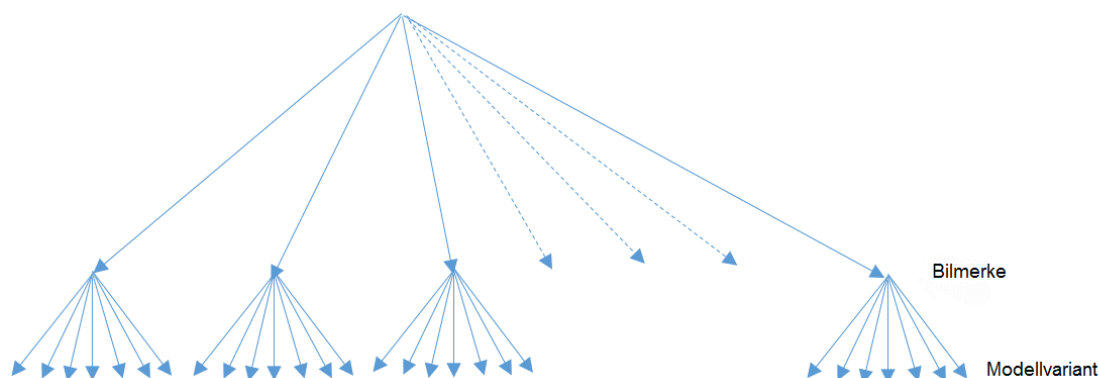
For personbiler er drivstofforbruket basert på nøyaktige data om nye bilmodellers typegodkjente utslipp 1992-2016, korrigert for avvik mellom virkelig og laboratoriemålt utslipp. Dette avviket har steget fra ca. 8 prosent i 2001 til 40 prosent i 2014 (Tietge et al. 2015). Utviklingen i typegodkjent CO₂-utslipp for nye bensin- og dieslbiler er vist i Fig. 2.7.



Figur 2.7 Gjennomsnittlig typegodkjent CO₂-utslipp fra nye bensin- eller dieseldrevne personbiler, etter bilens egenvekt, drivstoff og årskull. Kilde: Bearbeiding av data fra Opplysningsrådet for Veitrafikken (OFV).

2.3 Bilkjøpsmodellen

Salget av nye personbiler i 2017 beregnes ved hjelp av en hierarkisk logit-modell estimert på grunnlag av komplette data om nybilsalget fra januar 1996 til og med juni 2011 (Østli et al. 2016). Hierarkiet har to nivå. På øverste nivå fordeles salget på de ulike bilmerker, og på nivået under fordeles det mellom de ulike modellvarianter innenfor hvert bilmerke (Fig. 2.8).



Figur 2.8 Bilkjøpsmodellens hierarkiske struktur. Kilde: Østli et al. (2016)

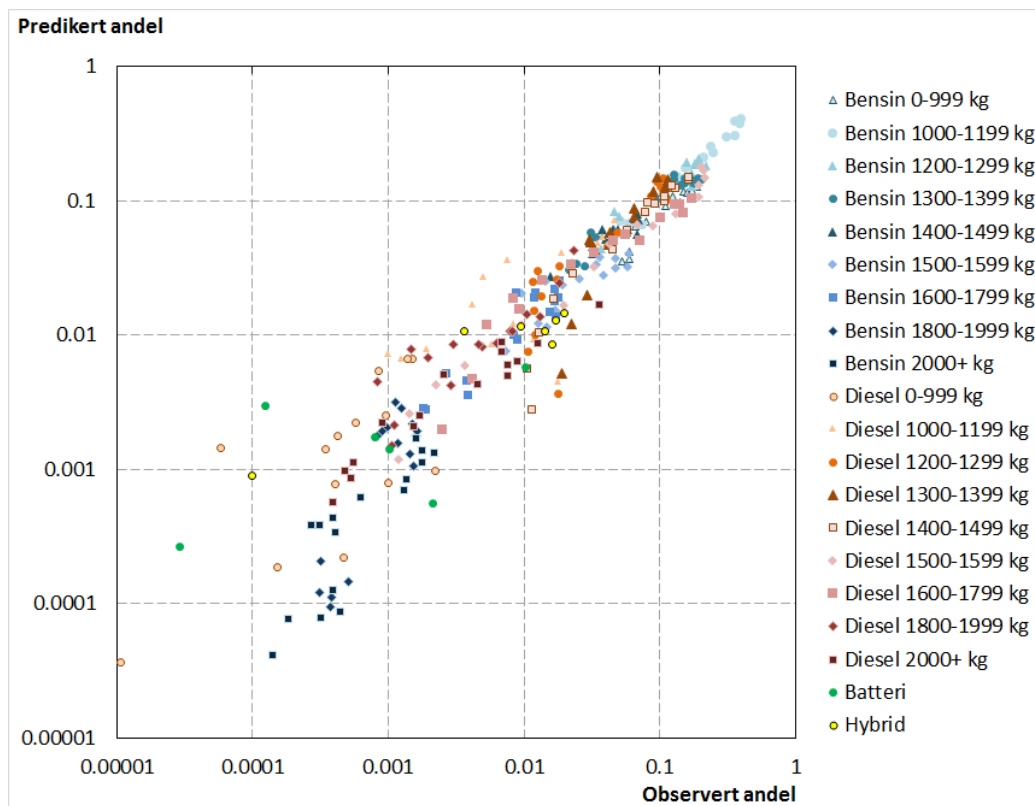
Valgene på begge nivå bestemmes likevel simultant. Tilgangen på biler på nederste nivå, og deres egenskaper og priser, er med på å bestemme de enkelte bilmerkens attraktivitet og dermed også deres markedsandeler.

De ulike bilmodellenes markedsandeler er bestemt av prisene, hvori inngår engangsavgiften, samt av et knippe kjennetegn ved bilene, så som drivstoffkostnaden, størrelsen, nyttelasten, motorlytelsen, merkenavnet, antall seter og dører, bakhjuls-, forhjuls- eller firehjulstrekk mv. Ved å endre forutsetningene om engangsavgiften og/eller drivstoffavgiften kan vi simulere ulike scenarier for nybilsalget og anslå virkningene av endringer i avgiftspolitikken (Steinsland et al. 2016). Til bruk i framskrivingene blir de beregnede markedsandelene for de enkelte modellvarianter aggregert opp til 99 ulike segment.

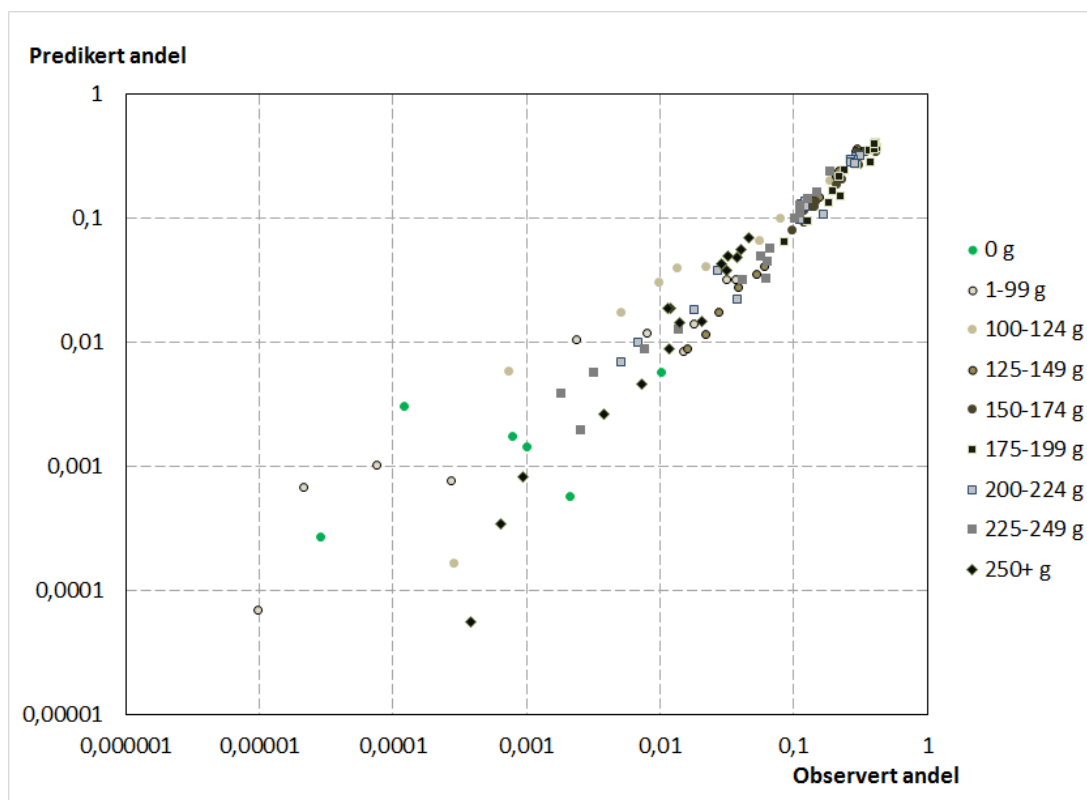
Siden logit-modellen er generisk, dvs. uten koeffisienter som knytter seg til den enkelte bilmodell, kan den brukes til å predikere salget av nye bilmodeller med gitte kjennetegn. Med sikte på anvendelse i dette og senere prosjekter er databasen for personbilsalg nå oppdatert til september 2016. Vi anvender således modellen på bilsalget i januar til september 2016 og bruker dette til å anslå endringene i salget som følge av den foreslåtte avgiftsomleggingen i 2017.

På nederste nivå er modellen svært detaljert. Bare i 2015 inngår det 4588 ulike modellvarianter i databasen. Mange varianter skiller seg lite fra hverandre. På modellvariantnivået kan modellen derfor ikke gi særlig pålitelige prediksjoner.

Men dersom en aggregerer til enkelte hovedgrupper av kjøretøy, gir modellen nokså god forklaringskraft. Dette er vist i Fig. 2.9, som viser samsvar mellom observerte og predikerte markedsandeler etter drivstoff og/eller egenvekt, og i Fig. 2.10, der bilene er gruppert i henhold til typegodkjent CO₂-utslipp. Hvert punkt i diagrammet representerer én bestemt gruppe biler i ett bestemt år.



Figur 2.9 Observerte versus modellberegnete *markedsandeler* hvert år 1996-2011, etter *energibærer og/eller egenvekt*. Logaritmisk skala. Kilde: Østli et al. (2016).



Figur 2.10 Observerte versus modellberegnete *markedsandeler* hvert år 1996-2011, etter *CO₂-utslipp* (gCO₂/km) i henhold til typegodkjenningen. Logaritmisk skala. Kilde: Østli et al. (2016)

2.4 Trendbanen

En langsiktig trendbane er konstruert ved i hovedsak å forlenge den trend for tilgang og avgang av kjøretøy som kan avledes fra bestandstallene for 2010 til 2015 og personbilsalget i januar til september 2016. En legger med andre ord tilsvarende endringsrater til grunn som vist i Fig. 2.1 til 2.4, i det minste for de nærmest påfølgende år etter 2015. På lengre sikt er noen av ratene avdempet, slik at en unngår ekstreme utslag i det lange løp.

Trenden i tilgangen på nye kjøretøy er i modellen uttrykt som endringer i log-odds for de enkelte typer framdriftsteknologi, med dieseldrift som referansekategori. Log-odds for bensinbiler er f. eks. gitt som logaritmen til bensinbilenes markedsandel dividert med dieselbilenes markedsandel. Log-odds beregnes separat for hver kjøretøy- og vektklasse.

I trendbanen gjøres beregningene under den forutsetning at bilavgiftssatsene videreføres i 2017 på samme nivå som i 2016. Trenden i retning av flere null- og lavutslippskjøretøy antas likevel å fortsette, idet det kommer stadig flere og billigere slike kjøretøy på markedet.

Utkjørt årlig kjørelengde er i modellen avhengig av kjøretøyklasse, segment og alder. Kjøretøyklassene er personbiler, varebiler, lastebiler, trekkvogner, busser, bobiler og kombinerte biler. Segmentene er definert gjennom en kryssgruppering mellom vekt og drivstofftype/energibærer. I framskrivingene holdes den årlige kjørelengden innenfor hver kjøretøyklasse, segment og alder konstant.

Drivstofforbruket per kjøretøykilometer – og dermed også CO₂-utslippet – i de enkelte kjøretøysegment og -kohorter er i trendbanen antatt å gå langsomt ned, med 0,25 prosent per år for personbiler, 0,37 prosent per år for varebiler og 0,13 prosent per år for tyngre godsbiler. Det

gjennomsnittlige utslippet regnet over hele person- eller godsbilparken synker raskere enn dette, fordi det skjer en viss forskyvning mellom kjøretøyssegmentene i retning av null- og lavutslippskjøretøy.

Ladbare hybridbiler er i framskrivingen antatt å ha 40 prosent lavere drivstofforbruk enn tilsvarende bensin-/dieslbiler. For hybrider uten lademulighet er forbedringen satt til 20 prosent. Nullutslippsbilen gir altså rundt regnet tre ganger så stort bidrag til utslippskutt som en hybridbil, dersom en tenker seg at el-, hydrogen- eller hybridbilen erstatter en bensinbil.

CO₂-utslippet fra batteri- og hydrogendrevne kjøretøy er i modellen satt til null, med bakgrunn i at alle kraftverk som leverer strøm til biler eller til elektrolyse, er kvoteregulert. Elektrifisering flytter transport inn i kvotepliktig sektor.

Tilgangen på nye kjøretøy er i framskrivingene skalert slik at transportarbeidet omtrent tilsvarer grunnprognosene til Nasjonal transportplan 2018-2029 (se Madslie et al. 2015, Hovi et al. 2015). Personbiltransporten er skalert i henhold til antall personkilometer som bilfører, som ifølge grunnprognosen øker med ca. 45 prosent fra 2015 til 2050. Busstransporten er skalert slik at antall sitteplasskilometer utvikler seg omtrent proporsjonalt med antall busspassasjerkilometer ifølge grunnprognosen, dvs. med omtrent 18 prosent fra 2015 til 2050. Godstransporten er skalert i henhold til antall tonnkilometer på vei, som i samme tidsrom øker med rundt 70 prosent.

Modellverktøyet framskriver kjøretøybestanden helt fram til år 2075. Beregninger så langt fram i tid vil nødvendigvis være nokså spekulative. Utviklingen etter 2050 ligger mer enn to kjøretøygenerasjoner inn i framtida. Vi nøyer oss derfor i rapporten med å presentere utviklingen fram til 2050. Et detaljert tallmateriale er tatt inn i Vedlegg 2.

2.5 Ultralavutslippsbanen

Det bærende premisset for ultralavutslippsbanen er at måltallene gitt på side 20 av [Vedlegg 1](#) til grunnlagsdokumentet til Nasjonal transportplan (NTP) for 2018-2029 (Transportetatene 2016) blir oppfylt. Konkret innebærer dette følgende krav.

I 2025 skal praktisk talt alle nye *personbiler* være nullutslippsbiler. I mellomtiden skal hybridbilene ha overtatt det alt vesentlige av markedet fra de rene bensin- og dieslbilene.

Samtlige nye *varebiler* skal fra 2030 skal være enten batterielektriske eller hydrogendrevne.

Samtlige nye *bybuss*er skal være batteri- eller hydrogendrevne fra 2025.

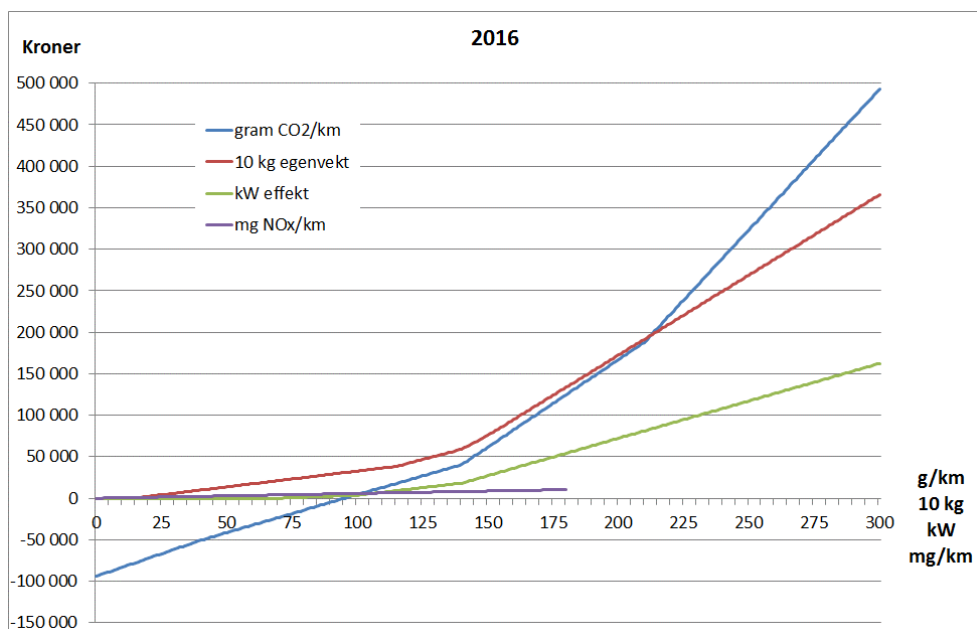
De nye *langdistansebussene* skal for 75 prosents del være batteri- eller hydrogendrevne fra 2030.

Halvparten av de nye *lastebiler* skal være batteri- eller hydrogendrevne fra 2030. Mellom 2018 og 2030 skal andelen hybridiserte nye lastebiler øke fra 1 til 50 prosent av alle lastebiler utstyrt med forbrenningsmotor.

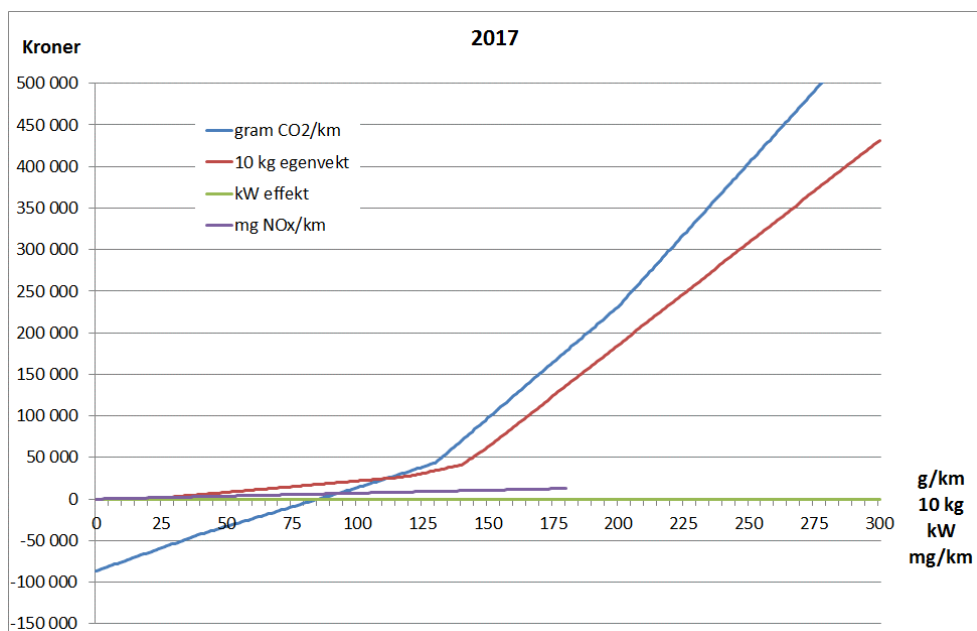
Det er selvsagt flere måter å konkretisere dette på. Vi har lagt til grunn at den mest aktuelle nullutslippsteknologien for personbiler og varebiler er batterielektrisk drift. For tunge godsbiler har vi antatt at hydrogen vil vise seg som en mer egnet energibærer. For bussene har vi lagt til grunn en palett bestående av batteristrøm, hydrogen, hybridisering og biogass. I ultralavutslippsbanen vil persontransporten således være dominert av batteridrevne kjøretøy, mens godstransporten gradvis går over på brenselcelleteknologi.

For året 2017 gjøres beregningene i ultralavutslippsbanen under den forutsetning at regjeringens forslag til endringer i engangsavgiften og drivstoffavgiftene blir gjennomført. I henhold til dette forslaget vil motoreffektkomponenten i engangsavgiften forsvinne, mens vektcomponenten blir

mer progressiv og CO₂-komponenten blir brattere, samtidig som innslagspunktet for positiv CO₂-avgift forskyves fra 95 til 85 gCO₂/km (Fig. 2.11 og 2.12). Bensinavgiften øker med 15 øre per liter og dieselavgiften med 35 øre, etter korreksjon for inflasjon, begge beløp ekskl. moms. Regjeringen har dessuten foreslått endringer i omregistreringsavgiften og årsavgiften, men disse antas å få liten betydning for kjøperne av nye biler og er derfor sett bort fra i våre beregninger.



Figur 2.11 Engangsavgift for personbiler 2016, som funksjon av CO₂-utslipp, egenvekt, motoreffekt og NO_x-utslipp. Kilde: Skattedirektoratet (2016).



Figur 2.12 Regjeringens forslag til engangsavgift for personbiler i 2017, som funksjon av CO₂-utslipp, egenvekt, motoreffekt og NO_x-utslipp. Kilde: Prop. 1 LS (2016-2017)

For øvrig er forutsetningene i ultralavutslippsscenariet i hovedsak de samme som i trendbanen. Men for å kompensere for at hybridiserte og elektriske godsbiler antas å ha lavere lastekapasitet enn dieslbiler med samme tillatte totalvekt, er det lagt til grunn en noe større godsbilbestand i ultralavutslippsbanen enn i trendbanen. Med dette grepet sikrer vi oss sammenliknbarhet mellom scenariene, idet godstransportarbeidet i begge framskrivingsbaner utvikler seg omtrent i samsvar med grunnprognosene for NTP 2018-2029. Tilsvarende gjelder for personbilene. Her er det overgangen til batterielektriske biler, som i mindre grad vil bli anvendt til langkjøring, som ligger bak antakelsen om noe høyere samlet bilhold i ultralavutslippsbanen enn i trendbanen.

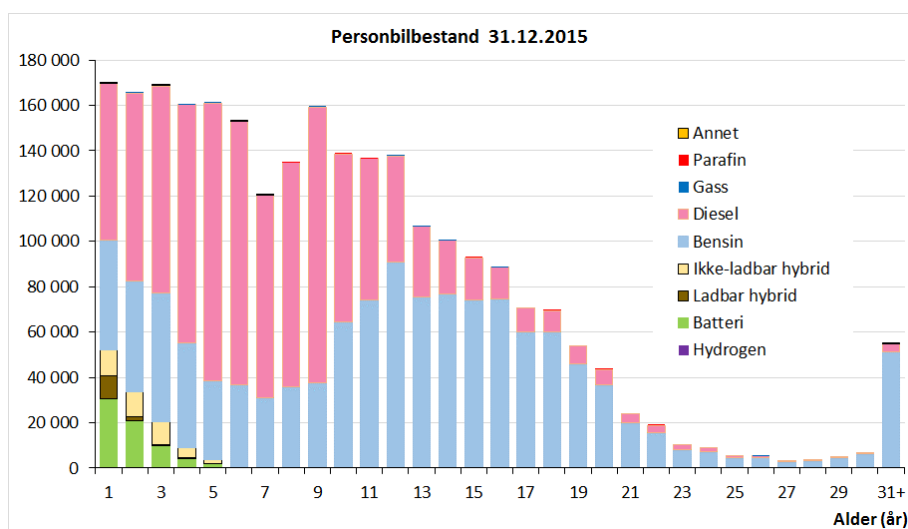
3 Personbiler

3.1 Bestand per 2015

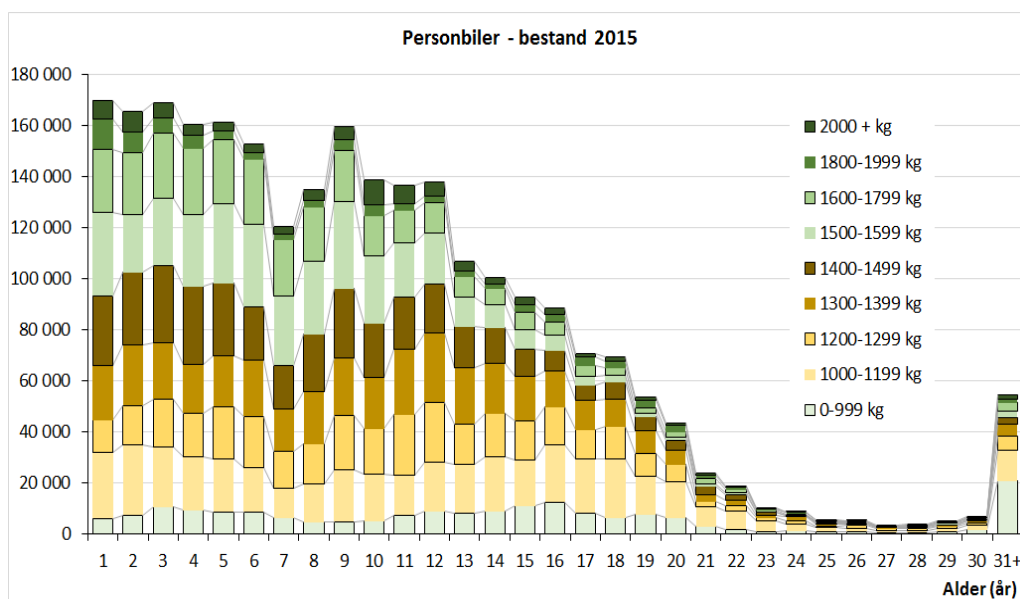
Personbilbestanden pr. 31.12.2015 er vist i Fig. 3.1 til 3.3.

De yngste kohortene (årsklassene) består av 160-170 000 biler. I tillegg til salget av 140-150 000 nye biler hvert år har det skjedd en viss bruktimport.

Bensinbilene dominerer i de eldre kohortene og diesebilene i de yngre. Siden 2011 er det kommet inn en økende andel batterielektriske og hybridelektriske biler (Fig. 3.1).



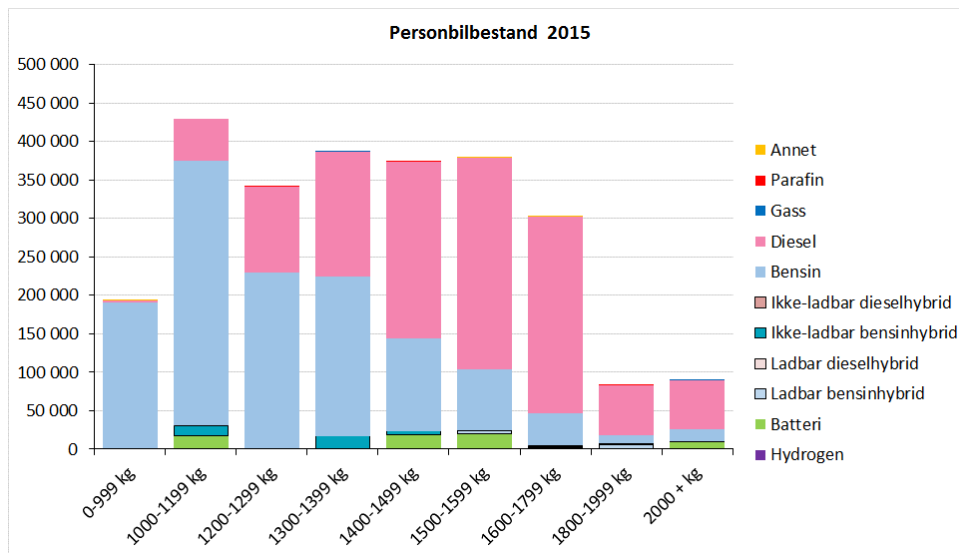
Figur 3.1 Registrerte *personbiler* ved utgangen av 2015, etter drivstoff/energibærer og alder.



Figur 3.2 Registrerte *personbiler* ved utgangen av 2015, etter egenvekt og alder.

De tunge personbilene er i klart mindretall blant de eldre kohortene, til tross for at de gjennomgående lever lenger (Fridstrøm et al. 2016). Men i de senere år har nybilsalget forskjøvet seg tydelig i retning av tynge biler (Fig. 3.2).

Fig. 3.3 viser bestanden i 2015 fordelt på egenvekt og drivstoff/energibærer, summert over alle aldersgrupper. Bensin dominerer i de lavere vektclasser og diesel i de høyere. Per 2015 fordeler bestanden seg forholdsvis jevnt på de seks vektclassene mellom 1000 og 1800 kg.



Figur 3.3 Registrerte *personbiler* ved utgangen av 2015, etter egenvekt og drivstoff/energibærer.

3.2 Overgangsrater

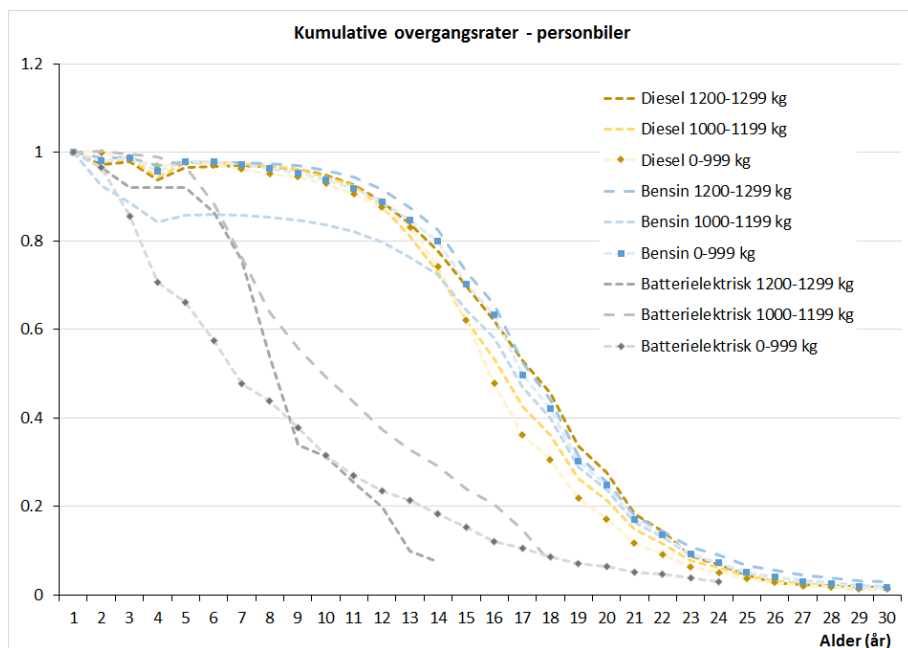
I Fig. 3.4 til 3.6 vises kumulative overgangsrater for personbiler i ulike vekt- og drivstoffklasser. Ratene viser hvordan en gitt årsklasse (kohort) av norskregistrerte biler minker eller øker med alderen. Så lenge bruktimporten er mindre enn summen av brukteksport, vraking og annen (netto) avregistrering, vil kurven være synkende.

De minste vektclassene er vist i Fig. 3.4. De små elbilene har forholdsvis kort levetid – halvparten blir avregistrert i løpet av 6 til 10 år. Blant bensin- og diesebilene, derimot, vil halvparten fortsatt være på veien i sitt 16. til 18. år, slik alder regnes i BIG-modellen. Regnet i kalendertid svarer dette til knapt 15-17 år, siden alder i BIG regnes fra 1.1. i registreringsåret til 31.12. i avregistreringsåret¹.

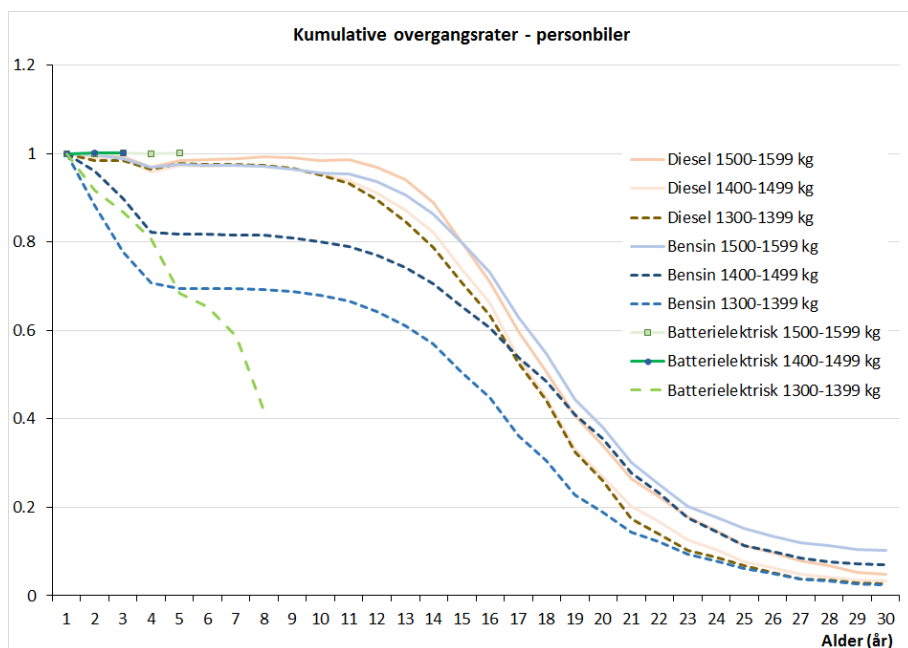
I Fig. 3.5 vises tilsvarende kurver for 'mellomklassen', dvs. personbiler mellom 1300 og 1600 kg. For elbilenes del er erfaringsgrunnlaget for knapt til at en kan tegne kurvene lenger enn noen få år fram.

¹ I realiteten kommer de nye bilene inn i bestanden gjennomsnittlig midt i året, og omtrent det samme gjelder ved vraking eller annen avregistrering. Sammenliknet med BIGs aldersbegrep må vi derfor trekke fra et halvt år både i starten og i slutten av bilenes levetid i Norge.

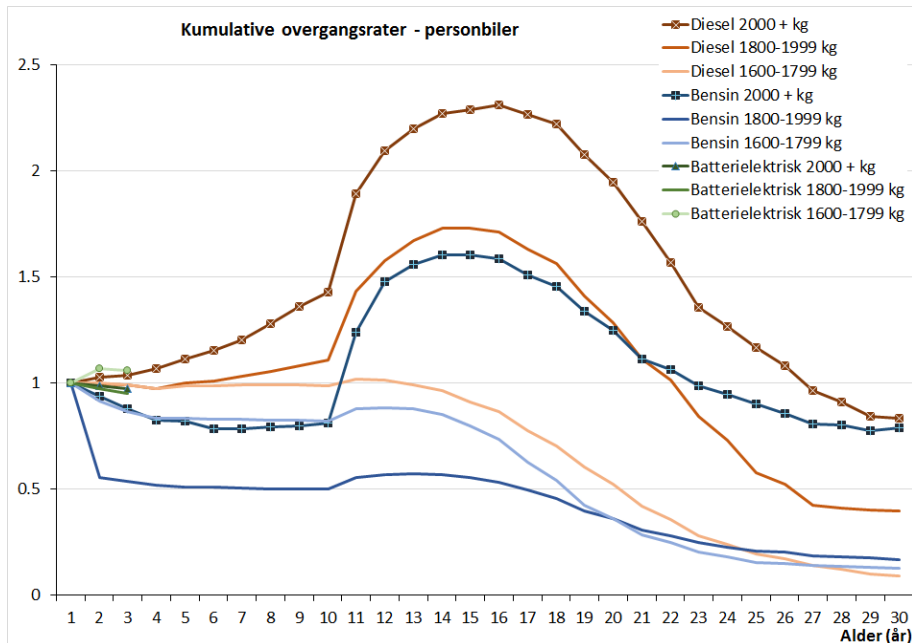
De største personbilene er vist i Fig. 3.6. Hver kohort av dieselmotorer over 1800 kg og bensinmotorer over 2000 kg egenvekt blir større og større helt fram 14.-16. leveår, med bakgrunn i samme høye brukstidspunkt som framgår av Fig. 2.3. Det hører likevel med i bildet at disse tre segmentene av personbiler ikke utgjør mer enn 5,6 prosent av bestanden regnet per 31.12.2015. Selv om brukstidspunktet er høy regnet i prosent av segmentet, er utslaget ikke så stort når en betrakter bilparken som helhet.



Figur 3.4 Kumulative overgangsrater for *personbiler under 1300 kg*, etter bilens egenvekt og energibærer.



Figur 3.5 Kumulative overgangsrater for *personbiler 1300-1600 kg*, etter bilens egenvekt og energibærer.



Figur 3.6 Kumulative overgangsrater for *personbiler over 1600 kg*, etter bilens egenvekt og energibærer.

3.3 Bilsalget i 2016

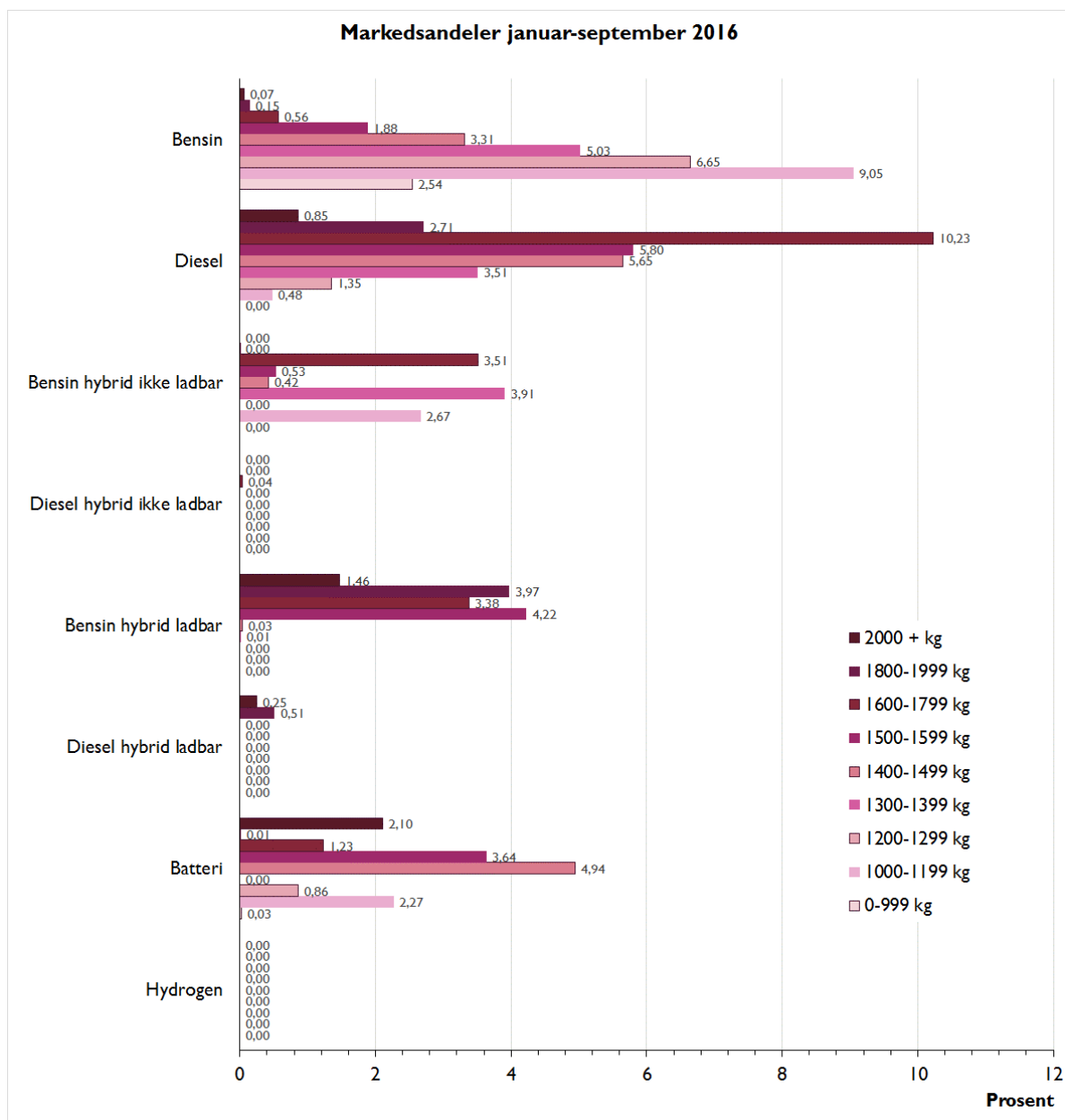
Personbilsalget gjennom de første ni månedene av 2016 er vist i Fig. 3.7. Diagrammet omfatter bare nye biler førstegangsregistrert i Norge. I tillegg kommer en ikke ubetydelig import av biler som tidligere har vært registrert i utlandet.

Diesebilene har størst markedsandel, med drøyt 30 prosent, tett fulgt av bensinbilene. Batteri er tredje mest vanlige framdriftsteknologi, mens ladbare bensinhybrider er nummer fire.

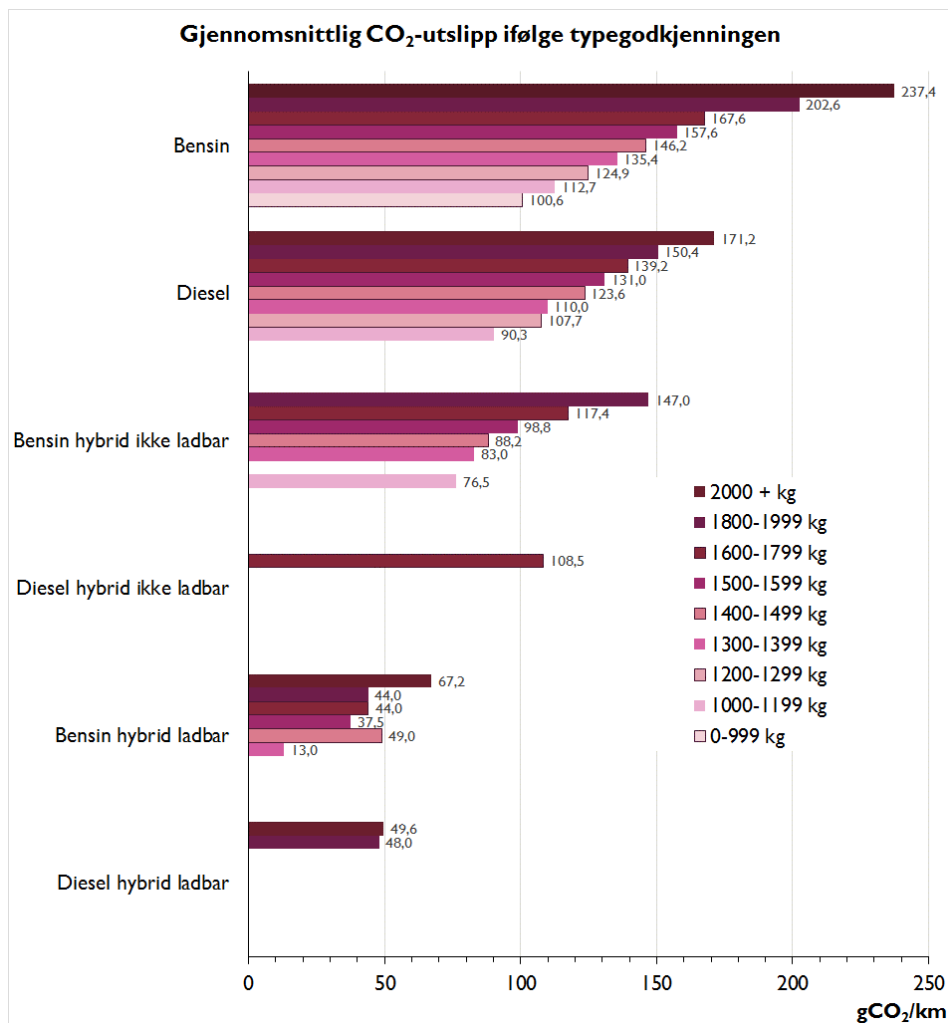
Dieseldrift er i stort flertall blant de tyngste bilene – de over 1500 kg, mens bensin dominerer i vektlassen under 1400 kg. Blant biler mellom 1400 og 1500 kg er batteridrift nesten like vanlig som dieseldrift.

I Fig. 3.8 vises det gjennomsnittlige typegodkjente CO₂-utslippet innenfor de samme segmentene som vist i Fig. 3.7. For gitt framdriftsteknologi øker utslippet nesten uten unntak med bilens vekt. Innenfor den enkelte vektklasse har bensinbilene det høyeste utslippet – fulgt av diesebilene. Men siden diesebilene i gjennomsnitt er større enn bensinbilene (Fig. 3.7), er gjennomsnittsutslippet fra diesebilene likevel høyere enn fra bensinbilene.

Laboratiemålingene som ligger bak typegodkjenningen, undervurderer utslippet i virkelig trafikk. Ifølge International Council on Clean Transportation (ICCT) er CO₂-utslippet fra 2014-årskullet av personbiler i Europa ca. 40 prosent høyere i virkelig trafikk enn i henhold til typegodkjenningen (Tietge et al. 2015). Avviket har økt kraftig siden 2001 og er neppe blitt mindre i 2016. Det stigende innslaget av ladbare hybrider innebærer trolig at avviket har fortsatt å øke, siden det for disse bilene er særlig krevende å gjennomføre realistiske laboratorietester. Figenbaum og Kolbenstvedt (2016) anslår at de ladbare hybridene i Norge går på strøm ca. 55 prosent av distansen.



Figur 3.7 *Markedsandeler* for nye personbiler registrert i Norge i januar til september 2016, etter egenvekt og framdriftsteknologi. Kilde: Bearbeiding av data fra Opplysningsrådet for Veitrafikken (OFV).

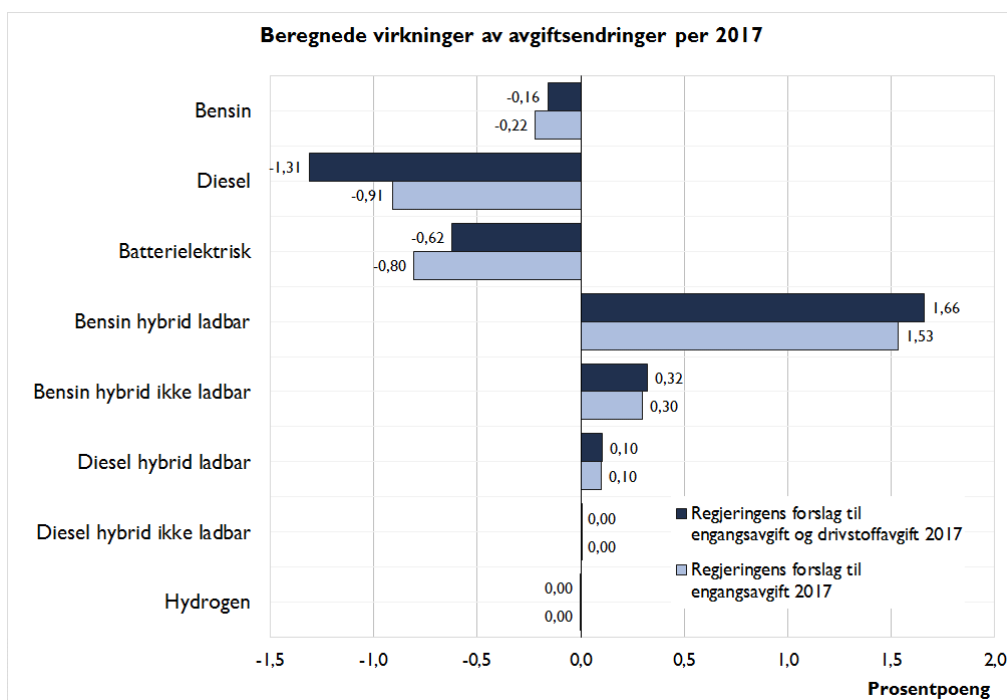


Figur 3.8 Gjennomsnittlig typegodkjent CO₂-utslipp fra nye personbiler registrert i januar til september 2016, etter egenvekt og framdriftsteknologi. Kilde: Bearbeiding av data fra OFV.

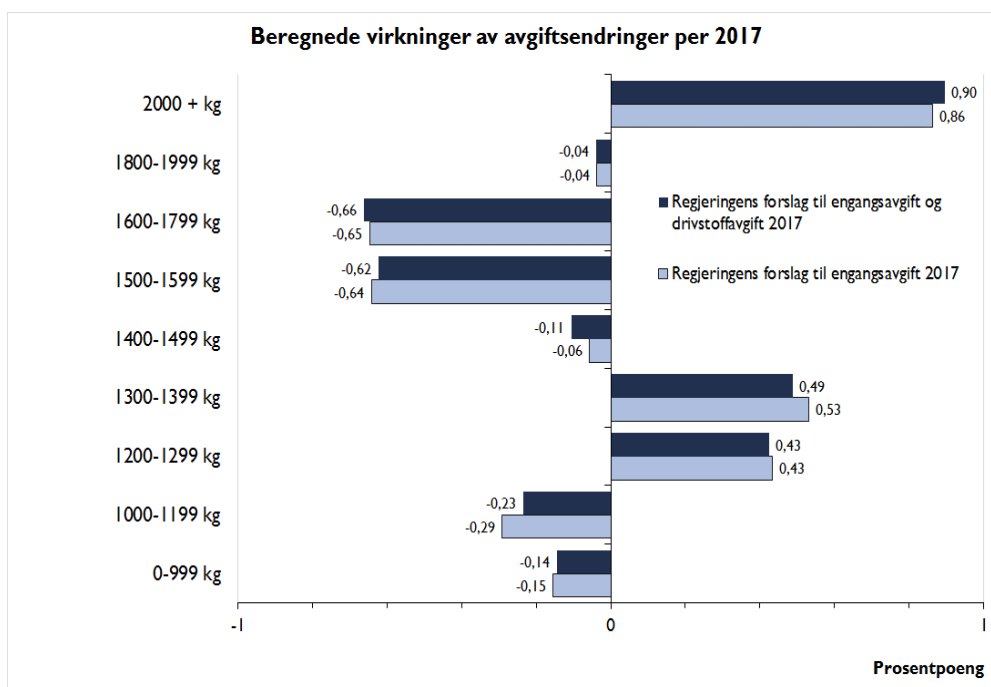
3.4 Virkningene av avgiftsendringene foreslått for 2017

Effekten av regjeringens forslag til bilavgifter for 2017 (Prop. 1 LS 2016-2017) er simulert i bilkjøpsmodellen, med utgangspunkt i data om bilsalget fra januar til september 2016. Dersom en, som en forenkende forutsetning, antar at tilbudet av bilmodeller ikke endrer seg fra 2016 til 2017, vil beregningene gi gode indikasjoner om salget i 2017, betinget av at avgiftsendringene blir gjennomført. I virkeligheten vil flere forhold endre seg samtidig. Konkret er det f. eks. grunn til å anta at tilbudet av ladbare biler vil øke ytterligere, og at prisen på slike biler vil fortsette å synke. Modellberegningene fanger bare opp den isolerte (partielle) effekten av endringene i bilavgiftene. Denne effekten er vist i Fig. 3.9 til 3.12.

Avgiftsomleggingen trekker i retning av flere ladbare hybrider, færre dieslbiler og færre rene elbiler (Fig. 3.9). De største personbilene (over 2000 kg) vil øke sin markedsandel med snaut ett prosentpoeng (Fig. 3.10). Relativt sett utgjør salgsøkningen ikke mindre enn 17 prosent (Fig. 3.11). De minste bilene (under 1200 kg) vil derimot få redusert salg. For biler mellom 1200 og 1800 kg er bildet nokså variert.



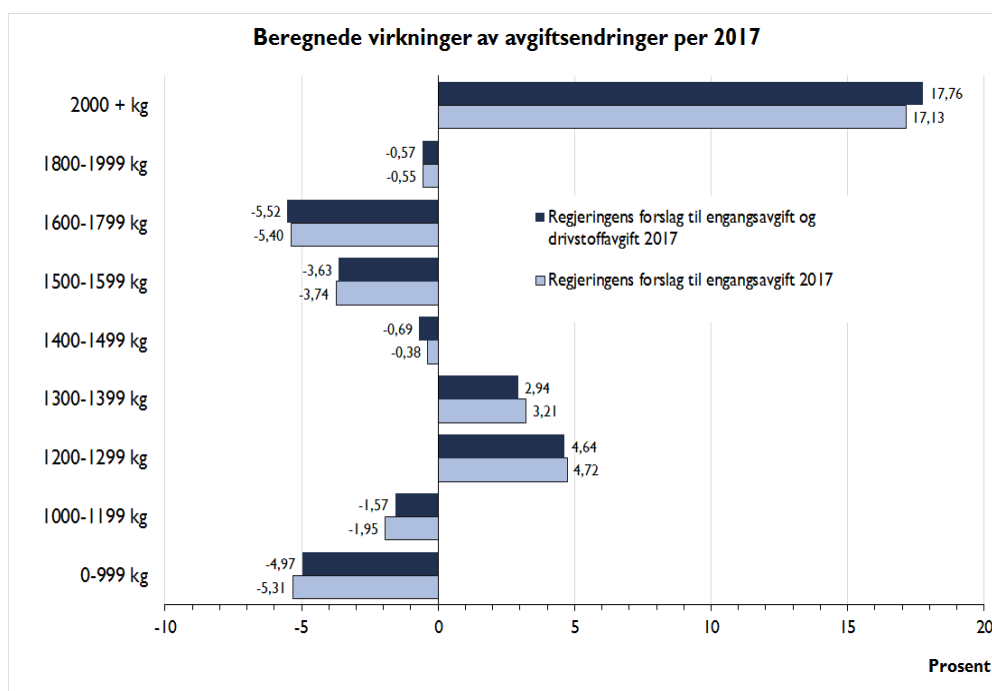
Figur 3.9 Beregnede *absolutte* endringer i nye personbilers *markedsandeler* per 2017 som følge av avgiftsendringer, etter bilens *framdriftsteknologi*, under to alternative forutsetninger.



Figur 3.10 Beregnede *absolutte* endringer i personbilenes *markedsandeler* per 2017 som følge av avgiftsendringer, etter bilens *egenvekt*, under to alternative forutsetninger.

Alt i alt beregnes regjeringens forslag til omlegging av engangsavgiften å medføre en nedgang i nye personbilers gjennomsnittlige utslipp i henhold til typegodkjenningen med 0,99 gCO₂/km i 2017 (Tabell 3.1).

Dersom en i tillegg tar med i regnestykket at veibruksavgiften på bensin går opp med 15 øre per liter og dieselavgiften med 35 øre, øker utslaget til 1,37 gCO₂/km, eller ca. halvannen prosents reduksjon.

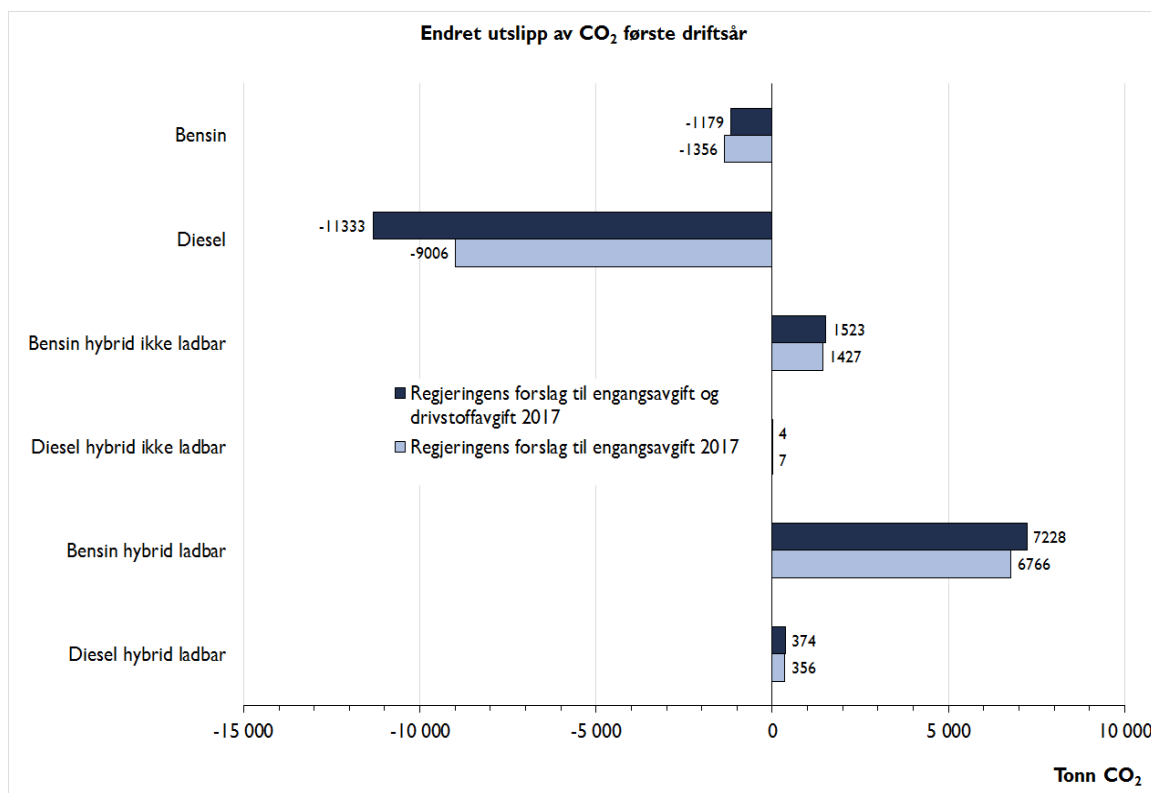


Figur 3.11 Beregnede *relative* endringer i personbilenes *markedsandeler* fra 2016 til 2017 som følge av avgiftsendringer, etter bilens *egenvekt*, under to alternative forutsetninger.

I Fig. 3.12 og Tabell 3.1 vises resultatet av en beregning der vi har tatt hensyn til avviket mellom virkelige og laboratoriemålte utslipp og til variasjonene i kjørelengde mellom små og store biler, samt mellom nye og gamle, slik disse er lagt inn i BIG-modellen. Kjørelengdene første år varierer fra ca. 12 000 km for de minste bensinbilene til over 23 000 km for de største dieselbilene (se Fig. 2.5).

Tabell 3.1 Beregnede endringer i CO₂-utslipp fra nye personbiler som følge av avgiftsendringer foreslått for 2017.

| | Endret engangsavgift | Endret drivstoffavgift | Sum |
|--|----------------------|------------------------|-------|
| Gjennomsnittlig typegodkjent CO ₂ -utslipp (gCO ₂ /km) | -0,99 | -0,38 | -1,37 |
| Gjennomsnittlig typegodkjent CO ₂ -utslipp (prosent) | -1,11 | -0,42 | -1,53 |
| Reelt utslipp gjennom første driftsår (tonn CO ₂) | -1800 | -1580 | -3380 |
| Reelt utslipp gjennom første driftsår (prosent) | -0,47 | -0,41 | -0,89 |



Figur 3.12 Beregnede *absolutte* endringer i personbilenes *reelle CO₂-utslipp gjennom første driftsår* som følge av avgiftsendringer i 2017, etter bilens *framdriftsteknologi*, under to alternative forutsetninger.

Med avgifter som i 2016 beregnes ett årskull på 150 000 personbiler å slippe ut 381 000 tonn CO₂ i løpet av første driftsår. Da har vi regnet med at bensin- og dieslbiler har 42 prosent høyere utslipp på veien enn i laboratoriet (Tietge et al. 2016), og at det tilsvarende avviket er 60 prosent for vanlige hybridbiler og 150 prosent for ladbare hybrider.

Tallene gjelder for bilenes første driftsår. Utslagene per år vil bli mindre etter hvert som bilene blir eldre og kjøres noe kortere. Beregningene tar ikke hensyn til den såkalte rebound-effekten (se avsnitt 8.3).

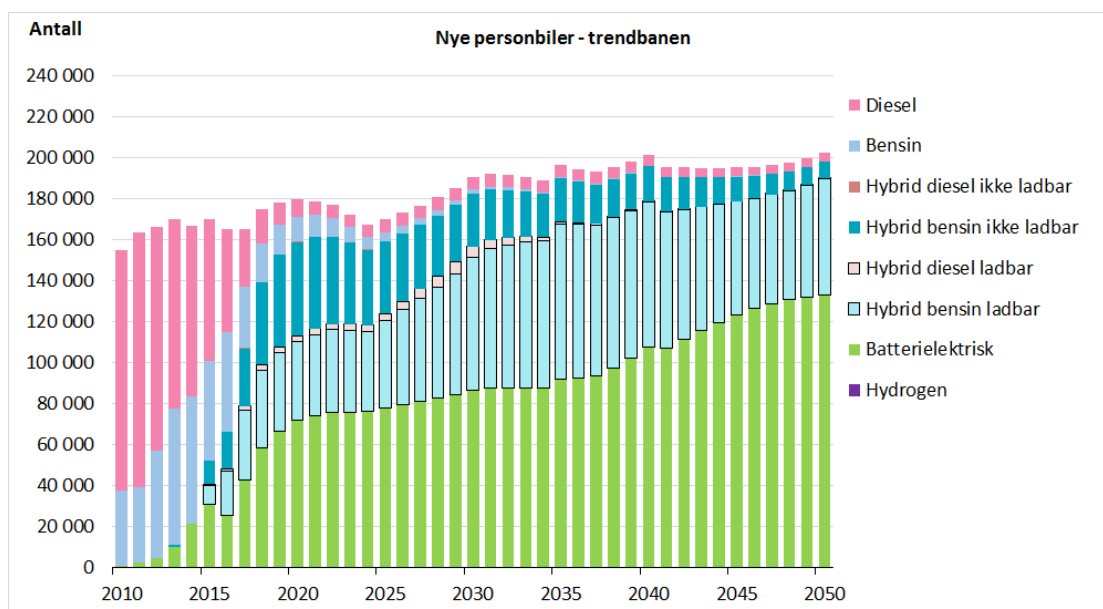
Det blir mindre utslipp fra dieslbiler, men mer utslipp fra ladbare hybrider, som følge av deres økende markedsandel. Regnet i absolutte tall for CO₂-utslippet er den samlede effekten av avgiftsendringene anslagsvis 3380 tonn reduksjon i løpet av bilenes første driftsår (Tabell 3.1). Prosentvis blir reduksjonen 0,89 prosent, altså vesentlig mindre enn når vi regner på utslipp i henhold til typegodkjenningen. Det skyldes primært at de ladbare hybridene, der typegodkjenningsverdiene trolig er særlig misvisende, får økt markedsandel, samtidig som de rene elbilene, som har like lave utslipp på veien som i laboratoriet, får lavere markedsandel.

Uten økningen i drivstoffavgift blir utslaget 1800 tonn CO₂, eller 0,47 prosent. Endringene i drivstoffavgiftene alene står med andre ord for 1580 tonns reduksjon, eller 0,41 prosent.

Regnet over bilenes fulle levetid blir reduksjonen i klimagassutslipp som følge av avgiftsendringene for 2017-årskullet i størrelsesorden 50 000 tonn CO₂. Det er relevant å regne på utslippet gjennom hele bilens driftstid, fordi statistisk sett er valget av bilmodell bestemmende for utslippet i de neste 15-20 år, uavhengig av om bilen forblir på første eiers hånd eller blir solgt videre som bruktbil. Dermed er det også gode grunner for å CO₂-beskatte bilen ved anskaffelsen, like gjerne som når den brukes.

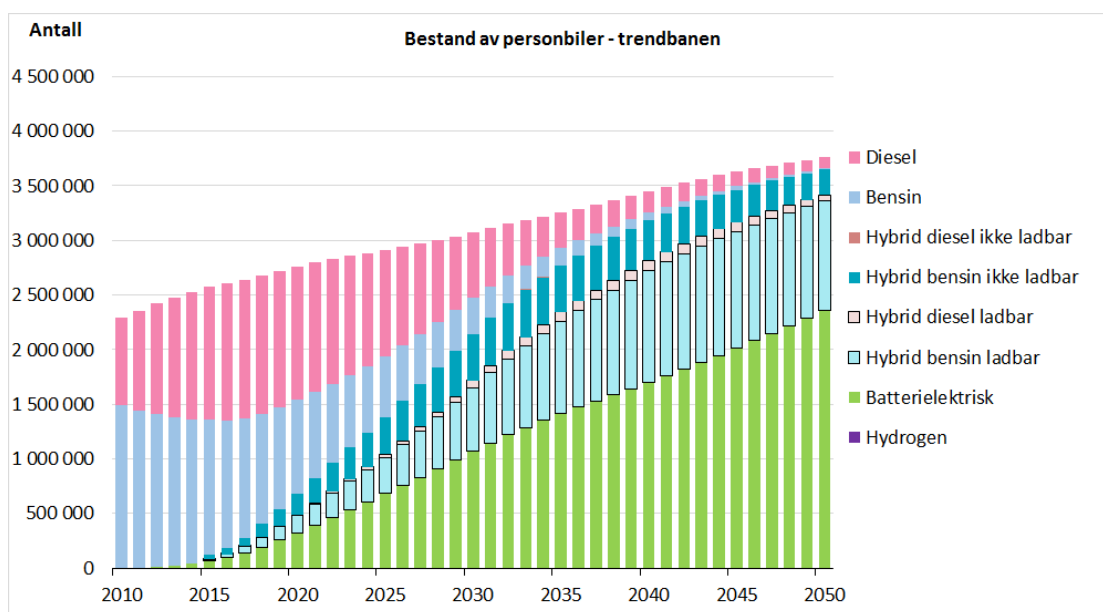
3.5 Framskriving mot 2050

Trendbanen (jf. avsnitt 2.4) for *salget av nye personbiler* er vist i Fig. 3.13. Banen innebærer en forholdsvis kraftig økning i salget av elbiler og hybridbiler, slik at disse til sammen står for snaut 94 prosent av salget i 2025. Nullutslippsbilene alene utgjør 46 prosent.



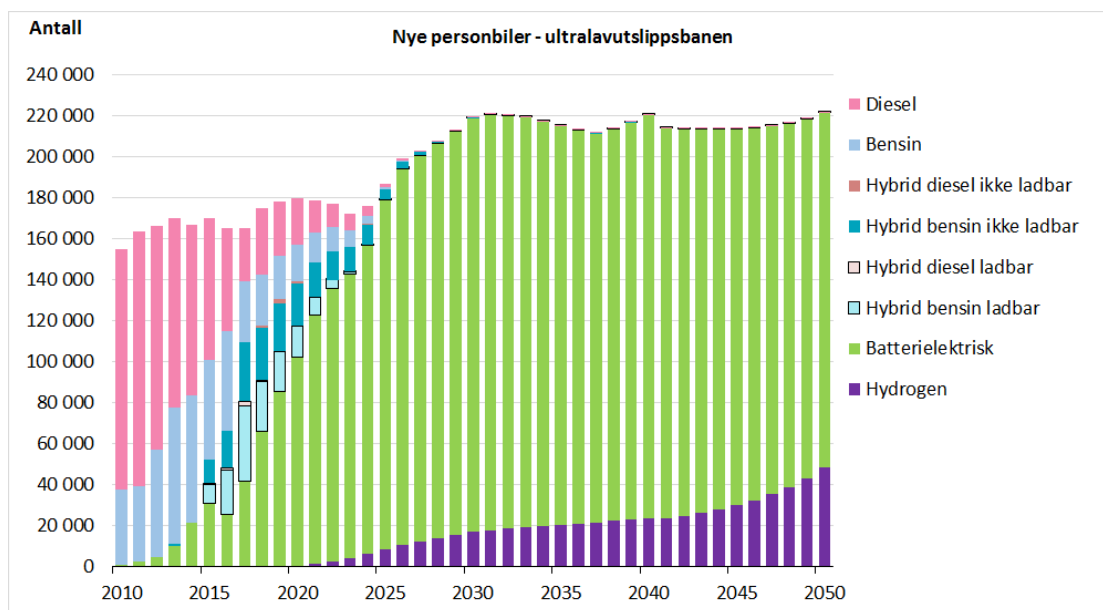
Figur 3.13 Observert og framskrevet *nybilsalg av personbiler*, etter drivstoff/energibærer. *Trendbane* basert på videreføring av markedsutviklingen 2010-2015.

Bestanden av personbiler utvikler seg i dette scenariet som vist i Fig. 3.14. De batterielektriske og hybridiserte bilene utgjør 48 prosent av bestanden i 2025 og 70 prosent i 2030.

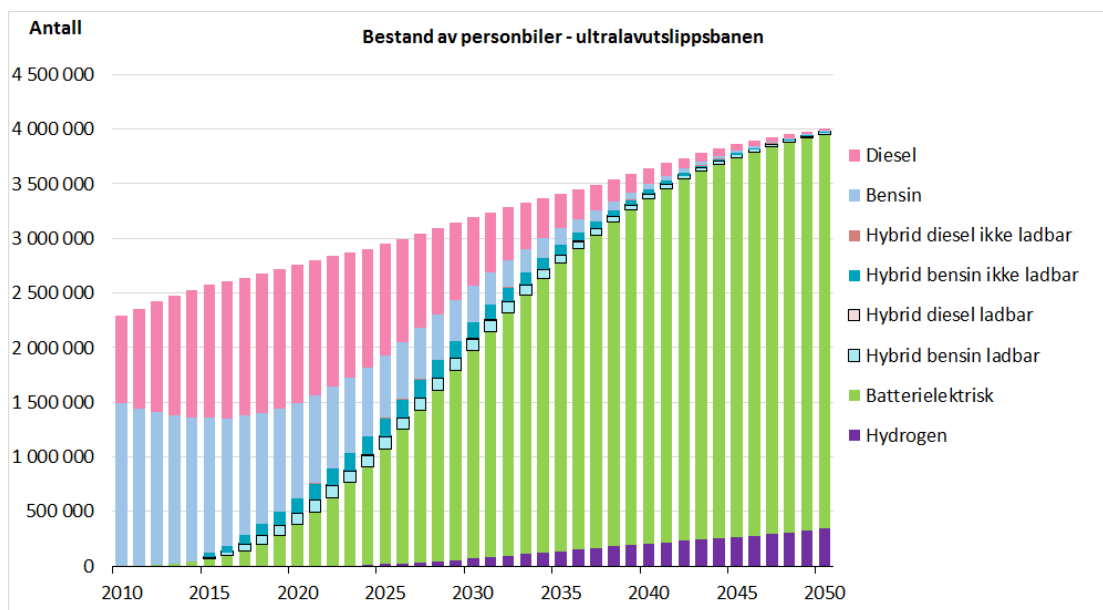


Figur 3.14 Observert og framskrevet *bestand av personbiler*, etter drivstoff/energibærer. *Trendbane* basert på videreføring av markedsutviklingen 2010-2015.

Ultralavutslippsbanen er tilsvarende vist i Fig. 3.15 og 3.16. Ifølge denne utgjør nullutslippsbilene 96 prosent av nybilsalget og 36 prosent av bestanden i 2025.



Figur 3.15 Observert og framskrevet *nybilsalg av personbiler*, etter drivstoff/energibærer. *Ultralavutslippsbane* i samsvar med måltall i Vedlegg 1 til grunnlagsdokumentet for NTP 2018-2029.



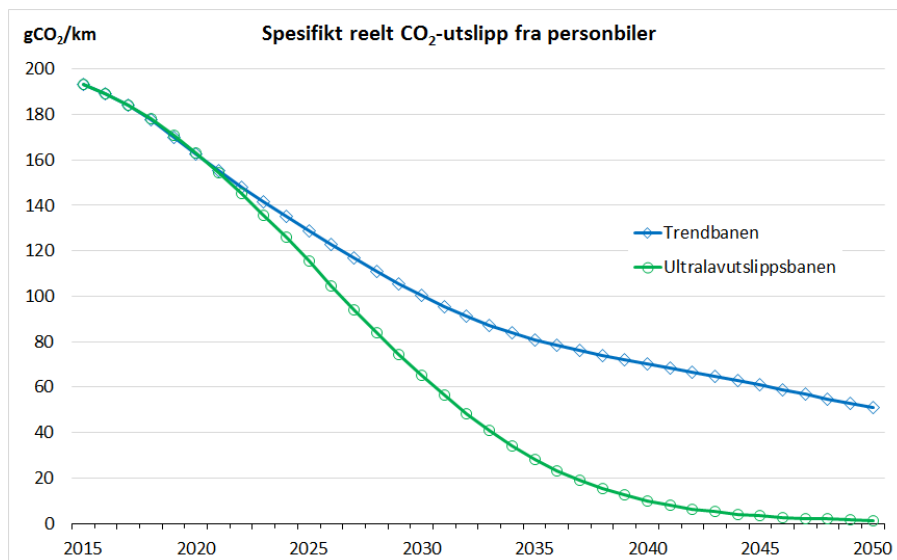
Figur 3.16 Observert og framskrevet *bestand av personbiler*, etter drivstoff/energibærer. *Ultralavutslippsbane* i samsvar med måltall i Vedlegg 1 til grunnlagsdokumentet for NTP 2018-2029.

I Fig. 3.17 vises det gjennomsnittlige CO₂-utslippet fra personbiler. Det går ned fra 193,2 gCO₂/km i 2015 til 100,3 gCO₂/km i trendbanen i 2030 og 65,2 gCO₂/km i ultralavutslippsbanen.

Kurvene beskriver det anslått reelle utslippet i trafikken. Det vil si at en har korrigert for avviket mellom de laboratoriemålte typegodkjenningstallene og utslippet i virkelig trafikk. En har for

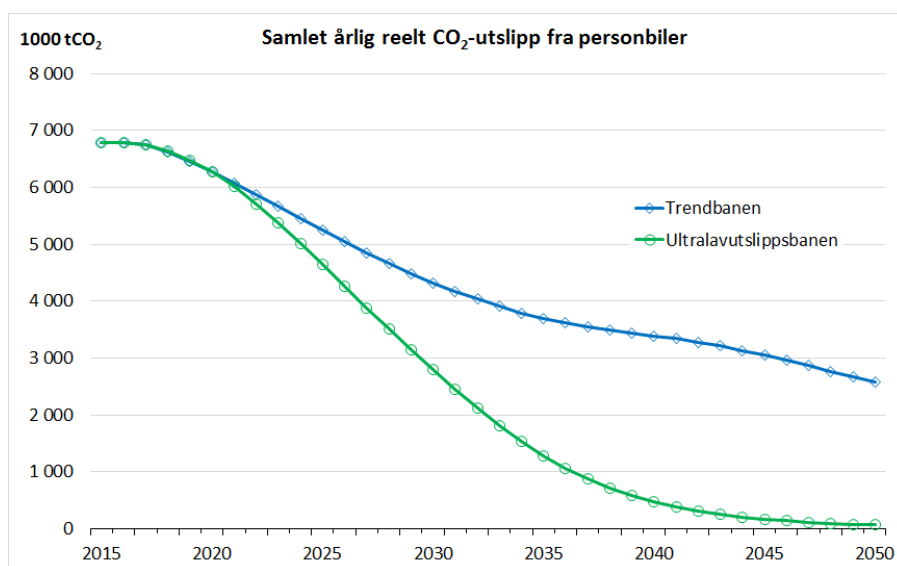
framtidige kohorter av bensin- og dieslbiler forutsatt at avviket holder seg på samme nivå som i 2014.

Kurvene inkluderer også utslipp ved forbrenning av biodrivstoff.



Figur 3.17 Personbilparkens spesifikke, reelle CO₂-utslipp 2015-2050, i to scenarier. Utslipp ved forbrenning av biodrivstoff er inkludert.

I Fig. 3.18 vises tilsvarende det aggregerte CO₂-utslippet fra personbilparken.



Figur 3.18 Personbilparkens samlede reelle årlige CO₂-utslipp 2015-2050, i to scenarier. Utslipp ved forbrenning av biodrivstoff er inkludert.

I ultralavutslippssbanen er CO₂-utslippet fra personbiler 59 prosent lavere i 2030 enn i 2015 (Fig. 3.18), til tross for at personbiltrafikken har vokst med 22 prosent siden 2015. Regnet per personbilkilometer er nedgangen 66 prosent. I trendbanen er utslippsnedgangen 36 prosent totalt og 48 prosent per utkjørt kilometer.

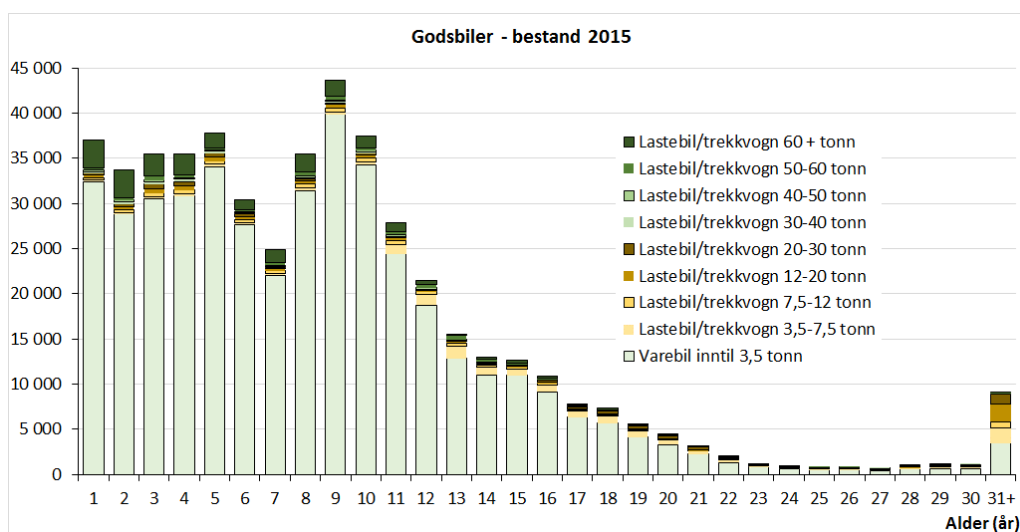
4 Godsbiler

4.1 Bestand per 2015

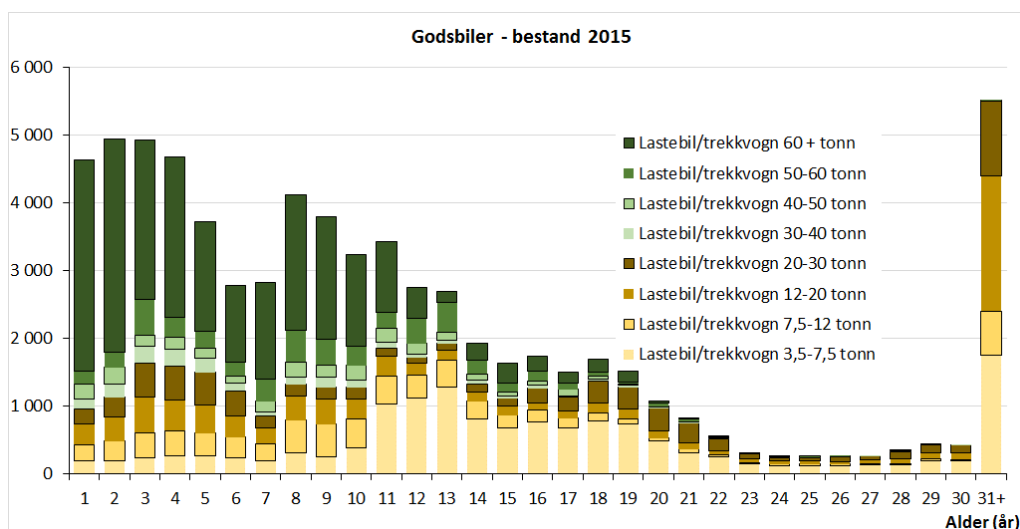
Godsbilbestanden ved utgangen av 2015 er vist i Fig. 4.1.

Varebilene – dvs. godsbiler med tillatt totalvekt inntil 3,5 tonn – er i stort flertall blant godsbilene. Om vi ser bort fra varebilene, blir bildet som vist i Fig. 4.2.

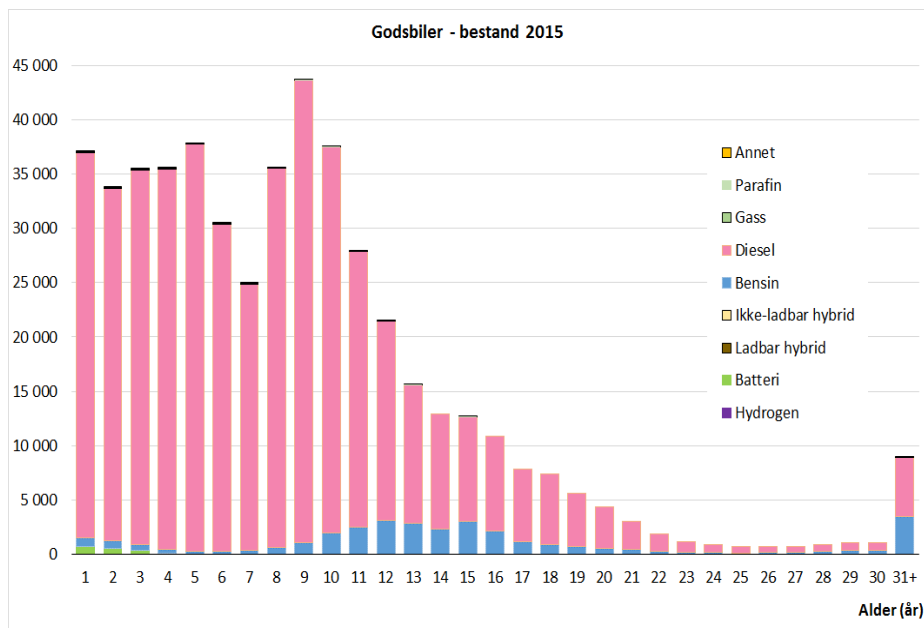
Fig. 4.3 viser godsbilbestanden fordelt etter drivstoff/energibærer. Diesebilene dominerer, men en økende andel varebiler er batterielektriske.



Figur 4.1 Registrerte *godsbiler* ved utgangen av 2015, etter alder og høyeste tillatte vogntogvekt.



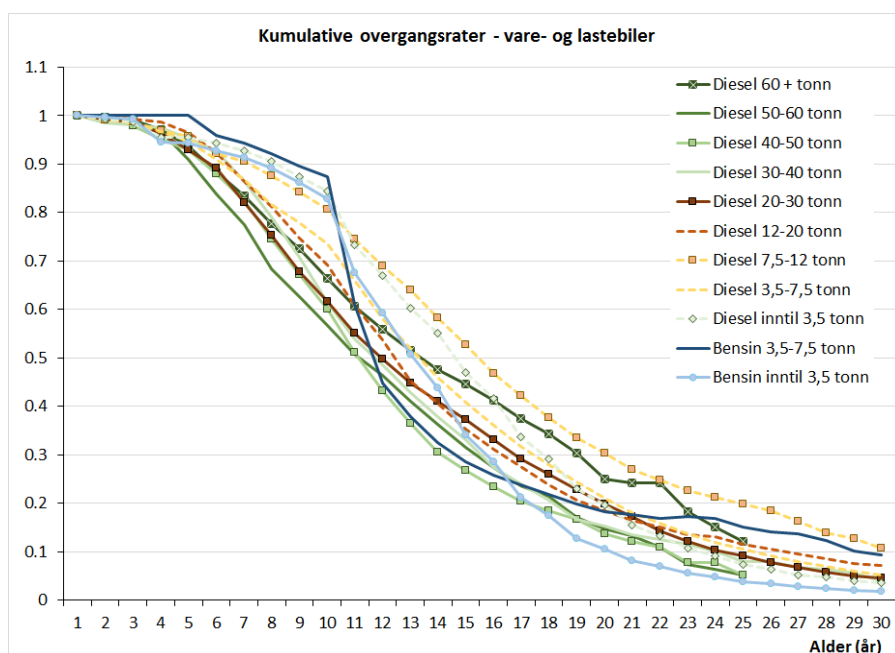
Figur 4.2 Registrerte *lastebiler og trekkvogner* ved utgangen av 2015, etter alder og høyeste tillatte vogntogvekt.



Figur 4.3 Registrerte *godsbiler* ved utgangen av 2015, etter drivstoff/energibærer og alder.

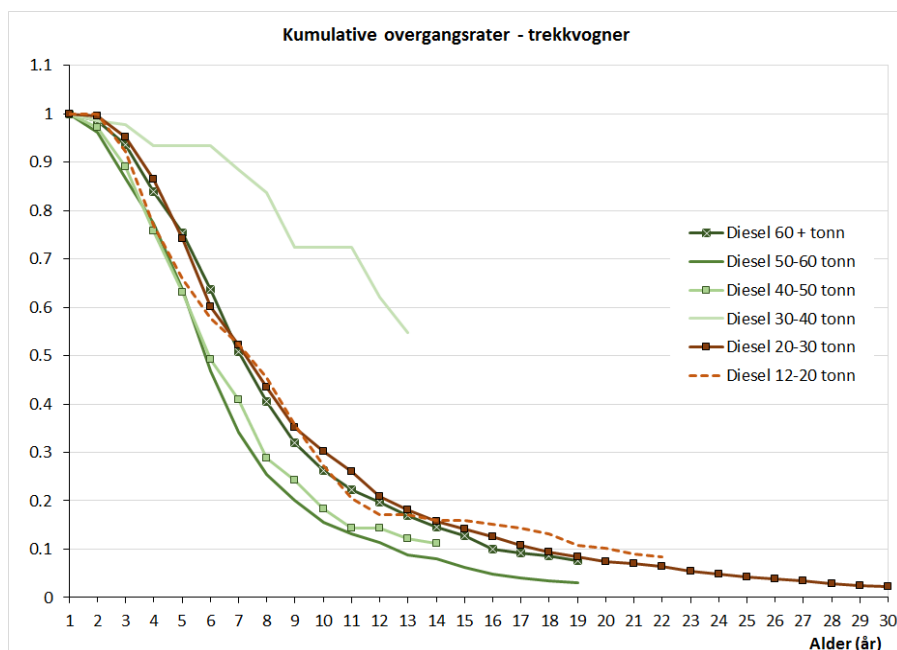
4.2 Overgangsrater og levetid

I Fig. 4.4 vises kumulative overgangsrater for de vanligste typene vare- og lastebiler. Siden bruktimporten av slike kjøretøy trolig er beskjeden, gir disse kurvene – til forskjell fra i personbiltilfellet – et omtrentlig bilde av hvor lenge bilene overlever i Norge. Blant de største bilene er rundt halvparten fortsatt på norske skilter i sitt 11. år. De mindre lastebilene varer enda noe lenger i Norge.



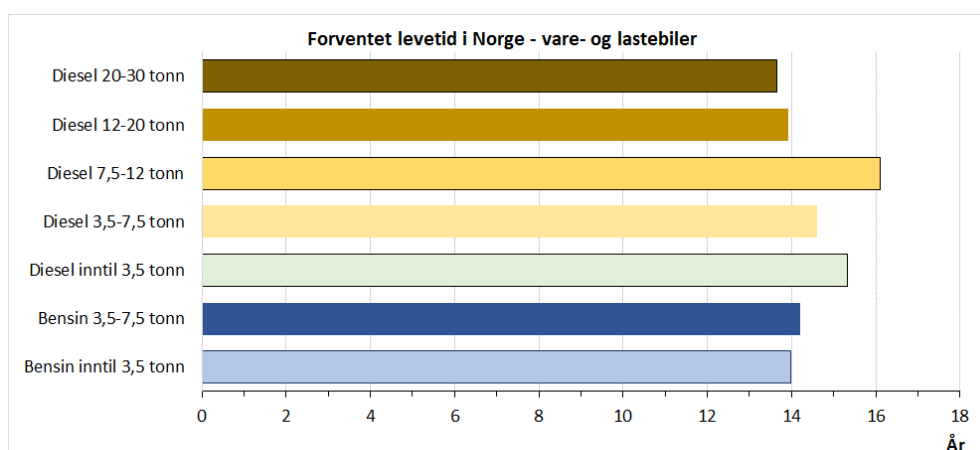
Figur 4.4 Kumulative overgangsrater for utvalgte kategorier *vare- og lastebiler*, etter drivstoff og høyeste tillatte vogntogvekt.

Trekkvognene, derimot, tenderer til å bli solgt til utlandet allerede etter få år (Fig. 4.5). Etter sju år går de fleste ikke lenger på norske skilt.



Figur 4.5 Kumulative overgangsrater for utvalgte kategorier *trekkvogner*, etter drivstoff og høyeste tillatte vogntogvekt.

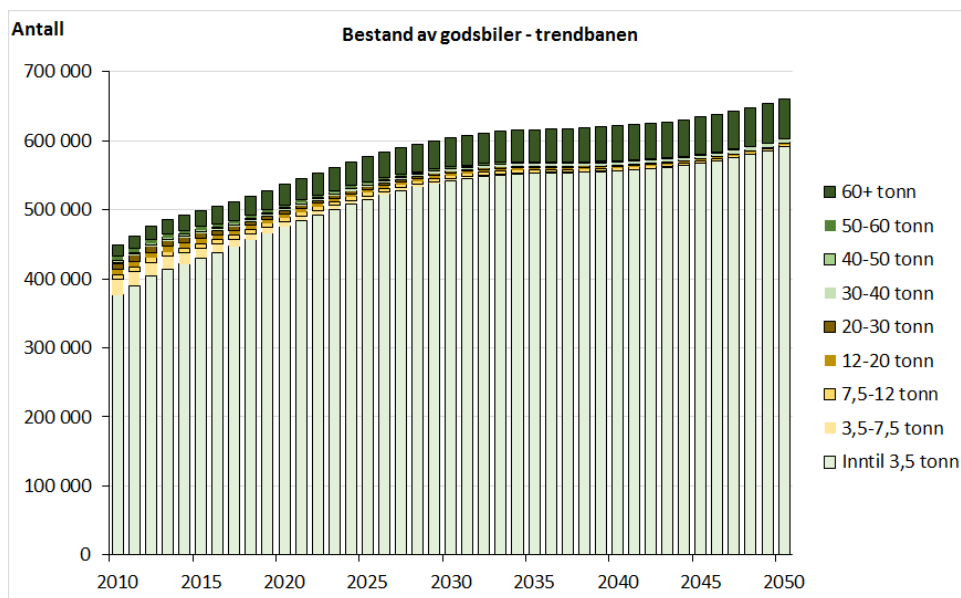
Gjennomsnittlig levetid i Norge (beregnet vha. formel 9 i Vedlegg 1) er vist i Fig. 4.6 – for noen av de samme kategoriene som i Fig. 4.4. For de største lastebilene er tallgrunnlaget foreløpig for svakt til at en kan beregne levetiden – det er f. eks. ingen 50 tonns biler som har levd mer enn 20 år i Norge. Vi minner om at reell levetid vil være omtrent ett år kortere enn antall år beregnet i BIG (se avsnitt 3.2, fotnote 1). Reelt lever altså godsbiler under 30 tonn typisk i 13 til 15 år i Norge.



Figur 4.6 Beregnet forventet levetid i Norge for utvalgte kategorier *vare- og lastebiler*, etter drivstoff og høyeste tillatte vogntogvekt. Alder regnes fra 1.1. i registreringsåret til utløpet av avskiltingsåret.

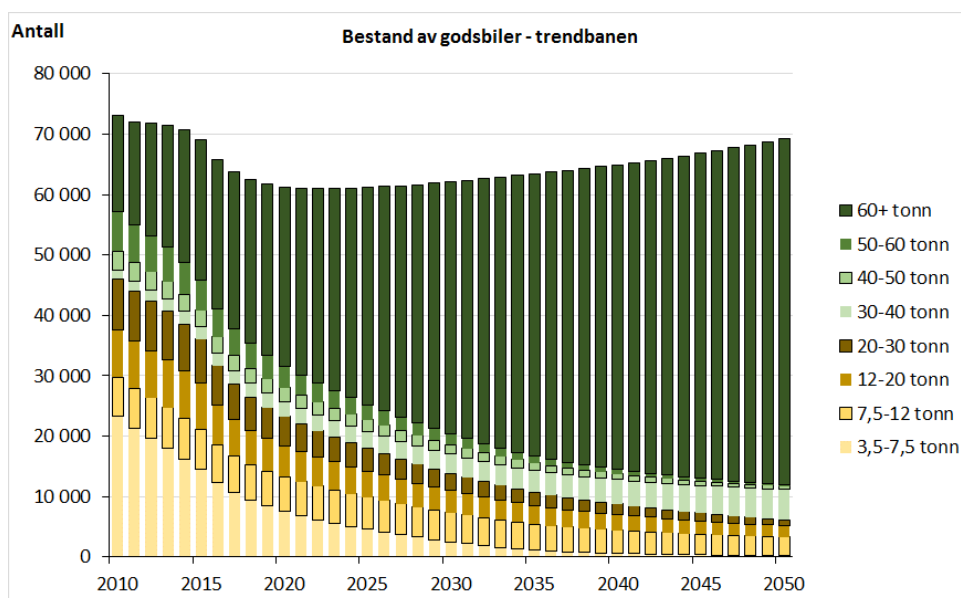
4.3 Framskriving mot 2050

Trendbanen for godsbiler er framstilt i Fig. 4.7. Varebilene blir stadig flere, i samsvar med trenden 2010-2015.



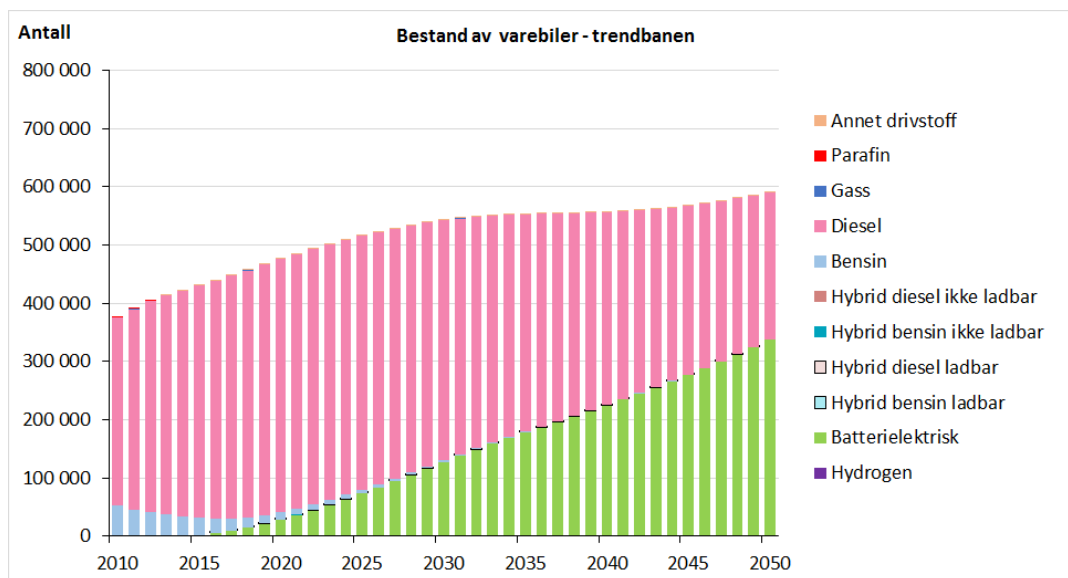
Figur 4.7 Observert og framskrevet bestand av *godsbiler*, etter høyeste tillatte vogntogvekt. *Trendbane* basert på observert tilvekst/avgang av kjøretøy 2010-2015.

De tunge godsbilene – lastebiler og trekkvogner med tillatt totalvekt over 3,5 tonn – er derimot i svak tilbakegang. Til gjengjeld blir andelen svært store biler større (Fig. 4.8), slik at transportkapasiteten likevel øker.

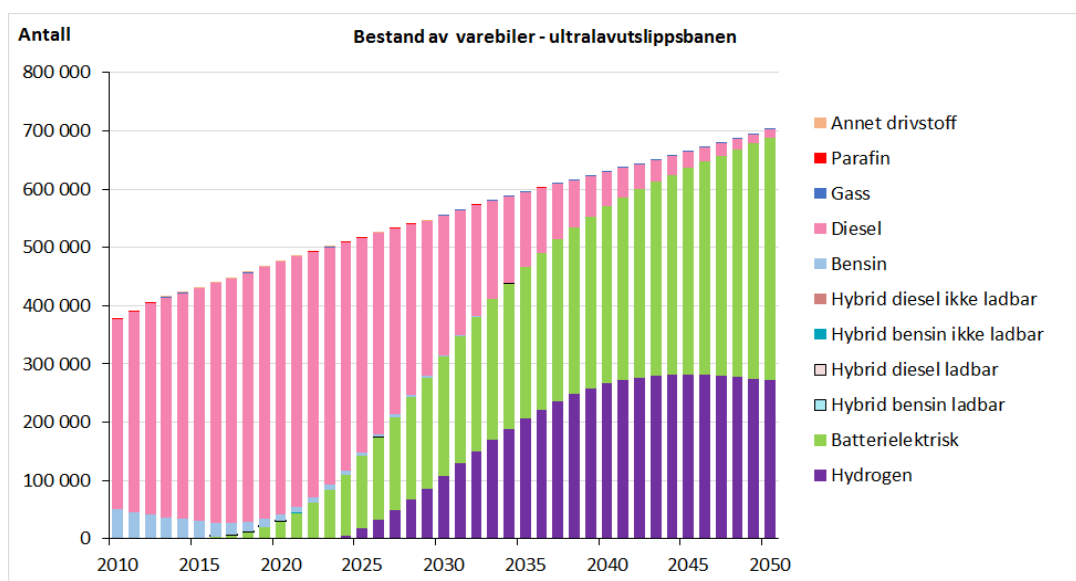


Figur 4.8 Observert og framskrevet bestand av *godsbiler tyngre enn 3,5 tonn*, etter høyeste tillatte vogntogvekt. *Trendbane* basert på observert tilvekst/avgang av kjøretøy 2010-2015.

I Fig. 4.9 vises varebilbestanden i trendbanen fordelt etter drivstoff/energibærere, og i Fig. 4.10 vises tilsvarende bilde for ultralavutslippsbanen. Ifølge denne banen vil de batteri- og hydrogendrevne varebilene være i flertall i 2030.



Figur 4.9 Observert og framskrevet bestand av *varebiler*, etter drivstoff/energibærere. *Trendbane* basert på observert tilvekst/avgang av kjøretøy 2010-2015.

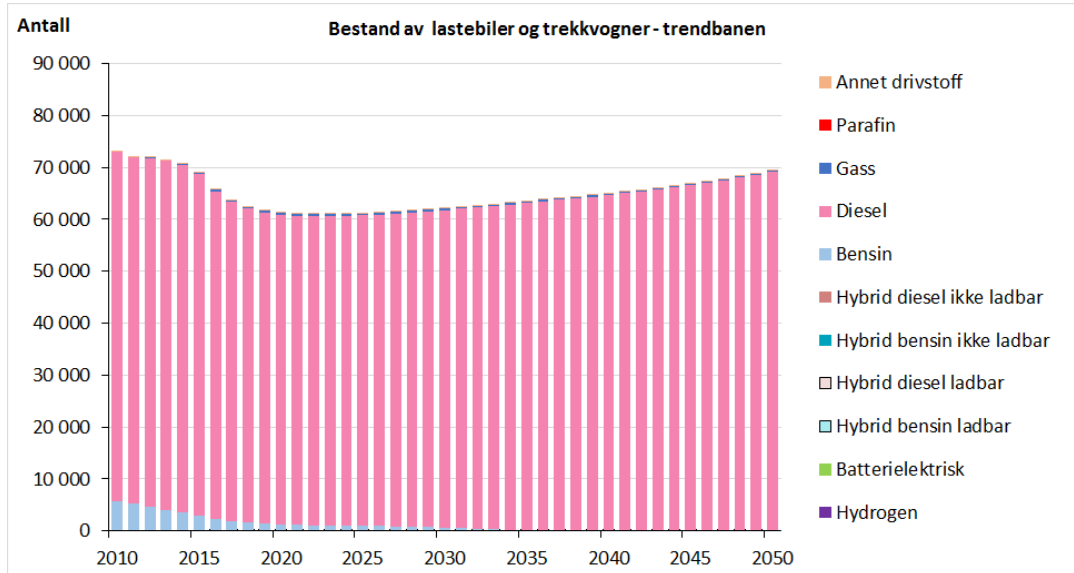


Figur 4.10 Observert og framskrevet bestand av *varebiler*, etter drivstoff/energibærere. *Ultralavutslippsbane* i samsvar med måltall i Vedlegg 1 til grunnlagsdokumentet for NTP 2018-2029.

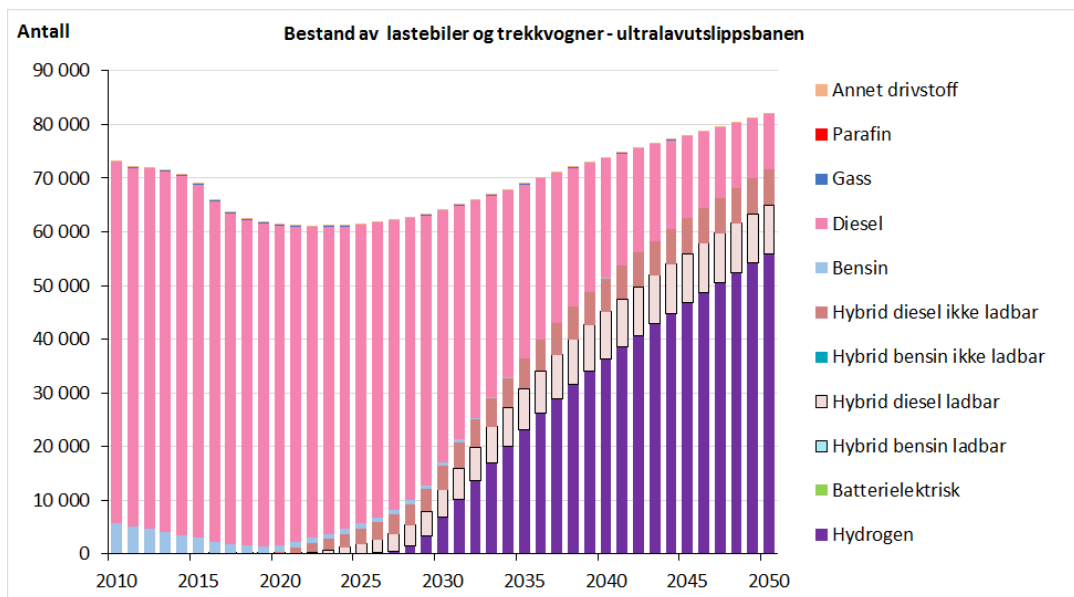
For tyngre godsbiler blir det – ifølge trendbanen – liten endring fram mot 2030 (Fig. 4.11). I ultralavutslippsbanen vil hydrogen- og hybridkjøretøy få et visst innpass fra 2020 og framover (Fig. 4.12).

Om en ser alle godsbiler under ett, og fordeler dem etter drivstoff/energibærere, vil diesel ifølge trendbanen fortsatt være dominerende i 2030, selv om en vil ha et drøyt 20 prosents innslag av

batteridrevne kjøretøy, i all hovedsak varebiler (Fig. 4.9). I ultralavutslippsbanen vil nullutslippskjøretøyene utgjøre omtrent halvparten av godsbilparken i 2030, men bare rundt 10 prosent de tynge godsbilene (Fig. 4.10 og 4.12).

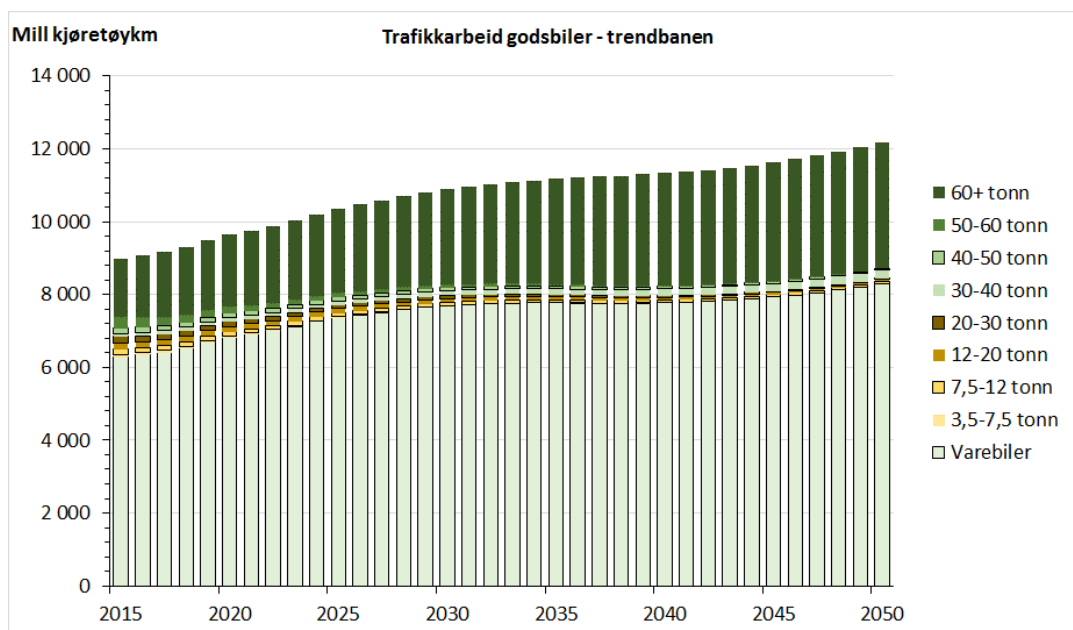


Figur 4.11 Observert og framskrevet bestand av godsbiler tyngre enn 3,5 tonn, etter drivstoff/energibærer. Trendbane basert på observert tilvekst/angang av kjøretøy 2010-2015.

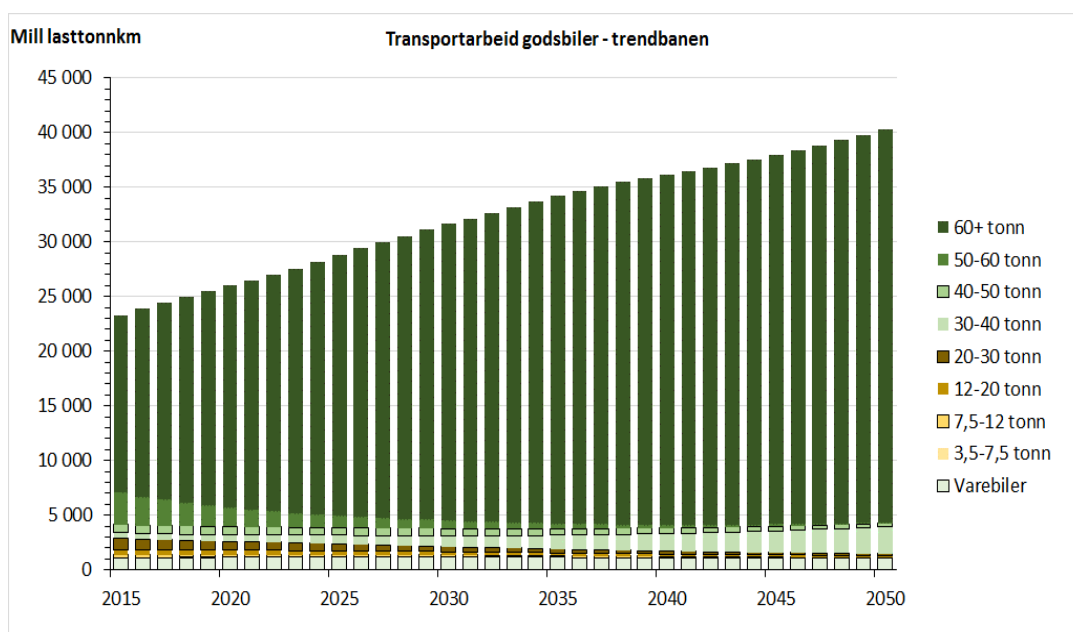


Figur 4.12 Observert og framskrevet bestand av godsbiler tyngre enn 3,5 tonn, etter drivstoff/energibærer. Ultralavutslippsbane i samsvar med måltall i Vedlegg 1 til grunnlagsdokumentet for NTP 2018-2029.

Varebilene står for nær 70 prosent av godstrafikkarbeidet, men bare drøyt 4 prosent av godstransportarbeidet i 2015. De tyngste godsbilene (over 60 tonn vogntogvekt) gjør til gjengjeld over 70 prosent av godstransportarbeidet i 2015, stigende til over 90 prosent i 2050, uten å tilbakelegge mer enn rundt 30 prosent av kjøretøykilometerne (Fig. 4.13 og 4.14).

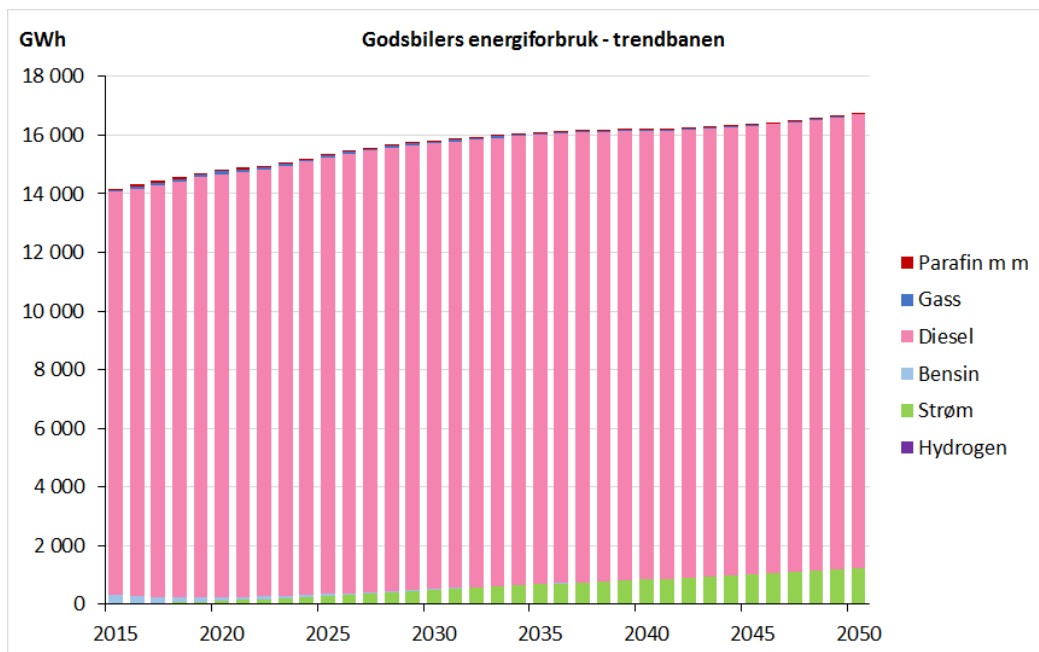


Figur 4.13 Framskrevet trafikkarbeid av godsbiler, etter høyeste tillatte vogntogvekt. Trendbane basert på observert tilvekst/avgang av kjøretøy 2010-2015.

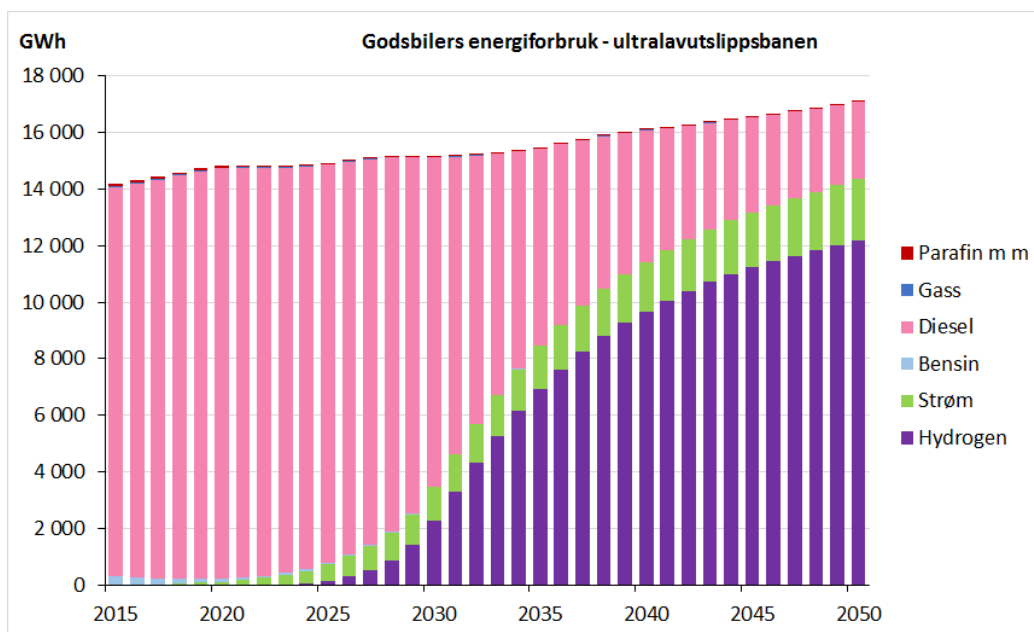


Figur 4.14 Framskrevet transportarbeid av godsbiler, etter høyeste tillatte vogntogvekt. Trendbane basert på observert tilvekst/avgang av kjøretøy 2010-2015.

Energiforbruket i godstransport på vei er vist i Fig. 4.15 og 4.16, i trendbanen og ultralavutslippsbanen, henholdsvis. Samlet energiforbruk blir omtrent det samme i begge baner, men fordelingen på energibærere er nokså forskjellig, når en ser mer enn 15 år fram.

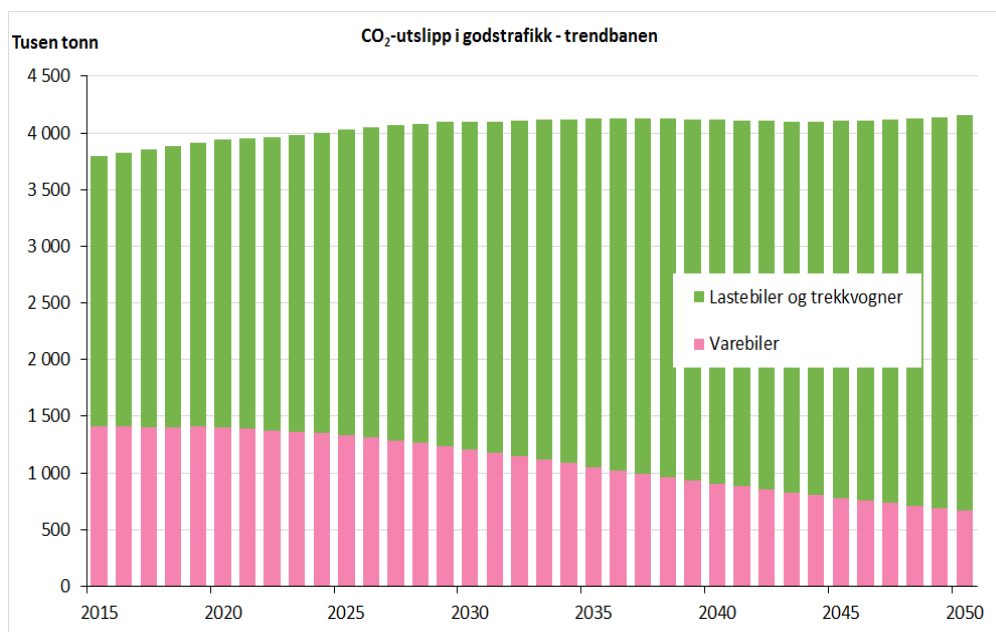


Figur 4.15 Framskrevet *energiforbruk i godstransport på vei, etter energibærer. Trendbane* basert på observert tilvekst/avgang av kjøretøy 2010-2015.

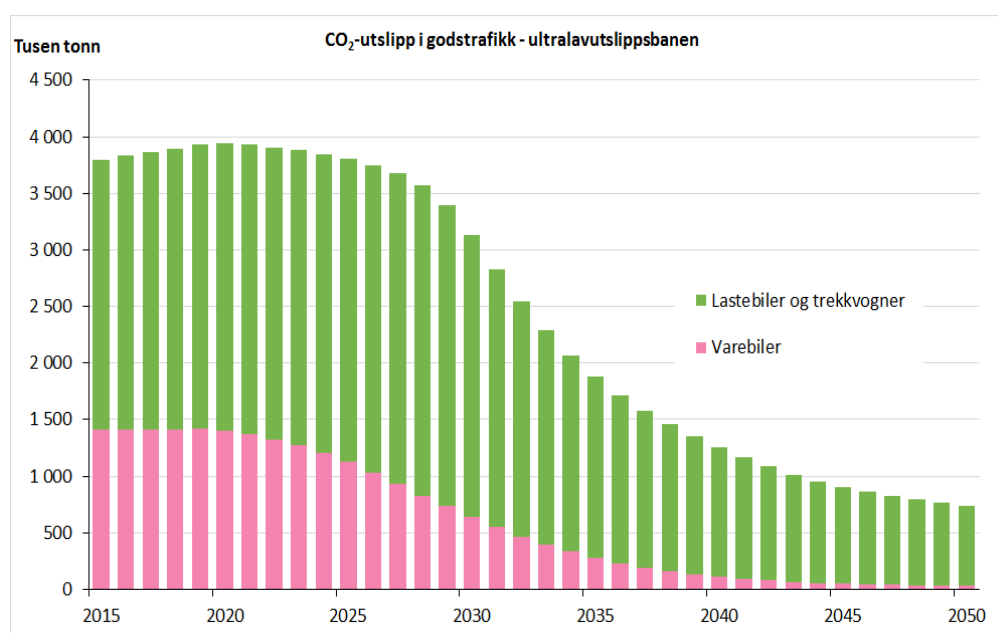


Figur 4.16 Framskrevet *energiforbruk i godstransport på vei, etter energibærer. Ultralavutslippsbane* i samsvar med måltall i Vedlegg 1 til grunnlagsdokumentet for NTP 2018-2029.

CO₂-utslippet fra godsbiler går svakt opp i trendbanen (Fig. 4.17), men markert ned i ultralavutslippsbanen (Fig. 4.18). I ultralavutslippsbanen synker utslippet fra godsbiler med 18 prosent fra 2015 til 2030, og med 81 prosent innen 2050. Utslippet går imidlertid opp helt fram til 2020. Først fra 2021 vil forbedringene i kjøretøyteknologi mer enn oppveie den økte etterspørselen etter godstransport, i henhold til ultralavutslippsbanen.

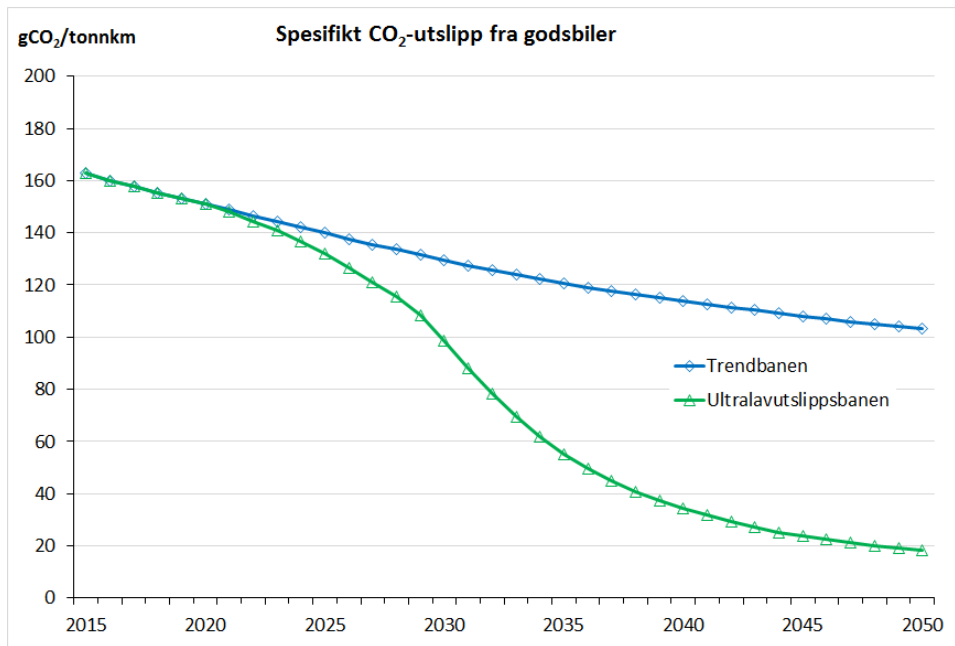


Figur 4.17 Framskrevet *CO₂-utslipp fra godstransport på vei, etter kjøretøytype. Trendbane* basert på observert tilvekst/ avgang av kjøretøy 2010-2015. Utslipp fra forbrenning av biodrivstoff er inkludert.



Figur 4.18 Framskrevet *CO₂-utslipp fra godstransport på vei, etter kjøretøytype. Ultralavutslippsbane* i samsvar med måltall i Vedlegg 1 til grunnlagsdokumentet for NTP 2018-2029. Utslipp fra forbrenning av biodrivstoff er inkludert.

Endelig vises, i Fig. 4.19, utslippet per godstonnkilometer. Denne raten går ned også i trendbanen, med 21 prosent fra 2015 til 2030 og med 37 prosent innen 2050, fordi transporten gradvis forskyves til større og mer energieffektive kjøretøy, og fordi det også i denne banen blir et økende innslag av elektriske varebiler. I ultralavutslippsbane synker utslippet per tonnkilometer med 39 prosent til 2030 og med 89 prosent til 2050.

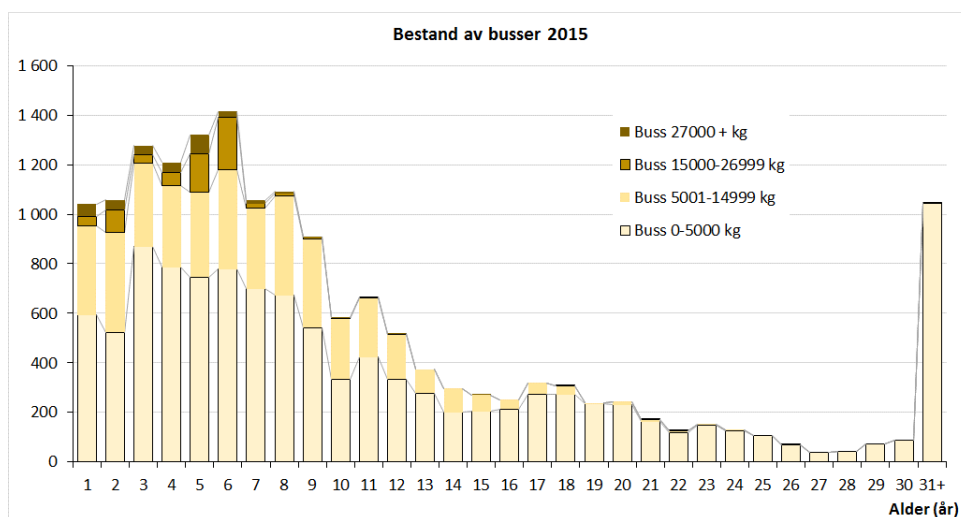


Figur 4.19 *Godsbilparkens spesifikke CO₂-utslipp 2015-2050, i to scenarier. Utslipp ved forbrenning av biodrivstoff er inkludert.*

5 Busser

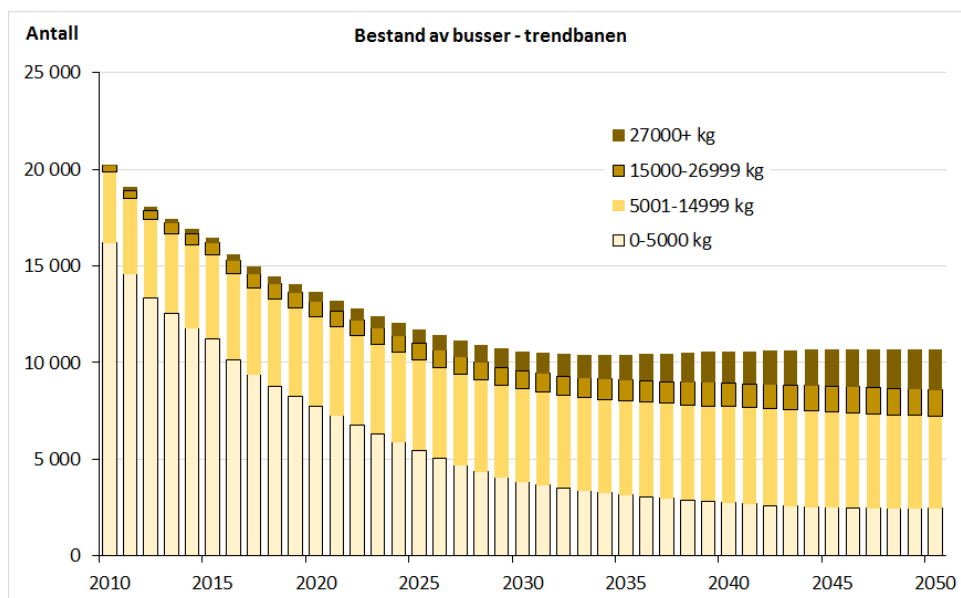
5.1 Bestand per 2015

Bestanden av busser ved utgangen av 2015 er vist i Fig. 5.1.



Figur 5.1 Registrerte busser ved utgangen av 2015, etter alder og høyeste tillatte totalvekt.

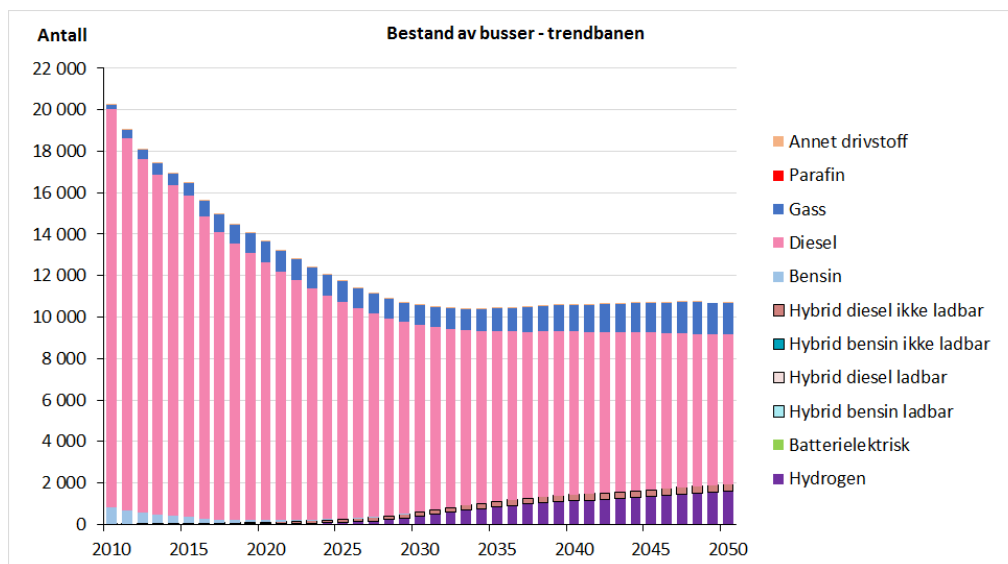
Bussbestanden er beskjeden – bare 16 484 kjøretøy per 31.12.2015, eller en halv prosent av kjøretøyparken. Bestanden har vært i klar tilbakegang de siste fem år. Det er særlig minibussene som blir færre (Fig. 5.2).



Figur 5.2 Observert og framskrevet bestand av busser, etter tillatt totalvekt. Trendbane basert på observert tilvekst/avgang av kjøretøy 2010-2015.

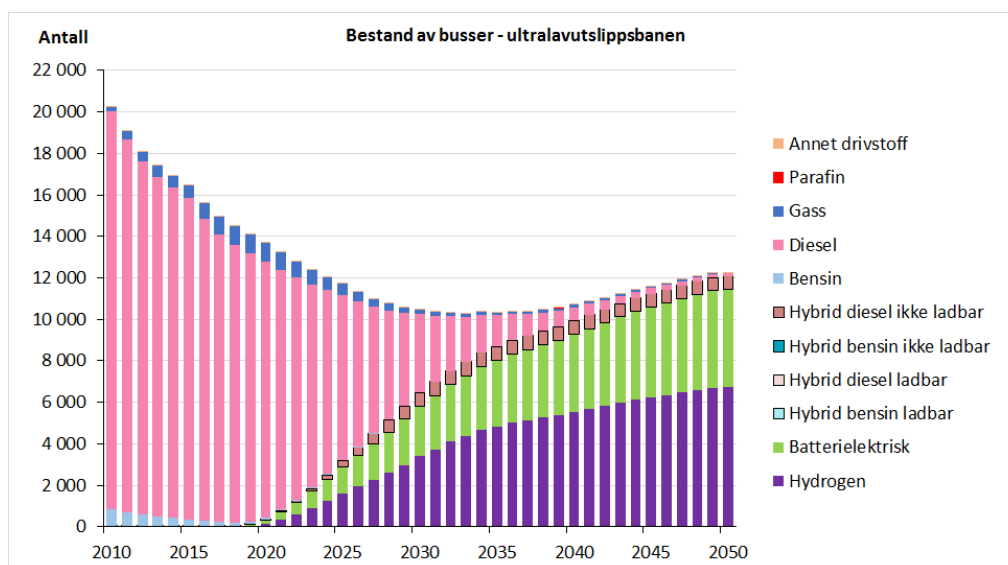
5.2 Framskriving mot 2050

De aller fleste busser er dieseldrevne. Men en økende andel busser går på biogass eller hydrogen. Bensindrift blir derimot stadig mindre vanlig (Fig. 5.3).



Figur 5.3 Observert og framskrevet bestand av busser, etter drivstoff/energibærer. *Trendbane* basert på observert tilvekst/avgang av kjøretøy 2010-2015.

I ultralavutslippsbanen øker andelen nullutslippsbusser betydelig fram mot 2030 (Fig. 5.4).

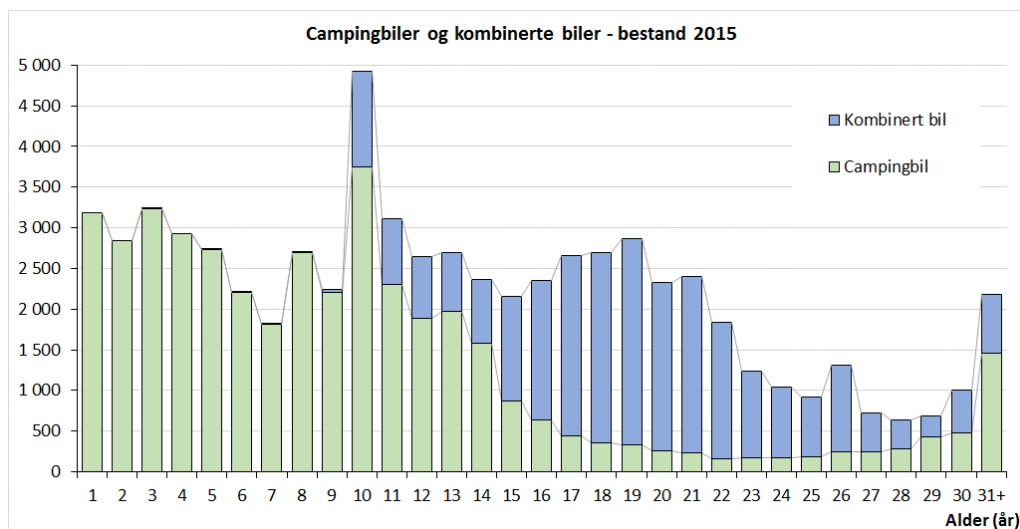


Figur 5.4 Observert og framskrevet bestand av busser, etter drivstoff/energibærer. *Ultralavutslippsbane* i samsvar med i Vedlegg 1 til grunnlagsdokumentet for NTP 2018-2029.

Siden bussene per 2015 utgjør bare 0,5 prosent av kjøretøybestanden, 0,8 prosent av trafikkarbeidet og 1,3 prosent av CO₂-utslippet fra veitrafikk, har endringene i bussbestanden forholdsvis liten betydning i klimagassregnskapet. De kan likevel bety en del for den lokale forurensingen i byene.

6 Bobiler og kombinerte biler

Bestanden av campingbiler (bobiler) og kombinerte biler per 2015 biler er vist i Fig. 6.1.



Figur 6.1 Registrerte *campingbiler* og *kombinerte biler* ved utgangen av 2015, etter alder.

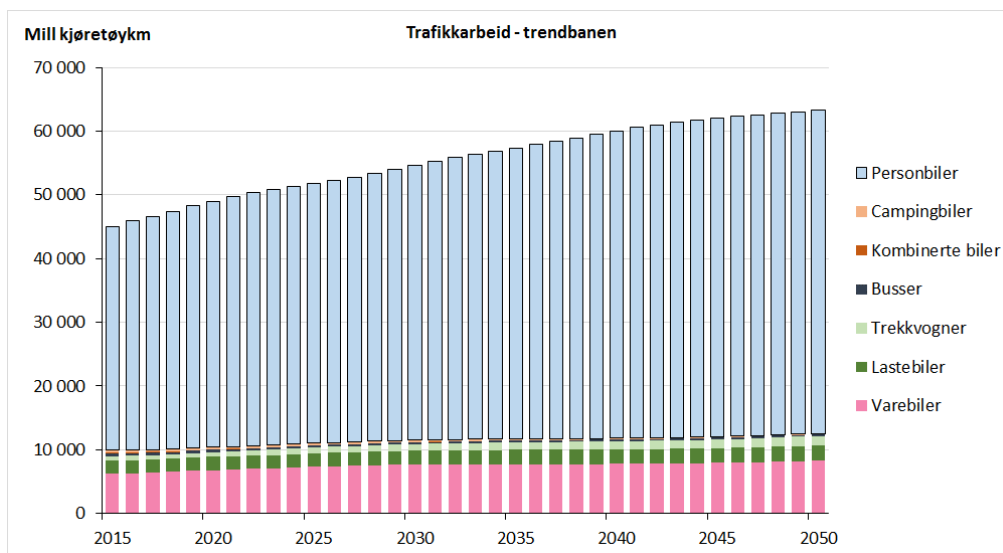
Såkalt kombinerte biler er siden 2007 ikke lenger en egen registreringsklasse. Denne kjøretøykategorien vil derfor etter hvert utfases fra bestanden. De utgjorde i 2015 ca. 26 000 kjøretøy.

Bobilene utgjorde i 2015 ca. 42 000 kjøretøy.

Til sammen utgjør disse to kjøretøygruppene en så liten del av trafikkarbeidet (1,2 prosent i 2015) og av CO₂-utslippet (1,6 prosent) at vi ikke redegjør ytterligere for dem.

7 Samlet transportomfang, energibruk og utslipp

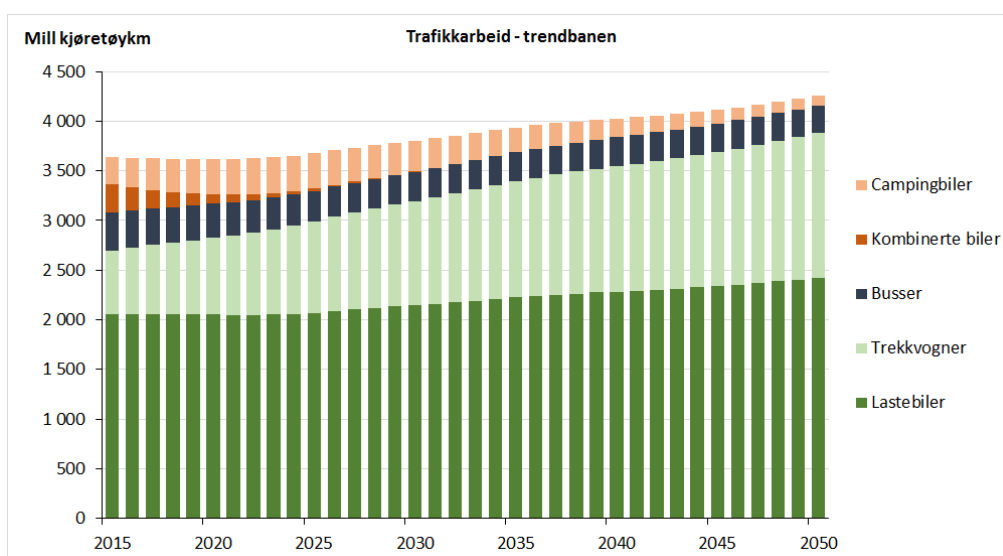
Figur 7.1 viser hvordan trafikkarbeidet i trendbanen fordeler seg på kjøretøyklasser. Økningen er 43 prosent fra 2015 til 2050. Dette reflekterer antakelsene i forarbeidene til NTP 2018-2029 om økt person- og godstransportarbeid (se Madslie et al. 2015, Hovi et al. 2015).



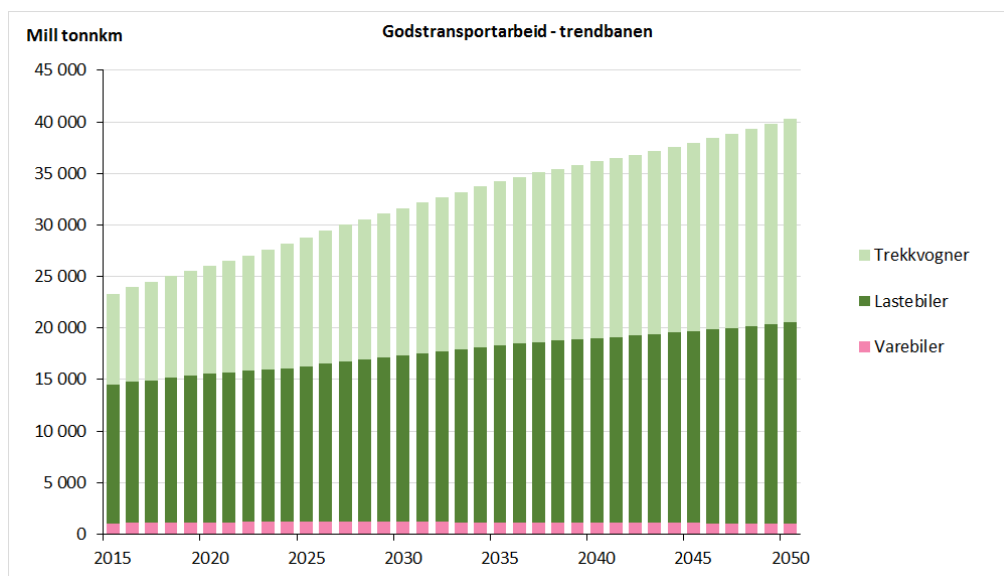
Figur 7.1 Framskrevet *trafikk*arbeid, etter kjøretøyklasse. *Trendbane* basert på observert tilvekst/ avgang av kjøretøy 2010-2015.

Personbilene dominerer. På godstransportsiden er det varebilene som tar størst plass.

Om vi ser bort fra disse to kjøretøyklassene, og zoomer inn på de øvrige, blir bildet som i Fig. 7.2. Den raskest voksende kategorien er trekkvognene med semitrailer. De kan på lang sikt komme til å overta halvparten av godstransportarbeidet på vei (Fig. 7.3).

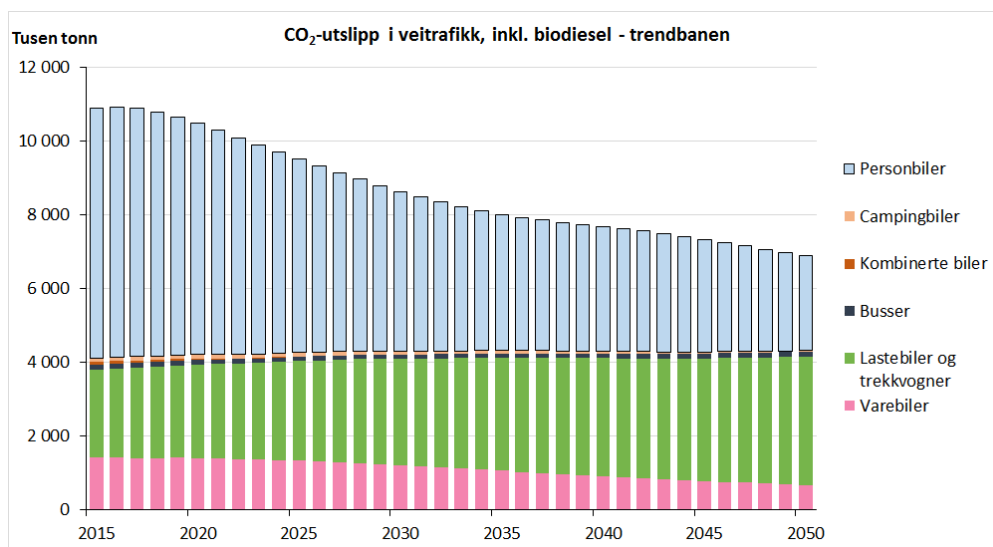


Figur 7.2 Framskrevet *trafikk*arbeid av busser, lastebiler, trekkvogner, bobiler og kombinerte biler. *Trendbane* basert på observert tilvekst/ avgang av kjøretøy 2010-2015.



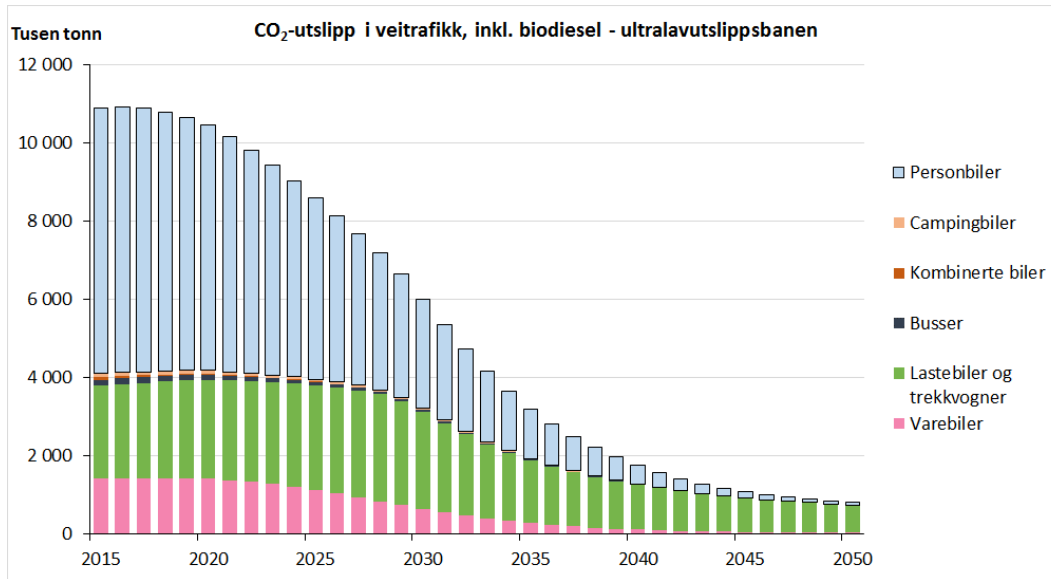
Figur 7.3 Framskrevet *godstransportarbeid*, etter kjøretøytype. *Trendbane* basert på observert tilvekst/avgang av kjøretøy 2010-2015.

Samlet CO₂-utslipp i veitrafikken (ekskl. mopeder og motorsykler) fram til 2050 i henhold til BIGs trendbane er vist i Fig. 7.4. Utslippene i 2030 er i denne banen redusert med 2,3 millioner tonn siden 2015, dvs. med 21 prosent. I forhold til 1990-nivået har utslippet likevel økt med 5 prosent. Personbilenes andel av utslippet går ned. Men utslippet fra godstrafikk øker svakt, selv om varebilene har synkende utslipp.



Figur 7.4 Framskrevet *CO₂-utslipp i veitrafikken*, etter kjøretøyklasse. *Trendbane* basert på videreføring av markedsutviklingen 2010-2015.

Utslippene i ultralavutslippsbanen vises i Fig. 7.5. Det samlede CO₂-utslippet fra kjøretøyparken beregnes å bli 4,9 millioner tonn mindre i 2030 enn i 2015. Reduksjonen utgjør 45 prosent. Sammenliknet med nivået i 1990 er nedgangen 27 prosent.



Figur 7.5 Framskrevet *CO₂-utslipp i veitrafikken*, etter kjøretøyklasse. *Ultralavutslippsbane* i samsvar med måltall i Vedlegg 1 til grunnlagsdokumentet for NTP 2018-2029.

Tallene i Fig. 7.4 og 7.5 inkluderer biodrivstoff. Om 42 prosent av all diesel solgt i 2030, eller 28 prosent av alt drivstoff til veitransport, består av 100 prosent klimanøytralt biodrivstoff, så er dette nok til at utslippsreduksjonen fra fossilt drivstoff i veitrafikk blir 40 prosent sammenliknet med 2015, også i trendbanen. Da har vi tatt hensyn til at omsetningskravet for biodrivstoff var ca. 4 prosent av drivstoffsallet allerede i 2015 (3,5 prosent i januar-september og 5,5 prosent i oktober-desember), gjennomført ved at leverandørene dette året blandet inn ca. 6,5 prosent biodrivstoff i dieselen.

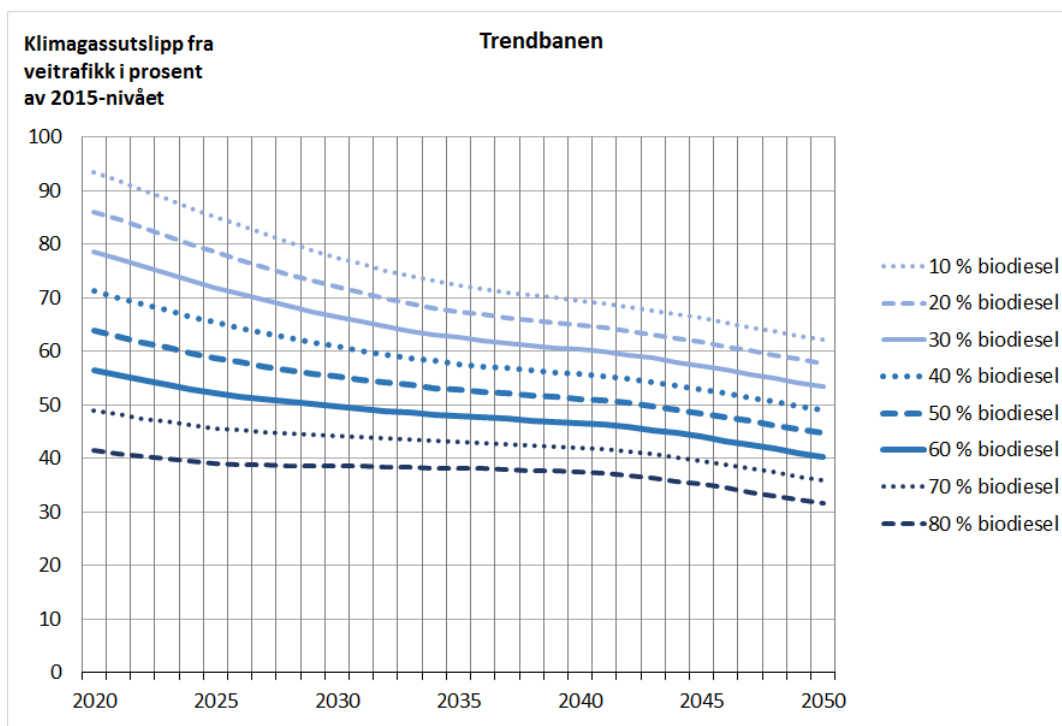
Fig. 7.6 viser, mer generelt, hvordan klimagassutslippet ekskl. forbrenning av biodrivstoff (mer presist: CO₂-utslippet fra fossile kilder) i veitrafikk vil utvikle seg i trendbanen, under ulike alternativer for innblanding eller omsetning av biodrivstoff ('biodiesel') til erstatning for fossil diesel. Kurvene legger til grunn at biodrivstoffet er 100 prosent klimanøytralt. Men effekten av f. eks. å blande inn 40 prosent biodrivstoff som er 75 prosent klimanøytralt, kan avleses langs kurven '30 % biodiesel', osv.

I Fig. 7.7 vises tilsvarende kurver gjeldende for ultralavutslippsbanen. 40 prosent innblanding av klimanøytralt biodrivstoff i all diesel vil, i henhold til denne banen, være nok til at klimagassutslippet blir 60 prosent lavere i 2030 enn i 2015.

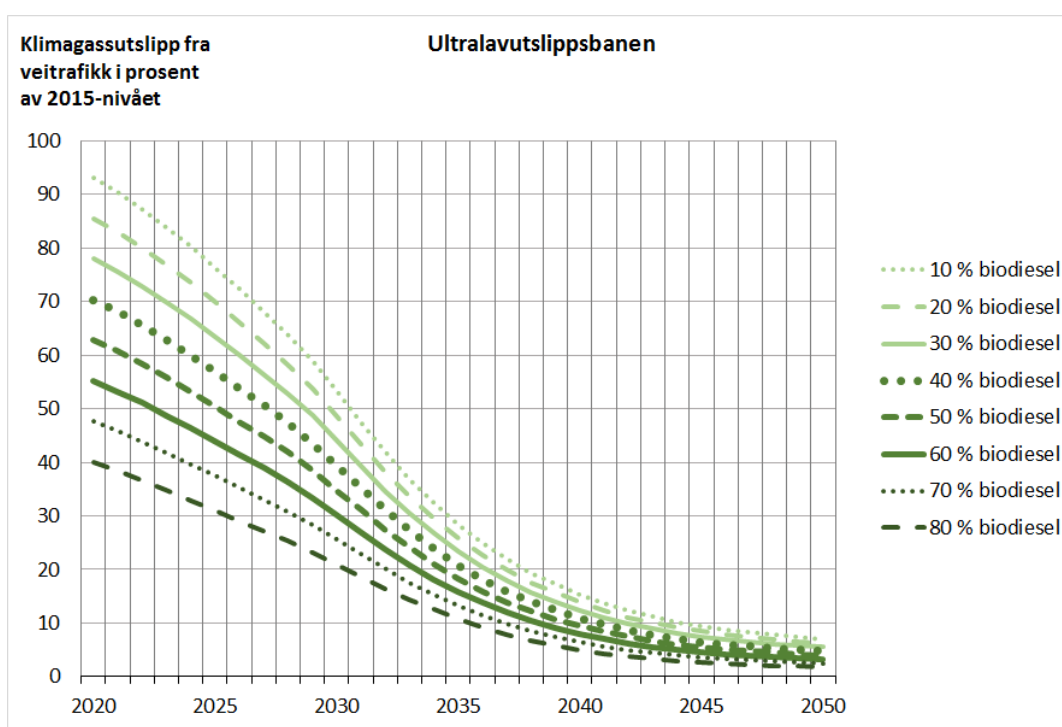
Elektriske motorer er mer energieffektive enn forbrenningsmotorer. Energiforbruket i transport vil derfor endre seg etter hvert som en del av kjøretøyparken elektrifiseres eller hybridiseres. Fig. 7.8 viser det samlede energiforbruket under trendbanen, fordelt på kjøretøyklasser. Flytende drivstoff er her omregnet til gigawattimer (GWh) vha. nøklene 9 kWh/liter for bensin og 10 kWh/liter for diesel (1 GWh = 1 million kWh).

I trendbanen synker energiforbruket med 19 prosent fra 2015 til 2050, til tross for en 41 prosents vekst i antall kjøretøykilometer.

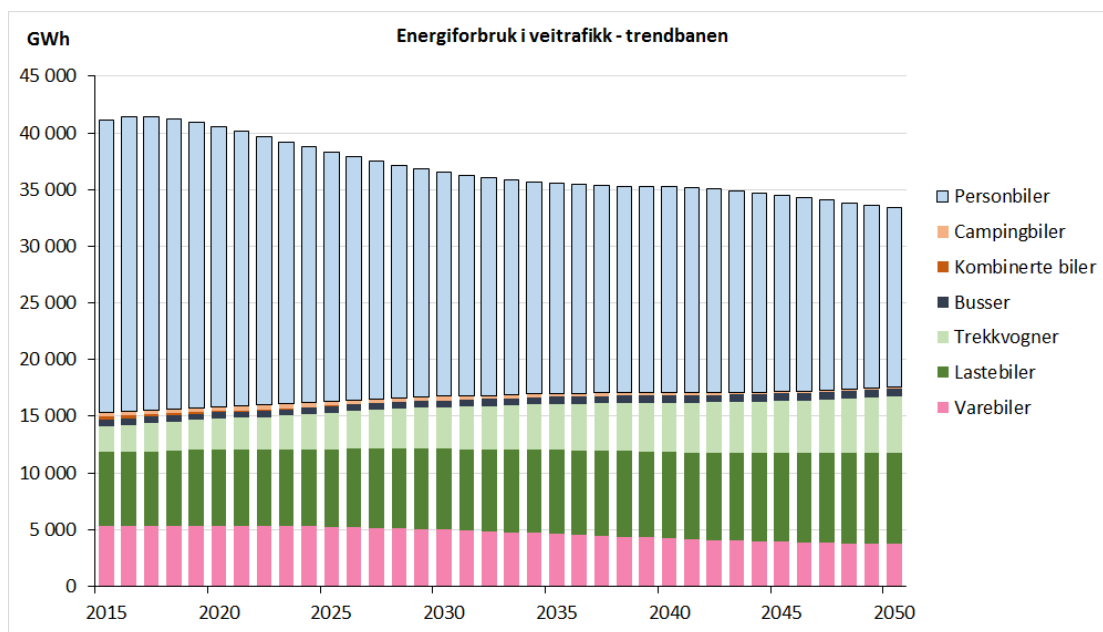
Energiforbruket under ultralavutslippsbanen er vist i Fig. 7.9. Her minker energiforbruket med 37 prosent fram til 2050. Det er personbilene som bidrar mest til nedgangen, med et kutt på 66 prosent.



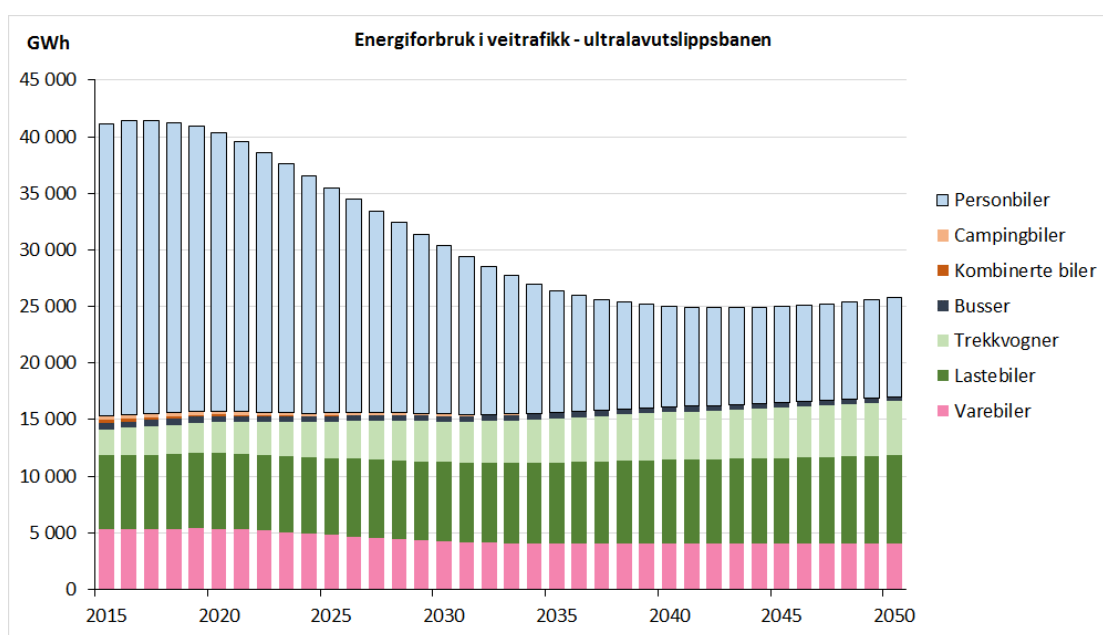
Figur 7.6 Beregnet klimagassutslipp fra veitrafikk under *trendbanen* 2020-2050, etter graden av innblanding/ omsetning av klimanøytral biodiesel.



Figur 7.7 Beregnet klimagassutslipp fra veitrafikk under *ultralavutslippsbanen* 2020-2050, etter graden av innblanding/ omsetning av klimanøytral biodiesel.



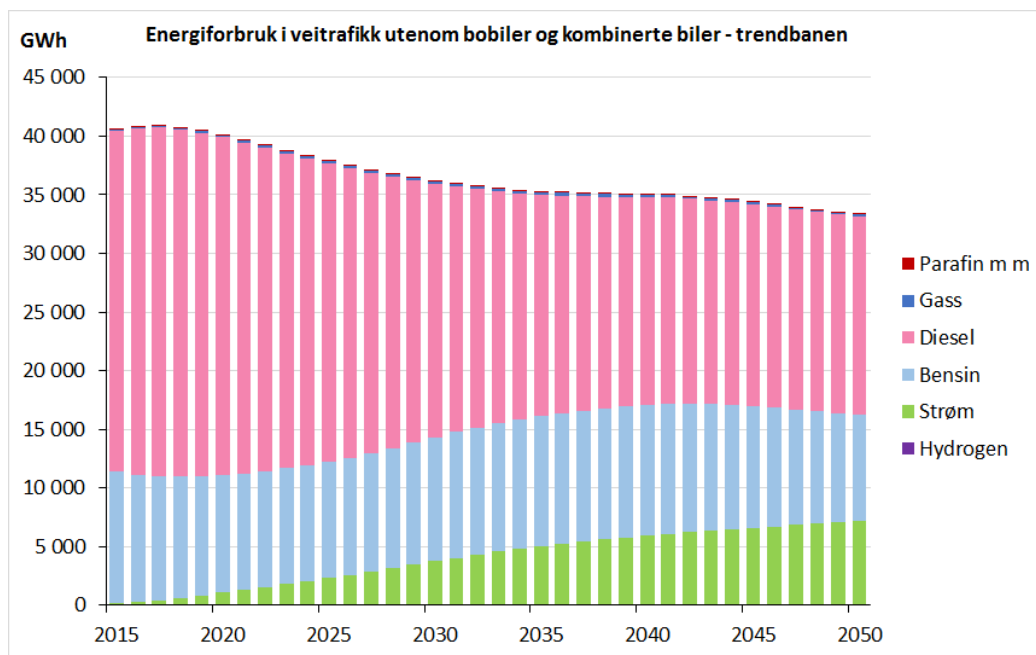
Figur 7.8 Framskrevet *energiforbruk i veitrafikken*, etter kjøretøyklasse. *Trendbane* basert på videreføring av markedsutviklingen 2010-2015.



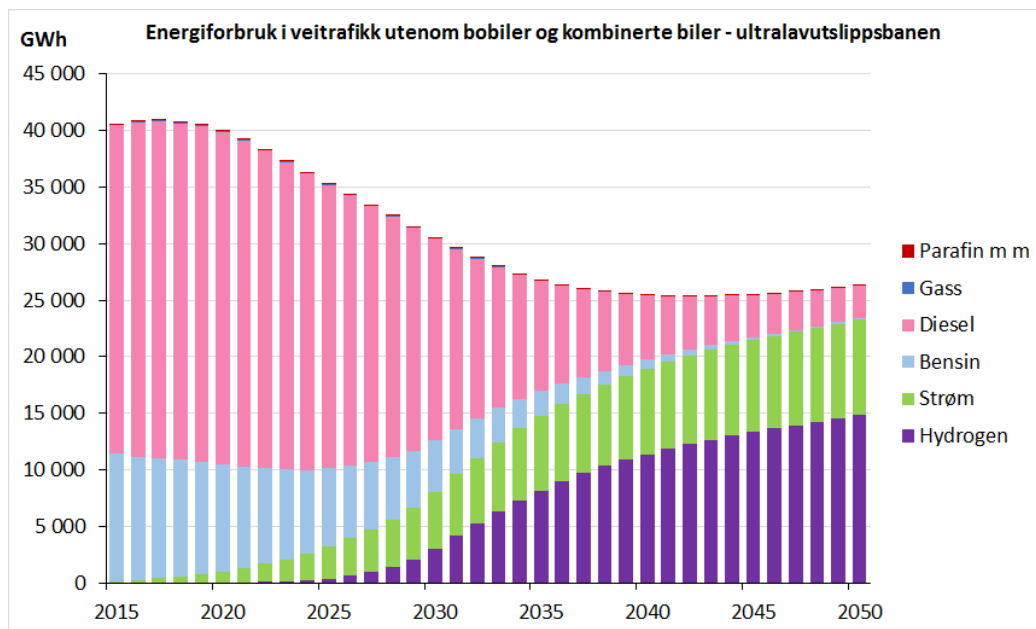
Figur 7.9 Framskrevet *energiforbruk i veitrafikken*, etter kjøretøyklasse. *Ultralavutslippsbane* i samsvar med måltall i Vedlegg 1 til grunnlagsdokumentet for NTP 2018-2029.

Fordelingen mellom energibærere framgår av Fig. 7.10 og 7.11. Mens det skjer forholdsvis liten endring i trendbanen, vil ultralavutslippsbanen innebære at strøm og hydrogen står for rundt 89 prosent av energiforsyningen til veitransport i 2050. Elektriske kjøretøy vil i denne banen legge beslag på 5,1 TWh i 2030, stigende til 8,4 TWh i 2050. De hydrogendrevne kjøretøyene vil legge beslag på anslagsvis 3,0 TWh i 2030 og 14,9 TWh i 2050, når vi – i tillegg til energiforbruket i brenselcellene – regner inn strømforbruket knyttet til elektrolyse, komprimering og distribusjon av hydrogen. Til sammen vil veitrafikken under ultralavutslippsbanen i 2050 kreve ca. 23 TWh strøm, eller rundt 17 prosent av den nåværende norske vannkraftproduksjonen i et normalår.

Til gjengjeld vil en i 2050, sammenliknet med 2015, ha spart nærmere fire milliarder liter flytende drivstoff, med et energiinnhold på ca. 37 TWh (= 37 milliarder kWh).



Figur 7.10 Framskrevet *energiforbruk i veitrafikken*, etter energibærere. *Trendbane* basert på videreføring av markedsutviklingen 2010-2015.



Figur 7.11 Framskrevet *energiforbruk i veitrafikken*, etter energibærere. *Ultralavutslippsbane* i samsvar med måltall i Vedlegg 1 til grunnlagsdokumentet for NTP 2018-2029.

8 Funn, forbehold, forutsetninger og ny forskning

8.1 Tiden det tar å fase inn ny teknologi

Med tanke på innfrielsen av vedtatte politiske mål har det en viss interesse hvor lang tid det tar før innovasjon i markedet for nye kjøretøy får tilsvarende gjennomslag i kjøretøybestanden. Dette er illustrert i Fig. 8.1 og 8.2, der vi, som eksempel, viser andelen nullutslippskjøretøy blant personbiler, varebiler og tunge godsbiler.

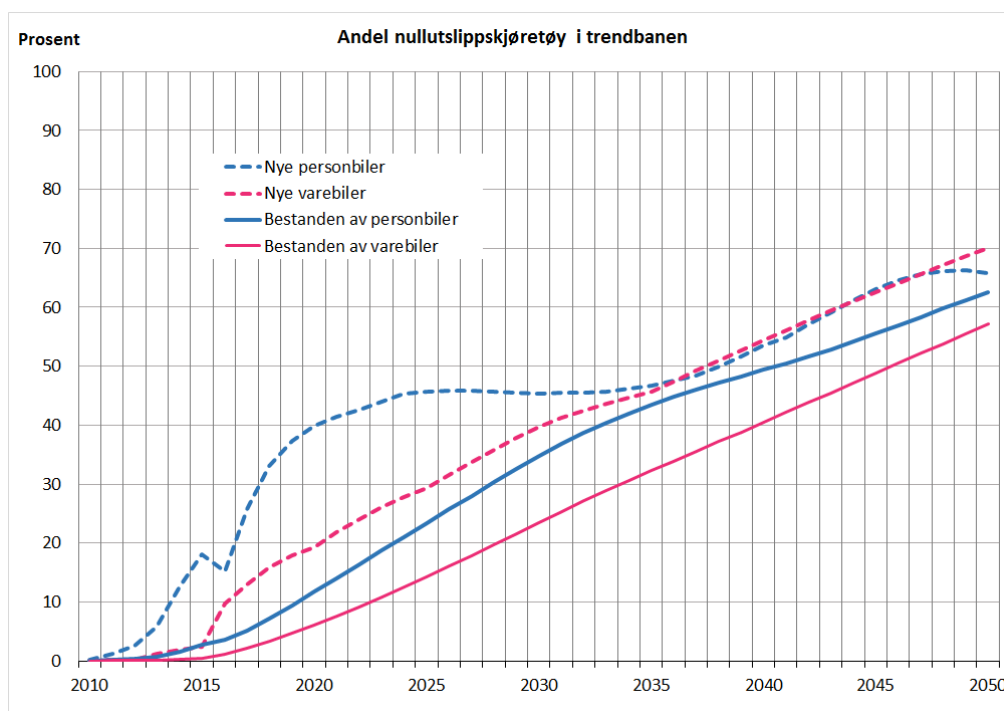


Fig. 8.1 Andel nullutslippskjøretøy i trendbanen, etter kjøretøyklasse.

I trendbanen (Fig. 8.1) ligger utviklingen i andelen nullutslipps varebiler i bestanden jevnt over 8 år etter tilsvarende andel blant nye kjøretøy. Blant personbiler er forsinkelsen mer variabel, som følge av en mindre jevn utvikling i markedet for nye nullutslippskjøretøy. På det meste er tidsforskjellen 13 år. Så lang tid tar det, i denne konkrete utviklingsbanen, fra nullutslippsbilene har 40 prosent av nybilsalget til de utgjør like stor andel av personbilbestanden.

I ultralavutslippsbanen (Fig. 8.2) varierer tidsforskjellene fra 4-5 til 12-15 år for både personbiler og varebiler. Fra det tidspunkt da nullutslippsbilene har overtatt halve markedet for nye biler, til de utgjør halvparten av bestanden, går det for begge kjøretøygrupper 7-8 år.

Tunge godsbiler med null utslipp er i ultralavutslippsbanen forutsatt å ha en svært rask vekst mellom 2025 og 2030, hvorefter markedsveksten avtar kraftig. I henhold til dette scenariet tar det 14 år før andelen nullutslippskjøretøy i bestanden blir like høy (58 prosent) som blant nye tunge godsbiler i 2030.

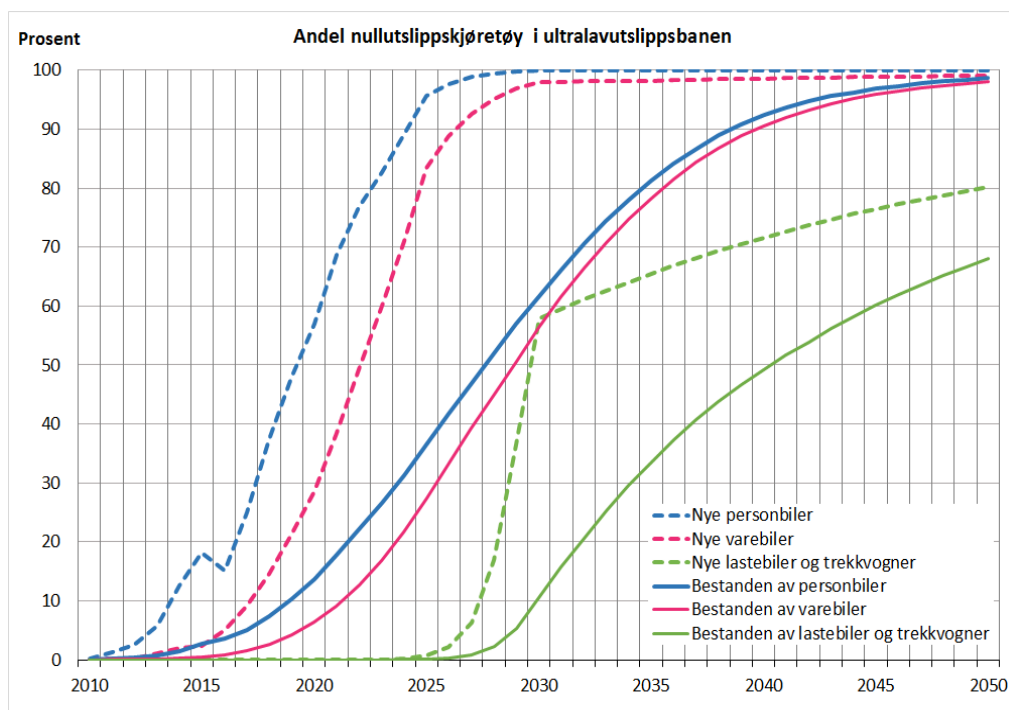


Fig. 8.2 Andel nullutslippskjøretøy i ultralavutslippsbanen, etter kjøretøyklasse.

8.2 Drivstoffkostnadselastisiteten

Ifølge beregningene med bilkjøpsmodellen vil en avgiftsøkning på 15 øre per liter bensin og 35 øre per liter diesel som foreslått for 2017 lede til en reduksjon i nye bilers gjennomsnittlige typegodkjente utslipp på 0,38 gram gCO₂/km, eller ca. 0,42 prosent. Om vi tar utgangspunkt i en drivstoffpris ekskl. moms på kr 10 i gjennomsnitt for bensin og diesel, innebærer avgiftspåslaget en prisøkning på 2,5 prosent². Elastisiteten i CO₂-utslippet med hensyn på drivstoffkostnaden per 2017 kan følgende beregnes til $-0,42/2,5 = -0,17$.

Østli et al. (2016) har tidligere, basert på nøyaktig samme modell, estimert elastisiteten til -0,05. Denne beregningen er basert på et datamateriale for årene 1996-2011 og er å tolke som representativ for det utvalget av personbiler som fantes i markedet i denne perioden. Beregningene basert på modellutvalget i 2016 gir altså mer enn tre ganger så høy elastisitet.

Den beregnede økningen i prissfølsomhet har sammenheng med at bilkjøperne i 2016-2017 har tilgang til et vesentlig større utvalg null- og lavutslippsbiler enn tilfellet var fram til 2011. Stilt overfor stigende drivstoffpriser kan bilkjøperne nå 'flykte' over til bilmodeller med særlig lavt drivstofforbruk.

En side ved insentivene rettet mot null- og lavutslippsbiler er således at drivstoffprisene får større betydning enn før. Den langsiktige, indirekte effekten via bilholdet ser nå ut til å være minst like kraftig som den kortsiktige, direkte effekten via utkjørt distanse. Den kortsiktige drivstoffpris-elastisiteten ligger trolig mellom -0,1 og -0,15 (se Fridstrøm 2016).

² Ifølge [Statistisk sentralbyrås prisstatistikk](#) var gjennomsnittlig bensinpris i september 2016 kr 13,70, dvs. kr 10,96 ekskl. moms, mens dieselprisen var kr 12,10 inkl. moms og kr 9,68 ekskl. moms.

8.3 Økt bilhold og bilbruk

Så vel i trendbanen som i ultralavutslippsbanen er tilgangen på nye kjøretøy regulert slik at transportarbeidet utvikler seg omtrent i takt med grunnprognosene for Nasjonal transportplan (NTP) 2018-2029. Avhengig av inntekts- og markedsutviklingen og av hvilke politiske tiltak som iverksettes for å begrense bilhold og bilbruk, kan trafikk- og transportarbeidet selvsagt utvikle seg annerledes enn i grunnprognosene

Én grunn til at personbiltrafikken i ultralavutslippsbanen kan være noe undervurdert, er den såkalte rebound-effekten (Schipper og Grugg 2000, Small og van Dender 2005, D'Haultefoeuille et al. 2013). Når bensin- og dieselbilene erstattes av elbiler, går energikostnaden kraftig ned, og dermed også kostnaden ved å kjøre en ekstra kilometer (marginalkostnaden). Dette vil bidra til økt bilbruk. I TEMPO-prosjektet (Fridstrøm og Alfsen 2014) ble rebound-effekten av 50 prosents lavere drivstoffkostnad per km anslått til 15 prosent økt biltrafikk på korte reiser på det sentrale Østlandet. CO₂-utslippet på korte reiser synker derfor ikke med 50 prosent, men med 42 prosent. Nyere modellberegninger (Madslie og Kwong 2015) tyder på at rebound-effekten er betydelig svakere, kanskje bare knapt halvparten så stor.

I tillegg til at det blir billigere for husholdningene å *bruke* de bilene de allerede har, kan *bilholdet* komme til å øke som følge av at brukskostnaden blir lavere. Dette vil forsterke tendensen til økt bilbruk på både korte og lange avstander.

8.4 Sammenlikning med annen statistikk

Dersom en trekker fra andelen innblandet biodrivstoff i diesel, med anslagsvis 6,5 prosent i 2015, stemmer utslippstallene for veitrafikken i 2015 (se Fig. 7.4-7.5) godt med Statistisk sentralbyrås klimaregnskap, til tross for at BIG-modellens tall framkommer gjennom summasjon av tusenvis av enkeltceller i regnearket, dvs. helt uavhengig av Byråets utslippsberegninger. Men siden Byråets tall – på 10,3 millioner tonn CO₂ i 2015 – i motsetning til BIG omfatter motorsykler og mopeder, med ca. 120 000 tonn CO₂ i året, ligger utslippstallene i BIG i realiteten et par prosent høyere enn ifølge offisiell klimastatistikk, når vi regner alt omsatt biodrivstoff som klimanøytralt. Ifølge BIG-modellens tall står dessuten personbilene for en betydelig større del av utslippene enn oppgitt av Statistisk sentralbyrå. Det kan ut fra dette se ut som om Byrådet fordeler en for stor del av dieselforbruket til godsbiler. En grundig gjennomgang av Byråets beregningsmetoder er gitt av Holmengen og Fedoryshyn (2015).

Én mulig feilkilde knytter seg til avviket mellom typegodkjent og virkelig drivstofforbruk. I BIG har vi anvendt korreksjonsfaktorer spesifikke for hvert årskull av personbiler, slik disse kan beregnes ut fra ICCTs publikasjoner (Mock et al. 2013, Tietge et al. 2015).

En annen feilkilde gjelder innenlands bruk av drivstoff kjøpt i utlandet, eller norskkjøpt drivstoff som anvendes utenlands. Tunge godsbiler kan ved grensekryssing lovlig bringe med seg inntil 600 liter drivstoff, nok til å tilbakelegge nærmere 200 mil. Dette gjelder både norskregistrerte og utenlandske kjøretøy.

En tredje feilkilde er at BIG-modellen bare omfatter norskregistrerte kjøretøy. Norske kjøretøys kjøring i utlandet vil være medregnet i den grad de inngår i datagrunnlaget for kjørelengder. På den annen side kommer utenlandske kjøretøys kjøring i Norge ikke med.

Ifølge BIG var trafikkarbeidet for personbiler 35 087 millioner kjøretøykilometer i 2015. Tallet er 1,7 prosent høyere enn oppgitt, i sum for drosjer, leiebiler og privatbiler, i TØIs statistikk for 2014 (Farstad 2015). For godsbiler regner BIG seg fram til 8971 millioner kjøretøykilometer i 2015, dvs. 3,8 prosent mindre enn oppgitt i TØIs statistikk for 2014.

8.5 Dokumentasjon

Framskrivingsmodellen inneholder en rekke parametre og omregningsfaktorer som inngår i beregningene av kjøretøybestand, trafikkarbeid, transportarbeid, energiforbruk og CO₂-utslipp.

Endringene i kjøretøybestandene år for år følger, foruten av tilgangen på nye kjøretøy, av avgangsratene beregnet på grunnlag av bestandsutviklingen 2010-2015. Det er én rate for hver celle i kjøretøymatrisen. For lastebiler, trekkvogner og personbiler har matrisene 99 rader (segment) og 31 kolonner (aldersklasser). Matrisen for busser har 44 rader (segment) og 31 kolonner (jf. avsnitt 2.2). Avgangsratene for kjøretøysegment der en har ufullstendige data, er som hovedregel satt lik ratene for dieselskjøretøy. For batterielektriske personbiler og bensindrevne hybrider har en imidlertid brukt samme rater som observert for vanlige bensinbiler.

Tilsvarende har en for kjørelengder stort sett brukt data gjeldende for dieselskjøretøy. Unntak gjelder for personbiler som går på strøm, hydrogen, gass, parafin eller 'annet drivstoff' – disse er tilordnet samme kjørelengder som bensinbiler. Men personbiler med hybriddrift er tilordnet kjørelengder som dieslbiler, hva enten forbrenningsmotoren bruker diesel eller bensin, og uavhengig av om hybridbilen er ladbar. Vurderingen har vært at disse bilene i stor grad kommer til å overta diesebilenes rolle og derfor også vil få et liknende kjøremønster.

Transportarbeidet for godsbiler følger av trafikkarbeidet (kjøretøykm) i hver celle multiplisert med en nyttelastfaktor og en faktor for kapasitetsutnyttning. Disse er fastsatt på grunnlag av data fra Lastebilundersøkelsen (LBU). For andre kjøretøysegment enn dieslbiler opererer modellen med lavere nyttelast enn for dieselskjøretøy med samme totalvekt. Vekten av batteriet er f. eks. antatt å medføre at elektriske varebiler har bare 75 prosent av diesebilens lastekapasitet. Nyttelastfaktorene er vist i Tabell 8.1, del E.

Overgangen til godsbiler med gjennomgående lavere nyttelast innebærer, med gitte kjørelengder og gitt kapasitetsutnyttning, at det trengs flere kjøretøy for å avvikle det samme godstransportarbeidet. I framskrivningene er dette tatt hensyn til ved å regulere antall nye kjøretøy hvert år, slik at en i hvert scenario får fram omtrent samme vekst i godstransportarbeidet som i grunnprognosene til NTP 2018-2029 (Hovi et al. 2015).

På tilsvarende måte har en regulert tilveksten av nye busser basert på modellens framskrivning av antall sitteplasskilometer, som kalibreres mot veksten i utreiste personkilometer med buss ifølge grunnprognosene for persontransport (Madslie et al. 2015).

Tilveksten av nye personbiler er regulert slik at trafikkarbeidet stemmer omtrentlig med grunnprognosens tall for utreiste personkilometer som bilfører.

Drivstofforbruket, slik dette er målt ved typegodkjenningen, er utregnet for de enkelte segmenter og årskull av nye personbiler på grunnlag av data om nybilsalget 1996-2016 fra Opplysningsrådet for Veitrafikken (OFV). For senere årskull enn 2016 har en lagt til grunn en viss årlig forbedring i reelt drivstofforbruk (Tabell 8.1, del F). Drivstofforbruket per kilometer antas konstant gjennom den enkelte bilens livsløp.

Reelt drivstofforbruk er beregnet ved å multiplisere typegodkjenningsverdien med en faktor hentet fra ICCTs studier om avviket mellom forbruket i virkelig trafikk og laboratoriemålinger (Tietge et al. 2015). For 2014-årskullet er faktoren 1,40, dvs. 40 prosent høyere forbruk i trafikken enn i laboratoriet. Siden CO₂-utslippet er proporsjonalt med drivstofforbruket, gjelder samme avviksfaktor for CO₂-utslipp som for drivstofforbruk.

I BIG-framskrivningen har vi, for senere årskull enn 2014, forutsatt samme faktor (1,4) som i 2014. Dette er trolig en konservativ antakelse. I skrivende stund foreligger ICCTs oppdatering for 2015 (Tietge et al. 2016). Den viser et avvik på 42 prosent for 2015-årskullet.

Tabell 8.1 Omregningsfaktorer og parametre i BIG-4.1

| Parameter | Verdi | Enhet |
|---|-------|--------------------------|
| A. Utslipps- og omregningsfaktorer | | |
| Forbrenning av bensin | 2,32 | kgCO ₂ /liter |
| Forbrenning av diesel | 2,68 | kgCO ₂ /liter |
| Forbrenning av parafin | 2,60 | kgCO ₂ /liter |
| Forbrenning av propan | 3,00 | kgCO ₂ /kg |
| Forbrenning av biogass | 0 | kgCO ₂ /kg |
| Bruk av strøm | 0 | kgCO ₂ /kWh |
| Energiinnhold i bensin | 9 | kWh/liter |
| Energiinnhold i diesel | 10 | kWh/liter |
| Energiinnhold i biogass/propan | 12,88 | kWh/kg |
| B. Relativt energiforbruk | | |
| Varebiler med bensindrift vs. diesel | 1,1 | liter/liter |
| Bensinforbruk i ladbare hybrider vs. bensindrift | 0,6 | liter/liter |
| Dieselforbruk i ladbare hybrider vs. dieseldrift | 0,6 | liter/liter |
| Bensinforbruk i ikke-ladbare hybrider vs. bensindrift | 0,8 | liter/liter |
| Dieselforbruk i ikke-ladbare hybrider vs. dieseldrift | 0,8 | liter/liter |
| Parafindrif vs. dieseldrift | 1,0 | liter/liter |
| Strømforbruk i ladbar hybrid vs. batterielektrisk drift | 0,7 | kWh/kWh |
| Energiforbruk ved batterielektrisk drift vs. dieseldrift | 0,3 | kWh/kWh |
| Energiforbruk ved hydrogendrift vs. batterielektrisk drift | 2,5 | kWh/kWh |
| Energiforbruk ved gassdrift vs. batterielektrisk drift | 3,3 | kWh/kWh |
| C. Energiforbruk i batterielektriske personbiler | | |
| 0-999 kg | 1,65 | kWh/mil |
| 1000-1199 kg | 1,71 | kWh/mil |
| 1200-1299 kg | 1,81 | kWh/mil |
| 1300-1399 kg | 1,87 | kWh/mil |
| 1400-1499 kg | 1,94 | kWh/mil |
| 1500-1599 kg | 2,00 | kWh/mil |
| 1600-1799 kg | 2,10 | kWh/mil |
| 1800-1999 kg | 2,23 | kWh/mil |
| 2000+ kg | 2,35 | kWh/mil |
| D. Energiforbruk i dieseldrevne busser etc. | | |
| 0-5000 kg | 1,000 | liter/mil |
| 5001-14 999 kg | 1,376 | liter/mil |
| 15 000-26 999 kg | 3,500 | liter/mil |
| 27 000+ kg | 4,123 | liter/mil |
| Kombinert bil | 1,145 | liter/mil |
| Campingbil | 1,150 | liter/mil |
| E. Relative nyttelastfaktorer | | |
| Batterielektrisk drift vs. dieseldrift | 0,75 | kg/kg |
| Ladbar bensinhybrid vs. bensindrift | 0,90 | kg/kg |
| Ladbar dieselhybrid vs. dieseldrift | 0,90 | kg/kg |
| Ikke-ladbar bensinhybrid vs. bensindrift | 0,95 | kg/kg |
| Ikke-ladbar dieselhybrid vs. dieseldrift | 0,95 | kg/kg |
| Hydrogendrift vs. dieseldrift | 1,00 | kg/kg |
| Gassdrift vs. dieseldrift | 0,82 | kg/kg |
| Parafindrif vs. dieseldrift | 0,67 | kg/kg |
| Annet drivstoff vs. dieseldrift | 0,67 | kg/kg |
| F. Årlig endring i spesifikt drivstofforbruk 2015-2015 | | |
| Nye personbiler med forbrenningsmotor | -0,25 | prosent/år |
| Nye varebiler med forbrenningsmotor | -0,37 | prosent/år |
| Nye lastebiler og trekkvogner med forbrenningsmotor | -0,13 | prosent/år |

For hybridbilene er avviket mellom virkelig og laboratoriemålt CO₂-utslipp usikkert. Etter alt å dømme er avviket større enn for biler med kun forbrenningsmotor (Tietge et al. 2016). Særlig gjelder dette de ladbare hybridene. Utslipet vil i stor grad avhenge av den enkelte bilførers kjøre- og lademønstre.

Av denne grunn har vi i BIG-4.1 sett bort fra typegodkjenningsverdiene for hybridbiler. I stedet anslås energiforbruk og utslipp med utgangspunkt i verdiene for bensin- eller dieslbiler i samme vektklasse. Disse ganges med en reduksjonsfaktor gitt i Tabell 8.1, del B.

For batterielektriske godsbiler og busser regner vi med et energiforbruk per kilometer som i gjennomsnitt er 30 prosent av dieselkjøretøyenes. For batterielektriske personbiler antas strømforbruket å avhenge av bilens vekt, jf. Tabell 8.1 del C. Hydrogendrevne biler antas å legge beslag på 2,5 ganger så mye energi som batterielektriske biler, dvs. 75 prosent av diesebilenes forbruk. Innbakt i dette anslaget ligger energiforbruket ved framstilling og distribusjon av hydrogen i tillegg til forbruket i brenselcellene. Det forutsettes at hydrogenet framstilles ved elektrolyse av vann.

Øvrige nøkkeltall for beregningene framgår av Tabell 8.1. Som kilde til en del av parametrene i tabellen har vi brukt Jordanger et al. (2002).

8.6 Framskrivningene er regneeksempler mer enn prognoser

Framskrivingsmodellen utnytter de observerbare forskjellene mellom kjøretøysegment og -årskull til å beregne hvordan veitrafikken vil utvikle seg, gitt at variasjonsmønstret mellom kjøretøy holder seg i all hovedsak uforandret i årene framover. Modellens forholdsvis disaggregerte struktur – med 3069 celler for personbiler og 6138 for godsbiler – gjør det mulig å fange opp en stor del av dynamikken i kjøretøyparkens utvikling.

Men framskrivingsmodellens relasjoner er i seg selv nokså mekaniske, styrt av faste koeffisienter – ett sett for hver kjøretøytype. Modellen utgjør i første rekke et regnskapssystem, som sikrer konsistens mellom tilgangen på nye kjøretøy og kjøretøyparkens sammensetning hvert enkelt år. Implisitt i modellen ligger det et sett atferdsrelasjoner, uttrykt gjennom fordelingen mellom typer av kjøretøy og bruken av disse. Som 'default', dvs. dersom annet ikke spesifiseres, er f. eks. kjørelengdene gitt gjennom faste koeffisienter knyttet til det enkelte segment og den enkelte aldersklasse av kjøretøy. En forskyvning i retning av gjennomgående større personbiler, eller flere dieslbiler på bekostning av bensinbiler, vil i modellen slå ut i økt samlet trafikkarbeid, jf. Fig. 2.5. En kan diskutere hvorvidt dette er en rimelig og troverdig representasjon av bileiernes preferanser og atferd – det er tross alt ikke bilene selv, men deres eiere og brukere, som tar beslutningene om utkjørt distanse.

Slik modellen er blitt brukt i framskrivningene under trendbanen og ultralavutslippbanen, er det tilgangen på nye kjøretøy som driver utviklingen og skaper spenn mellom de to alternativene. Alle andre parametre – vrakingsrater, kjørelengder, utslippsrater osv. – holdes i begge framskrivninger konstant innenfor den enkelte kjøretøytype. Med sikte på maksimal sammenliknbarhet er den samlede tilgangen på nye personbiler, busser og godsbiler, henholdsvis, regulert slik at modellens transport- eller trafikkarbeid i begge scenarier 'treffer' grunnprognosene i NTP 2018-2029.

Hver framskrivning er således å tolke, ikke som en spådom eller prognose, men som et regneeksempel utarbeidet på bestemte vilkår. Den politisk relevante informasjon fra modellen knytter seg vel så mye til forskjellen mellom scenariene som til den enkelte framskrivning i og for seg.

Forutsetningene om tilgangen på nye kjøretøy bygger ikke på annen input enn den som følger av grunnlagsdokumentet for NTP 2018-2029, samt forlenging av trenden 2010-2015. Modellberegningene i ultralavutslippsbanen viser i prinsippet hvordan kjøretøyparken vil utvikle seg, dersom en lykkes med å nå de målene for sammensetningen av nybilsalget som er skissert i grunnlagsdokumentet for NTP 2018-2029.

8.7 Uviss virkemiddelbruk

Men modellen sier ingenting om hvorvidt disse målene kan eller vil bli nådd, eller om hvilke virkemidler som skal til for at nullutslippsbilene skal overta praktisk talt hele personbilmarkedet i 2025. Det er uvisst hvilken virkemiddelbruk som kan gi dette resultatet, eller om slike virkemidler i det hele tatt finnes.

Enda mer usikkert er det om den internasjonale teknologiske utvikling vil gjøre det mulig å fase inn tunge godsbiler med hydrogen- eller hybriddrift i det omfang som er lagt til grunn i grunnlagsdokumentet for NTP 2018-2029, og dermed i vår ultralavutslippsbane.

Heller ikke den endring i kjøretøyparken som ligger inne i trendbanen, kan regnes som garantert. Dersom trenden i retning av stadig flere null- og lavutslippsbiler skal fortsette, forutsetter dette trolig en betydelig teknologisk innovasjon i kombinasjon med fortsatt virkemiddelbruk rettet mot det norske person- og varebilmarkedet.

8.8 Videre forskning

Vi har i ultralavutslippsbanen anslått hvilke endringer i personbilsalget som er forbundet med regjeringens forslag til avgiftsomlegging i 2017. Men siden bilkjøpsmodellen er basert på et data-materiale som ikke går lenger fram enn til juli 2011, har vi ikke hatt forsvarlig grunnlag for å beregne hvordan bilsalget vil endre seg som funksjon av bilavgiftene i flere år framover. For å kunne anslå hvilke avgiftsendringer som må til for at salget av nye personbiler fram mot til 2025 skal utvikle seg som i trendbanen eller i ultralavutslippsbanen, må en oppdatere bilkjøpsmodellen, dvs. reestimere den vha. data fram til og med 2016.

Bilkjøpsmodellen beregner de ulike bilmodellenes og segmentenes markedsandeler. Samlet nybil-salg og vraking er eksogent gitt eller basert på trendforlenging. Det er ønskelig å utfylle BIG-relasjonene med en atferdsmodell for hvordan den samlede etterspørselen etter nye og brukte personbiler avhenger av inntekts- og befolkningsutviklingen, av bilavgiftene og av tilbudet av nye bilmodeller til enhver tid.

Et tredje utviklingsområde gjelder anskaffelsen av godsbiler. Modellen inneholder foreløpig ingen relasjoner som forklarer hvordan de næringsdrivende og transportselskapene velger kjøretøy. Grunnlaget for å forutsi utviklingen i dette markedet, og hvordan markedsatferden kan påvirkes av politiske tiltak, er dermed svakt.

9 Konklusjon

Regjeringens forslag til omlegging av *engangsavgiften* for 2017 er beregnet å medføre en nedgang i nye personbilers gjennomsnittlige utslipp i henhold til typegodkjenningen med 0,99 gCO₂/km. Dersom en i tillegg tar med i regnestykket at *veibruksavgiften* på bensin går opp med 15 øre per liter og dieselavgiften med 35 øre, øker utslaget til 1,37 gCO₂/km, eller rundt halvannen prosents nedgang.

Bilkjøperne ser i 2016 ut til å ha blitt mer følsomme for endringer i drivstoffkostnadene enn tilfellet var før det kom et stort utvalg av null- og lavutslippsbiler på markedet. Stilt overfor stigende drivstoffpriser kan bilkjøperne nå 'flykte' over til bilmodeller med særlig lavt drivstofforbruk. En side ved politikken til fremme av null- og lavutslippsbiler er således at drivstoffavgiftene er blitt et mer effektivt klimavirkemiddel. Den langsiktige, indirekte effekten via bilkjøpernes valg av bilmodell ser nå ut til å være minst like kraftig som den kortsiktige, direkte effekten via utkjørt distanse. Det er synergi mellom engangsavgiften og drivstoffavgiftene; de forsterker hverandre.

Langsiktige framskrivinger med TØIs modell for kjøretøyparken (BIG) viser at dersom en lykkes med å nå målene for omsetning av nye kjøretøy i 2025 og 2030, slik disse framgår av grunnlagsdokumentet for NTP 2018-2029, vil dette være tilstrekkelig til at CO₂-utslippet fra kjøretøyparken blir 4,9 millioner tonn, eller 45 prosent, lavere i 2030 enn i 2015, til tross for at persontrafikken er beregnet å øke med 20 prosent og godstrafikken med 25 prosent. Sammenliknet med nivået i 1990 vil nedgangen i CO₂-utslippet være 27 prosent.

Utviklingen i denne *ultralavutslippsbanen* forutsetter at det kun omsettes utslippsfrie personbiler fra 2025. Det samme skal gjelde de nye bybussene, og fra 2030 også alle de nye varebilene, tre fjerdedeler av de nye langdistansebussene og halvparten av de nye tunge lastebilene.

Under noe mindre radikale forutsetninger, konkret at markedsandelene for nye kjøretøy utvikler seg omtrent i samsvar med trenden 2010-2015, beregnes CO₂-utslippet fra veitrafikk å bli redusert med 2,3 millioner tonn, eller 21 prosent, fra 2015 til 2030. Utslippet i 2030 blir likevel 5 prosent høyere enn i 1990. Da er utslippet ved forbrenning av biodrivstoff medregnet. Dersom vi tenker oss et 100 prosent klimanøytralt biodrivstoff, og ser for oss at dette utgjør 42 prosent av all diesel solgt i 2030, eller 28 prosent av alt drivstoff til veitrafikk, vil dette ifølge *trendbanen* være nok til at CO₂-utslippet fra fossilt drivstoff i veitrafikk blir 40 prosent lavere i 2030 enn i 2015.

Forbedringen i bensin- og dieselbilenes energieffektivitet og utslipp forventes i årene framover å bli beskjedne. Utslippene fra personbiler synker betydelig langsommere i virkelig trafikk enn i laboratoriet. Det er det økende innslaget av nullutslippskjøretøy som ligger bak det alt vesentlige av den beregnede utslippsnedgangen fra personbiler. Det samme gjelder i utstrakt grad for gods-bilene. Modellberegningene illustrerer at det, selv under optimistiske forutsetninger, vil ta tid før utslippet går ned, da kjøretøyparken er en treg masse. Utskifting av kjøretøyene skjer gradvis og langsomt. En vil derfor ikke under noen omstendighet kunne ha en tilnærmet fossilfri veitrafikk allerede i 2030.

Selv om utslippskurvene i ultralavutslippsbanen peker pent nedover, må framskrivingene ikke tolkes dithen at et mål om 40 eller 50 prosents reduksjon i CO₂-utslippet fra veitrafikk mellom 2015 og 2030 er lett oppnåelig. En slik utvikling vil bare bli realisert dersom bilkjøperne i de nærmeste 10-15 år i overveiende grad går over til å velge nullutslippskjøretøy. Det er et åpent spørsmål om myndighetene har sterke nok virkemidler til å styre kjøpsatferden i denne retningen.

Dersom det i årene fram mot 2025 eller 2030 skulle finne sted en rivende teknologisk utvikling, som gjør batteridrevne personbiler og hydrogendrevne godsbiler konkurransedyktige overfor nær sagt alle kjøpergrupper også uten skattemessig favorisering, vil sannsynligheten for at målene kan nås, øke. Forutsetningene i ultralavutslippsbanen må således sies å være utpreget teknologioptimistiske.

Alternativt må en tenke seg at null- og lavutslippskjøretøyene oppnår markedsdominans ved hjelp av skatteinsentiver og regulatoriske tiltak. For personbilene er det kanskje ikke så langt fram, men for de tunge godsbilene er kostnadsforskjellene som må overvinnes, foreløpig svært betydelige. En må her dessuten ta hensyn til at markedet for godstransport og godskjøretøy i stor grad er internasjonalt. Det gir begrenset spillerom for bruk av særnorske virkemidler.

Referanser

- D'Haultfoeuille X, Givord P og Boutin X (2013). The Environmental Effect of Green Taxation: The Case of the French Bonus/Malus. *The Economic Journal* **124**: F444-F480.
- Farstad E (2015). *Transportytelser i Norge 1946-2014*. TØI-rapport [1454](#), Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Figenbaum E og Kolbenstvedt M (2016). *Learning from Norwegian Battery Electric and Plug-in Hybrid Vehicle Users. Results from a survey of vehicle owners*. TØI-rapport [1492](#), Transportøkonomisk institutt, Oslo
- Fridstrøm L (2016): Drivstoffavgifter. www.tiltakskatalaog.no.
- Fridstrøm L og Alfsen K H (red.) (2014): *Vegen mot klimavennlig transport*. TØI-rapport [1321](#), Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Fridstrøm L, Steinsland C og Østli V (2014): Engangsavgiften for personbiler. S. 92-106 i Fridstrøm og Alfsen (2014).
- Fridstrøm L, Østli V og Johansen K W (2013): *Vrakpant som klimatiltak*. TØI-rapport [1292](#), Transportøkonomisk institutt, Oslo..
- Fridstrøm L, Østli V og Johansen K W (2016): A stock-flow cohort model of the national car fleet. *European Transport Research Review* **8**: 22. doi.org/10.1007/s12544-016-0210-z.
- Fridstrøm L og Østli V (2014): *Ressursøkonomisk regnskap for elektrifisering av bilparken*. TØI-rapport [1350](#), Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Fridstrøm L og Østli V (2016): The vehicle purchase tax as a climate policy instrument. Kommer i *Transportation Research Part A: Policy and Practice*.
- HBEFA (2009): *Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs*. Publisert som programvare på CD-ROM. Infrac AG, Bern. Tilgjengelig her: www.hbefa.net
- Holmengen N og Fedoryshyn N (2015). Utslipp fra veitrafikken i Norge. Dokumentasjon av beregningsmetoder, data og resultater. Notater 2015/22, Statistisk sentralbyrå, Oslo–Kongsvinger .
- Hovi I B, Caspersen E, Johansen B G, Madslie A og Hansen W (2015): *Grunnprognoser for godstransport til NTP 2018-2027*. TØI-rapport [1393](#), Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Innst. 401 S (2015-2016). [Innstilling fra energi- og miljøkomiteen om Kraft til endring – Energipolitikken mot 2030](#). Stortinget, Oslo.
- Jordanger E, Møller-Holst S, Maurstad O og Brevik D A (2002): Hydrogen som energibærer. Energi og utslippsregnskap for utvalgte energikjeder. [Teknisk rapport A5713](#), SINTEF Energiforskning AS, Trondheim.
- Madslie A og Kwong C K (2015): *Klimagasseffekt ved ulike tiltak og virkemidler i samferdselssektoren – transportmodellberegninger*. TØI-rapport [1427](#), Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Madslie A, Steinsland C og Kwong C K (2015): *Grunnprognoser for persontransport 2014-2050*. TØI-rapport [1362](#), Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Mock P, German J, Bandivadekar A, Riemersma I, Ligterink N og Lambrecht U (2013): [From laboratory to road. A comparison of official and 'real-world' fuel consumption and CO2 values for cars in Europe and the United States](#). ICCT, Berlin.
- Prop. 1 LS (2016-2017). [Proposisjon til Stortinget. Skatter avgifter og toll 2017](#). Finansdepartementet, Oslo.
- Ragnøy A (1999). *BIG. Bilgenerasjonsmodell versjon 1*. TØI-rapport 427, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Schipper L og Grugg M (2000). On the rebound? Feedback between energy intensities and energy uses in IEA countries. *Energy Policy* **28**: 367-388
- Skattedirektoratet (2016). [Engangsavgift 2016](#). Særavgiftsseksjonen, Oslo.

- Small K og van Dender K (2005). The Effect of Improved Fuel Economy on Vehicle Miles Travelled: Estimating the Rebound Effect Using U.S. State Data, 1966-2001. University of California Energy Institute: Policy & Economics. Tilgjengelig her: <http://escholarship.org/uc/item/1h6141nj#page-36>
- Steinsland C, Østli V og Fridstrøm L (2016). *Equity effects of automobile taxation*. TØI-rapport 1463, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Straume A (2013). [Introduksjon til EFFEKT. Nytte-kostnadsanalyse av veg- og trafikktiltak](#). Foredrag ved Teknologidagene i Statens vegvesen, Trondheim 24.10.2013.
- Tietge U, Zacharof N, Mock P, Franco V, German J, Bandivadekar A, Ligterink N og Lambrecht U (2015): [From laboratory to road: A 2015 update of official and 'real-world' fuel consumption and CO₂ values for passenger cars in Europe](#). ICCT, Berlin.
- Tietge U, Díaz S, Mock P, German J, Bandivadekar A og Ligterink N (2016): [From laboratory to road: A 2016 update of official and 'real-world' fuel consumption and CO₂ values for passenger cars in Europe](#). ICCT, Berlin.
- Transportetatene (2016). Grunnlag for klimastrategi. Nasjonal transportplan 2019-2029. [Vedlegg 1](#).
- Østli V, Fridstrøm L, Johansen K W og Tseng Y (2016): A Generic Discrete Choice Model of Automobile Purchase. Kommer i *European Transport Research Review*.

Vedlegg 1: Framskrivingsmodellens matematiske struktur

La $A_{i,j}^{m,n}$ ($i = 1, 2, \dots, I^m$; $j = 1, 2, \dots, J$; $m = 1, 2, \dots, M$; $n = 2010, 2011, \dots, N$) betegne antall registrerte kjøretøy i segment i av klasse m som er i sitt j -te leveår ved utgangen av år n . Med første leveår skal vi mene det kalenderåret da kjøretøyet ble registrert første gang, annet leveår er det neste kalenderåret, og så videre.

La dessuten $a_{i,j}^{m,n}$ betegne endringen i bestanden fra år $n-1$ til år n , altså slik at

$$(1) \quad A_{i,j+1}^{m,n+1} = A_{i,j}^{m,n} + a_{i,j+1}^{m,n+1} = A_{i,j}^{m,n} [1 + \alpha_{i,j+1}^{m,n+1}] \quad (j = 1, 2, \dots, J),$$

hvor vi har definert *overgangsratene* $[1 + \alpha_{i,j+1}^{m,n+1}]$ og *endringsratene*

$$(2) \quad \alpha_{i,j+1}^{m,n+1} = a_{i,j+1}^{m,n+1} / A_{i,j}^{m,n} \quad (i = 1, \dots, I^m; j = 1, \dots, J; m = 1, \dots, M; n = 2010, \dots, N)$$

De fleste kjøretøy overlever til neste år, men noen faller fra, på grunn av vraking, eksport eller annen avregistrering. På den annen side kan noen kjøretøy komme til, også i de eldre aldersklasser, på grunn av bruktimport eller gjenregistrering av kjøretøy som har vært avskiltet. Andelen $\alpha_{i,j+1}^{m,n+1}$ utgjør nettoen av alle disse bruttostrømmene.

I de fleste aldersklasser vil endringsraten være negativ og overgangsraten mindre enn 1, fordi summen av vraking, brukteksport og annen avregistrering overstiger summen av bruktimport og gjenregistrering.

I de fleste anvendelser av modellen vil vi legge til grunn at endringsratene er stabile over tid, dvs.

$$(3) \quad \alpha_{i,j}^{m,n} = \alpha_{i,j}^m \quad \forall i, j, m, n.$$

De varierer imidlertid med kjøretøyklasse (m), segment (i) og alder (j).

Nest øverste aldersklasse er $j = 30$ år. Kjøretøy 31 år og over regnes som øverste aldersklasse ($j = J = 31$).

Fra motorvognregistret (Autosys) har vi, for hver kjøretøyklasse m , trukket ut seks års bestander $A_{i,j}^{m,2010}, A_{i,j}^{m,2011}, A_{i,j}^{m,2012}, A_{i,j}^{m,2013}, A_{i,j}^{m,2014}, A_{i,j}^{m,2015}$, hver av dem fordelt på segment og alder.

Endringsratene kan da, under restriksjonen (3), for alle m og i beregnes som det veide gjennomsnittet av endringsandelene de enkelte år, gitt ved

$$(4) \quad \hat{\alpha}_{i,j}^m = \frac{a_{i,j}^{m,2011} + a_{i,j}^{m,2012} + a_{i,j}^{m,2013} + a_{i,j}^{m,2014} + a_{i,j}^{m,2015}}{A_{i,j-1}^{m,2010} + A_{i,j-1}^{m,2011} + A_{i,j-1}^{m,2012} + A_{i,j-1}^{m,2013} + A_{i,j-1}^{m,2014}} \quad (j = 2, 3, \dots, 30)$$

der alle $a_{i,j}^{m,n}$ følger av likning (1).

I hver ende av aldersspektret ($j = 1$ og $j = 31$) må endringsratene defineres og beregnes på en litt annen måte. Vi definerer

$$(5) \quad \alpha_{i,1}^{m,n+1} = \frac{A_{i,1}^{m,n+1}}{\sum_{j=1}^J A_{i,j}^{m,n}}, \quad \alpha_{i,31}^{m,n+1} = \frac{A_{i,31}^{m,n+1}}{A_{i,30}^{m,n} + A_{i,31}^{m,n}} - 1$$

og beregner de empiriske motstykkene

$$(6) \quad \hat{\alpha}_{i,1}^m = \frac{\sum_{n=2010}^{2014} A_{i,1}^{m,n+1}}{\sum_{n=2010}^{2014} \sum_{j=1}^J A_{i,j}^{m,n}}, \quad \hat{\alpha}_{i,31}^m = \frac{\sum_{n=2010}^{2014} A_{i,31}^{m,n+1}}{\sum_{n=2010}^{2014} [A_{i,30}^{m,n} + A_{i,31}^{m,n}]} - 1.$$

Nyeste kohort av kjøretøy beregnes som en andel av den samlede bestand ved utgangen av året før, dvs. summert over alle aldersklasser, innenfor samme kjøretøyklasse og segment.

Endringsraten i eldste aldersklasse beregnes ved å legge summen av eldste og nesteldste aldersklasse året før til grunn.

Når endringsratene er gitt, kan en beregne 'overlevelseskurver'. Siden vi i modellen ikke skiller mellom ulike typer tilgang og avgang, vil 'overlevelseskurvene' summere opp så vel vraking som bruktimport og -eksport og annen på- og avskilting. 'Overlevelse' er således å forstå som overlevelse i den norskregistrerte kjøretøyparken.

I noen tilfeller kan 'overlevelsen' være større enn 100 prosent, f. eks. dersom kjøretøykohortene øker i størrelse på grunn av bruktimport. Tilsvarende vil gjelde når vi beregner kjøretøyenes forventede levealder. Vi bruker derfor i det følgende bruke den mer nøytrale betegnelse 'overgangsrater'. Disse er gitt ved

$$(7) \quad \xi_{i,j}^m = 1 + \alpha_{i,j}^m.$$

De kumulative overgangsraterne er gitt ved

$$(8) \quad \pi_{i,k}^m = \prod_{j=1}^k \xi_{i,j}^m = \prod_{j=1}^k [1 + \alpha_{i,j}^m] \quad (i = 1, 2, \dots, I^m; k = 1, 2, \dots, 31).$$

Forventet 'levealder' i segment i av kjøretøyklasse m kan da beregnes som

$$(9) \quad \Psi_i^m = \pi_{i,1}^m + \sum_{k=2}^{30} k [\pi_{i,k}^m - \pi_{i,k-1}^m] + k^* [\pi_{i,31}^m - \pi_{i,30}^m] \quad (i = 1, 2, \dots, I^m),$$

der vi har satt gjennomsnittsalderen på veterankjøretøyene til $k^* = 40$ år.

La $f_{i,j}^{m,n}$ betegne det samlede drivstofforbruket i segment i og aldersklasse j av kjøretøyklasse m i år n , la tilsvarende $\varphi_{i,j}^{m,n}$ stå for det gjennomsnittlige, reelle drivstofforbruket per kilometer, og la $g_{i,j}^{m,n}$ betegne den gjennomsnittlige årlige kjørelengden. Vi forutsetter

$$(10) \quad \varphi_{i,j}^{m,n} = \varphi_{i,j-1}^{m,n-1}, \quad g_{i,j}^{m,n} = g_{i,j}^{m,n-1},$$

altså at drivstofforbruket er kohortavhengig, men ikke endrer seg når bilen blir eldre. Kjørelengdene er på den annen side antatt å være aldersbestemt, men like på tvers av kohorter.

Om vi multipliserer den årlige kjørelengden i hver aldersklasse med gjennomsnittet av bestandene ved starten og utgangen av året, kan samlet drivstofforbruk i kjøretøyklasse m i år n beregnes slik:

$$(11) \quad F^{m,n} = \sum_{i=1}^{I^m} \sum_{j=1}^{31} f_{i,j}^{m,n} = \sum_{i=1}^{I^m} \sum_{j=1}^{31} \varphi_{i,j}^{m,n} g_{i,j}^{m,n} [A_{i,j-1}^{m,n-1} + A_{i,j}^{m,n}] / 2,$$

der vi har definert $A_{i,0}^{m,n} \equiv 0 \quad \forall i, m, n$.

Om vi lar γ_i^m betegne antall kilo CO₂ som slippes ut ved forbrenning av én liter drivstoff av den type som anvendes i kjøretøysegment i av klasse m , så er CO₂-utslippet i denne kjøretøyklassen i år n gitt ved

$$(12) \quad C^{m,n} = \sum_{i=1}^{I^m} \gamma_i^m \sum_{j=1}^{31} f_{i,j}^{m,n} = \sum_{i=1}^{I^m} \gamma_i^m \sum_{j=1}^{31} \varphi_{i,j}^{m,n} g_{i,j}^{m,n} [A_{i,j-1}^{n-1} + A_{i,j}^n] / 2.$$

I beregningene har vi satt $\gamma_i^m = 2.32$ kgCO₂/liter for kjøretøy med bensinmotor, $\gamma_i^m = 2.68$ kgCO₂/liter for kjøretøy med dieselmotor og $\gamma_i^m = 0$ for batteri- og hydrogendrevne kjøretøy.

Vedlegg 2: Tabeller

Kjøretøyparkens utvikling i trendbanen er vist i Tabell A.1 til A.15. *Kjøretøybestanden* er beskrevet i Tabell A.1 til A.9. *Trafikkarbeidet* (antall kjøretøykilometer) står i Tabell A.10 til A.13. *Godsbilenes gjennomsnittlige totalvekt* er beregnet i Tabell A.14. Kjøretøyparkens *CO₂-utslipp* står i Tabell A.15.

Tilsvarende tall beregnet i ultralavutslippsbanen står i Tabell B.1 til B.15.

Kjøretøyparken, slik den her er definert, omfatter personbiler, varebiler, lastebiler, trekkvogner, busser, campingbiler (bobiler) og kombinerte biler – m.a.o. praktisk talt alle motorkjøretøy med fire eller flere hjul som trafikkerer veinettet. Motorsykler og mopeder inngår ikke i tallene, heller ikke traktorer, tilhengere, snøscootere, beltevogner eller andre kjøretøy som ikke primært er beregnet på å benytte veinettet.

Varebiler er godsbiler under 3,5 tonn totalvekt. *Tunge godsbiler* består av *lastebiler* og *trekkvogner* med tillatt totalvekt over 3,5 tonn. *Lette kjøretøy* består av personbiler og varebiler. Kategorien *tunge kjøretøy* utgjøres av tunge godsbiler, busser, bobiler og kombinerte biler.

Parafin er i diagrammene foran i rapporten skilt ut som egen drivstoffkategori. I tabellene inngår imidlertid parafin i kategorien 'Annet drivstoff'.

Tabell A.1 Kjøretøybestand ved utgangen av året, etter størrelse og anvendelse. Trendbanen

| År | I alt | Tunge kjøretøy | Lette kjøretøy | Persontransport | Godstransport |
|------|-----------|----------------|----------------|-----------------|---------------|
| 2010 | 2 841 066 | 170 331 | 2 670 735 | 2 391 655 | 449 411 |
| 2015 | 3 162 858 | 154 264 | 3 008 594 | 2 663 610 | 499 248 |
| 2020 | 3 373 149 | 138 878 | 3 234 271 | 2 836 183 | 536 966 |
| 2025 | 3 558 839 | 132 465 | 3 426 375 | 2 982 179 | 576 661 |
| 2030 | 3 744 232 | 128 005 | 3 616 227 | 3 139 962 | 604 270 |
| 2035 | 3 931 161 | 122 292 | 3 808 869 | 3 314 985 | 616 176 |
| 2040 | 4 119 752 | 113 949 | 4 005 803 | 3 498 457 | 621 295 |
| 2045 | 4 302 419 | 105 447 | 4 196 971 | 3 668 239 | 634 179 |
| 2050 | 4 449 272 | 98 769 | 4 350 503 | 3 789 005 | 660 267 |

Tabell A.2 Kjøretøybestand ved utgangen av året, etter kjøretøyklasse. Trendbanen

| År | Varebiler | Lastebiler | Trekkvogner | Busser | Kombinerte biler | Campingbiler | Personbiler |
|------|-----------|------------|-------------|--------|------------------|--------------|-------------|
| 2010 | 376 286 | 66 042 | 7 083 | 20 258 | 48 347 | 28 601 | 2 294 449 |
| 2015 | 430 170 | 60 572 | 8 506 | 16 484 | 26 416 | 42 286 | 2 578 424 |
| 2020 | 475 678 | 51 232 | 10 056 | 13 656 | 11 267 | 52 668 | 2 758 593 |
| 2025 | 515 494 | 49 183 | 11 984 | 11 737 | 3 940 | 55 621 | 2 910 881 |
| 2030 | 542 128 | 48 343 | 13 799 | 10 586 | 889 | 54 388 | 3 074 099 |
| 2035 | 552 762 | 47 919 | 15 495 | 10 427 | 146 | 48 305 | 3 256 107 |
| 2040 | 556 363 | 48 027 | 16 905 | 10 596 | 5 | 38 416 | 3 449 440 |
| 2045 | 567 368 | 48 556 | 18 255 | 10 689 | 1 | 27 946 | 3 629 604 |
| 2050 | 590 971 | 49 506 | 19 790 | 10 688 | 0 | 18 785 | 3 759 532 |

Tabell A.3 Bestand av personbiler ved utgangen av året, etter drivstoff/energibærer. Trendbanen

| År | Bensin | Diesel | Batteri | Ladbar hybrid | Ikke-ladbar hybrid | Hydrogen | Gass | Annet drivstoff |
|------|-----------|-----------|-----------|---------------|--------------------|----------|------|-----------------|
| 2010 | 1 492 704 | 799 521 | 2 068 | 0 | 85 | 19 | 27 | 25 |
| 2015 | 1 237 057 | 1 220 981 | 68 995 | 12 136 | 39 088 | 19 | 129 | 19 |
| 2020 | 855 735 | 1 219 995 | 323 553 | 167 254 | 191 857 | 22 | 162 | 14 |
| 2025 | 558 501 | 967 939 | 680 730 | 360 550 | 342 963 | 22 | 165 | 10 |
| 2030 | 330 292 | 600 125 | 1 068 245 | 646 887 | 428 398 | 20 | 126 | 5 |
| 2035 | 160 686 | 325 028 | 1 415 143 | 928 900 | 426 257 | 13 | 77 | 2 |
| 2040 | 72 151 | 195 932 | 1 703 592 | 1 112 749 | 364 964 | 8 | 43 | 1 |
| 2045 | 31 593 | 134 562 | 2 013 799 | 1 152 107 | 297 516 | 5 | 21 | 0 |
| 2050 | 13 021 | 98 380 | 2 354 783 | 1 059 409 | 233 927 | 2 | 9 | 0 |

Tabell A.4 Bestand av varebiler ved utgangen av året, etter drivstoff/energibærer. Trendbanen

| År | Bensin | Diesel | Batteri | Ladbar hybrid | Ikke-ladbar hybrid | Hydrogen | Gass | Annet drivstoff |
|------|--------|---------|---------|---------------|--------------------|----------|------|-----------------|
| 2010 | 51 582 | 324 466 | 64 | 0 | 46 | 0 | 127 | 1 |
| 2015 | 29 141 | 398 845 | 1 805 | 0 | 58 | 0 | 319 | 2 |
| 2020 | 12 194 | 434 403 | 28 742 | 1 | 57 | 0 | 278 | 2 |
| 2025 | 5 961 | 435 782 | 73 537 | 1 | 52 | 1 | 158 | 2 |
| 2030 | 2 832 | 411 703 | 127 450 | 2 | 52 | 1 | 87 | 2 |
| 2035 | 1 158 | 373 356 | 178 145 | 2 | 53 | 1 | 46 | 2 |
| 2040 | 504 | 330 428 | 225 347 | 2 | 54 | 1 | 25 | 2 |
| 2045 | 225 | 289 993 | 277 078 | 2 | 55 | 1 | 11 | 2 |
| 2050 | 95 | 253 236 | 337 573 | 2 | 56 | 1 | 6 | 2 |

Tabell A.5 Bestand av lastebiler og trekkvogner ved utgangen av året, etter drivstoff/energibærer. Trendbanen

| År | Bensin | Diesel | Batteri | Ladbar hybrid | Ikke-ladbar hybrid | Hydrogen | Gass | Annet drivstoff |
|------|--------|--------|---------|---------------|--------------------|----------|------|-----------------|
| 2010 | 5 630 | 67 371 | 3 | 0 | 13 | 0 | 90 | 18 |
| 2015 | 2 982 | 65 809 | 2 | 0 | 12 | 0 | 209 | 64 |
| 2020 | 1 243 | 59 584 | 1 | 0 | 18 | 0 | 392 | 50 |
| 2025 | 904 | 59 817 | 0 | 0 | 33 | 0 | 380 | 31 |
| 2030 | 583 | 61 143 | 0 | 0 | 47 | 0 | 349 | 19 |
| 2035 | 86 | 62 962 | 0 | 1 | 52 | 0 | 303 | 11 |
| 2040 | 8 | 64 606 | 0 | 1 | 47 | 0 | 263 | 6 |
| 2045 | 3 | 66 555 | 1 | 1 | 38 | 1 | 212 | 2 |
| 2050 | 2 | 69 105 | 1 | 1 | 28 | 1 | 157 | 2 |

Tabell A.6 Bestand av busser ved utgangen av året, etter drivstoff/energibærer. Trendbanen

| År | Bensin | Diesel | Batteri | Ladbar hybrid | Ikke-ladbar hybrid | Hydrogen | Gass | Annet drivstoff |
|------|--------|--------|---------|---------------|--------------------|----------|-------|-----------------|
| 2010 | 817 | 19 190 | 10 | 0 | 2 | 0 | 215 | 24 |
| 2015 | 297 | 15 498 | 11 | 0 | 32 | 5 | 626 | 15 |
| 2020 | 84 | 12 439 | 11 | 0 | 83 | 21 | 1 002 | 15 |
| 2025 | 31 | 10 449 | 10 | 0 | 150 | 89 | 993 | 15 |
| 2030 | 17 | 9 013 | 8 | 0 | 215 | 373 | 945 | 15 |
| 2035 | 1 | 8 203 | 3 | 0 | 266 | 846 | 1 093 | 15 |
| 2040 | 0 | 7 870 | 1 | 0 | 314 | 1 125 | 1 284 | 2 |
| 2045 | 0 | 7 573 | 0 | 0 | 341 | 1 336 | 1 439 | 0 |
| 2050 | 0 | 7 209 | 0 | 0 | 360 | 1 579 | 1 540 | 0 |

Tabell A.7 Bestand av personbiler ved utgangen av året, etter kg egenvekt. Trendbanen

| År | 0-999 | 1000-1199 | 1200-1299 | 1300-1399 | 1400-1499 | 1500-1599 | 1600-1799 | 1800-1999 | 2000+ |
|------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| 2010 | 248 596 | 502 522 | 355 871 | 370 926 | 269 373 | 256 833 | 191 796 | 49 053 | 49 479 |
| 2015 | 193 286 | 429 996 | 341 316 | 386 141 | 373 922 | 379 245 | 301 926 | 82 861 | 89 731 |
| 2020 | 140 925 | 380 209 | 290 977 | 368 063 | 423 493 | 504 440 | 376 060 | 127 004 | 147 422 |
| 2025 | 113 832 | 359 744 | 240 901 | 321 397 | 451 529 | 603 652 | 447 975 | 158 157 | 213 694 |
| 2030 | 85 713 | 334 200 | 194 607 | 274 266 | 482 026 | 715 839 | 498 380 | 191 495 | 297 574 |
| 2035 | 56 856 | 299 544 | 156 597 | 235 339 | 515 248 | 852 533 | 540 719 | 207 647 | 391 624 |
| 2040 | 35 885 | 266 058 | 130 368 | 210 493 | 522 885 | 979 513 | 585 277 | 221 143 | 497 819 |
| 2045 | 24 936 | 236 225 | 107 062 | 195 592 | 506 341 | 1 096 978 | 615 180 | 241 419 | 605 870 |
| 2050 | 19 307 | 199 515 | 91 692 | 185 825 | 476 732 | 1 171 589 | 639 730 | 278 426 | 696 717 |

Tabell A.8 Bestand av lastebiler og trekkvogner ved utgangen av året, etter høyeste tillatte vogntogvekt. Trendbanen

| År | 3,5-7,5 tonn | 7,5-12 tonn | 12-20 tonn | 20-30 tonn | 30-40 tonn | 40-50 tonn | 50-60 tonn | 60+ tonn |
|------|-----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| 2010 | 23 251 | 6 530 | 7 779 | 8 459 | 1 526 | 3 076 | 6 518 | 15 986 |
| 2015 | 14 472 | 6 671 | 7 653 | 7 283 | 2 032 | 2 764 | 4 956 | 23 247 |
| 2020 | 7 535 | 5 736 | 5 157 | 4 861 | 2 425 | 2 344 | 3 569 | 29 660 |
| 2025 | 4 590 | 5 286 | 4 357 | 3 756 | 2 778 | 1 943 | 2 484 | 35 972 |
| 2030 | 2 515 | 4 833 | 3 657 | 2 851 | 3 147 | 1 607 | 1 750 | 41 782 |
| 2035 | 1 086 | 4 314 | 3 099 | 2 229 | 3 564 | 1 271 | 1 157 | 46 695 |
| 2040 | 571 | 3 838 | 2 610 | 1 740 | 4 037 | 974 | 732 | 50 430 |
| 2045 | 320 | 3 452 | 2 178 | 1 333 | 4 544 | 731 | 458 | 53 795 |
| 2050 | 181 | 3 108 | 1 823 | 1 024 | 5 064 | 533 | 280 | 57 283 |

Tabell A.9 Bestand av busser ved utgangen av året, etter høyeste tillatte totalvekt. Trendbanen

| År | 0-5000 kg | 5001-14999 kg | 15000-26999 kg | 27000+ kg |
|------|-----------|---------------|----------------|-----------|
| 2010 | 16 207 | 3 688 | 296 | 67 |
| 2015 | 11 230 | 4 326 | 642 | 286 |
| 2020 | 7 765 | 4 581 | 818 | 492 |
| 2025 | 5 476 | 4 678 | 854 | 729 |
| 2030 | 3 844 | 4 783 | 950 | 1 009 |
| 2035 | 3 158 | 4 862 | 1 085 | 1 322 |
| 2040 | 2 745 | 4 967 | 1 232 | 1 651 |
| 2045 | 2 506 | 4 939 | 1 335 | 1 908 |
| 2050 | 2 455 | 4 774 | 1 353 | 2 106 |

Tabell A.10 Samlet trafikkarbeid, etter kjøretøyklasse. Mill kjøretøykm. Trendbanen

| År | I alt | Varebiler | Lastebiler | Trekk- vogner | Busser | Kombinerte biler | Camping -biler | Person- biler |
|------|--------|-----------|------------|------------------|--------|---------------------|-------------------|------------------|
| 2015 | 44 998 | 6 271 | 2 057 | 644 | 381 | 280 | 280 | 35 087 |
| 2020 | 49 024 | 6 823 | 2 053 | 772 | 343 | 97 | 356 | 38 580 |
| 2025 | 51 790 | 7 363 | 2 071 | 917 | 310 | 27 | 354 | 40 748 |
| 2030 | 54 605 | 7 689 | 2 146 | 1 050 | 290 | 5 | 313 | 43 110 |
| 2035 | 57 363 | 7 768 | 2 225 | 1 169 | 291 | 1 | 252 | 45 657 |
| 2040 | 60 046 | 7 775 | 2 284 | 1 263 | 291 | 0 | 190 | 48 244 |
| 2045 | 62 001 | 7 930 | 2 340 | 1 350 | 286 | 0 | 139 | 49 956 |
| 2050 | 63 245 | 8 296 | 2 422 | 1 457 | 280 | 0 | 101 | 50 689 |

Tabell A.11 Personbilers trafikkarbeid, etter drivstoff/energibærer. Mill kjøretøykm. Trendbanen

| År | Bensin | Diesel | Batteri | Ladbar hybrid | Ikke-ladbar hybrid | Hydrogen | Gass | Annet drivstoff |
|------|--------|--------|---------|---------------|--------------------|----------|------|-----------------|
| 2015 | 13 279 | 20 300 | 856 | 142 | 508 | 0 | 2 | 0 |
| 2020 | 8 949 | 19 046 | 4 793 | 3 095 | 2 694 | 0 | 2 | 0 |
| 2025 | 5 666 | 13 682 | 10 278 | 6 384 | 4 736 | 0 | 2 | 0 |
| 2030 | 3 165 | 7 621 | 15 405 | 11 042 | 5 875 | 0 | 2 | 0 |
| 2035 | 1 399 | 3 600 | 19 539 | 15 398 | 5 720 | 0 | 1 | 0 |
| 2040 | 592 | 2 102 | 22 919 | 17 904 | 4 726 | 0 | 1 | 0 |
| 2045 | 243 | 1 528 | 26 617 | 17 803 | 3 764 | 0 | 0 | 0 |
| 2050 | 101 | 1 219 | 30 817 | 15 632 | 2 921 | 0 | 0 | 0 |

Tabell A.12 Godsbilers trafikkarbeid, etter drivstoff/energibærer. Mill kjøretøykm. Trendbanen

| År | Bensin | Diesel | Batteri | Ladbar hybrid | Ikke-ladbar hybrid | Hydrogen | Gass | Annet drivstoff |
|------|--------|--------|---------|---------------|--------------------|----------|------|-----------------|
| 2015 | 340 | 8 588 | 25 | 0 | 1 | 0 | 14 | 3 |
| 2020 | 138 | 9 042 | 435 | 0 | 1 | 0 | 30 | 2 |
| 2025 | 65 | 9 107 | 1 154 | 0 | 2 | 0 | 23 | 1 |
| 2030 | 29 | 8 882 | 1 953 | 0 | 2 | 0 | 19 | 0 |
| 2035 | 12 | 8 464 | 2 669 | 0 | 2 | 0 | 14 | 0 |
| 2040 | 5 | 8 002 | 3 299 | 0 | 2 | 0 | 11 | 0 |
| 2045 | 2 | 7 589 | 4 018 | 0 | 2 | 0 | 9 | 0 |
| 2050 | 1 | 7 280 | 4 886 | 0 | 2 | 0 | 7 | 0 |

Tabell A.13 Godsbilers trafikkarbeid, etter vogntogets tillatte totalvekt. Mill kjøretøykm. Trendbanen

| År | 0-3,5 tonn | 3,5-7,5 tonn | 7,5-12 tonn | 12-20 tonn | 20-30 tonn | 30-40 tonn | 40-50 tonn | 50-60 tonn | 60+ tonn |
|------|------------|--------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------|
| 2015 | 6 271 | 86 | 139 | 174 | 175 | 77 | 154 | 301 | 1 594 |
| 2020 | 6 823 | 36 | 119 | 147 | 136 | 92 | 128 | 185 | 1 981 |
| 2025 | 7 363 | 21 | 102 | 122 | 107 | 108 | 105 | 120 | 2 303 |
| 2030 | 7 689 | 12 | 92 | 100 | 81 | 127 | 87 | 79 | 2 618 |
| 2035 | 7 768 | 6 | 84 | 84 | 63 | 150 | 71 | 51 | 2 884 |
| 2040 | 7 775 | 3 | 76 | 71 | 49 | 178 | 55 | 32 | 3 083 |
| 2045 | 7 930 | 2 | 68 | 59 | 38 | 210 | 42 | 19 | 3 253 |
| 2050 | 8 296 | 1 | 61 | 50 | 29 | 244 | 30 | 11 | 3 452 |

Tabell A.14 Godsbilers gjennomsnittlige faktiske totalvekt (kg), etter vogntogets tillatte totalvekt. Trendbanen

| År | 0-3,5 tonn | 3,5-7,5 tonn | 7,5-12 tonn | 12-20 tonn | 20-30 tonn | 30-40 tonn | 40-50 tonn | 50-60 tonn | 60+ tonn |
|------|------------|--------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------|
| 2015 | 2 214 | 3 683 | 6 429 | 11 977 | 16 534 | 20 593 | 21 781 | 26 750 | 38 513 |
| 2020 | 2 224 | 3 504 | 6 452 | 11 992 | 16 399 | 20 576 | 21 896 | 26 257 | 38 914 |
| 2025 | 2 241 | 3 510 | 6 449 | 11 980 | 16 424 | 20 568 | 22 004 | 25 852 | 39 093 |
| 2030 | 2 258 | 3 494 | 6 436 | 11 963 | 16 418 | 20 449 | 22 205 | 25 571 | 39 159 |
| 2035 | 2 275 | 3 461 | 6 439 | 11 959 | 16 425 | 20 348 | 22 347 | 25 402 | 39 181 |
| 2040 | 2 290 | 3 455 | 6 438 | 11 961 | 16 428 | 20 256 | 22 471 | 25 289 | 39 182 |
| 2045 | 2 306 | 3 453 | 6 438 | 11 958 | 16 428 | 20 155 | 22 564 | 25 258 | 39 180 |
| 2050 | 2 322 | 3 454 | 6 438 | 11 955 | 16 429 | 20 053 | 22 630 | 25 358 | 39 189 |

Tabell A.15 Kjøretøyparkens CO₂-utslipp, inkl. biodrivstoff, etter kjøretøyklasse. Tusen tonn. Trendbanen

| År | I alt | Varebiler | Tunge gods-biler | Busser | Kombinerte biler | Camping-biler | Personbiler |
|------|--------|-----------|------------------|--------|------------------|---------------|-------------|
| 2015 | 10 888 | 1 413 | 2 381 | 145 | 86 | 86 | 6 778 |
| 2020 | 10 481 | 1 404 | 2 535 | 134 | 30 | 110 | 6 268 |
| 2025 | 9 513 | 1 332 | 2 697 | 122 | 8 | 109 | 5 245 |
| 2030 | 8 635 | 1 207 | 2 893 | 114 | 2 | 97 | 4 323 |
| 2035 | 8 011 | 1 053 | 3 072 | 114 | 0 | 78 | 3 694 |
| 2040 | 7 687 | 907 | 3 206 | 125 | 0 | 59 | 3 390 |
| 2045 | 7 328 | 779 | 3 328 | 134 | 0 | 43 | 3 045 |
| 2050 | 6 905 | 666 | 3 487 | 136 | 0 | 31 | 2 585 |

Tabell B.1 Kjøretøybestand ved utgangen av året, etter størrelse og anvendelse. Ultralavutslippsbanen

| År | I alt | Tunge kjøretøy | Lette kjøretøy | Persontransport | Godstransport |
|------|-----------|----------------|----------------|-----------------|---------------|
| 2010 | 2 841 066 | 170 331 | 2 670 735 | 2 391 655 | 449 411 |
| 2015 | 3 162 858 | 154 264 | 3 008 594 | 2 663 610 | 499 248 |
| 2020 | 3 360 233 | 124 884 | 3 235 349 | 2 823 175 | 537 058 |
| 2025 | 3 577 313 | 113 035 | 3 464 278 | 2 999 298 | 578 014 |
| 2030 | 3 853 534 | 106 330 | 3 747 204 | 3 234 195 | 619 339 |
| 2035 | 4 104 482 | 100 891 | 4 003 591 | 3 441 161 | 663 321 |
| 2040 | 4 366 778 | 95 150 | 4 271 628 | 3 663 519 | 703 259 |
| 2045 | 4 615 992 | 91 074 | 4 524 917 | 3 874 374 | 741 617 |
| 2050 | 4 805 453 | 94 313 | 4 711 141 | 4 020 517 | 784 936 |

Tabell B.2 Kjøretøybestand ved utgangen av året, etter kjøretøyklasse. Ultralavutslippsbanen

| År | Varebiler | Lastebiler | Trekk-vogner | Busser | Kombinerte biler | Camping-biler | Personbiler |
|------|-----------|------------|--------------|--------|------------------|---------------|-------------|
| 2010 | 376 286 | 66 042 | 7 083 | 20 258 | 48 347 | 28 601 | 2 294 449 |
| 2015 | 430 170 | 60 572 | 8 506 | 16 484 | 26 416 | 42 286 | 2 578 424 |
| 2020 | 475 770 | 51 232 | 10 056 | 13 687 | 11 265 | 38 644 | 2 759 579 |
| 2025 | 516 599 | 49 347 | 12 068 | 11 714 | 3 937 | 35 969 | 2 947 679 |
| 2030 | 555 258 | 49 630 | 14 451 | 10 498 | 887 | 30 864 | 3 191 946 |
| 2035 | 594 450 | 51 589 | 17 281 | 10 342 | 144 | 21 535 | 3 409 141 |
| 2040 | 629 476 | 54 111 | 19 672 | 10 710 | 4 | 10 653 | 3 642 152 |
| 2045 | 663 698 | 56 320 | 21 599 | 11 583 | 0 | 1 572 | 3 861 219 |
| 2050 | 702 909 | 58 436 | 23 591 | 12 246 | 0 | 39 | 4 008 231 |

Tabell B.3 Bestand av personbiler ved utgangen av året, etter drivstoff/energibærer. Ultralavutslippsbanen

| År | Bensin | Diesel | Batteri | Ladbar hybrid | Ikke-ladbar hybrid | Hydrogen | Gass | Annet drivstoff |
|------|-----------|-----------|-----------|---------------|--------------------|----------|------|-----------------|
| 2010 | 1 492 704 | 799 521 | 2 068 | 0 | 85 | 19 | 27 | 25 |
| 2015 | 1 237 057 | 1 220 981 | 68 995 | 12 136 | 39 088 | 19 | 129 | 19 |
| 2020 | 871 805 | 1 263 550 | 377 987 | 107 992 | 137 687 | 374 | 170 | 15 |
| 2025 | 571 155 | 1 020 751 | 1 058 034 | 111 872 | 169 117 | 16 591 | 148 | 10 |
| 2030 | 329 243 | 627 367 | 1 901 929 | 118 774 | 146 493 | 68 037 | 98 | 5 |
| 2035 | 149 564 | 315 364 | 2 634 358 | 83 373 | 89 635 | 136 801 | 43 | 3 |
| 2040 | 55 153 | 140 470 | 3 159 089 | 43 628 | 37 311 | 206 485 | 14 | 1 |
| 2045 | 20 049 | 59 417 | 3 472 458 | 28 389 | 14 244 | 266 656 | 6 | 0 |
| 2050 | 7 287 | 24 032 | 3 607 597 | 14 684 | 6 013 | 348 616 | 3 | 0 |

Tabell B.4 Bestand av varebiler ved utgangen av året, etter drivstoff/energibærer. Ultralavutslippsbanen

| År | Bensin | Diesel | Batteri | Ladbar hybrid | Ikke-ladbar hybrid | Hydrogen | Gass | Annet drivstoff |
|------|--------|---------|---------|---------------|--------------------|----------|------|-----------------|
| 2010 | 51 582 | 324 466 | 64 | 0 | 46 | 0 | 127 | 1 |
| 2015 | 29 141 | 398 845 | 1 805 | 0 | 58 | 0 | 319 | 2 |
| 2020 | 12 011 | 433 172 | 30 231 | 0 | 60 | 12 | 283 | 1 |
| 2025 | 5 517 | 369 182 | 123 937 | 0 | 48 | 17 756 | 158 | 0 |
| 2030 | 2 258 | 239 910 | 204 687 | 0 | 33 | 108 291 | 79 | 0 |
| 2035 | 671 | 127 990 | 259 778 | 0 | 18 | 205 959 | 35 | 0 |
| 2040 | 194 | 59 124 | 304 169 | 0 | 9 | 265 965 | 14 | 0 |
| 2045 | 59 | 27 595 | 354 265 | 0 | 5 | 281 772 | 3 | 0 |
| 2050 | 12 | 14 051 | 417 393 | 0 | 3 | 271 450 | 1 | 0 |

Tabell B.5 Bestand av lastebiler og trekkvogner ved utgangen av året, etter drivstoff/energibærer. Ultralavutslippsbanen

| År | Bensin | Diesel | Batteri | Ladbar hybrid | Ikke-ladbar hybrid | Hydrogen | Gass | Annet drivstoff |
|------|--------|--------|---------|---------------|--------------------|----------|------|-----------------|
| 2010 | 5 630 | 67 371 | 3 | 0 | 13 | 0 | 90 | 18 |
| 2015 | 2 982 | 65 809 | 2 | 0 | 12 | 0 | 209 | 64 |
| 2020 | 1 242 | 59 360 | 1 | 26 | 417 | 0 | 196 | 45 |
| 2025 | 901 | 55 627 | 0 | 1 831 | 2 828 | 60 | 140 | 28 |
| 2030 | 577 | 46 883 | 0 | 5 200 | 4 552 | 6 757 | 95 | 16 |
| 2035 | 81 | 32 313 | 0 | 7 610 | 5 635 | 23 163 | 58 | 9 |
| 2040 | 5 | 22 398 | 0 | 8 794 | 6 226 | 36 321 | 35 | 4 |
| 2045 | 1 | 15 407 | 0 | 9 142 | 6 527 | 46 825 | 16 | 1 |
| 2050 | 0 | 10 382 | 0 | 9 117 | 6 627 | 55 895 | 6 | 0 |

Tabell B.6 Bestand av busser ved utgangen av året, etter drivstoff/energibærer. Ultralavutslippsbanen

| År | Bensin | Diesel | Batteri | Ladbar hybrid | Ikke-ladbar hybrid | Hydrogen | Gass | Annet drivstoff |
|------|--------|--------|---------|---------------|--------------------|----------|------|-----------------|
| 2010 | 817 | 19 190 | 10 | 0 | 2 | 0 | 215 | 24 |
| 2015 | 297 | 15 498 | 11 | 0 | 32 | 5 | 626 | 15 |
| 2020 | 90 | 12 345 | 171 | 0 | 32 | 153 | 881 | 15 |
| 2025 | 38 | 7 919 | 1 281 | 0 | 303 | 1 607 | 550 | 15 |
| 2030 | 21 | 3 769 | 2 429 | 0 | 657 | 3 390 | 217 | 15 |
| 2035 | 3 | 1 493 | 3 186 | 0 | 670 | 4 841 | 133 | 15 |
| 2040 | 0 | 639 | 3 741 | 0 | 669 | 5 526 | 131 | 2 |
| 2045 | 0 | 263 | 4 350 | 0 | 640 | 6 242 | 88 | 0 |
| 2050 | 0 | 142 | 4 725 | 0 | 638 | 6 721 | 20 | 0 |

Tabell B.7 Bestand av personbiler ved utgangen av året, etter kg egenvekt. Ultralavutslippsbanen

| År | 0-999 | 1000-1199 | 1200-1299 | 1300-1399 | 1400-1499 | 1500-1599 | 1600-1799 | 1800-1999 | 2000+ |
|------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| 2010 | 248 596 | 502 522 | 355 871 | 370 926 | 269 373 | 256 833 | 191 796 | 49 053 | 49 479 |
| 2015 | 193 286 | 429 996 | 341 316 | 386 141 | 373 922 | 379 245 | 301 926 | 82 861 | 89 731 |
| 2020 | 140 691 | 383 242 | 291 630 | 368 445 | 423 195 | 503 509 | 374 120 | 126 175 | 148 571 |
| 2025 | 114 471 | 368 609 | 242 497 | 327 033 | 456 171 | 611 595 | 450 657 | 159 654 | 216 992 |
| 2030 | 87 343 | 312 342 | 196 138 | 293 659 | 510 116 | 765 921 | 520 672 | 192 338 | 313 417 |
| 2035 | 58 066 | 242 484 | 144 772 | 242 908 | 563 325 | 948 724 | 585 854 | 203 502 | 419 505 |
| 2040 | 36 846 | 201 760 | 120 417 | 199 407 | 578 845 | 1 105 561 | 647 588 | 208 204 | 543 523 |
| 2045 | 26 651 | 175 358 | 108 903 | 174 244 | 562 290 | 1 236 266 | 680 078 | 228 546 | 668 882 |
| 2050 | 21 033 | 136 850 | 99 384 | 162 810 | 526 251 | 1 307 560 | 702 208 | 283 876 | 768 260 |

Tabell B.8 Bestand av lastebiler og trekkvogner ved utgangen av året, etter høyeste tillatte vogntogvekt. Ultralavutslippsbanen

| År | 3,5–7,5 tonn | 7,5–12 tonn | 12–20 tonn | 20–30 tonn | 30–40 tonn | 40–50 tonn | 50–60 tonn | 60+ tonn |
|------|-----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| 2010 | 23 251 | 6 530 | 7 779 | 8 459 | 1 526 | 3 076 | 6 518 | 15 986 |
| 2015 | 14 472 | 6 671 | 7 653 | 7 283 | 2 032 | 2 764 | 4 956 | 23 247 |
| 2020 | 7 535 | 5 736 | 5 157 | 4 861 | 2 425 | 2 344 | 3 569 | 29 660 |
| 2025 | 4 593 | 5 298 | 4 369 | 3 766 | 2 791 | 1 950 | 2 490 | 36 158 |
| 2030 | 2 532 | 4 929 | 3 738 | 2 911 | 3 255 | 1 652 | 1 782 | 43 282 |
| 2035 | 1 119 | 4 574 | 3 302 | 2 367 | 3 895 | 1 371 | 1 218 | 51 024 |
| 2040 | 608 | 4 250 | 2 906 | 1 927 | 4 629 | 1 098 | 800 | 57 564 |
| 2045 | 353 | 3 951 | 2 504 | 1 525 | 5 345 | 845 | 515 | 62 880 |
| 2050 | 206 | 3 636 | 2 138 | 1 199 | 6 027 | 626 | 323 | 67 874 |

Tabell B.9 Bestand av busser ved utgangen av året, etter høyeste tillatte totalvekt. Ultralavutslippsbanen

| År | 0–5000 kg | 5001–14999 kg | 15000–26999 kg | 27000+ kg |
|------|-----------|---------------|----------------|-----------|
| 2010 | 16 207 | 3 688 | 296 | 67 |
| 2015 | 11 230 | 4 326 | 642 | 286 |
| 2020 | 7 807 | 4 640 | 739 | 502 |
| 2025 | 5 292 | 4 473 | 1 001 | 948 |
| 2030 | 3 340 | 4 377 | 1 242 | 1 539 |
| 2035 | 2 423 | 4 025 | 1 498 | 2 396 |
| 2040 | 2 027 | 3 862 | 1 535 | 3 287 |
| 2045 | 1 877 | 3 748 | 1 659 | 4 299 |
| 2050 | 1 837 | 3 626 | 1 811 | 4 973 |

Tabell B.10 Samlet trafikkarbeid, etter kjøretøyklasse. Mill kjøretøykm. Ultralavutslippsbanen

| År | I alt | Varebiler | Lastebiler | Trekk- vogner | Busser | Kombinerte biler | Camping- biler | Person- biler |
|------|--------|-----------|------------|------------------|--------|---------------------|-------------------|------------------|
| 2015 | 44 998 | 6 271 | 2 057 | 644 | 381 | 280 | 280 | 35 087 |
| 2020 | 48 769 | 6 825 | 2 053 | 772 | 341 | 97 | 258 | 38 423 |
| 2025 | 51 051 | 7 365 | 2 078 | 921 | 299 | 27 | 212 | 40 148 |
| 2030 | 54 411 | 7 868 | 2 220 | 1 100 | 278 | 5 | 146 | 42 795 |
| 2035 | 57 601 | 8 416 | 2 452 | 1 318 | 263 | 1 | 83 | 45 067 |
| 2040 | 60 922 | 8 909 | 2 651 | 1 491 | 222 | 0 | 34 | 47 616 |
| 2045 | 63 780 | 9 370 | 2 780 | 1 613 | 215 | 0 | 5 | 49 798 |
| 2050 | 65 948 | 9 919 | 2 900 | 1 746 | 192 | 0 | 0 | 51 190 |

Tabell B.11 Personbilers trafikkarbeid, etter drivstoff/energibærer. Mill kjøretøykm. Ultralavutslippsbanen

| År | Bensin | Diesel | Batteri | Ladbar hybrid | Ikke-ladbar hybrid | Hydrogen | Gass | Annet drivstoff |
|------|--------|--------|---------|------------------|-----------------------|----------|------|--------------------|
| 2015 | 13 279 | 20 300 | 856 | 142 | 508 | 0 | 2 | 0 |
| 2020 | 9 165 | 19 861 | 5 192 | 2 082 | 2 118 | 4 | 2 | 0 |
| 2025 | 5 863 | 14 724 | 14 838 | 1 916 | 2 586 | 220 | 2 | 0 |
| 2030 | 3 184 | 8 176 | 26 586 | 1 789 | 2 152 | 907 | 1 | 0 |
| 2035 | 1 275 | 3 473 | 36 235 | 1 070 | 1 207 | 1 807 | 0 | 0 |
| 2040 | 385 | 1 286 | 42 381 | 428 | 434 | 2 704 | 0 | 0 |
| 2045 | 109 | 434 | 45 485 | 198 | 125 | 3 446 | 0 | 0 |
| 2050 | 34 | 165 | 46 319 | 94 | 47 | 4 532 | 0 | 0 |

Tabell B.12 Godsbilers trafikkarbeid, etter drivstoff/energibærer. Mill kjøretøykm. Ultralavutslippssbanen

| År | Bensin | Diesel | Batteri | Ladbar hybrid | Ikke-ladbar hybrid | Hydrogen | Gass | Annet drivstoff |
|------|--------|--------|---------|---------------|--------------------|----------|------|-----------------|
| 2015 | 340 | 8 588 | 25 | 0 | 1 | 0 | 14 | 3 |
| 2020 | 135 | 9 057 | 431 | 1 | 11 | 0 | 14 | 2 |
| 2025 | 58 | 7 991 | 1 948 | 56 | 104 | 198 | 8 | 1 |
| 2030 | 20 | 5 428 | 3 209 | 192 | 205 | 2 130 | 4 | 0 |
| 2035 | 5 | 2 716 | 3 851 | 270 | 264 | 5 078 | 2 | 0 |
| 2040 | 1 | 1 399 | 4 381 | 301 | 293 | 6 674 | 1 | 0 |
| 2045 | 0 | 789 | 5 086 | 304 | 305 | 7 280 | 0 | 0 |
| 2050 | 0 | 531 | 5 996 | 301 | 310 | 7 427 | 0 | 0 |

Tabell B.13 Godsbilers trafikkarbeid, etter vogntogets tillatte totalvekt. Mill kjøretøykm. Ultralavutslippssbanen

| År | 0-3,5 tonn | 3,5-7,5 tonn | 7,5-12 tonn | 12-20 tonn | 20-30 tonn | 30-40 tonn | 40-50 tonn | 50-60 tonn | 60+ tonn |
|------|------------|--------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------|
| 2015 | 6 271 | 86 | 139 | 174 | 175 | 77 | 154 | 301 | 1 594 |
| 2020 | 6 825 | 36 | 119 | 147 | 136 | 92 | 128 | 185 | 1 981 |
| 2025 | 7 365 | 21 | 102 | 122 | 107 | 108 | 105 | 120 | 2 312 |
| 2030 | 7 868 | 12 | 95 | 103 | 84 | 132 | 91 | 81 | 2 724 |
| 2035 | 8 416 | 7 | 92 | 91 | 68 | 166 | 79 | 56 | 3 212 |
| 2040 | 8 909 | 4 | 88 | 81 | 55 | 208 | 65 | 36 | 3 606 |
| 2045 | 9 370 | 2 | 81 | 70 | 44 | 250 | 50 | 22 | 3 875 |
| 2050 | 9 919 | 1 | 73 | 59 | 34 | 292 | 36 | 13 | 4 136 |

Tabell B.14 Godsbilers gjennomsnittlige faktiske totalvekt (kg), etter vogntogets tillatte totalvekt. Ultralavutslippssbanen

| År | 0-3,5 tonn | 3,5-7,5 tonn | 7,5-12 tonn | 12-20 tonn | 20-30 tonn | 30-40 tonn | 40-50 tonn | 50-60 tonn | 60+ tonn |
|------|------------|--------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------|
| 2015 | 2 214 | 3 683 | 6 429 | 11 977 | 16 534 | 20 593 | 21 781 | 26 750 | 38 513 |
| 2020 | 2 224 | 3 505 | 6 478 | 12 083 | 16 420 | 20 574 | 21 896 | 26 257 | 38 801 |
| 2025 | 2 267 | 3 574 | 6 787 | 12 762 | 16 889 | 20 716 | 22 255 | 25 882 | 39 014 |
| 2030 | 2 325 | 3 655 | 6 861 | 12 840 | 17 361 | 21 165 | 23 280 | 27 028 | 40 153 |
| 2035 | 2 364 | 3 700 | 6 834 | 12 650 | 17 638 | 21 344 | 23 780 | 29 851 | 42 836 |
| 2040 | 2 380 | 3 713 | 6 802 | 12 515 | 17 762 | 21 347 | 24 036 | 31 624 | 44 097 |
| 2045 | 2 386 | 3 725 | 6 787 | 12 475 | 17 817 | 21 283 | 24 147 | 32 659 | 44 787 |
| 2050 | 2 389 | 3 731 | 6 787 | 12 443 | 17 841 | 21 202 | 24 216 | 33 066 | 45 147 |

Tabell B.15 Kjøretøyparkens CO₂-utslipp, inkl. biodrivstoff, etter kjøretøyklasse. Tusen tonn. Ultralavutslippssbanen

| År | I alt | Varebiler | Tunge godsbiler | Busser | Kombinerte biler | Camping-biler | Personbiler |
|------|--------|-----------|-----------------|--------|------------------|---------------|-------------|
| 2015 | 10 888 | 1 413 | 2 381 | 145 | 86 | 86 | 6 778 |
| 2020 | 10 452 | 1 405 | 2 535 | 130 | 30 | 79 | 6 273 |
| 2025 | 8 595 | 1 126 | 2 676 | 84 | 8 | 65 | 4 637 |
| 2030 | 6 009 | 638 | 2 490 | 45 | 2 | 45 | 2 789 |
| 2035 | 3 200 | 278 | 1 600 | 23 | 0 | 26 | 1 274 |
| 2040 | 1 747 | 109 | 1 145 | 11 | 0 | 10 | 471 |
| 2045 | 1 074 | 49 | 853 | 6 | 0 | 1 | 165 |
| 2050 | 803 | 29 | 706 | 4 | 0 | 0 | 64 |