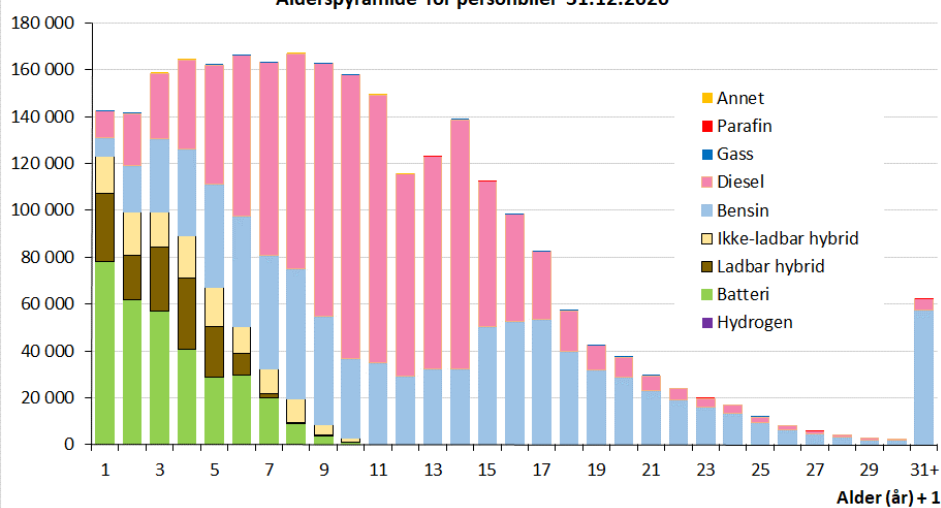


Kjøretøyenes demografi

Alderspyramide for personbiler 31.12.2020



Kjøretøyenes demografi

Lasse Fridstrøm

Forsidebilde: Alderspyramide for personbiler

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

Tittel: Kjøretøyenes demografi

Title: Motor vehicle demographics

Forfatter: Lasse Fridstrøm
Dato: 05.2022
TØI-rapport: 1888/2022, rev. 1
Sider: 58
ISSN elektronisk: 2535-5104
ISBN elektronisk: 978-82-480-1933-6
Finansieringskilde: Norges forskningsråd

Author: Lasse Fridstrøm
Date: 05.2022
TØI Report: 1888/2022, Rev. 1
Pages: 58
ISSN: 2535-5104
ISBN Electronic: 978-82-480-1933-6
Funded by: Research Council of Norway

Prosjekt: 4576 ITEM
Prosjektleder: Lasse Fridstrøm
Kvalitetsansvarlig: Askill Harkjerr Halse
Fagfelt: Samfunnsøkonomiske metoder
Emneord: Alderspyramide, overlevelseskurve, levetid, drivlinje

Project: 4576 ITEM
Project Manager: Lasse Fridstrøm
Quality Manager: Askill Harkjerr Halse
Research Area: Economic models
Keywords: Age pyramid, survival curves, life expectancy, powertrain

Sammendrag:

Den norske kjøretøyparken beskrives ved hjelp av begreper og metoder hentet fra befolkningslæren. En beregner alderspyramider, overlevelsesrater, levetid, årlig trafikkarbeid og energibruk, resirkulering av elbilbatterier, samt utslipp til luft. Kjøretøyene er inndelt i registreringsklasser og dessuten etter alder, drivlinje og vekt. Den forventede levetiden på norske skilt er beregnet til drøyt 16 år for bensindrevne personbiler og ca. 18 år for dieseldrevne. Varebilene og lastebilene lever i gjennomsnitt i ca. 13 år i Norge og trekkvognene for semitrailer i rundt 8 år. Mange av disse bilene blir avregistrert og solgt til utlandet lenge før de vrakes. Bussene har en levetid på drøyt 11 år i Norge. Lengst levetid har de dieseldrevne bobilene, med over 30 år. Beregningene er gjort ved hjelp av regnearkmodellen BIG.

Summary:

Certain simple methods and concepts rooted in demography are invoked to describe and analyze the population of motor vehicles. Relying on a stock-flow cohort model of the Norwegian vehicle fleet, we generate, for seven different types of vehicle, age pyramids, survival curves, life expectancy estimates, and scrapping projections, as well profiles for annual mileage, energy consumption, and emissions to air. The domestic life expectancy is estimated at 16 years for gasoline cars, 18 years for diesel cars, 13 years for trucks and light commercial vehicles, 8 years for trailer tractors, 11 years for buses, and 31 years for diesel driven recreational vehicles. Many commercial vehicles are sold second hand abroad rather than being scrapped at home.

Language of report: Norwegian

Transportøkonomisk institutt
Gaustadalléen 21, 0349 Oslo
Telefon 22 57 38 00 - www.toi.no

Institute of Transport Economics
Gaustadalléen 21, N-0349 Oslo, Norway
Telephone +47 22 57 38 00 - www.toi.no

Forord

Transportøkonomisk institutt (TØI) har i løpet av de siste par tiår etablert og stadig videreutviklet en modell for framskriving av kjøretøyparken, kalt BIG. Modellen hviler i stor grad på begreper, prinsipper og metoder hentet fra demografifaget. Målet med denne rapporten er å redegjøre for noen deler av dette metodeapparatet og bruke dem til å belyse interessante sider ved kjøretøyparkens sammensetning og utvikling.

Arbeidet med rapporten er gjort på TØIs eget initiativ, men har i stor grad kunnet bygge på et forskningsarbeid i regi av prosjektet [ITEM](#) (Integrated Transport and Energy Modelling) for Norges forskningsråd og ni brukerpartnere. Prosjektet er et samarbeid mellom TØI, Institutt for energiteknikk (IFE) og University of California, Davis. Det startet i 2018 og avsluttes våren 2022. Arbeidet i ITEM har tidligere nedfelt seg i fire TØI-rapporter, nummerert 1708/2019, 1794/2020, 1846/2021 og 1880/2022.

Vi takker Kari Aamodt Espegren, Eva Rosenberg og Janis Danebergs ved IFE for et langvarig og konstruktivt samarbeid om integrering av energimodeller, transportmodeller og kjøretøy-modellen BIG. Inger Beate Hovi og Anne Madslie ved TØI har likeledes gitt viktige bidrag til dette arbeidet.

Rapporten er kvalitetssikret av Askill Harkjerr Halse. Trude Kvalsvik har hatt ansvar for tekstbehandling og layout.

Oslo, mai 2022

Transportøkonomisk institutt

Bjørne Grimsrud
Direktør

Kjell Werner Jobansen
Avdelingsleder

Rettelse 16.5.2022

I en første utgave av denne rapporten, publisert 11.5.2022, ble eksporten av batterielektriske varebiler i 2020 og 2021 satt i sammenheng med at Enova siden august 2019 har ytt kontanttilskudd ved registrering av slike kjøretøy. Realiteten er at disse kjøretøyene aldri er blitt registrert i Norge. Eierne har heller ikke mottatt støtte fra Enova. I den foreliggende utgave av rapporten er disse opplysningene korrigert.

Innhold

Sammendrag

Summary

1	Motivasjon og metode.....	1
1.1	Formål.....	1
1.2	Demografi.....	1
1.3	Alderspyramiden.....	3
1.4	Populasjonen av kjøretøy	4
1.5	Alderseffekter versus generasjonseffekter	6
1.6	Modellen BIG	6
1.7	Andre datakilder og modeller	8
1.8	Rapportstruktur	9
2	Kjøretøybestanden	10
2.1	Personbiler.....	10
2.2	Varebiler.....	13
2.3	Lastebiler og trekkbiler	14
2.4	Busser.....	16
2.5	Bobiler.....	17
2.6	Kombinerte biler	17
3	Overlevelse, tilgang og avgang	19
3.1	Personbiler.....	19
3.2	Godsbiler	26
3.3	Busser.....	29
3.4	Bobiler.....	30
3.5	Kombinerte biler	31
4	Årlig kjørelengde og trafikkarbeid	32
4.1	Personbiler.....	32
4.2	Godsbiler	34
5	Energiforbruk.....	36
5.1	Personbiler.....	36
5.2	Godsbiler	38
6	Utslipp til luft	39
6.1	Karbondioksid (CO ₂).....	39
6.2	Nitrogenoksider (NO _x)	41
6.3	Avgasspartikler (PM ₁₀ og PM _{2,5}).....	45
7	Vraking og resirkulering mot år 2050	48
8	Oppsummering og vurdering	50
8.1	Kjøretøyparken som populasjon.....	50
8.2	Kjøretøyenes levetid, tilgang og avgang.....	51

8.3	Årlig kjørelengde	51
8.4	Energibruk og klimagassutslipp	51
8.5	Lokalt forurensende utslipp.....	52
8.6	Resirkulering av batterier	52
8.7	Datatilgang	52
9	Referanser.....	54
	Vedlegg: BIG-modellens matematiske struktur.....	56

Sammendrag

Kjøretøyenes demografi

TØI rapport 1888/2022, rev. 1

Forfatter: Lasse Fridstrøm

Oslo 2022 58 sider

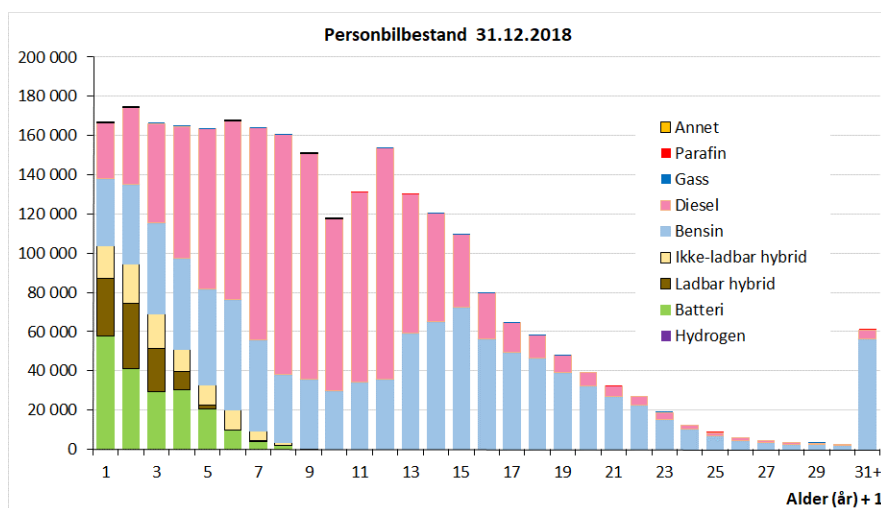
Demografenes verktøykasse kan med fordel anvendes på bestanden av kjøretøy. Vi viser hvordan en kan tegne alderspyramider og overlevelseskurver, beregne forventet levealder eller framskrive trafikkarbeid, energiforbruk, utslipp til luft og antall biler som vrakes eller avregistreres. Levetiden for bensindrevne personbiler i Norge beregnes til 16–17 år, mens de dieseldrevne i gjennomsnitt lever i 17–18 år. Varebilene lever i anslagsvis 14–15 år på norske skilt, lastebilene i 12–15 år og trekkbilene for semitrailer i 6 til 9 år. Bussene lever i 9 til 12 år. Lengst lever de dieseldrevne bobilene, med over 30 år. NO_x-utslippet i vei-trafikken har sunket med 53 prosent fra 1990 til 2020 og beregnes i 2040 å nå et nivå som tilsvarer bare 4 prosent av utslippet i 1990. Utslippet av de minste og mest helse-skadelige partiklene i avgassen (PM_{2,5}) har sunket med 73 prosent fra 1990 til 2020.

Alderspyramider

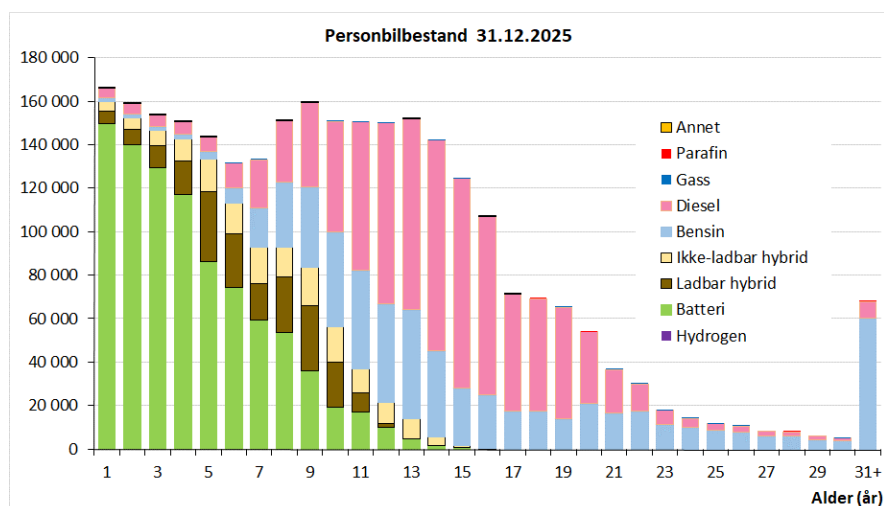
Befolkningslærens metodearsenal kan med fordel anvendes på andre populasjoner enn de menneskelige. Ikke minst gjelder dette populasjonen av motorkjøretøy, dvs. kjøretøyparken. På samme måte som befolkningen påvirkes av fødsler, dødsfall, innvandring og utvandring, bestemmes *beholdningen* av kjøretøy av de fire *strømmene* nyregistrering, vraking, bruktimport og brukteksport.

I figur S.1 og S.2 vises liggende alderspyramider for norskregistrerte personbiler ved årsslutt 2018 og framskrevet til 2025. Mens menneskene gjerne grupperes etter kjønn, bruker vi framdriftsteknologien (drivlinjen) som det primære inndelingskriterium for kjøretøy, i tillegg til alderen.

Søkket i 2018-pyramiden ved ni års alder skyldes den globale finanskrisen, som sterkt begrenset nyregistreringene i 2009. Alderspyramiden bærer avtrykk fra vår nære historie.



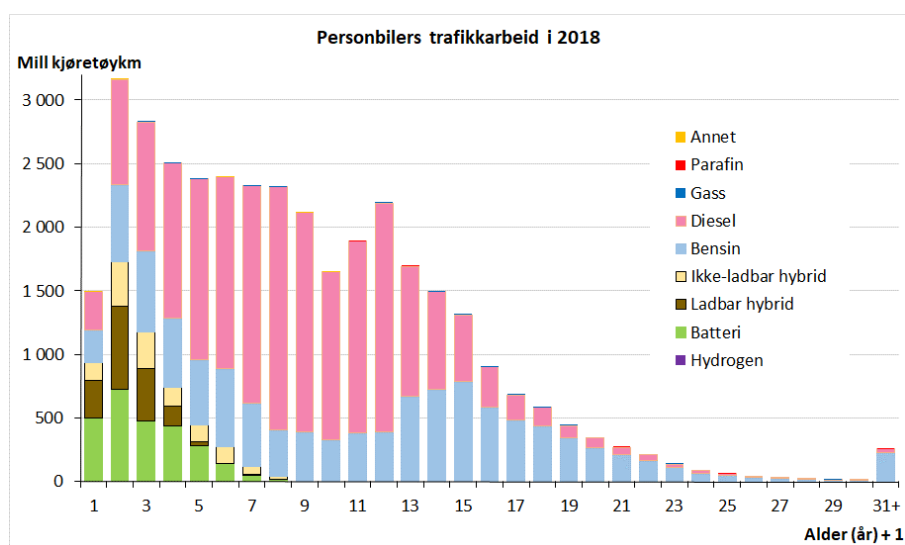
Figur S.1: Norskregistrerte personbiler, etter alder og drivlinje, per 31.12.2018.



Figur S.2: Norskeregistrerte personbiler, etter alder og drivlinje, framskrevet per 31.12.2025.

Alderspyramidene illustrerer hvordan de alternative drivlinjene – batteri- og hybridbiler – er i ferd med å arbeide seg inn i personbilparken.

Ved å multiplisere den årlige kjørelengden med bilbestanden i hver vekt-, drivlinje- og aldersklasse får vi fram trafikkarbeidet, dvs. antall kjøretøykilometer. Figur S.3 viser tall beregnet for år 2018, og figur S.4 for år 2025.



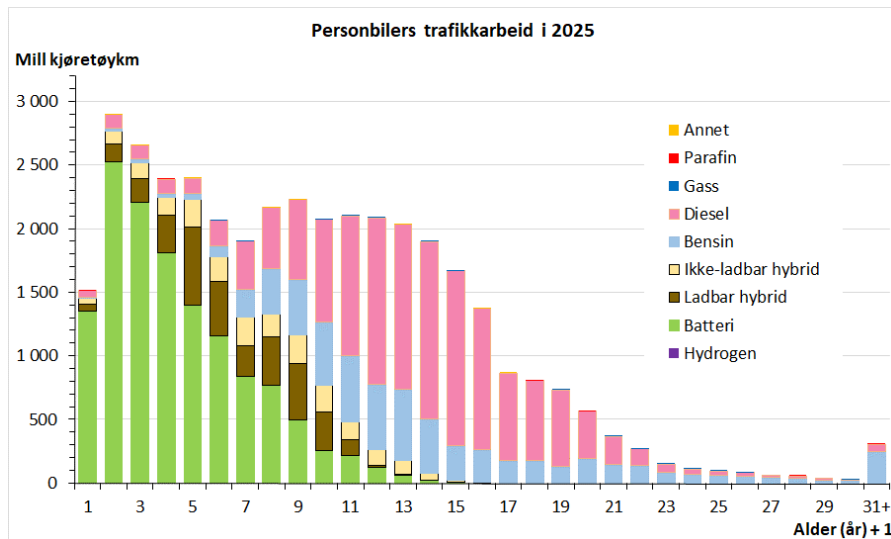
Figur S.3: Personbilers trafikkarbeid i 2018, etter alder og drivlinje.

Elbilene utgjorde i 2018 5,7 prosent av alle personbiler. Men de tilbakela 7,4 prosent av alle personbilkilometerne. Siden elbilene gjennomgående er yngre enn bensin- og diesebilene, og siden nye biler kjøres mest, får vi på sett og vis en ekstra klima- og miljøgevinst, ved at en større del av trafikken enn av bilparken er utslippsfri.

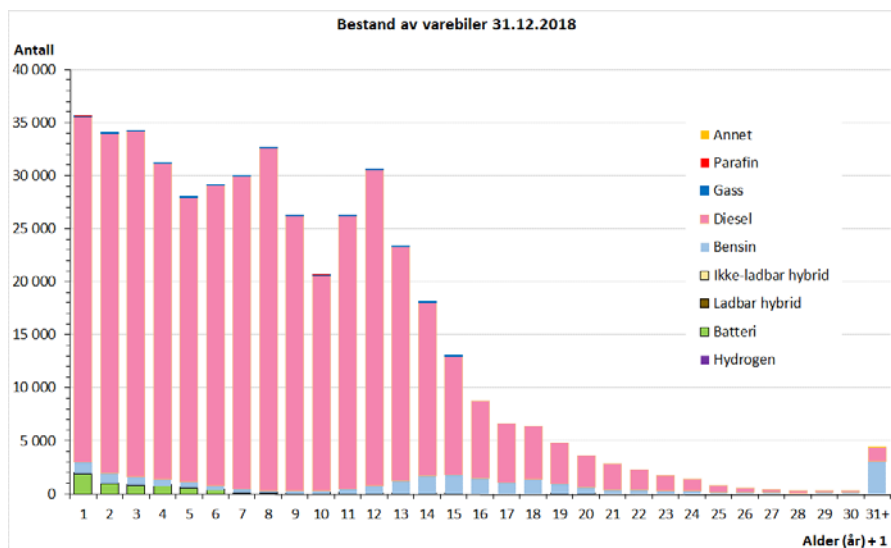
Enda tydeligere blir det om vi går fram til år 2025. Mens elbilene dette året beregnes å utgjøre ca. 32 prosent av bestanden, vil de representere nær 35 prosent av trafikkarbeidet.

En kan også legge merke til at veteranbilenes rolle er langt mer beskjeden når en teller opp trafikkarbeidet (figur S.3) enn når en ser på bilbestanden (figur S.1).

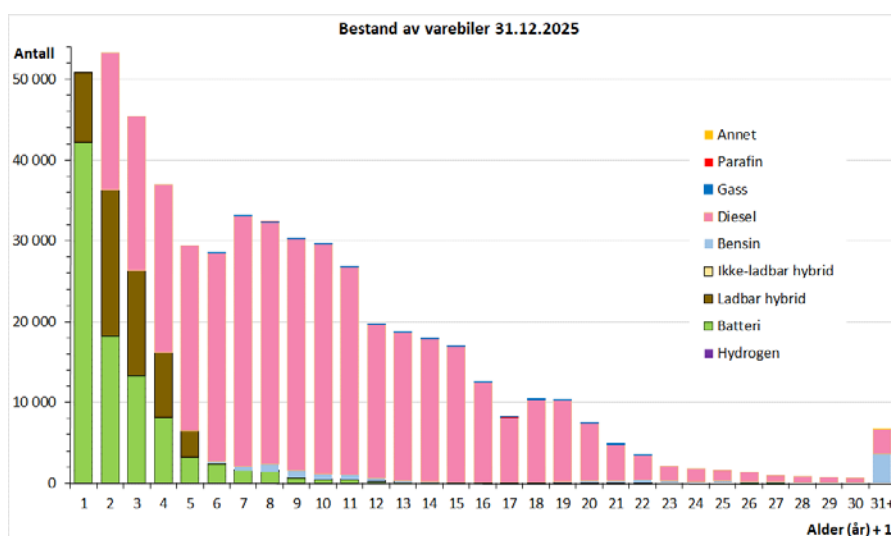
I figur S.5 til S.8 vises tilsvarende alderspyramider for bestanden av varebiler og tunge godsbiler, dvs. lastebiler og trekkbiler for semitrailere.



Figur S.4: Personbilers trafikkarbeid i 2025, etter alder og drivlinje.



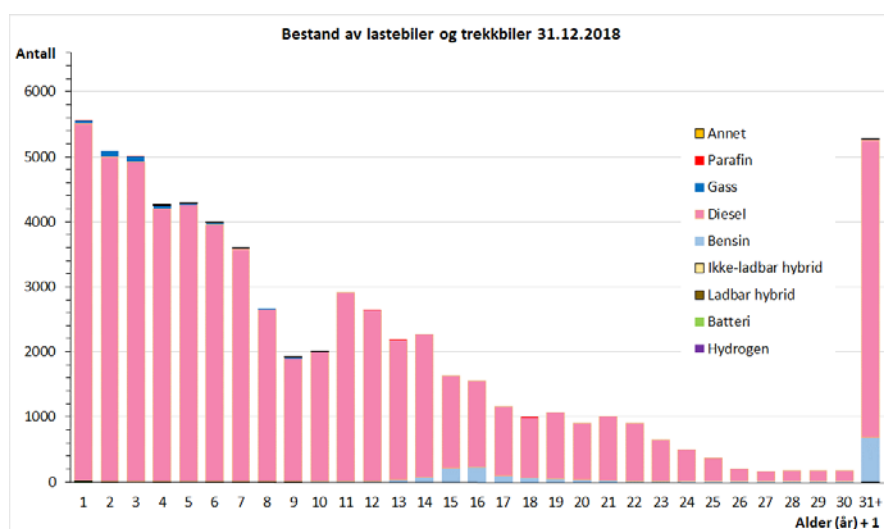
Figur S.5: Norskregistrerte varebiler, etter alder og drivlinje, per 31.12.2018.



Figur S.6: Norskregistrerte varebiler, etter alder og drivlinje, framskrevet per 31.12.2025.

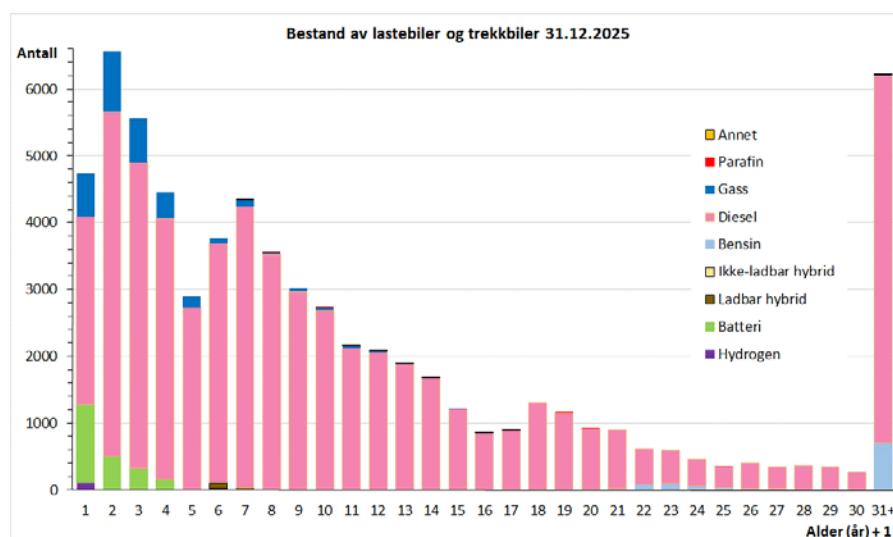
Alderspyramiden for varebiler i 2025 (figur S.6) er resultat av en framskriving, der batteri- og hybridelektriske varebiler er beregnet å utkonkurrere dieseldrift innen 2025. Drøyt 80 prosent av de nye varebilene i 2025 er i dette scenariet utslippsfrie, i tråd med målene nedfelt i Nasjonal transportplan 2022–2033.

De tunge er unge. Alderspyramiden for tunge godsbiler (figur S.7) smalner raskt av når vi beveger oss oppover aldersaksen. Det har sammenheng med høy utskiftingstakt blant trekkbilene. Søkket i alderspyramiden på grunn av finanskrisen strekker seg her over to år – 2009 og 2010.



Figur S.7: Norskeregistrerte lastebiler og trekkbiler, etter alder og drivlinje, per 31.12.2018.

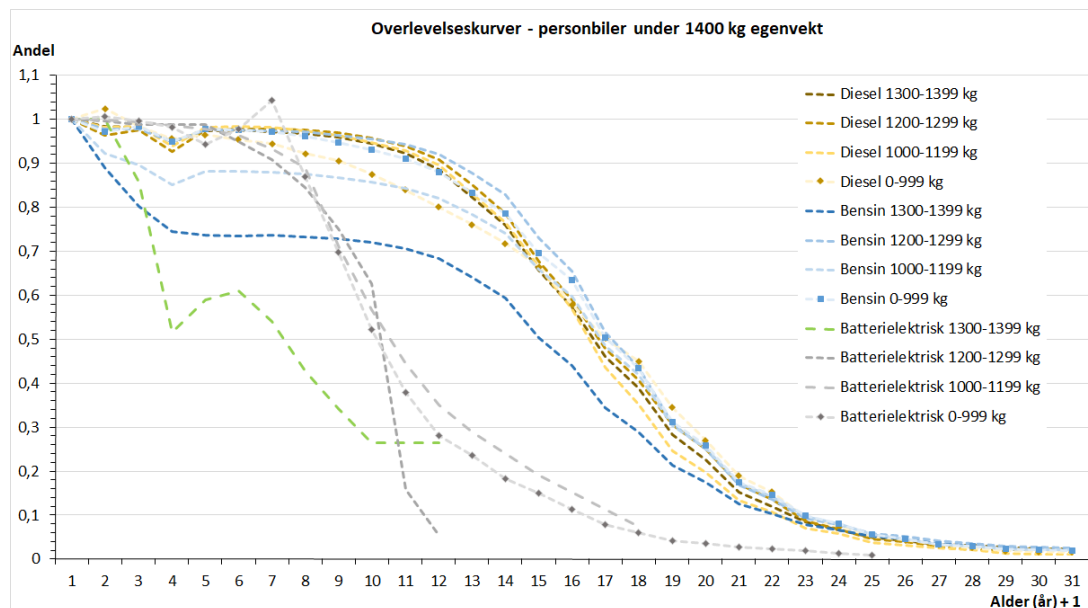
Figur S.8 viser resultatet av samme framskriving per 2025 som lå bak figur S.6. Bestanden av tunge godsbiler omstilles bare langsomt til utslippsfri drift. Men biogass og batteri vil i 2025 ha begynt å gjøre seg gjeldende i markedet.



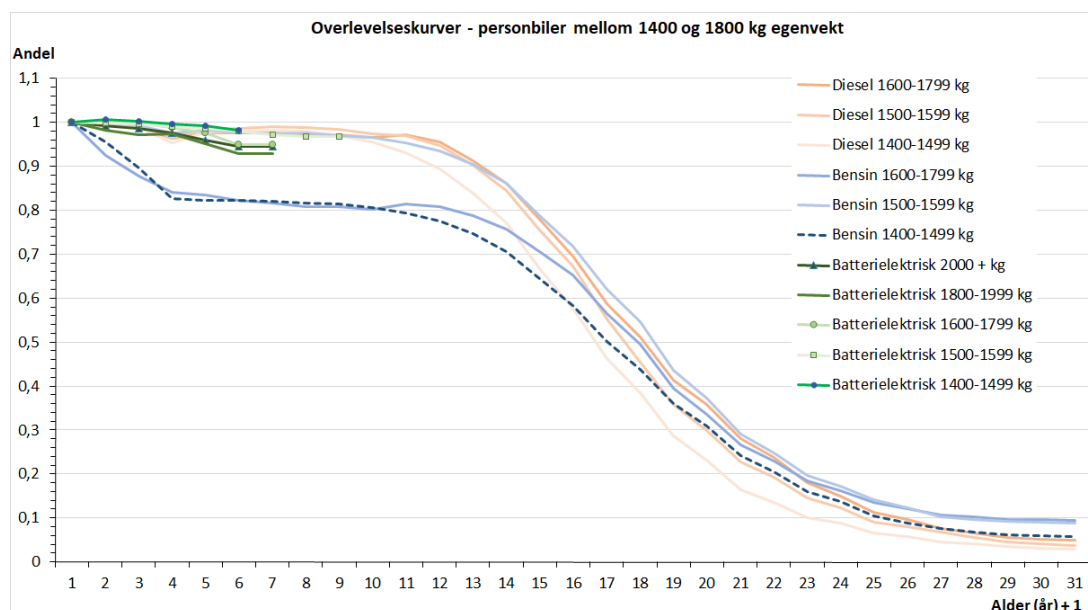
Figur S.8: Norskeregistrerte lastebiler og trekkbiler, etter alder og drivlinje, framskrevet per 31.12.2025.

Overlevelseskurver

Figur S.9 til S.11 viser overlevelseskurver for personbiler på norske skilt.



Figur S.9: Overlevelseskurver for norskregistrerte små personbiler, etter drivlinje og egenvekt.



Figur S.10: Overlevelseskurver for norskregistrerte mellomstore personbiler, etter drivlinje og egenvekt.

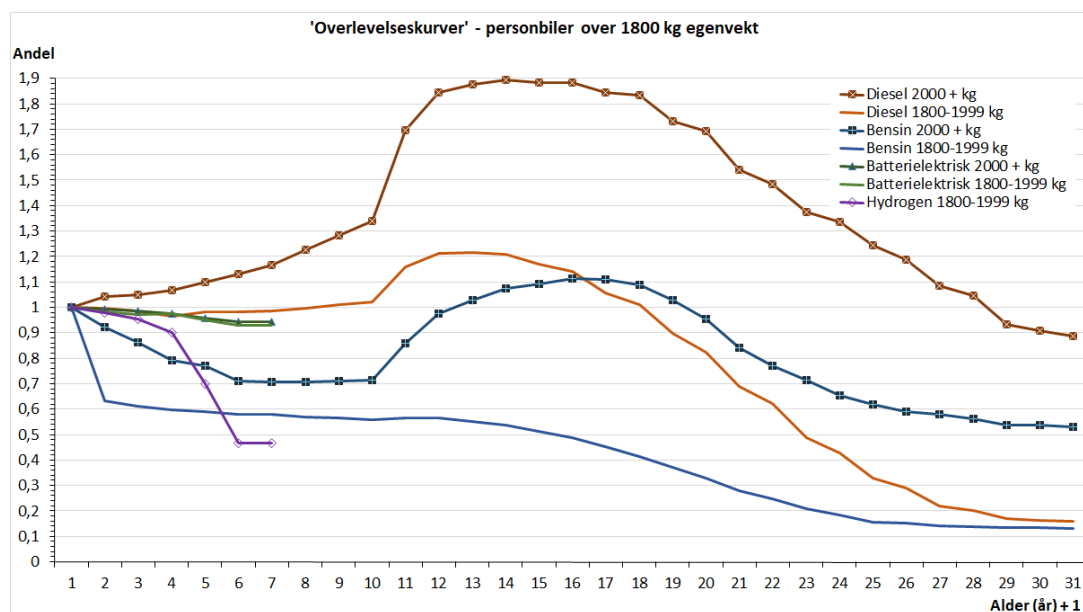
Vi ser av figur S.9 at omtrent halvparten av dieselbilene under 1400 kg overlever til de fyller 16 år. Det samme gjelder bensinbiler under 1300 kg. De letteste elbilene ser per 2018 ut til å leve atskillig kortere enn eksosbilene. Etter 7 til 10 år er halvparten borte.

De tyngre personbilene varer som hovedregel noe lenger enn de lettere modellene. Det tar 16 til 18 år før et årskull av bensin- og dieselbiler mellom 1400 og 1800 kg er halvert (figur S.10).

‘Overlevelsen’ kan i enkelte tilfeller være større enn 100 prosent. Årskullet kan vokse på grunn av bruktbilimport. Ett eksempel, vist i figur S.9, gjelder elbiler lettere enn 1000 kg, som ved 6 års alder ser ut til å være flere enn de var i 5-årsalderen.

Et særlig bemerkelsesverdig tilfelle av årskull som legger på seg, gjelder personbiler over 1800 kg (figur S.11). Dieselpiler tyngre enn to tonn blir det stadig flere av opp til 12–13 års alder.

Inntil 9 års alder er dette etter alt å dømme et resultat av bruktbilimport. Bruktimporterte personbiler nyter godt av et ‘bruksfradrag’ i engangsavgiften. Fram til 30.6.2020 var fradraget 47 prosent for fem år gamle biler og 76 prosent for ni år gamle. Siden er fradraget økt, til 50 prosent ved fylte fem år og 82 prosent ved ni års alder.



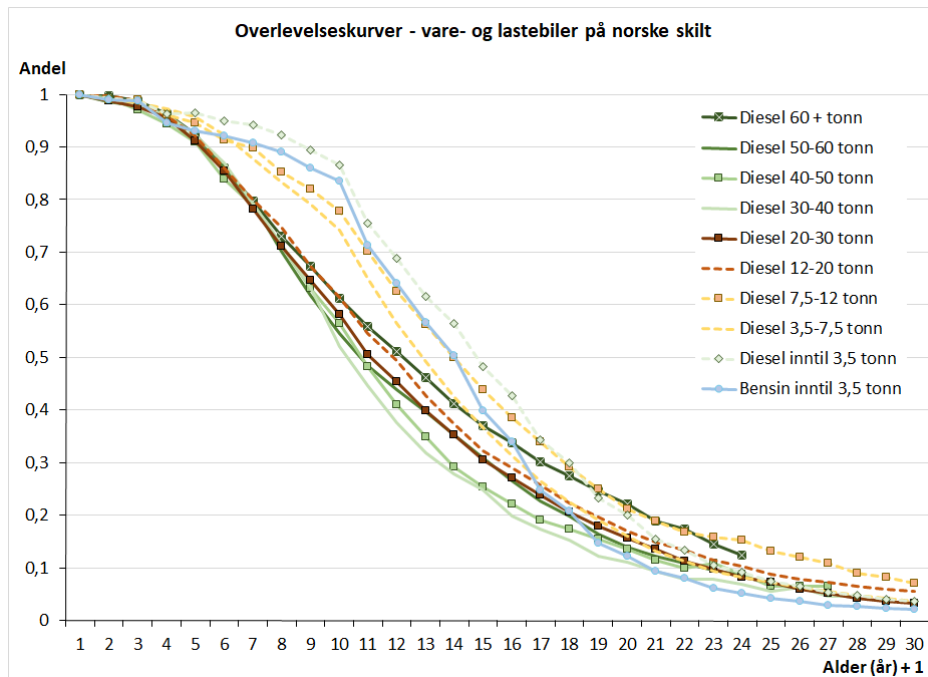
Figur S.11: Kumulative overgangsrater for norske registrerte store personbiler, etter drivlinje og egenvekt.

Varebiler som er førstegangsregistrert før 29.4.2013, kan ved 10 års alder ombygges til personbiler, uten at det påløper ny engangsavgift. Slik ombygging er ikke helt uvanlig og medfører at årskullet av store personbiler gjerne vokser kraftig fra 9 til 10 års alder. Ved 10 års alder gjør kurvene vist i figur S.11 således et hopp.

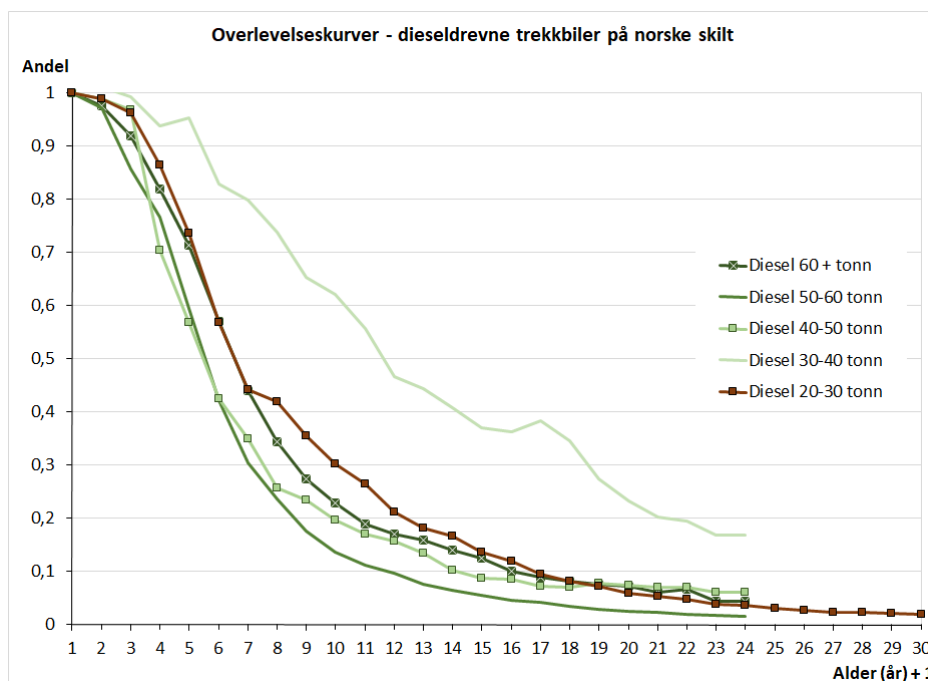
I gjennomsnitt for hvert år fra 2011 til 2018 ble det nesten 1400 flere dieselpiler over 1800 kg i det bilene fylte 10 år. Til sammenlikning bestod ett årskull dieselpiler i denne vekt-klassen i perioden 2011–2018 av rundt 6000 kjøretøy da bilene var nye.

Samtidig med at de store personbilene blir flere, blir varebilene færre. Avregistreringene ved 10 års alder er omtrent dobbelt så mange som en ville ha ved ‘naturlig avgang’. Figur S.12 og S.13 viser overlevelseskurver for varebiler og tunge godsbiler.

Overlevelseskurvene for trekkbiler (figur S.13) er stort sett atskillig brattere enn for lastebiler og varebiler (figur S.12). Halvparten av trekkbilene er avregistrert innen det er gått 5–6 år. Lastebilkullene blir halvert i løpet av 10 til 13 år, mens det for varebilene, dvs. godsbiler med mindre enn 3,5 tonn totalvekt, går 13–14 år innen årskullet er halvert.



Figur S.12: Overlevelseskurver for norske varebiler og lastebiler, etter drivstoff og høyeste tillatte vogntogvekt.



Figur S.13: Overlevelseskurver for norske trekkbiler for semitrailer, etter høyeste tillatte vogntogvekt.

Levetid

Norske bensindrevne personbiler lever i anslagsvis 16–17 år i gjennomsnitt, diesebilene i 17–18 år. Levetiden kan være noe overvurdert, da anslaget er påvirket av bruktbilimport og ombygging, som innebærer en kunstig oppblåsing av antallet eldre kjøretøy av et bestemt årskull.

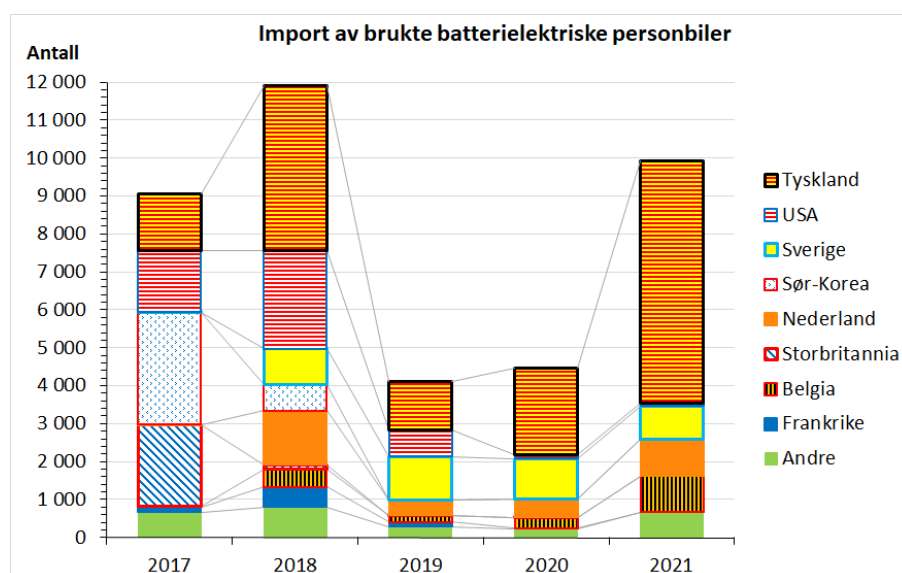
Varebilene har en beregnet levetid på 14–15 år. Men uten ombyggingen til personbiler ville levetiden ha vært høyere.

De tunge lastebilene lever i 12–15 år på norske skilt. Siden noen av dem selges til utlandet en stund før de utranteres, er den reelle levetiden trolig høyere. For trekkbilenes del er brukteksporten vesentlig mer omfattende. Disse kjøretøyene lever stort sett i bare 6 til 9 år på norske skilt.

Dieseldrevne busser har en levetid i Norge på 9 til 12 år, avhengig av størrelse. Lengst levetid av alle motorkjøretøy har de dieseldrevne bobilene, med anslagvis 31 år.

Import og eksport av brukte elektriske kjøretøy

Siden 2017 er det ifølge utenrikshandelsstatistikken importert over 42 tusen brukte elbiler til Norge. Den største andelen kommer fra Tyskland. Andre viktige eksportland er USA, Sverige og Sør-Korea (figur S.14).



Figur S.14: Årlig import av brukte batterielektriske personbiler 2017–2021, etter eksportland.

Importen av brukte elbiler er etter alt å dømme påvirket av at mange land, til forskjell fra Norge, subsidierer elbiler gjennom kontanttilskudd. Alle de nevnte landene har i perioder hatt nokså rause tilskuddsordninger. I Sverige har en siden 1. juli 2018 praktisert et bonus-malus-system for nye personbiler, som i 2021 innebar at kjøpere av nye elbiler etter seks måneder fikk utbetalt en bonus på 60 000 svenske kroner. I Tyskland utgjør [miljøbonusen](#) ("Umweltbonus") i skrivende stund (april 2022) € 9000 per bil.

Subsidiene gir opphav til en forretningsmulighet. En smart næringsdrivende kjøper et kjøretøy, innkasserer tilskuddet og selger bilen ved første anledning til en kjøper i et land uten subsidier, der markedsprisen er høyere. Et slikt land er Norge.

Om vi antar at førstegangskjøperne av elbiler som er brukteimportert fra Tyskland, har mottatt tilskudd på i gjennomsnitt kr 80 000 per bil, utgjør dette 1,26 milliarder kroner i løpet av de fem årene 2017–2021. Om vi på samme vis forutsetter at svenske elbiler er subsidiert med 50 000 norske kroner per bil, blir beløpet ca. 200 millioner kroner siden bonus-malus-systemet ble innført i 2018. Slik har tyske og svenske skattebetalere bidratt til å elektrifisere den norske *personbilparken*.

Siden august 2019 har også Norge hatt sin subsidieordning – riktignok ikke for personbiler, men for varebiler og tunge godsbiler. I 2020 og 2021 kunne kjøpere av batterielektrisk varebil med mer enn 80 kW motorytelse få støtte fra Enova med inntil kr 50 000. Men støtten er betinget av at varebilen beholder norske skilt i minst tre år. Tidligst i 2023 vil det kunne bli lønnsomt å eksportere subsidierte utslippsfrie varebiler fra Norge.

Årlig kjørelengde

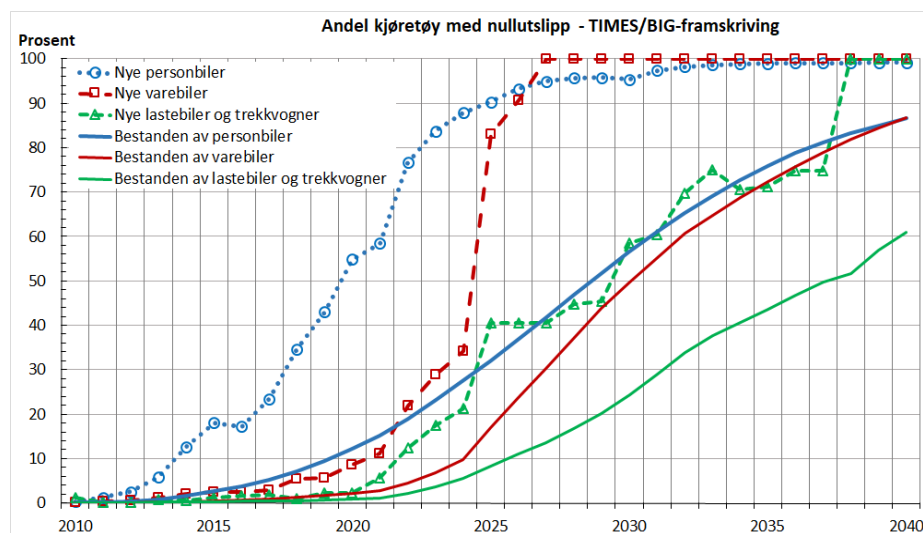
Nye biler brukes mest. Dette gjelder for alle typer kjøretøy.

En mellomstor personbil går 17 000 til 23 000 km i året, når den er ny. Diesebilene kjører noe lenger enn elbilene og bensinbilene. Ved fylte 15 års alder går personbilene 11 000 til 15 000 km per år. Hvis og når personbilene har nådd 30 års alder, er den årlige kjørelengden sunket til 3000 til 6000 km.

Varebilene går ca. 20 000 km i året når de er nye og omtrent halvparten så langt ved 15 års alder. De tyngste lastebilene tilbakelegger ca. 65 000 km i gjennomsnitt når de er nye, men bare ca. 16 000 km ved 15 års alder. Enda brattere synker kjørelengden blant trekkbilene for semitrailer – fra ca. 100 000 km per år i starten til ca. 18 000 km etter 15 år.

Utslipp til luft

Stadig flere norske kjøretøy avgir intet utslipp i trafikken. Figur S.15 viser andelen nullutslipp blant nye kjøretøy så vel som i bestanden, i henhold samme framskrivning som ligger til grunn for figur S.6 og S.8. Som utslippsfrie drivlinjer regner vi biogass, batteri og brenselceller for hydrogen.

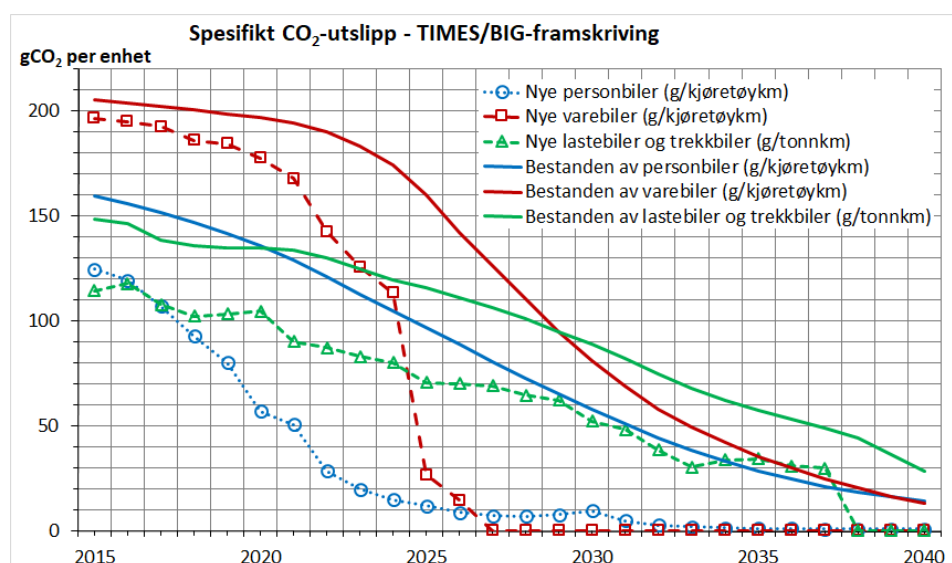


Figur S.15: Kjøretøy med nullutslipp som andel av nye og eksisterende personbiler, varebiler eller lastebiler/trekkbiler 2010–2040. Prosent.

Diagrammet viser forsinkelsen mellom nye kjøretøy (stiplede linjer) og bestanden (heltrukne linjer). Fra det tidspunkt da de utslippsfrie kjøretøyene står for halvparten av alle nye personbiler, til de utgjør halvparten av bestanden, tar det anslagsvis 9 år. For varebiler er den tilsvarende ledetiden beregnet til 6 år, og for tunge godsbiler 8 år.

Ledetiden har sammenheng med hvor lang tid det tar å skifte ut kjøretøyparken, noe som i sin tur er bestemt av hvor lenge bilene beholder norske skilt. Ledetiden er dessuten påvirket av hvor raskt den nye teknologien innføres i nye kjøretøy, og av hvor stort innslag av ny teknologi som tilstrebes. Dersom målet er 90 prosent utslippsfrie kjøretøy i bestanden, blir ledetiden 15 år eller mer.

I figur S.16 presenteres tilsvarende kurver for det gjennomsnittlige CO₂-utslippet per kjøretøykilometer eller tonnkilometer. Ledetiden på nivået 50 gram CO₂ per kjøretøykilometer (gCO₂/km) kan avleses som 10 år for personbiler og 9 år for varebiler. For de tunge godsbilene er ledetiden beregnet til ca. 7 år, avlest på nivået 50 gram CO₂ per tonnkilometer. Denne relativt korte ledetiden har sammenheng med den nokså raske utskiftingen av trekkbiler for semitrailer (figur S.13).



Figur S.16: Observert og framskrevet gjennomsnittlig spesifikt CO₂-utslipp fra nye og eksisterende kjøretøy 2015–2040. Gram CO₂ per kjøretøykm eller tonnkm, for fratrekke for biodrivstoff.

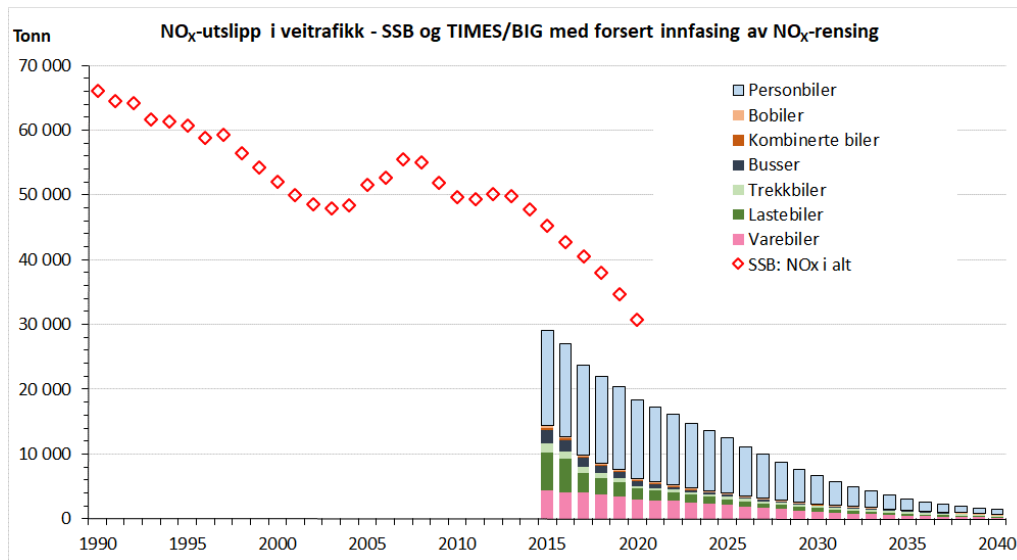
Lokalt forurensende utslipp

NO_x-utslippet i veitrafikken sank med 53 prosent fra 1990 til 2020. Fra 2015 til 2020 er reduksjonen 32 prosent, ifølge offisiell statistikk. Framskrivninger viser at utslippene vil fortsette å synke bratt fram mot 2040 (figur S.17). De beregnes å gå ned med hele 92 prosent mellom 2020 og 2040, til et nivå som tilsvarer bare 4 prosent av utslippet i 1990.

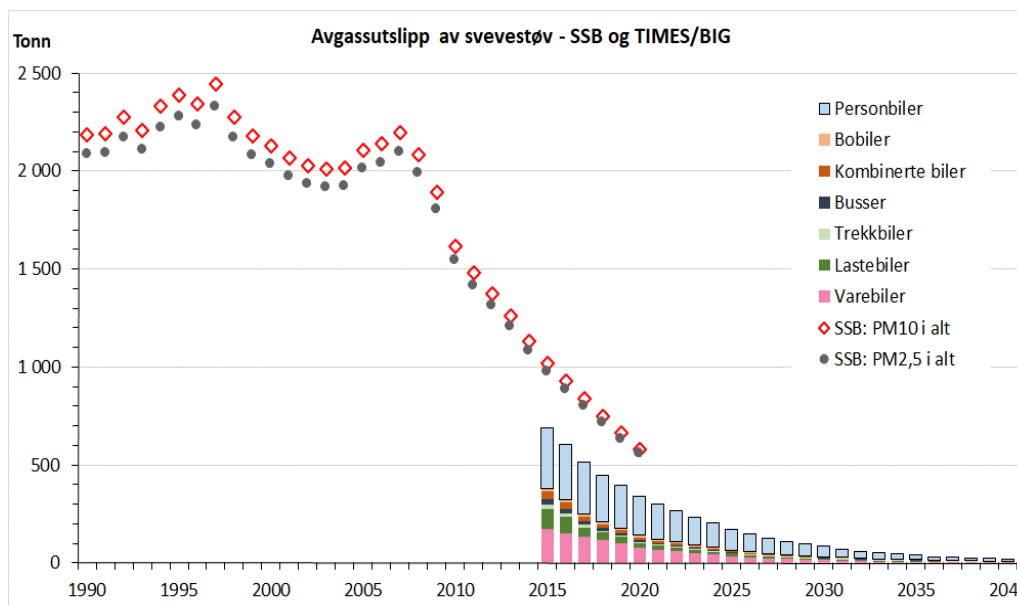
De helseskadelige, ørsmå forbrenningspartiklene i avgassen (PM_{2,5}) forsvinner enda raskere. Fra 1990 til 2020 er reduksjonen i utslippet av avgasspartikler ifølge SSB ikke mindre enn 73 prosent, hva enten en teller opp alle partikler mindre enn 10 tusendels millimeter (PM₁₀) eller bare undergruppen PM_{2,5}. Som det framgår av figur S.18, er nesten alt svevestøvet i avgassen av den minste og mest helseskadelige sorten (PM_{2,5}).

Nye 94 prosents fall i utslippet av avgasspartikler ventes fra 2020 til 2040, til et nivå som utgjør mindre enn 2 prosent av utslippet for 30 år siden.

Miljøforbedringen skyldes dels at stadig flere personbiler blir utslippsfrie, men aller mest at EU-reguleringene gjennom mange år har stilt stadig strengere krav til de nye tunge kjøretøyenes miljøegenskaper.



Figur S.17: NO_x-utslipp i veitrafikken 1990–2040, med forsert innfasing av NO_x-rensing i dieseldrevne personbiler fram til 2024.



Figur S.18: Avgassutslipp av PM₁₀ og PM_{2,5} i veitrafikken 1990–2040.

Svevestøvet ved slitasje på veidekke og bildekk er ikke omfattet av våre beregninger. Dette svevestøvet blir det ikke mindre av selv om forbrenningsmotorene blir renere eller erstattes av elmotorer.

Svevestøvet ved slitasje på bremsebånd er heller ikke inkludert i tallene. Siden elbilene fortrinnsvis bremser med motoren, kan en forvente en gradvis lavere forekomst av slikt svevestøv.

Datatilgang

Datagrunnlaget for vår 'demografiske' analyse av kjøretøyparken er motorvognregistrets bestandstall. Ved å sammenholde bestandstallene for ulike år kan en følge de enkelte årskull

(kohorter) av kjøretøy og beregne tilgangs- og avgangsrater for de ulike kjøretøysegment. Basert på disse tallene kan en i neste omgang beregne overlevelseskurver og forventet levetid.

Denne beregningen forutsetter imidlertid at en kan trekke bestandstall ut av motorvognregistret, ikke bare per dags dato eller for siste år, men for mange år bakover i tid. Vi har brukt bestandstall for hvert år fra og med 2010 til og med 2018.

Etter omleggingen av datasystemet synes det ikke lenger mulig å trekke pålitelige tilbakegående bestandstall ut av registret. Etter det TØI har brakt i erfaring, er problemet at ikke alle avregistrerte kjøretøy blir behandlet som avregistrerte.

Det innebærer at overlevelsesratene ikke kan oppdateres. En er henvist til å klare seg med rater beregnet på grunnlag av årene fram til 2018. Særlig uheldig er dette for elbilsegmentet, der en i de fleste vektclasser ikke har 'overlevelsesrater' for mer enn de første 5–6 leveårene. Til alt overmål er disse ratene forstyrret av bruktbilimport, som innebærer at overlevelsen overvurderes.

Summary

Motor vehicle demographics

TOI Report 1888/2022, Rev. 1

Author: Lasse Fridström

Oslo 2022 58 pages Norwegian language

Demographic concepts and methods may help understand the dynamics of the motor vehicle population, or its inertia. Relying on a stock-flow cohort model of the Norwegian vehicle fleet, we generate, for seven different vehicle categories, age pyramids, survival curves, and life expectancy estimates, along with algorithms predicting vehicle stocks, aggregate annual mileage, energy consumption, emissions to air, and end-of-life scrapping. Distinguishing among eleven different powertrains, the model may serve as a decision support tool for long term energy and climate policy formulation.

Age pyramids

Demographers draw age pyramids as horizontal bar graphs with the two genders placed on either side of the vertical age axis. A more useful format is, however, obtained by rotating the graph 90 degrees to the right and placing one gender on top of the other. Indeed, when the population is made up by more than one ‘gender’ (read: powertrain technology), the vertically stacked bar graph is the convenient way to describe the population in a nutshell (Fig. E.1).¹

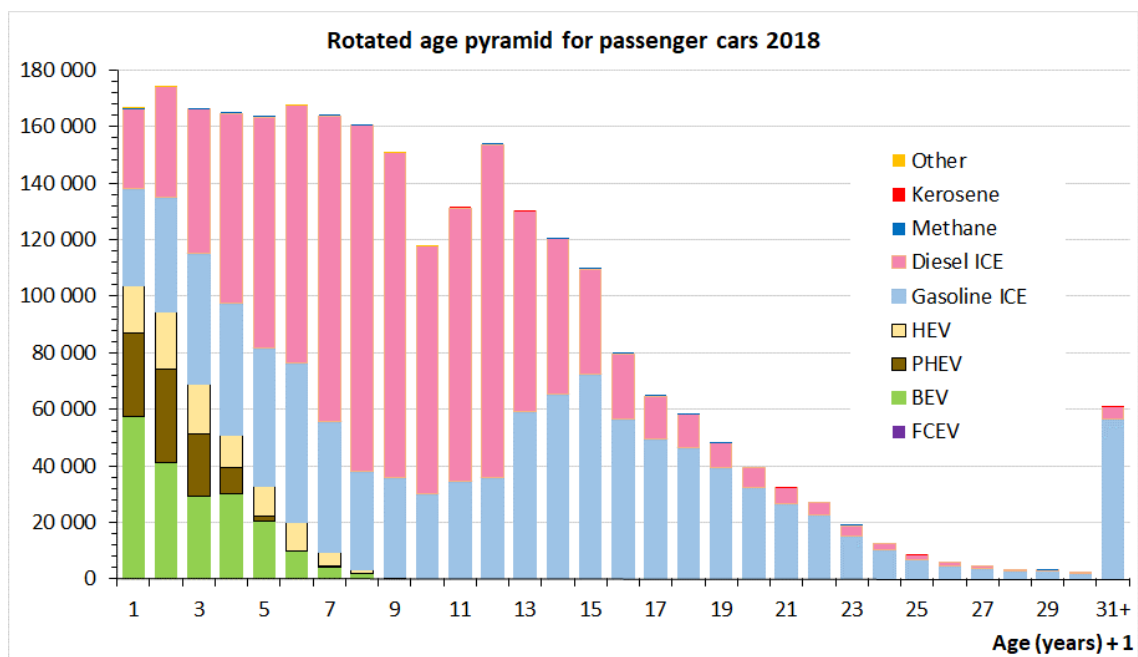


Fig. E.1: Norwegian registered passenger cars at year-end 2018, by age and powertrain technology.

¹ Note that in this and the following graphs, the age index runs from 1 to 31+, rather than from 0 to 30+. The real age of the vehicle is 1 year less than the index value.

In the BIG stock-flow cohort model of the Norwegian vehicle fleet (Fridstrøm 2017a), the following 11 powertrain technologies are specified:

- a. gasoline internal combustion engine (ICE),
- b. diesel ICE,
- c. battery electric vehicle (BEV),
- d. plug-in hybrid electric vehicle (PHEV) with gasoline ICE,
- e. PHEV with diesel ICE,
- f. non-plug-in hybrid electric vehicle (HEV) with gasoline ICE,
- g. HEV with diesel ICE,
- h. hydrogen fuel cell electric vehicle (FCEV)
- i. biogas (methane) ICE
- j. kerosene ICE
- k. other

In Fig. E.1, gasoline and diesel hybrids have been grouped together.

Survival curves and life expectancy

In Figs. E.2 and E.3 we exhibit *net flow intensities*, defined as the relative change, from one year to the next, in the stock of vehicles of a given cohort, weight class and powertrain. The intensities have been calculated from data extracted from the Norwegian motor vehicle register for the years 2012 through 2018 – see Fridstrøm (2017a) for a detailed mathematical description.

One notes that for passenger cars and light commercial vehicles (LCVs), there is a biennial cyclical pattern of attrition among vehicles above a certain age – 10 years for LCVs, 16 years for passenger cars. More cars are scrapped or deregistered during years of EU mandated periodic vehicle inspection (year 4, 6, 8, ... and so on).

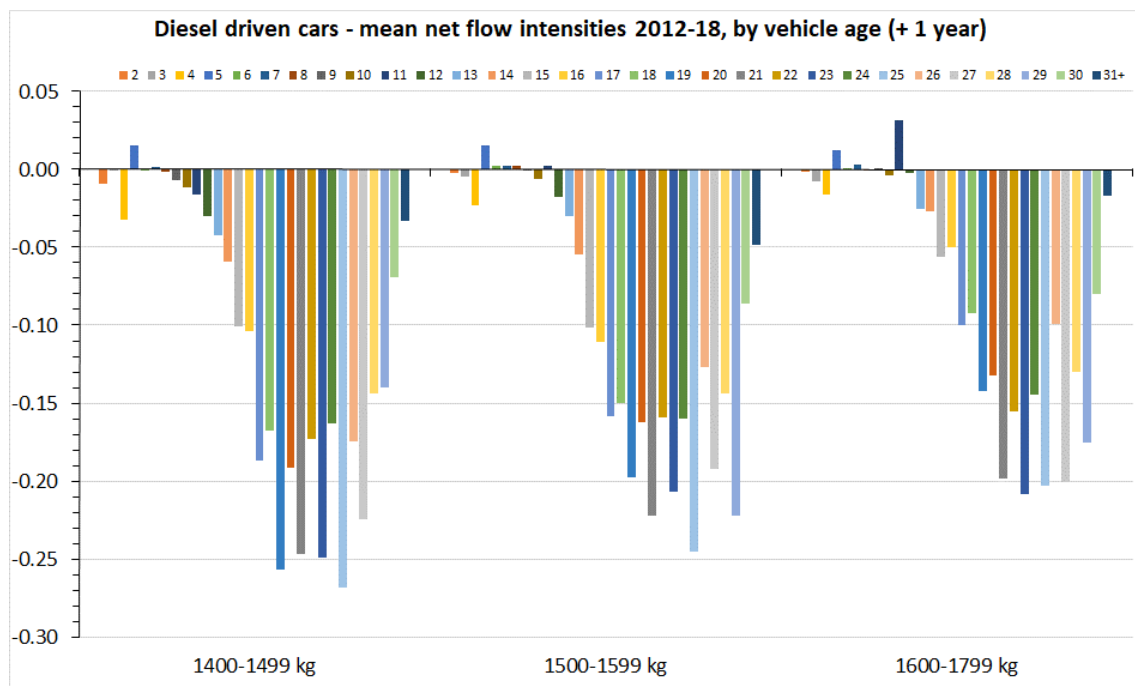


Fig. E.2: Mean net flow intensities 2012–2018 for certain diesel ICE passenger cars, by age and curb weight.

No such pattern is visible among heavy duty trucks (Fig. E.3). These are inspected every year.

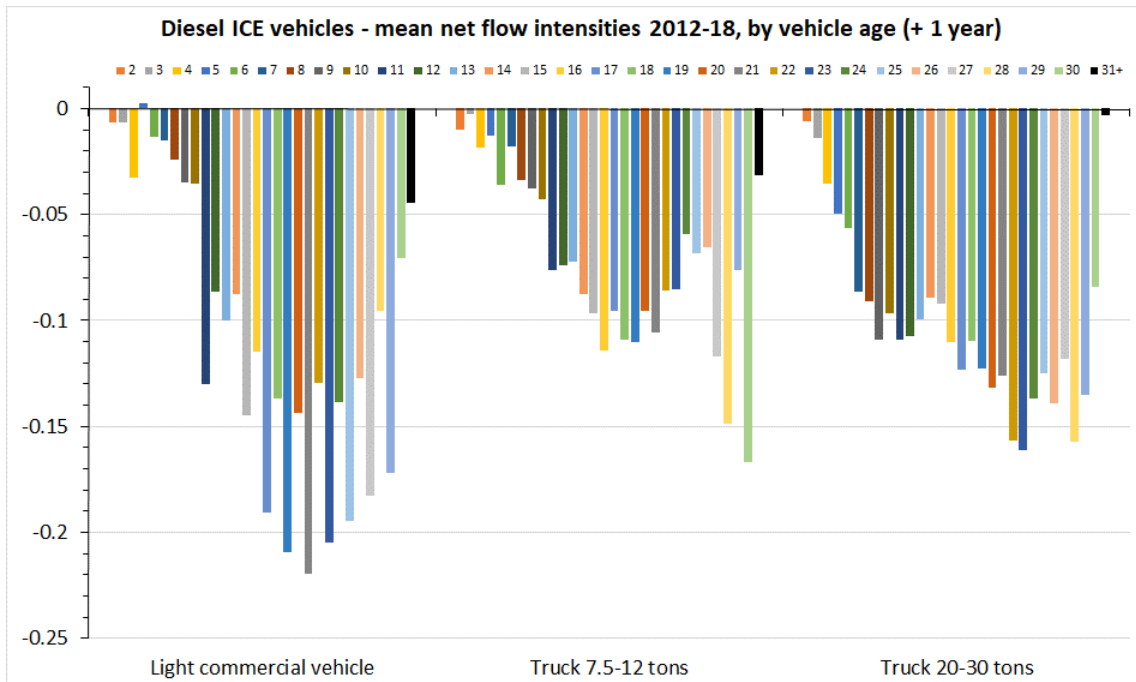


Fig. E.3: Mean net flow intensities 2012–2018 for certain diesel ICE freight vehicles, by age and maximal road train weight (metric tons).

Transition rates, given by one plus the net flow intensity, express how the respective cohorts of vehicles within each segment grow or shrink from one year to the next. By compounding the transition rates through the years, one can derive ‘survival curves’. Examples are shown in Figs. E.4 through E.8.

One notes from Fig. E.4 that just about half of all small passenger cars with a diesel ICE survive until their 17th year in Norway. The same applies to gasoline cars below 1300 kg. Small BEVs have considerably shorter lives. After 7 to 10 years, most of them are gone.

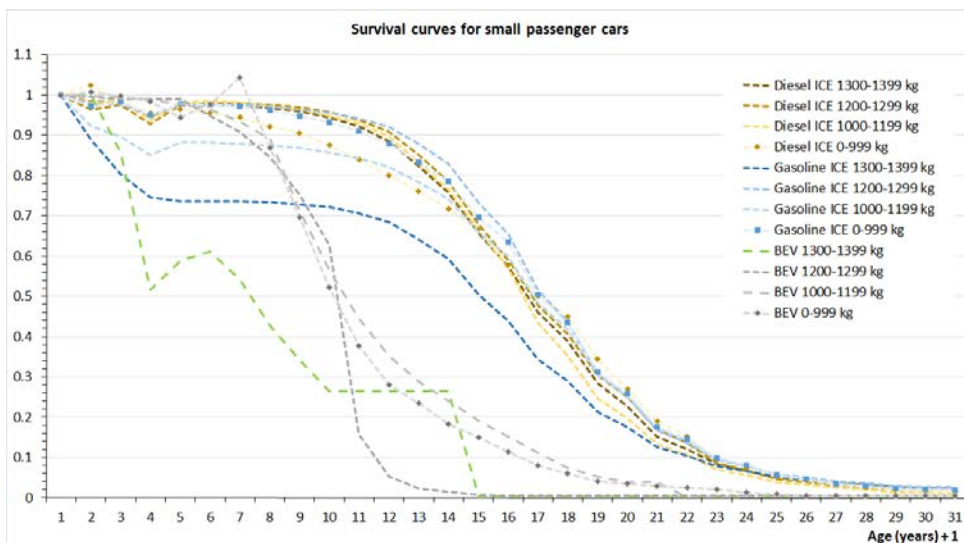


Fig. E.4: Survival curves for small passenger cars, by powertrain and curb weight.

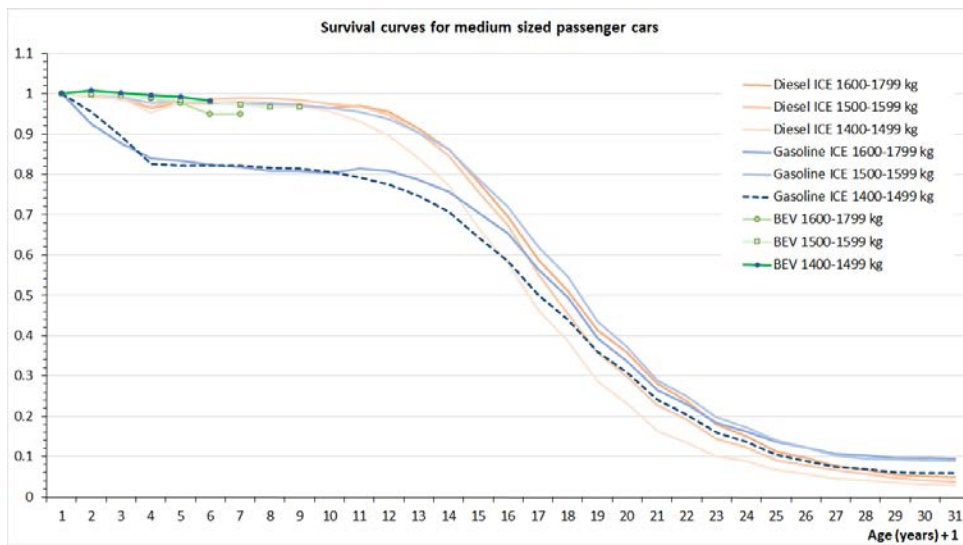


Fig. E.5: Survival curves for medium sized passenger cars, by powertrain and curb weight.

Medium sized automobiles roam the roads until their 17th to 19th year before half of them have succumbed (Fig. E.5). So far, BEVs of this size do not stand out against ICE cars in terms of survival. But our empirical data do not allow us to extend the BEV survival curves beyond 5 to 8 years of age.

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 percent. Indeed, in Fig. E.4 we note that the smallest type of BEVs are more numerous at age 6 than one year before. This is due to second hand import.

The larger diesel driven passenger cars, above 1800 kg curb weight, commonly become more numerous as they age. During their first ten years, the increase in number is due to second hand import, spurred by the age-graduated 'discount' granted on the Norwegian one-off automobile registration tax (Fig. E.6).

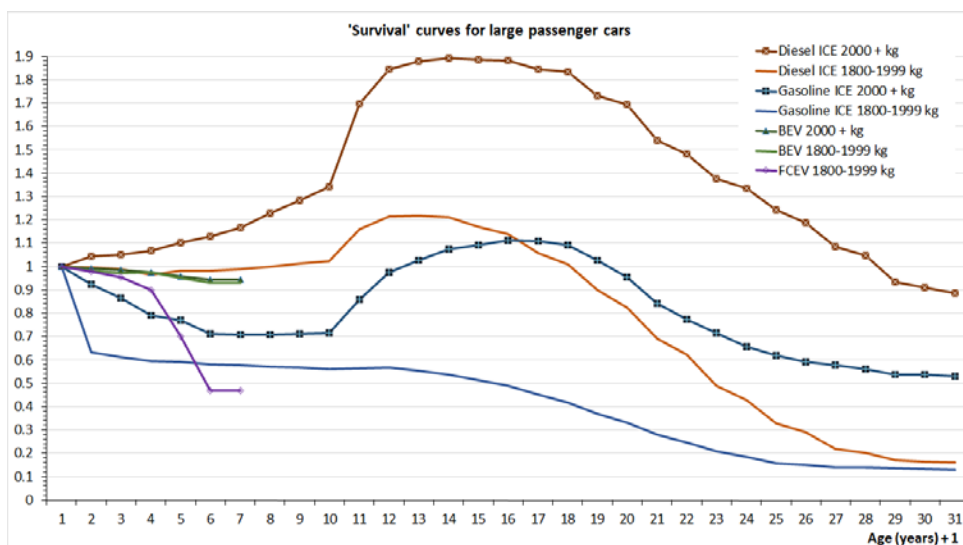


Fig. E.6: 'Survival' curves for large passenger cars, by powertrain and curb weight.

A spike in the ‘survival’ curve is seen after age 10, due to the fact that at this age, light commercial vehicles (LCVs, or vans) can be retrofitted as passenger cars without giving rise to any extra registration tax. Thus, in their 15th year, Norwegian registered diesel cars heavier than 2000 kg are almost 90 percent more numerous than they were as new.

Survival curves for light and heavy duty commercial vehicles are shown in Figs. E.7 and E.8. Trailer tractors exhibit much steeper curves than do ordinary truck and vans. Half of the tractors are scrapped or sold second hand abroad before they reach 7–8 years of age.

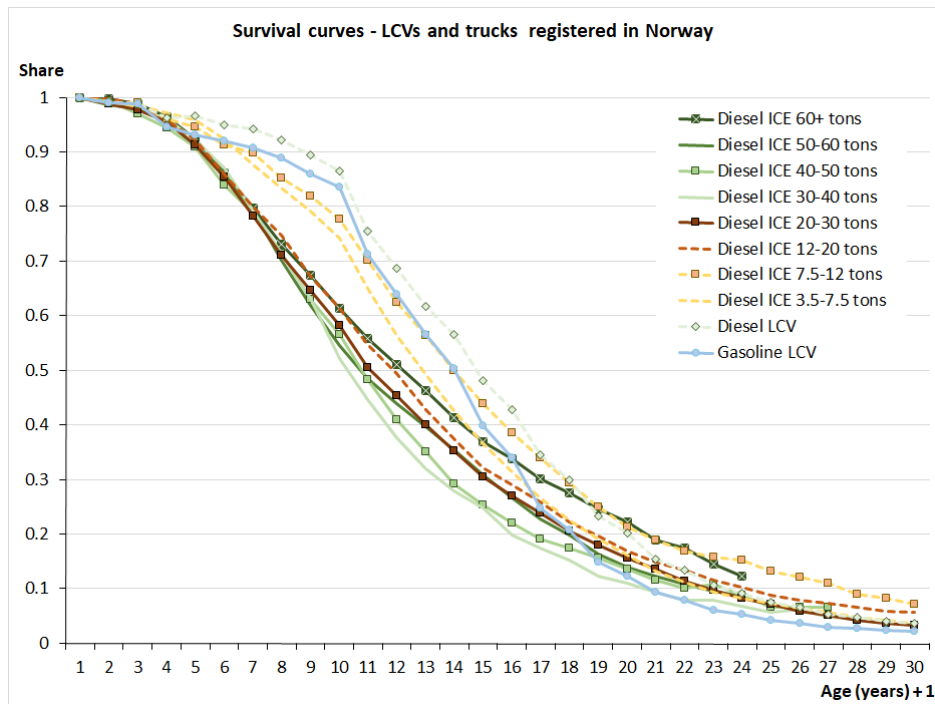


Fig. E.7: Survival curves for LCVs and heavy duty trucks, by maximal road train weight (metric tons).

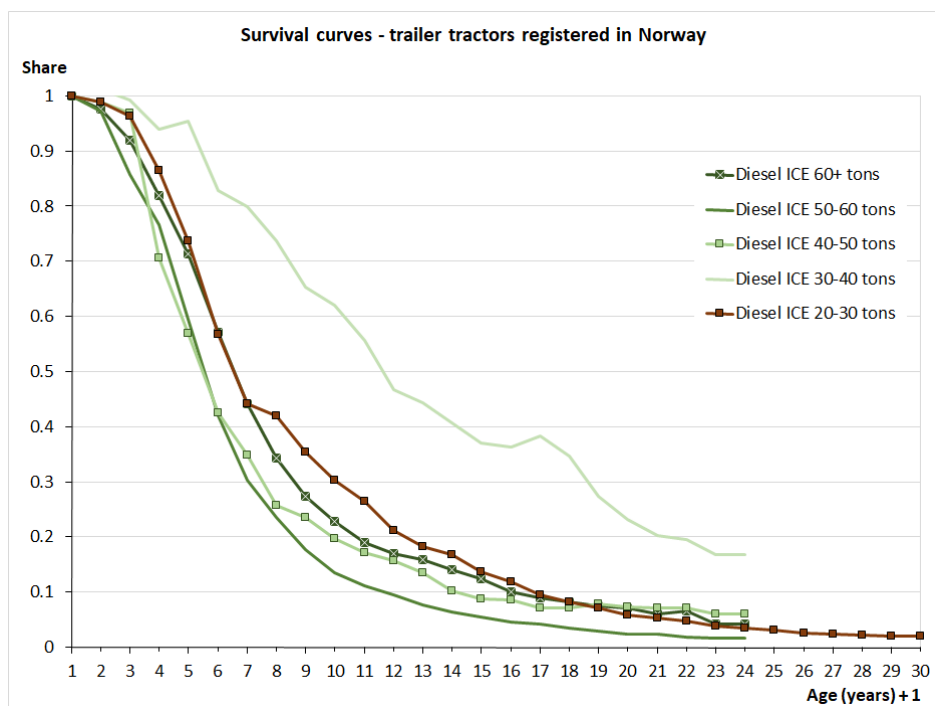


Fig. E.8: Survival curves for heavy duty trailer tractors, by maximal road train weight (metric tons).

Given the cumulative transition rates (survival rates), it is matter of simple algebra to compute the vehicles' domestic life expectancy. We estimate it at around 16 years for gasoline cars, 18 years for diesel cars, 13 years for trucks and LCVs, 8 years for trailer tractors, 11 years for buses, and 31 years for diesel driven recreational vehicles.

Second hand import of battery electric vehicles

Contrary to common belief, the record fast market uptake of battery electric vehicles (BEVs) in Norway (Fig. E.1) is due to taxation rather than subsidization. ICE passenger cars and their fuel and road use are taxed at a rate corresponding to a carbon price of at least € 1370 per ton of CO₂, before taking account of the roughly 15 percent biofuel blend-in (Fridstrøm 2021a). But no cash subsidies are being paid out to BEV buyers in Norway.

Such subsidies (or tax credits) have, however, been common practice in many other countries, among them Germany, Sweden, South Korea, and the USA. These subsidies give rise to a business opportunity (Amiot 2013, Doyle 2019). A clever businessman buys a BEV, cashes in the subsidy, and subsequently exports the car to a country without cash subsidies, where the market price is higher.

One such country is Norway. Figures from the foreign trade statistics reveal that 42 103 BEVs have been imported second hand to Norway from 2017 through 2021, most of them from Germany, many also from Sweden, South Korea and the USA (Fig. E.9). Taxpayers in these countries appear to have helped electrify the Norwegian automobile fleet. The second hand import has added around 13 percent to the total number of BEVs registered in Norway during 2017 through 2021.

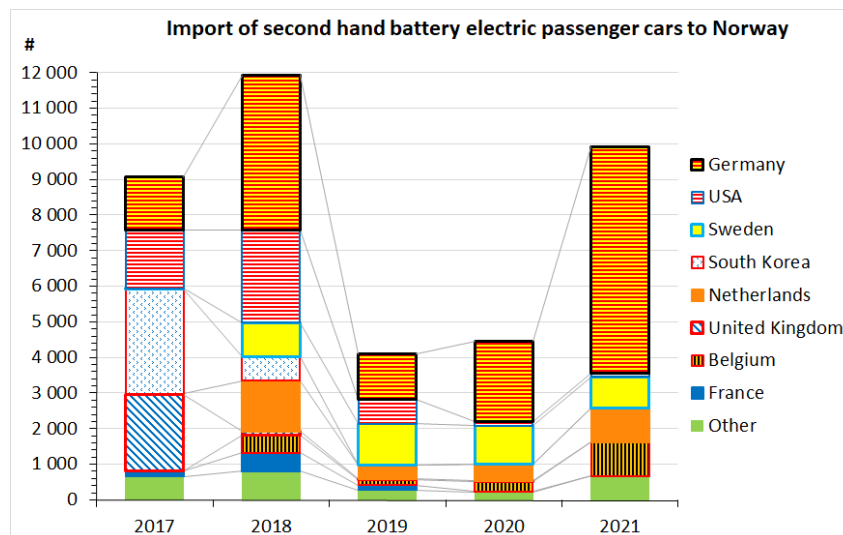


Fig. E.9: Annual import of second hand battery electric passenger cars to Norway 2017–2021, by exporting country. Source: Norwegian foreign trade statistics.

Emissions to air

The BIG stock-flow projection model provides information on the delay between innovation and penetration (Fridstrøm 2017a), i.e. on the time it takes before new technology affecting the *flow* of new vehicles has penetrated similarly into the *stock*. In Fig. E.10, we

show the share of BEVs and FCEVs among *new* or *existing* passenger cars, LCVs and heavy duty freight vehicles, i.e. in the flows and stocks of these vehicles.

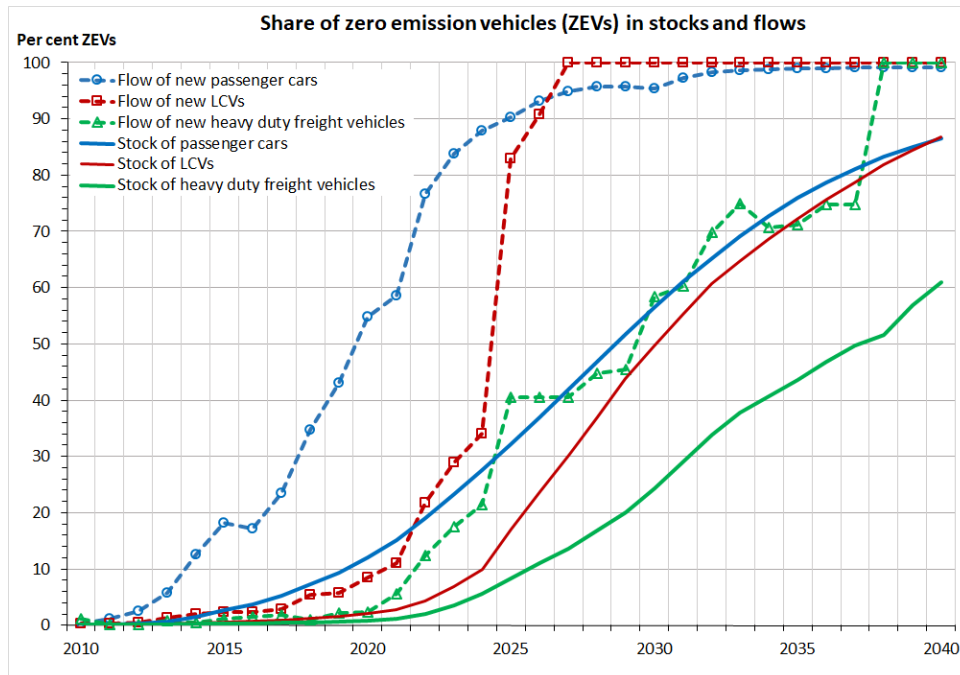


Fig. E.10: Observed and projected share of zero emission technology in vehicle flows and stocks 2010–2040, by vehicle class. Source: Fridström mfl. (2022).

The solid lines in Figure E.10 represent the zero emission vehicle share of the *stock* of vehicles at the end of each year. The lag between new vehicle market uptake and the penetration into the stock can be read off as the horizontal distance between the two identically colored lines. At the 50 percent penetration level, the lag, as computed under this particular projection, is seen to be 9 years for passenger cars, 6 years for LCVs and 8 years for trucks (including trailer tractors). At the 90 percent penetration level, the lag is at least 15 years for all vehicle categories. The vehicle fleet is an inert matter.

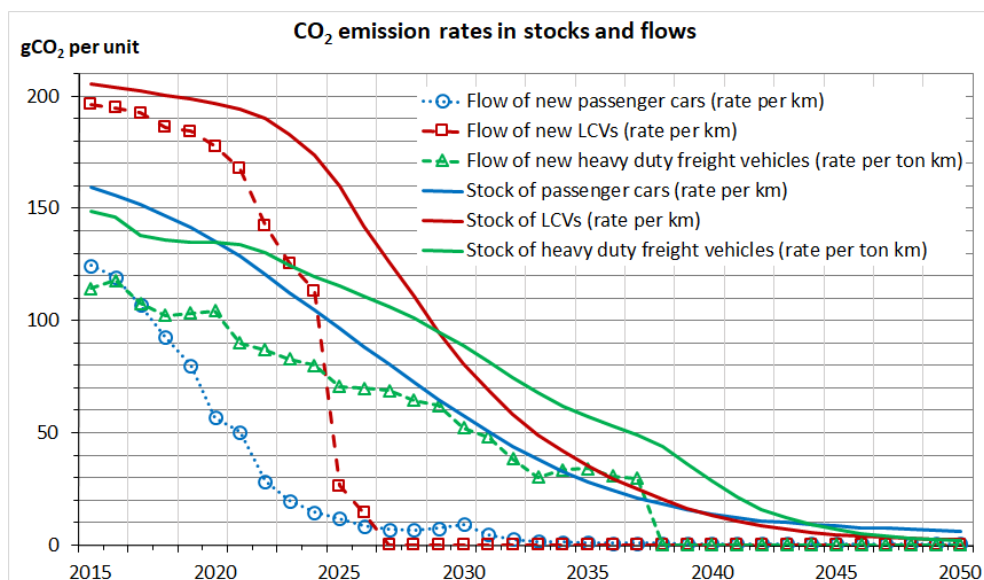


Figure E.11: Observed and projected mean CO₂ emission rates of new and existing vehicles 2015–2040.

Similarly, in Fig. E.11, we exhibit mean CO₂ emission rates characterizing the flows and stocks of vehicles, respectively. These rates are fast coming down, but not so fast for the stock of vehicles as for the flow of new ones. We observe a time lag of up to 15 years.

The motor vehicles' emissions to air also comprise local pollutants, such as nitrogen oxide (NO_x) and exhaust particulate matter (PM). In Norway, NO_x emissions on the road are down 53 percent between 1990 and 2020. Between 2015 and 2020 the cut is 32 percent, according to official statistics. Model projections show that NO_x emissions will continue to drop toward 2040 (Fig. E.12).

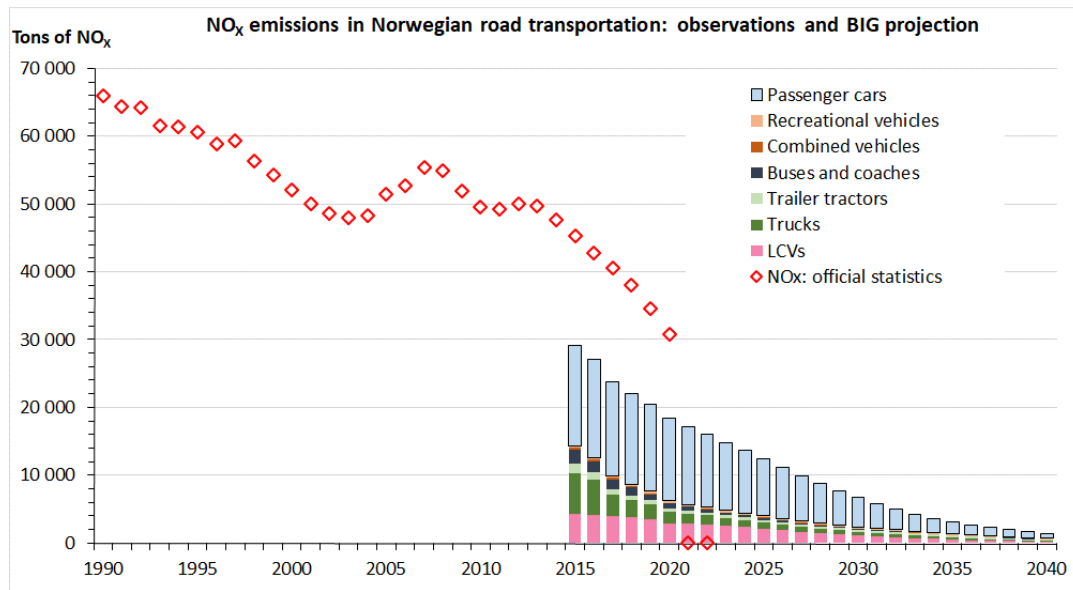


Fig. E.12: NO_x emissions in Norwegian road transportation 1990–2040. Observed and model projected values.

An even faster emissions cut applies to exhaust particles, shown in Fig. E.13. Between 1990 and 2020 the cut is 73 percent, whether one counts PM₁₀ or PM_{2.5}. As shown by the graph, almost all the exhaust particles are of the smallest and most toxic kind (PM_{2.5}).

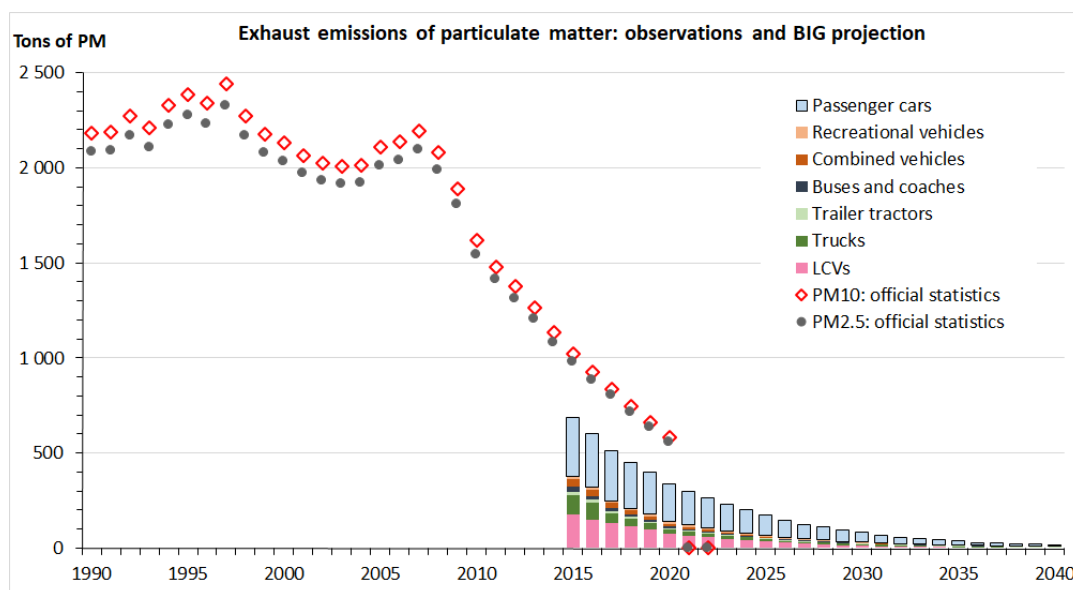


Fig. E.13: Exhaust emissions of particulate matter (PM₁₀ and PM_{2.5}) in Norwegian road transportation 1990–2040. Observed and model projected values.

There are two main reasons why the NO_x and PM emissions on the road are coming down so fast. Diesel automobiles are being replaced by BEVs. Heavy duty trucks are becoming steadily cleaner, as the stock is being renewed and an ever larger share of these vehicles become subject to the latest environmental regulation (Euro VI).

End-of-life scrapping and recycling

A final output of interest from the BIG stock-flow projection model is the flow of scrapped or otherwise deregistered vehicles. This is shown in Fig. E.14.

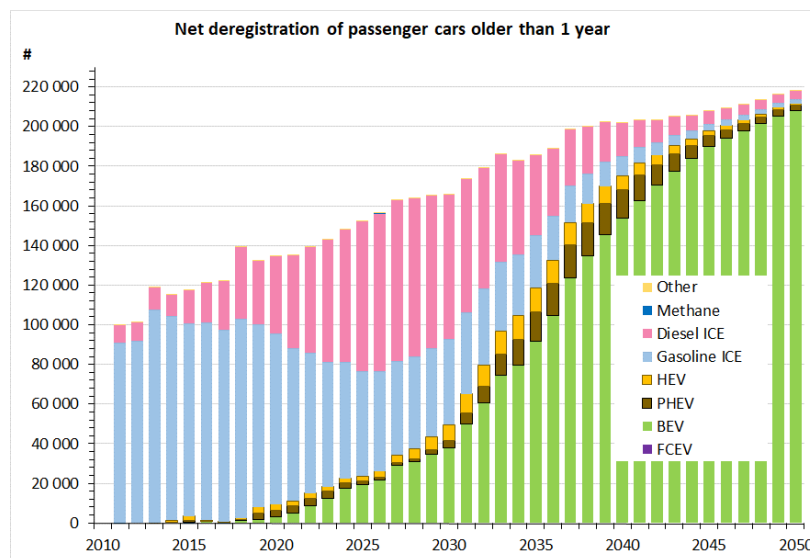


Fig. E.14: Projected net deregistration of passenger cars 2011–2050, by powertrain.

A more telling illustration of the inertia inherent in a vehicle population is hard to find. While the projection shown in Fig. E.14 assumes a 90 percent BEV market share already in 2025, it takes another 20–25 years before BEVs represent a 90 percent majority of all cars scrapped or deregistered.

A large amount of BEV batteries will sooner or later become available for reuse or recycling – more likely later than sooner.

1 Motivasjon og metode

1.1 Formål

Transportøkonomisk institutt (TØI) har i løpet av de siste par tiår etablert og stadig videreutviklet en modell for framskriving av kjøretøyparken, kalt BIG. Modellen hviler i stor grad på begreper, prinsipper og metoder hentet fra demografifaget. Vi vil med denne rapporten redegjøre for utvalgte deler av det demografiske begrepsapparatet og vise hvordan det kan komme til nytte i beskrivelsen og analysen av kjøretøyparkens sammensetning og utvikling. Vi tegner alderspyramider og overlevelseskurver og beregner blant annet forventet levealder, energiforbruk, utslipp til luft og framtidig antall biler som vrakes eller avregistreres.

1.2 Demografi

Demografi betyr befolkningslære. En ganske god definisjon finner vi i dansk Wikipedia:

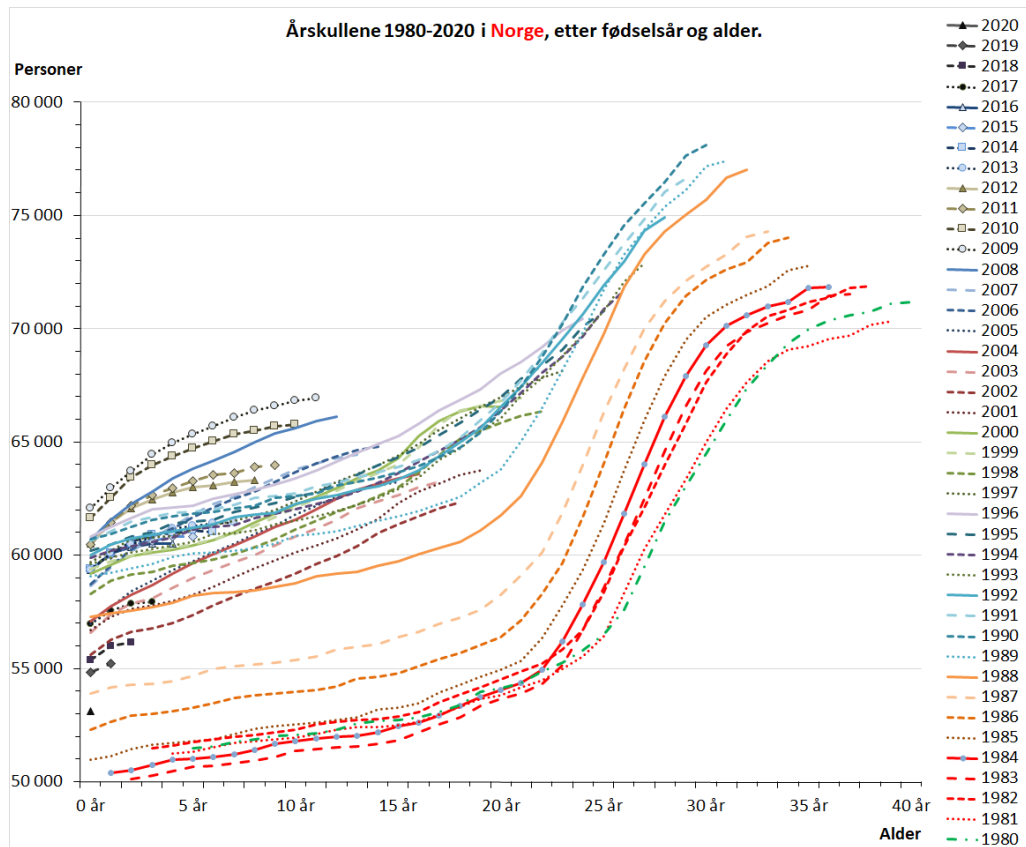
«Demografi eller *befolkningslære* er videnskapen om et givet områdes befolkningsforhold, dets størrelse, sammensetning og utvikling, samt de forhold og egenskaper, der har indflydelse på det. Især beskæftiger demografien sig med de tre forhold, der tilsammen kan ændre størrelsen af en befolkning, nemlig fødsler, dødsfald og vandringer (som igen kan opdeles i indvandring og udvandring).»

Demografene har utviklet en rekke begreper, teknikker og statistiske mål som gir innsikt i folkemengdens bevegelser og mekanismene bak disse: alderspyramider, fødselsrater og samlet fruktbarhetstall, kohortfruktbarhet og periodefruktbarhet, aldersspesifikk dødelighet og forventet levealder, inn- og utvandringsrater, med mer. Stringent anvendelse av disse begrepene i kombinasjon med pålitelige empiriske data gir grunnlag for å utarbeide befolkningsframskrivinger eller -prognoser.

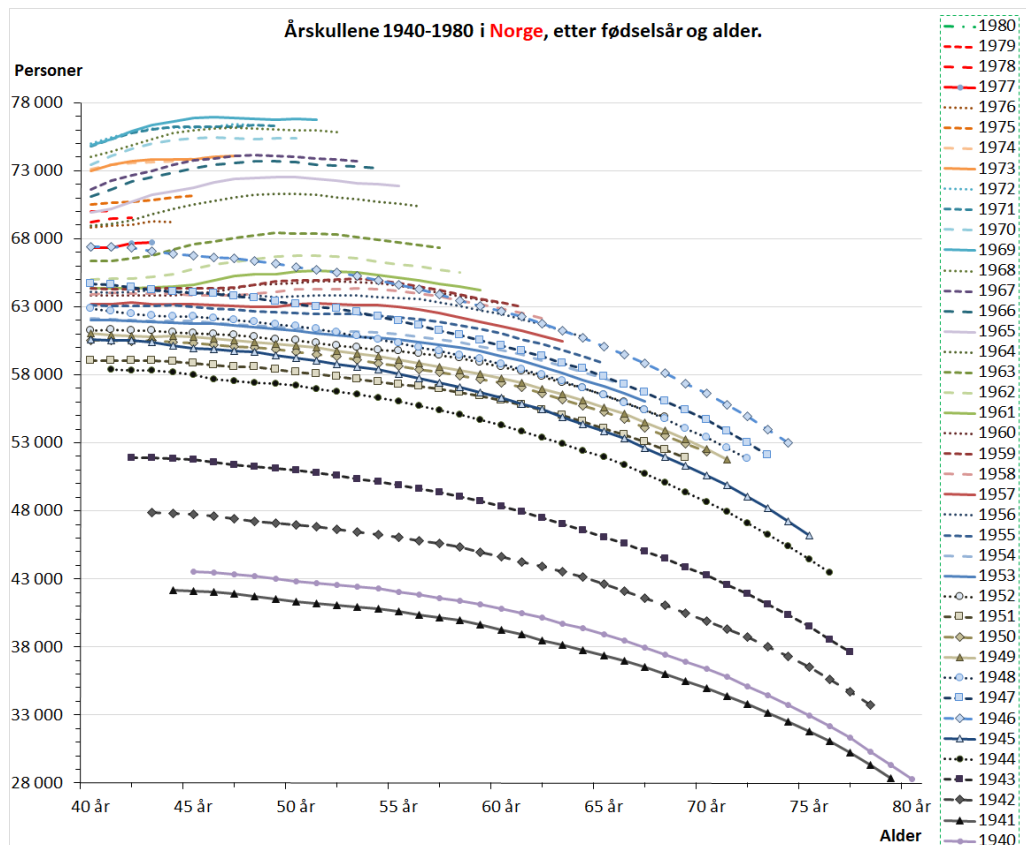
Et påfallende trekk ved folkemengdens bevegelser er treghet og langsiktighet. På våre kanter lever folk gjerne i 70 til 90 år, og dødeligheten er lav de første 40–50 årene. Dødeligheten endrer seg dessuten lite fra ett år til det neste. Det innebærer at vi med nokså stor nøyaktighet kan forutsi hvor mange unge og gamle voksne av hvert kjønn vi vil være noen tiår fram i tid. De som blir født i inneværende år – *2022-kohorten* – er langt på vei de samme individene som vil bli myndige i 2040, og som vil feire 50-årsdag i 2072.

Dette bildet forstyrres likevel av inn- og utvandring. På lokalt og regionalt nivå har flyttingene stor betydning og kan i løpet av noen få tiår innebære at nokså store deler av befolkningen skiftes ut. På nasjonalt nivå er utslagene av migrasjon, relativt sett, mer beskjedne, men på ingen måte uvesentlige.

Ved å plote størrelsen på de enkelte årskull fra et ene året til det neste får vi et godt inntrykk av befolkningens dynamikk og av migrasjonens betydning (figur 1.1). Ved fylte 30 år er årskullene i Norge like tallrike som om barnekullene skulle ha vært 30–40 prosent større, men siden ikke ha fått påfyll fra utlandet. Innvandringen retter opp for [vår lave fruktbarhet](#). Årskullene født før 1955 hadde stort sett nådd toppen ved fylte 40 år (figur 1.2). Men i de senere år er dette mønsteret brutt. Årskullene født etter 1960 har fortsatt å legge på seg – motta innvandrere – fram til fylte 50 år.



Figur 1.1: Antall personer i årskullene 1980–2020 fram til fylte 40 år i Norge. Kilde: Fridstrøm (2021b), basert på Statistisk sentralbyrå (SSB), kildetabell 07459.



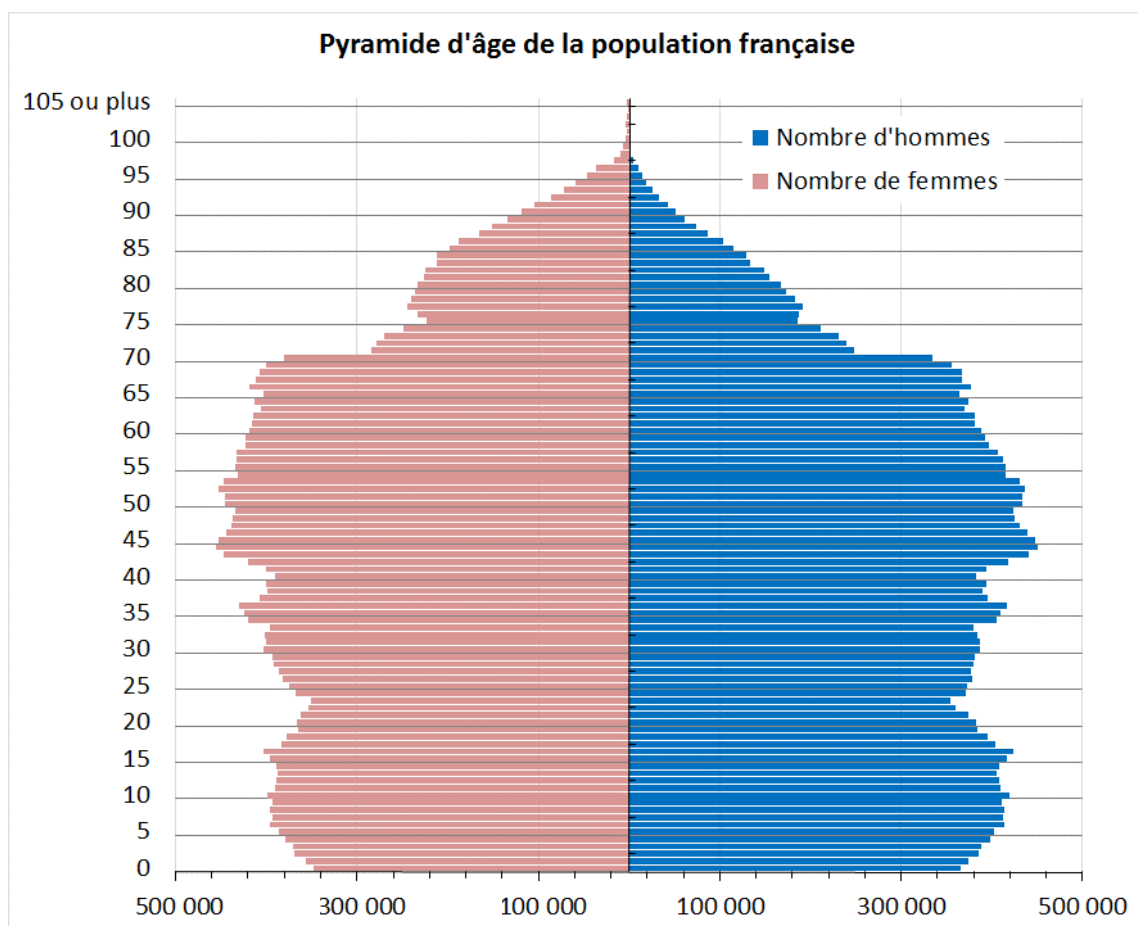
Figur 1.2: Antall personer i årskullene 1940–1980 fra 40 til 80 års alder i Norge. Kilde: se figur 1.1.

1.3 Alderspyramiden

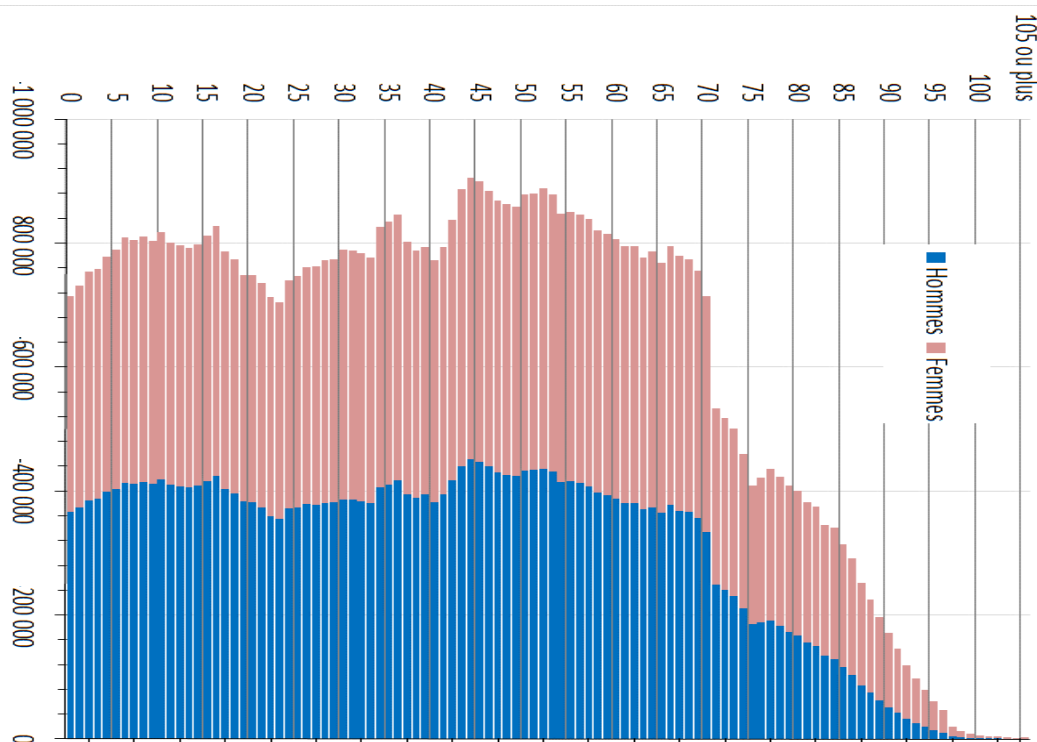
Den vanligste måten å oppsummere befolkningssammensetningen på er *alderspyramiden* – et liggende stolpediagram der befolkningen er inndelt etter kjønn og alder, med den eldste og sterkt desimerte årsklassen øverst i figuren, slik at (toppen av) diagrammet får en tilnærmet pyramideform. I figur 1.3 vises f.eks. den franske befolkningen per 31.12.2016, med kvinner i rødt og menn i blått. Den nedre delen av ‘pyramiden’ skrår lite utover. Bildet viser en befolkning som har gjennomgått sin ‘demografiske overgang’ og har lav dødelighet og fruktbarhet, slik at folk i 60-årsalderen er like mange eller enda flere enn barna under 10 år.

Om vi roterer pyramiden 90 grader mot høyre og legger kvinnene oppå mennene, får vi et enda mer informativt bilde (figur 1.4). I dette diagrammet kan vi lese av hvilken kohort som er størst: Det er kullet som var 44 år ved utgangen av 2016, altså årskullet 1972.

Blant franskmenn født etter annen verdenskrig utgjør fødselskullet 1993 den minste kohorten. De fylte 23 år i 2016. Vi legger også merke til at 70-åringene er vesentlig flere enn 71-åringene. Det skyldes ikke lavere dødelighet, men at fødslene tok seg kraftig opp fra 1945 til 1946. Alderspyramiden gjenspeiler vår nære historie.



Figur. 1.3: Alderspyramide for Frankrikes befolkning 31.12.2016. Kilde: Fridstrøm (2017b, 2017c).



Figur 1.4: Stabilt, rotert alderspyramide for Frankrike 31.12.2016. Kilde: Fridstrøm (2017b).

1.4 Populasjonen av kjøretøy

Kan det demografiske metodearsenalet komme til nytte i analysen av veitransport og kjøretøy? Svaret er ja.

Bestanden av motorkjøretøy har mye til felles med bestanden av mennesker. Riktignok lever kjøretøyene stort sett kortere enn personene (unntak finnes!), men i det store og hele er begge populasjoner preget av treghet og stabilitet over tid. Så vel personer som kjøretøy fødes, lever, flytter og dør. Barnefødsleene motsvares av nyregistrerte kjøretøy. Flyttingene har sin parallell i bruktbilimport og -eksport. Dødsfallene motsvares av vraking.

Et format på alderspyramiden der 'kjønnene' ligger oppå hverandre, som i figur 1.4, passer ekstra godt når pyramiden skal beskrive en populasjon av kjøretøy. Bilene har nemlig mer enn to 'kjønn' (snart gjelder det kanskje også oss mennesker?), som vi da med letthet kan stable oppå hverandre, som i figur 1.5. Det samlede antall kjøretøy innenfor hver alder kan vi her avlese på toppen av stabelen.

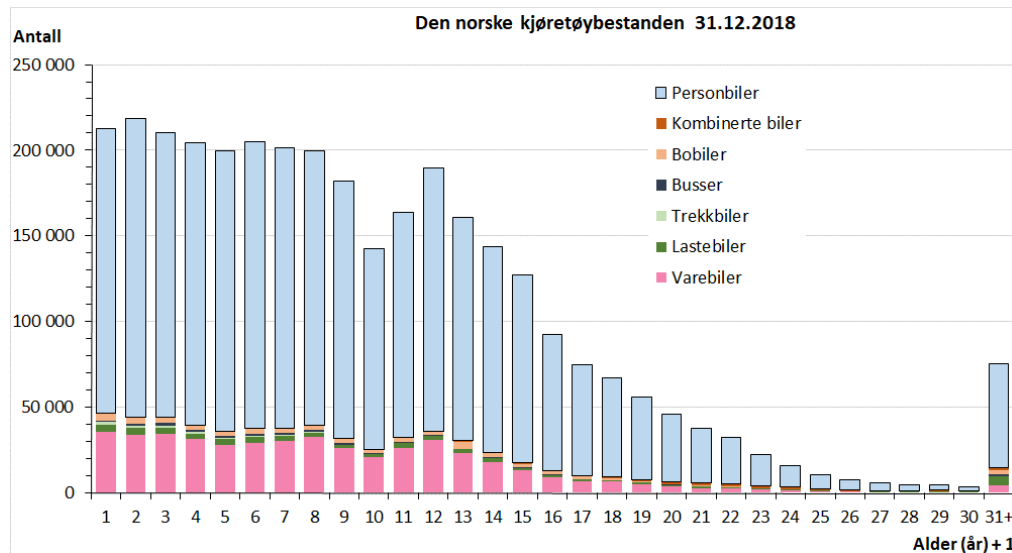
Stolpen lengst til venstre i diagrammet viser antall førstegangsregistrerte nye kjøretøy i 2018, inkludert biler som ble førstegangsregistrert i utlandet og deretter importert og omregistrert i Norge før året var omme.

På samme måte er også alle de andre stolpene påvirket av bruktbilimport og -eksport. De yngre årskullene er derfor som hovedregel noe større enn antall nye kjøretøy som er blitt førstegangsregistrert i Norge. Årskullene tiltrekker seg i starten av livet flere nye medlemmer enn de avgir.

Den 'naturlige avgangen' er mest markert etter at kjøretøyene har nådd 10–12 års alder. Vi legger merke til at de 9 år gamle kjøretøyene danner et 'søkk' i alderspyramiden per 31.12.2018. Dette er 2009-årgangen, som ble begrenset av den globale finanskrisen. På

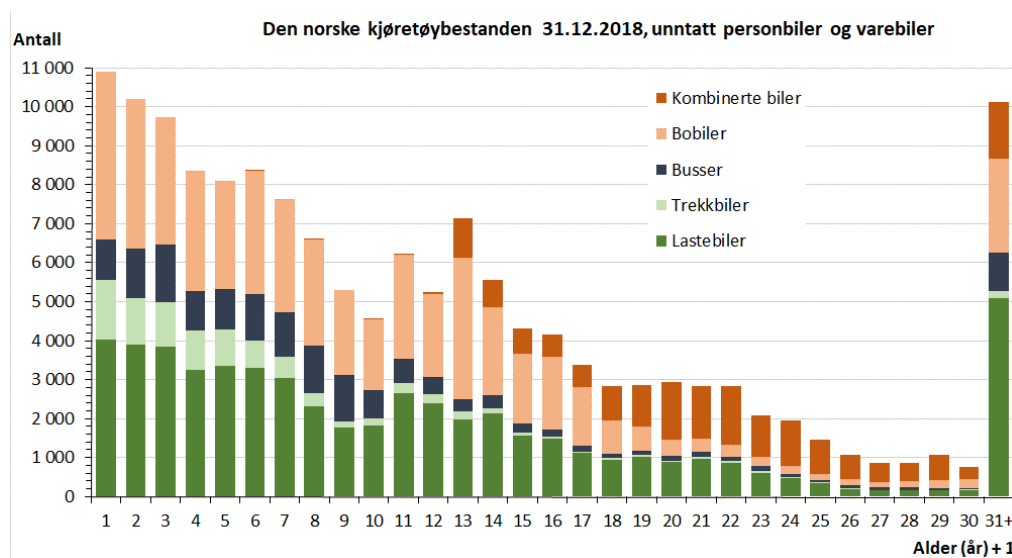
tilsvarende måte som hos menneskene er kjøretøyenes alderspyramide preget av vår økonomiske forhistorie.

Et typisk årskull av nye motorkjøretøy i Norge teller drøyt 200 000 doninger. Da har vi kun talt med kjøretøy med minst fire hjul som er beregnet for transport på vei. Personbilene er i stort flertall blant kjøretøyene, med varebilene som en god nummer to.



Figur 1.5: Kjøretøybestanden per 31.12.2018, etter alder og kjøretøyklasse. Kilde: Uttrekke fra motorvognregistret.

For å få et bedre bilde av de mindre tallrike registreringsklassene zoomer vi i figur 1.6 inn på alle andre kjøretøytyper enn varebiler og personbiler.



Figur 1.6: Kjøretøybestanden per 31.12.2018, unntatt personbiler og varebiler, etter alder og kjøretøyklasse. Kilde: Uttrekke fra motorvognregistret.

Bobilene og lastebilene er omtrent like tallrike, hver av dem med grovt regnet 50 til 60 tusen kjøretøy. Bussene er langt færre – ca. 16 tusen. Trekkbilene for semitrailer utgjør færre enn 10 tusen, men denne kjøretøytypen er i sterk vekst. De kombinerte bilene er i ferd med å utfases. Det siste året da de ble registrert som egen klasse, var 2006.

1.5 Alderseffekter versus generasjonseffekter

Alderspyramiden smalner av når vi beveger oss oppover i alder. Er det en alderseffekt eller en kohorteffekt?

Om det er en alderseffekt, innebærer det at antallet biler er en funksjon av deres alder. Hver kohort av biler minker over tid, gjennom 'dødsfall' eller 'utvandring' – les: vraking eller bruktbileksport.

En kohorteffekt (generasjonseffekt, periodeeffekt) gjør seg gjeldende hvis antallet biler er en funksjon av året eller perioden da de ble 'født' – les: førstegangsregistrert. Årskullenes størrelse varierer med andre ord fra det ene året til det andre.

Åpenbart reflekterer alderspyramiden i større eller mindre grad begge disse fenomenene. For å sortere de to effektene fra hverandre og forstå hva som driver bestanden framover må en gjøre en mer inngående analyse og følge de enkelte årskull – *generasjonene* – av kjøretøy over tid. For dette formål har Transportøkonomisk institutt (TØI) utviklet modellen BIG – et akronym for 'bilgenerasjonsmodell'.

1.6 Modellen BIG

1.6.1 Historikk

Ideen til en 'demografisk' regnemodel for kjøretøyparken ble første gang formulert av Hovi & Fridstrøm (1994). En første versjon for personbiler ble utarbeidet av Arild Ragnøy (1999) og en neste versjon av Kjell Werner Johansen i 2002. Personbilmodellen ble ferdigstilt i sin tredje versjon i forbindelse med TEMPO-prosjektet om klimavennlig transport (Fridstrøm & Alfsen 2014, Fridstrøm mfl. 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, trekkbiler, bobiler og kombinerte biler – etter alder/registreringsår, framdriftssystem (drivlinje) og vekt (Fridstrøm & Østli 2016). Modellen er senere blitt oppdatert to ganger (Fridstrøm 2019a, Fridstrøm & Østli 2021b) og opererer nå med basisår 2018. I sin nåværende versjon omfatter modellen praktisk talt alle typer motorkjøretøy med fire eller flere hjul som trafikkerer veinettet. Men mopeder, motorsykler, firehjulinger (ATV), snøskutere og traktorer omfattes ikke av modellen. Ambulanser er heller ikke medregnet.

1.6.2 Struktur

I BIG-modellen framskrives kjøretøybestanden ved hjelp av Markov-kjedepriksippet. 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 drivlinje. Hvert segment av godsbiler, busser og personbiler er i sin tur fordelt på 30 ettårige aldersklasser og én veteranbilklasser. Uttrekk fra motorvognregistret gir bestandsdata for årene 2010–2018.

Godsbilene er inndelt etter *høyeste tillatte vogntogvekt* og kryssgruppert mellom 11 typer drivlinje og 9 vektklasser – i alt 99 segment. **Varebiler** er godsbiler med maksimalt 3,5 tonn totalvekt. 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 (hvorav noen er tomme).

Personbilene er inndelt i de samme 11 drivlinjene 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 typer drivlinje, dvs. 44 segment og $44 \times 31 = 1364$ celler. I tillegg framskrives bestandene av **bobiler** (campingbiler) og **kombinerte biler** ($2 \times 11 \times 31 = 682$ celler).

Til hver av de til sammen 11 253 cellene i bestandsmatrisen er det tilordnet kjennetegn av økonomisk eller energi- og miljøpolitisk interesse, så som årlig kjørelengde, lastekapasitet, tilgangs-/avgangsrater, spesifikt energiforbruk, CO₂-, NO_x- og PM₁₀-utslipp, osv. Ved å summere gjennom hele matrisen kan en få fram det samlede trafikkarbeidet, utslippet, energiforbruket osv. i det enkelte år.

En mer nøyaktig matematisk beskrivelse av framskrivingsmodellens relasjoner er gitt i vedlegget sist i rapporten. Regnerutinene er operasjonalisert gjennom et system av Excel-regneark.

1.6.3 Strømmer og beholdninger

Modellsystemet BIG er først og fremst et regnskapssystem for kjøretøyparken, som knytter forbindelsen mellom (i) *beholdningen* (bestanden, populasjonen) 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.

Modellen er således et forholdsvis mekanisk rammeverk, der kjøretøybestandene ruller framover og produserer tjenester og utslipp i samsvar med erfaringsbaserte tilgangs- og avgangsrater, kjørelengder og energiforbruksrater. Implisitt i disse faste ratene ligger en forutsetning om uendret atferd *på cellenivå i bestandsmatrisen*. I noen tilfeller er nivået gitt for en bestemt *aldersgruppe* av kjøretøy i en bestemt kategori. I andre tilfeller er atferden forutsatt konstant for den enkelte *kohort* (generasjon, årskull) av kjøretøy. Eksempelvis er drivstofforbruket for et bestemt kjøretøy forutsatt uendret gjennom hele kjøretøyets levetid – forbruket er *kohortspesifikt*. Med kjørelengdene forholder det seg motsatt – disse er *aldersspesifikke*. Jo eldre kjøretøyet blir, desto mindre brukes det.

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, trekkbiler, bobiler og busser.

Inputen av nye kjøretøy er i utgangspunktet eksogen. Det vil si at den for hver framskrivingsbane må spesifiseres av modellbrukeren direkte².

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 avgangsratene innenfor hvert kjøretøysegment holder seg konstante gjennom en viss framskrivingsperiode.

1.6.4 Modellbegrensninger og datatilgang

For alle kjøretøytyper anvender BIG et forenklet Markov-kjedepriksipp, ved at det beregnes bare én (netto) endringsrate for hvert segment og hver aldersklasse. Denne netto

² I en del anvendelser har en likevel kunnet endogenisere inputen av nye kjøretøy, ved å la denne styres av antakelser om utviklingen i kjøretøyteknologi, skatter, avgifter og energipriser. Fridstrøm & Østli (2021b) lar tilgangen på nye personbiler bestemmes gjennom en logit-modell for valg av bilmodell (Fridstrøm & Østli 2021a). Fridstrøm mfl. (2022) lar tilgangen på nye busser og godsbiler fram til 2050 være bestemt gjennom energimodellen IFE-TIMES-Norge (Rosenberg mfl. 2022, Danebergs mfl. 2021).

endringsraten utgjør summen av bruktimport, brukteksport, vraking og annen netto avregistrering – de tre siste med negativt fortegn. Modellen skiller altså ikke mellom bruttostrømmene vraking, eksport og annen avregistrering.

En annen, svært viktig forenkling en har gjort i BIG-modellen, er å se bort fra alle person-data. Modellen 'vet' ingenting om kjøretøyenes eiere eller kjøpere – ikke engang deres bostedsfylke. Det innebærer blant annet at endringer i bileiernes forhold ikke kan analyseres, heller ikke kontekstuelle variable tilknyttet regionen eller lokalsamfunnet. På plussiden må nevnes at modellen ikke trenger noen input om personers forhold for å generere en framskriving – verken disaggregerte data om eierne/kjøperne eller makroøkonomiske størrelser.

En tredje begrensning knytter seg til datagrunnlaget, nærmere bestemt uttrekkene fra motorvognregistret. BIG-modellen er basert på bestandstall for hvert år fra og med 2010 til og med 2018. Disse dataene er avgjørende for beregning av endringsratene i Markov-kjeden. Ved å sammenholde bestandstallene for ulike år kan en følge de enkelte årskull av kjøretøy og beregne tilgangs- og avgangsrater for de ulike kjøretøysegment. Basert på disse tallene kan en i neste omgang beregne overlevelseskurver og forventet levetid.

Etter omleggingen av datasystemet synes det ikke lenger mulig å trekke pålitelige tilbakegående bestandstall ut av registret. Etter det TØI har brakt i erfaring, er problemet at ikke alle avregistrerte kjøretøy blir behandlet som avregistrerte.

Det innebærer at overlevelsesratene ikke kan oppdateres. En er henvist til å klare seg med rater beregnet på grunnlag av årene fram til 2018. I våre beregninger for årene 2019 og 2020 er det bare den yngste årsklassen som er basert på oppdaterte observerte data. Tallet på kjøretøy som er minst ett år gamle ved utgangen av året, er framskrevet ved hjelp av avgangsrater beregnet på grunnlag av årene 2012 til 2018.

BIG-modellen opererer med en indeks for alder som løper fra 1 til 31+. Indeks j betyr at kjøretøyet er i sitt j -te leveår og med andre ord vil være $j - 1$ år gammelt ved slutten av kalenderåret. Første leveår er det kalenderåret da kjøretøyet ble registrert første gang, annet leveår er det neste kalenderåret, og så videre.

En mer naturlig indeksering ville gå fra 0 til 30+. For å unngå tvetydighet på dette punkt markerer vi aldersaksen i diagrammene med teksten «Alder (år) + 1». En må trekke fra ett år for å komme fra BIGs aldersindeks til kjøretøyets reelle alder, forstått som fylte hele år regnet fra tidspunktet for førstegangsregistrering.

1.7 Andre datakilder og modeller

Foruten motorvognregistret bygger vi i denne rapporten på datauttrekk fra en del andre kilder.

PKK-registret inneholder data om kjøretøyenes kilometerstand avlest ved den periodiske kjøretøykontrollen (PKK). Via Statistisk sentralbyrå (SSB) har vi mottatt gjennomsnittstall for den årlige kjørelengden i de ulike kjøretøysegment og aldersklasser som er spesifisert i BIG.

En annen nyttig datakilde er utenrikshandelsstatistikken, nærmere bestemt kildetabell 08799 i SSBs statistikkbank, som angir månedlig eksport og import av ulike typer nye og brukte kjøretøy.

SSBs statistikk for utslipp til luft er en tredje viktig kilde (kildetabeller 08940, 08941, 08942), som vi blant annet bruker til å kalibrere BIG-modellen.

Opplysningsrådet for veitrafikken (OFV) har levert detaljerte, disaggregerte data om nye personbiler registrert mellom 1992 og 2019, herunder deres typegodkjente drivstofforbruk og CO₂-utslipp.

Fra International Council on Clean Transportation (ICCT) (Tietge mfl. 2019) har vi mottatt data om avviket mellom personbilenes laboratoriemålte (typegodkjente) drivstofforbruk og forbruket i virkelig trafikk. Disse dataene brukes til å 'oversette' typegodkjenningsverdiene til anslag over drivstofforbruket i virkelig trafikk.

Drivkraft Norge (tidligere Norsk petroleumsinstitutt) publiserer data om salget av ulike typer drivstoff. På Statens vegvesens nettside kan en finne oppdaterte data om nyregistrerte kjøretøy i de ulike klasser. Kjøringer med HBEFA-modellen (HBEFA 2009) har gitt tall for de ulike kjøretøyenes miljøegenskaper.

BIG-framskrivingene vist i denne rapporten bygger dessuten på input fra enkelte andre modeller: energimodellen IFE-TIMES-Norge (Danebergs mfl. 2021, Rosenberg mfl. 2022), den nasjonale godstransportmodellen (NGM) og reiseetterspørselsmodellene RTM og NTM6, se Madslie & Hovi (2021), Madslie mfl. (2021) og Fridstrøm mfl. (2020, 2022).

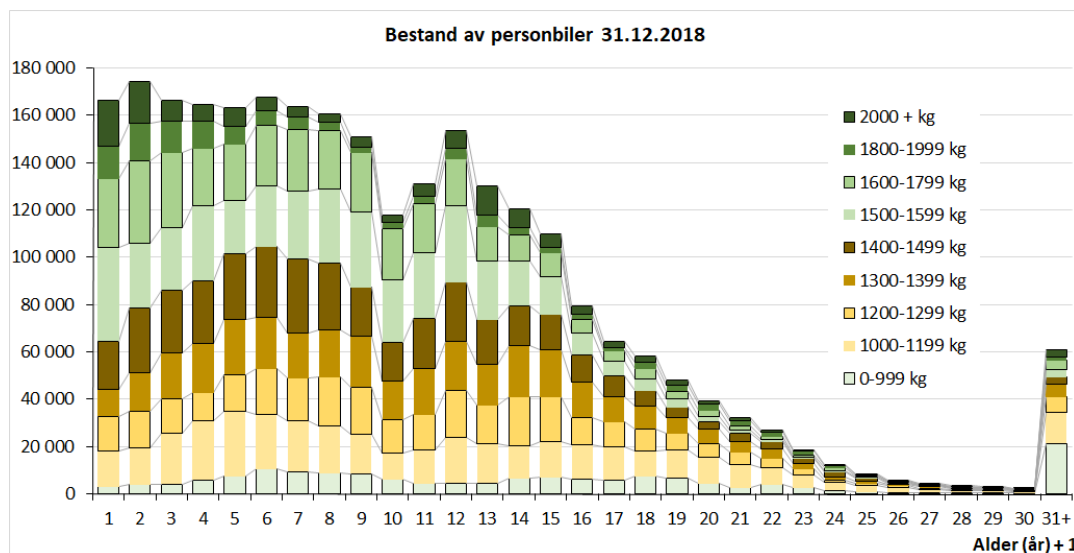
1.8 Rapportstruktur

Bestanden av kjøretøy i de ulike registreringsklasser beskrives i kapittel 2. Bevegelsene i kjøretøyparken – i første rekke avgangsratene – er tema for kapittel 3, der vi også presenterer overlevelseskurver og beregnet forventet levetid for de enkelte typer kjøretøy. Kapittel 4 handler om hvilke tjenester kjøretøyene leverer, med andre ord om trafikkarbeidet målt i kjøretøykilometer. Energiforbruket omtales i kapittel 5 og utslippene til luft i kapittel 6. I kapittel 7 viser vi hvordan modellen kan beregne hvor mange personbiler som vrakes eller avregistreres det enkelte år. Hovedpunktene oppsummeres i kapittel 8. Vedlegget sist i rapporten beskriver BIG-modellen på matematisk form.

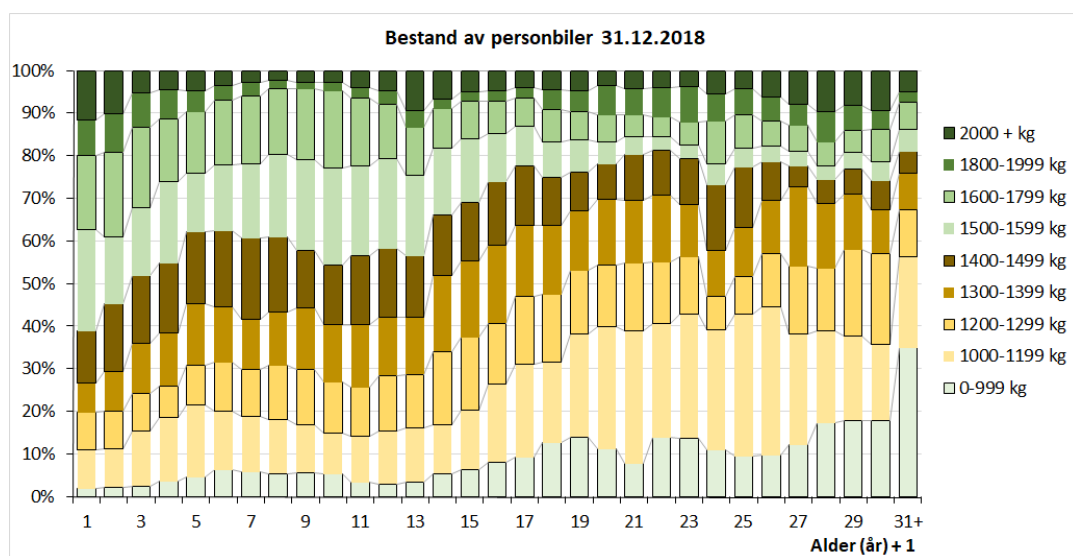
2 Kjøretøybestanden

2.1 Personbiler

Figur 2.1 viser hvordan personbilene i 2018 fordelte seg på vektklasser. Inndelingskriteriet er *egenvekt*, dvs. vekten av selve bilen uten passasjerer eller last, men medregnet 75 kg fører. Per 2018 fordeler personbilene seg nokså jevnt på de åtte vektklassene vi har definert. Men yngre er tyngre. Det er en klar tendens til forskyvning i retning av de øverste vektklassene over tid. Særlig tydelig blir dette når vi *prosent*fordeler bilene etter vekt (figur 2.2).



Figur 2.1: Personbilbestanden per 31.12.2018, etter alder og egenvekt. Kilde: BIG, basert på motorvognregistret.



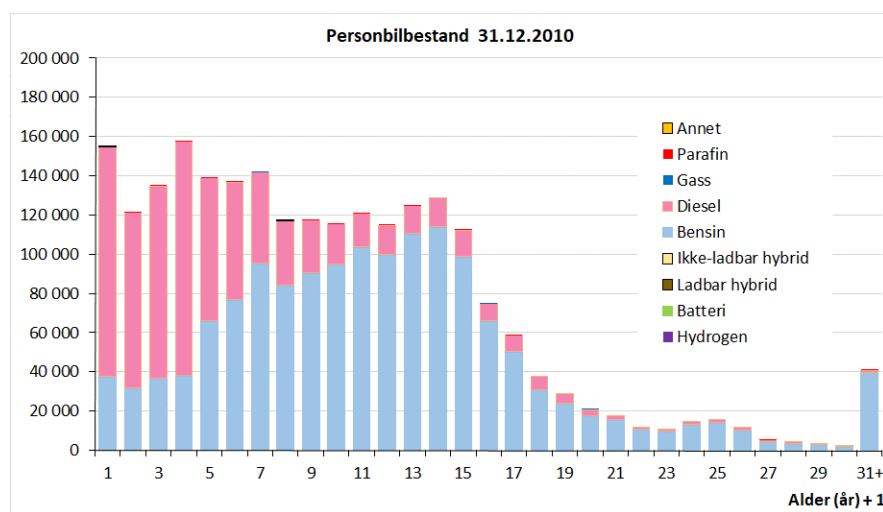
Figur 2.2: Personbilbestanden per 31.12.2018, etter egenvekt, i prosent for hver aldersklasse. Kilde: BIG, basert på motorvognregistret.

Dette mønsteret kan i prinsippet skyldes enten (i) at nybilsalget har forskjøvet seg mot større bilmodeller eller (ii) at de største bilene lever kortere. Men som vi skal se (i avsnitt 3.1), er realiteten den motsatte av hypotese (ii). Store biler lever lengst. I virkeligheten er forskyvningen i retning av at folk kjøper stadig større biler derfor enda mer markert enn det som framgår av figur 2.1 og 2.2.

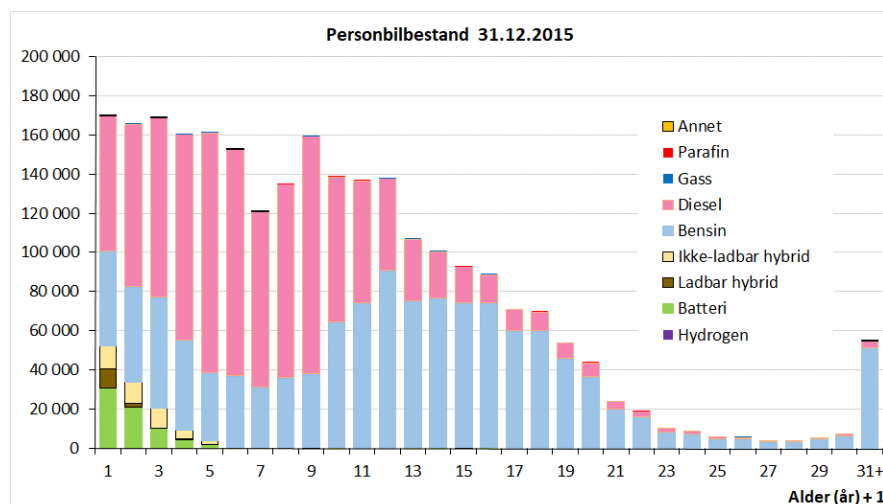
Mer interessant enn vektfordelingen er bilparkens sammensetning etter framdriftsteknologi (drivlinje). Fram til 2010 var nesten alle biler bensin- eller dieseldrevne (figur 2.3).

Allerede i 2015 har de alternative drivlinjene – vanlig hybrid, ladbar hybrid og batteri – begynt å gjøre seg synlig gjeldende i de yngste årskullene av personbiler (figur 2.4). I 2018 og 2020 har de oppnådd enda høyere markedsandeler blant de nye bilene (figur 2.5 og 2.6).

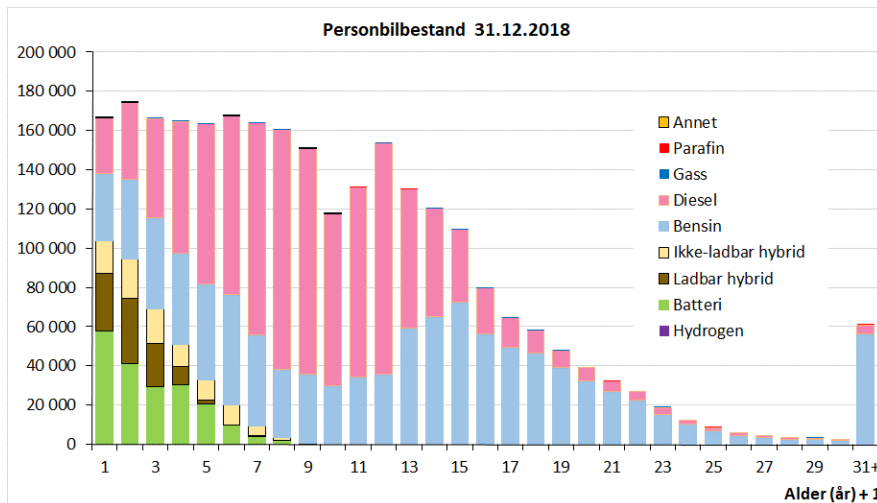
Når vi framskriver populasjonen til 2025 og enda lenger fram, finner vi at elbilene blir stadig flere, og etter hvert vil dominere totalt, unntatt blant veteranbilene (figur 2.7 og 2.8).



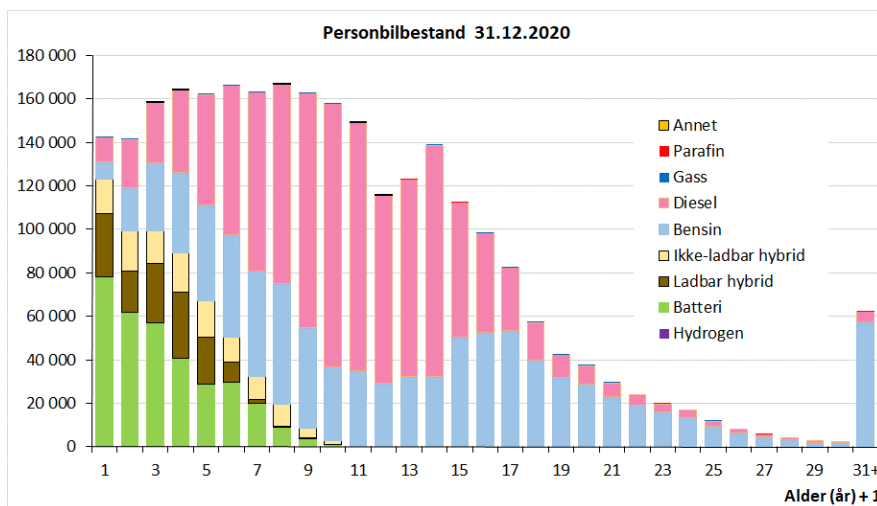
Figur 2.3: Norskregistrerte personbiler, etter alder og drivlinje, 31.12.2010. Kilde: BIG, basert på motorvognregistret.



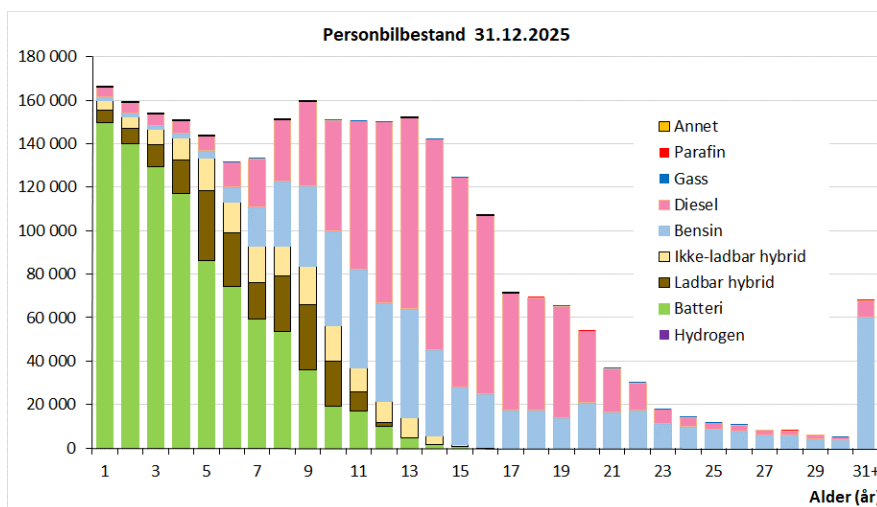
Figur 2.4: Norskregistrerte personbiler, etter alder og drivlinje, 31.12.2015. Kilde: BIG, basert på motorvognregistret.



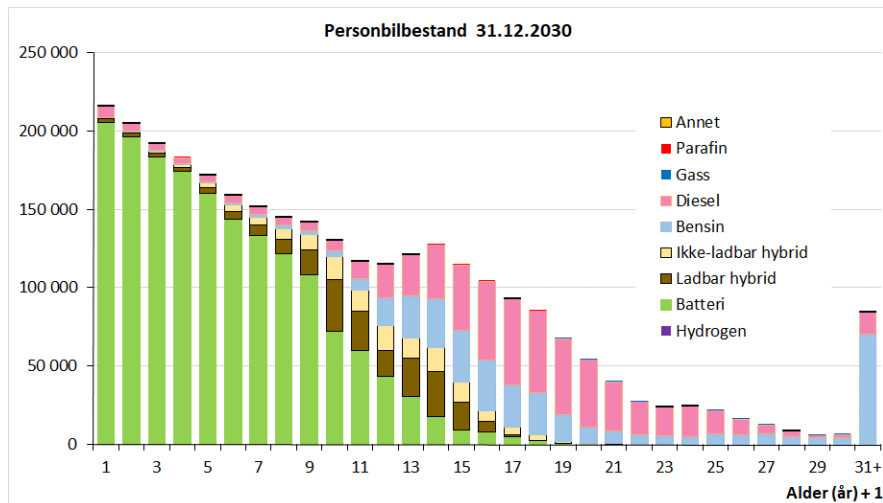
Figur 2.5: Norskregistrerte personbiler, etter alder og drivlinje, 31.12.2018. Kilde: BIG, basert på motorvognregistret.



Figur 2.6: Norskregistrerte personbiler, etter alder og drivlinje, 31.12.2020. Kilde: BIG, basert på motorvognregistret.



Figur 2.7: Norskregistrerte personbiler, etter alder og drivlinje, 31.12.2025. Årskullene fra og med 2021 framskrevet i henhold til 'forseringsbanen' (Fridstrøm & Østli 2021b). Kilde: BIG, basert på motorvognregistret.



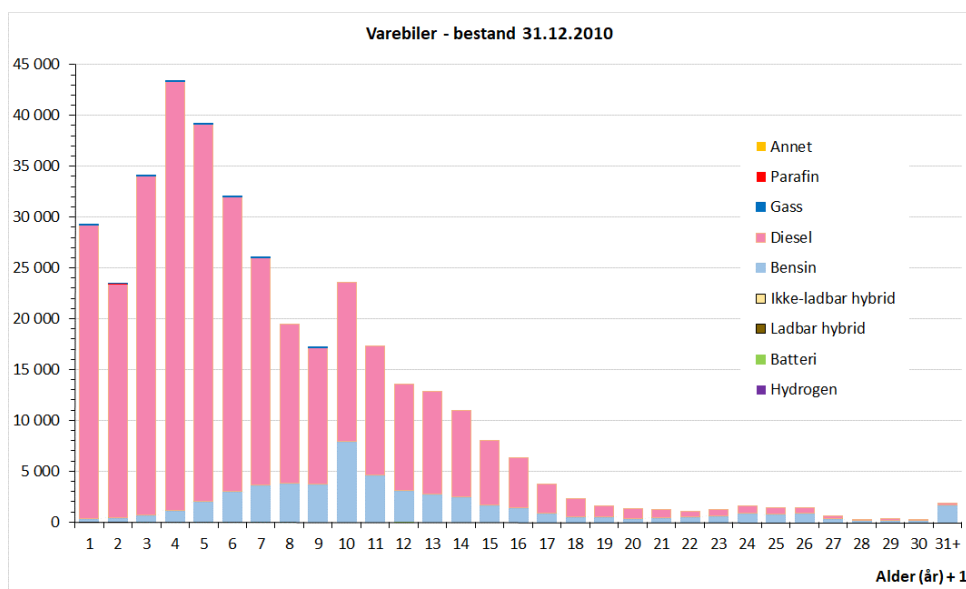
Figur 2.8: Norskregistrerte personbiler, etter alder og drivlinje, 31.12.2030. Årskullene fra og med 2021 framskrevet i henhold til 'forseringsbanen' (Fridstrøm & Østli 2021b). Kilde: BIG, basert på motorvognregistret.

2.2 Varebiler

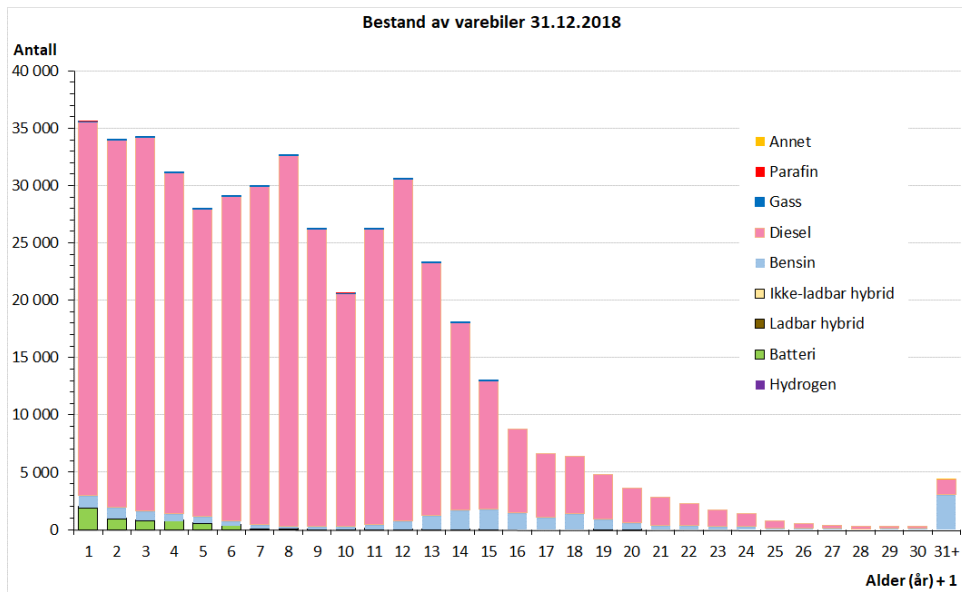
Varebilenes alderspyramide per 2010 og 2018 er vist i figur 2.9 og 2.10, henholdsvis. Varebiler er per definisjon godsbiler med høyst 3,5 tonn tillatt totalvekt.

Som det framgår, var praktisk talt alle varebiler i 2010 bensin- eller dieseldrevne. Men i 2018 har det sneket seg inn noen få batterielektriske varebiler – drøyt fem tusen i tallet.

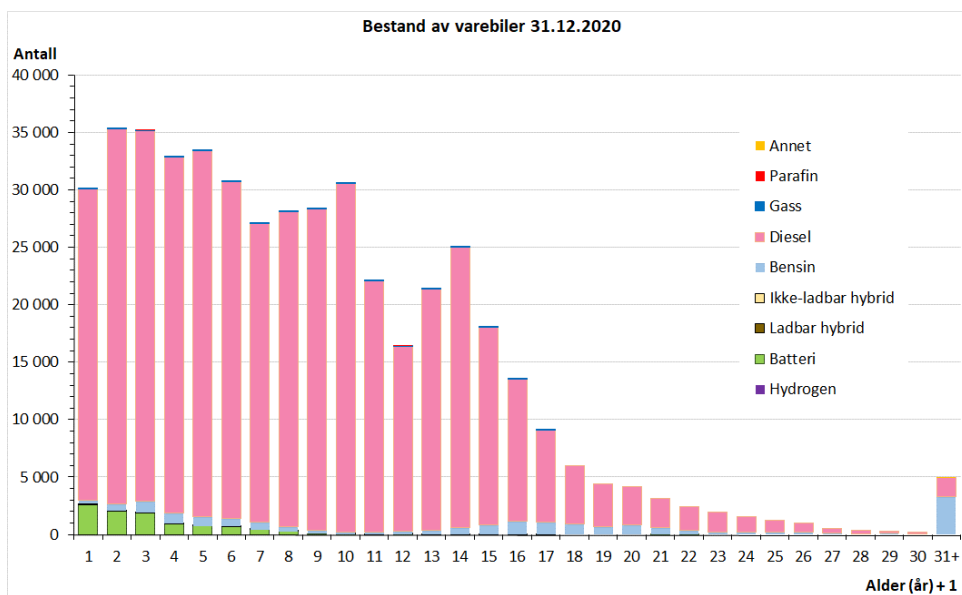
Alderspyramiden per 31.12.2020 (figur 2.11) viser en god del flere elektriske varebiler. Men tallene for 2019 og 2020 er ikke observert – de er framskrevet – og må derfor tas med en god klype salt. En har i framskrivingen forutsatt en 'normal', dvs. nokså beskjeden, avgang av yngre elektriske varebiler i 2019 og 2020.



Figur 2.9: Norskregistrerte varebiler, etter alder og drivlinje, 31.12.2010. Kilde: BIG, basert på motorvognregistret.



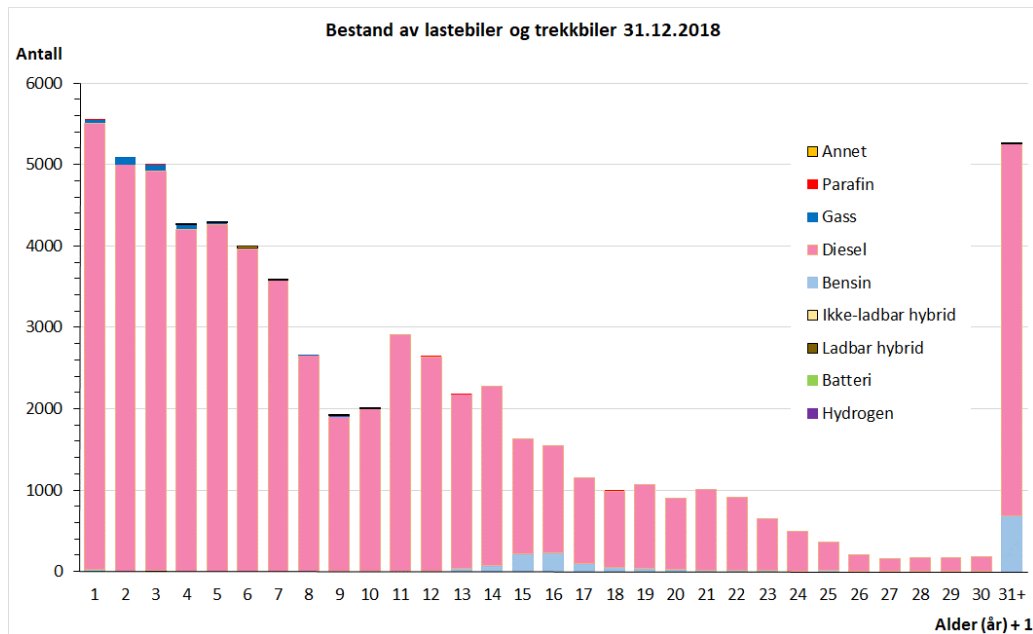
Figur 2.10: Norskregistrerte varebiler, etter alder og drivlinje, 31.12.2018. Kilde: BIG, basert på motorvognregistret.



Figur 2.11: Norskregistrerte varebiler, etter alder og drivlinje, 31.12.2020. Kilde: BIG, basert på motorvognregistret.

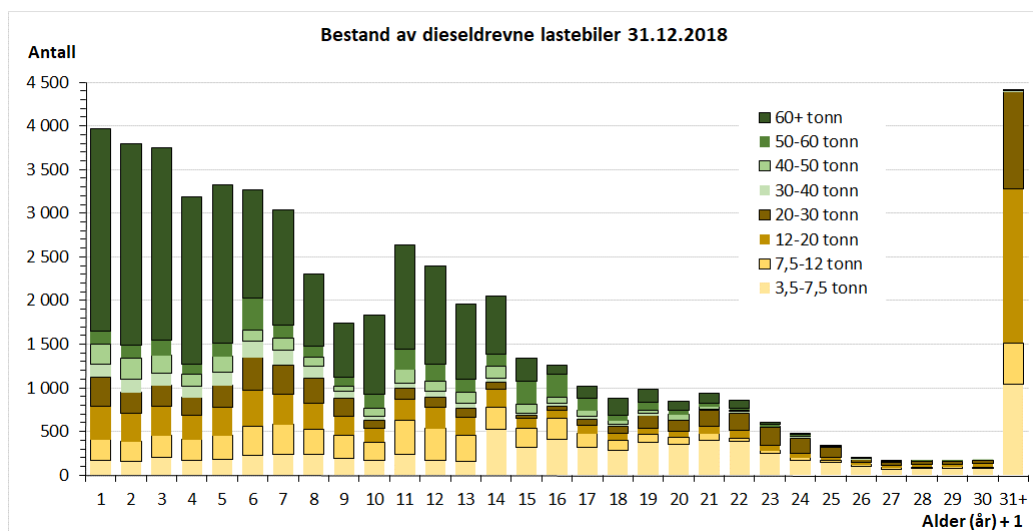
2.3 Lastebiler og trekkbiler

97 prosent av alle tunge godsbiler, dvs. lastebiler og trekkbiler, var i 2018 dieseldrevne (figur 2.12).

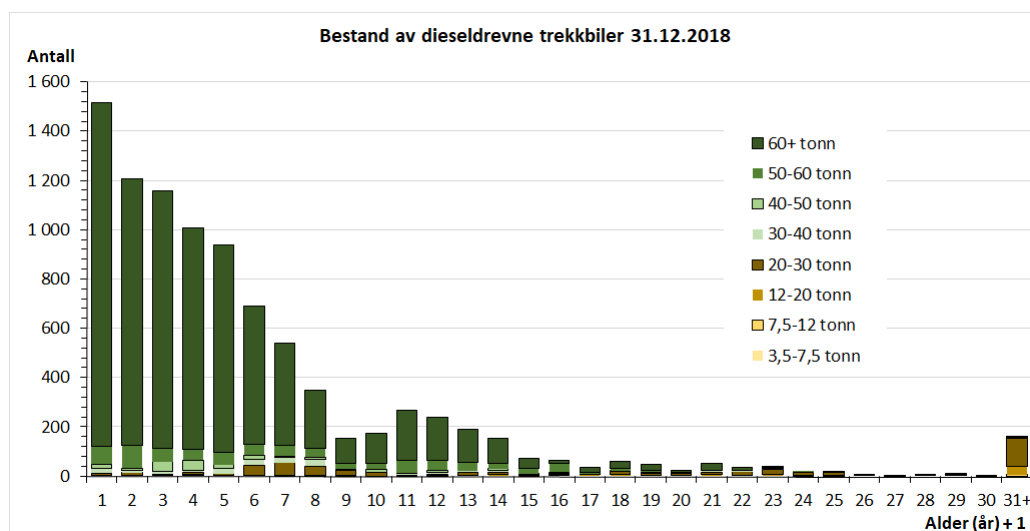


Figur 2.12: Norskregistrerte lastebiler og trekkbiler, etter alder og drivlinje, 31.12.2018. Kilde: BIG, basert på motorvognregistret.

Figur 2.13 viser hvordan de dieseldrevne lastebilene i 2018 var fordelt på vektklasser. Figur 2.14 er et tilsvarende diagram for trekkbiler. Vi legger merke til at trekkbilene gjennomgående er yngre enn de vanlige lastebilene. Alderspyramiden for trekkbiler smalner raskere, når vi beveger oss oppover i årsklassene.



Figur 2.13: Norskregistrerte lastebiler, etter alder og høyeste tillatte vogntogvekt, 31.12.2018. Kilde: BIG, basert på motorvognregistret.



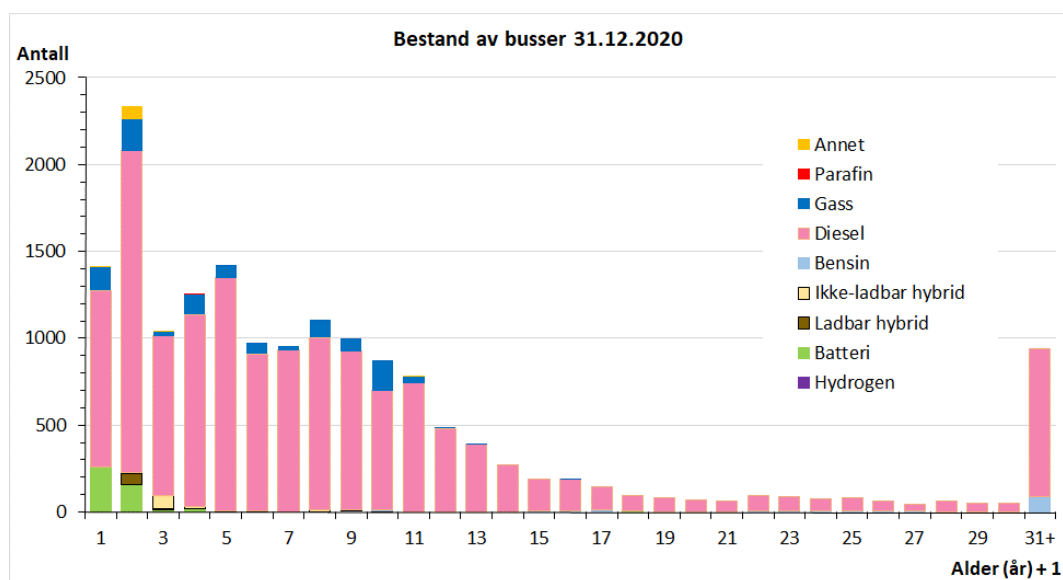
Figur 2.14: Norskregistrerte trekkbiler for semitrailer, etter alder og høyeste tillatte vogntogvekt, per 31.12.2018. Kilde: BIG, basert på motorvognregistret.

I enda større grad enn for personbilene går tendensen i retning av stadig større kjøretøy. De aller fleste nye lastebiler og trekkbiler er nå sertifisert for 60 tonns samlet vogntogvekt. Det innebærer ikke nødvendigvis at de kan kjøre så tungt lastet på norske veier.

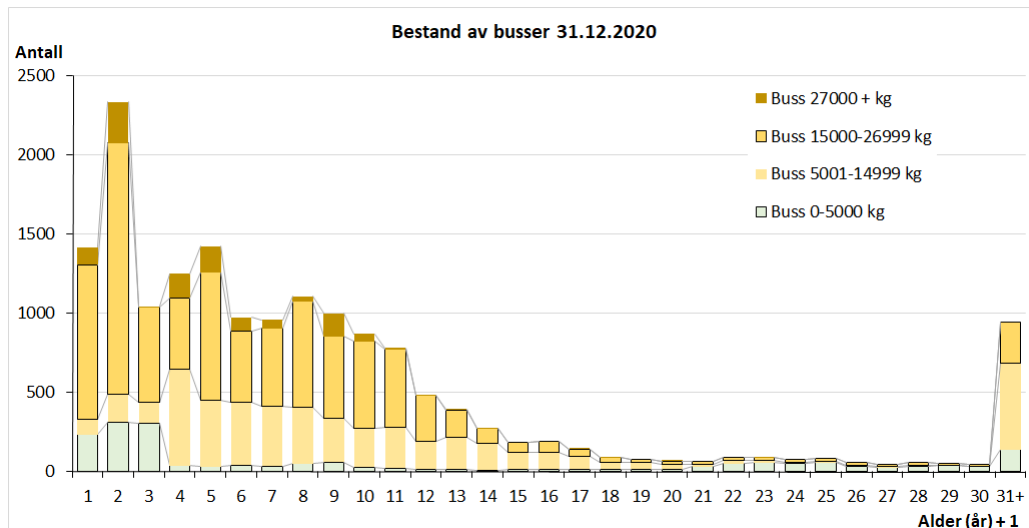
2.4 Busser

Bestanden av busser ved utgangen av 2020 er vist i figur 2.15 og 2.16.

Det store flertallet av busser – anslagsvis 88 prosent i 2020 – er dieseldrevne. Men ca. 6 gikk i 2020 på biogass, og snaut 3 prosent på batteri.



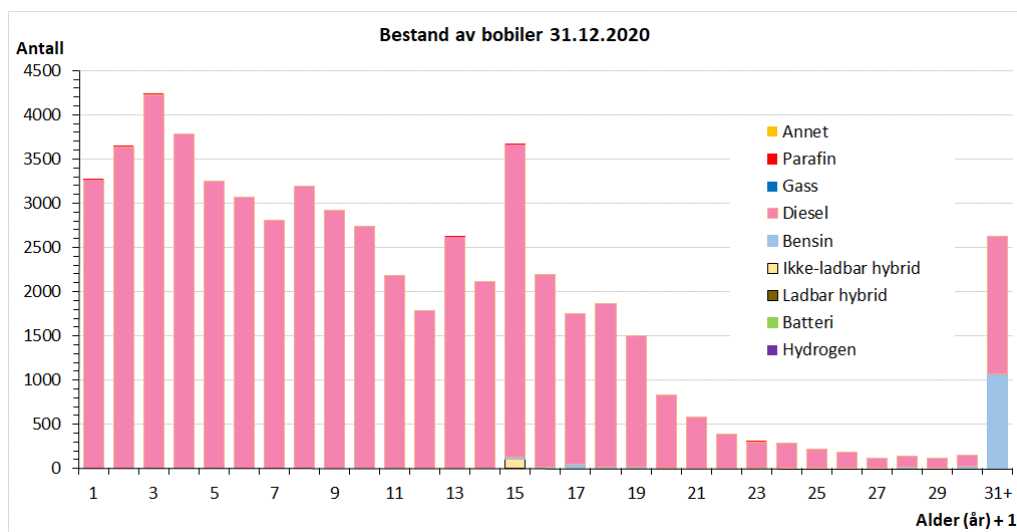
Figur 2.15: Norskregistrerte busser, etter alder og drivlinje, per 31.12.2020. Kilde: BIG, basert på motorvognregistret.



Figur 2.16: Norskregistrerte busser, etter alder og totalvekt, 31.12.2020. Kilde: BIG, basert på motorvognregistret.

2.5 Bobiler

Det var ved utgangen av 2020 snaut 60 000 bobileregistrert i Norge. Så å si alle er dieseldrevne, med unntak av ca. 1000 bensindrevne veterankjøretøy (figur 2.17).

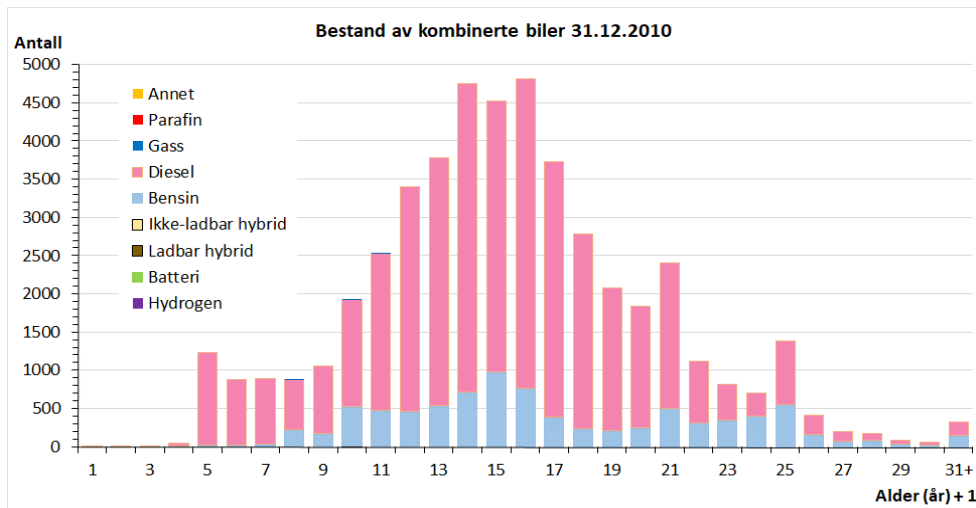


Figur 2.17: Norskregistrerte bobiler, etter alder og drivlinje, per 31.12.2020. Kilde: BIG, basert på motorvognregistret.

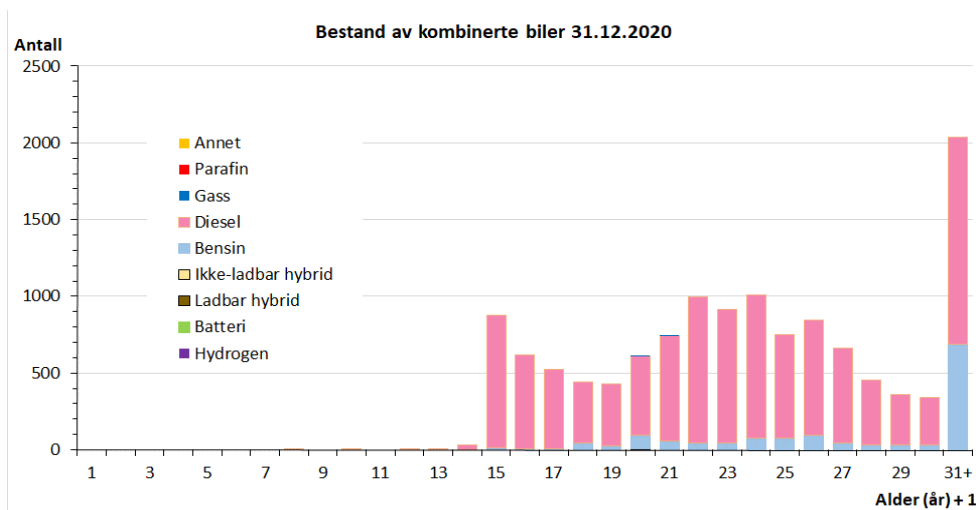
2.6 Kombinerte biler

Såkalt kombinerte biler er med virkning fra 2007 ikke lenger en egen registreringsklasse. De fleste slike biler er dieseldrevne (figur 2.18 og 2.19).

Siden det ikke registreres nye kjøretøy av denne sorten, blir bestanden mindre og mindre. Ved årsslutt 2020 var det snaut 13 000 slike kjøretøy igjen.



Figur 2.18: Norskregistrerte kombinerte biler, etter alder og drivlinje, per 31.12.2010. Kilde: BIG, basert på motorvognregistret.

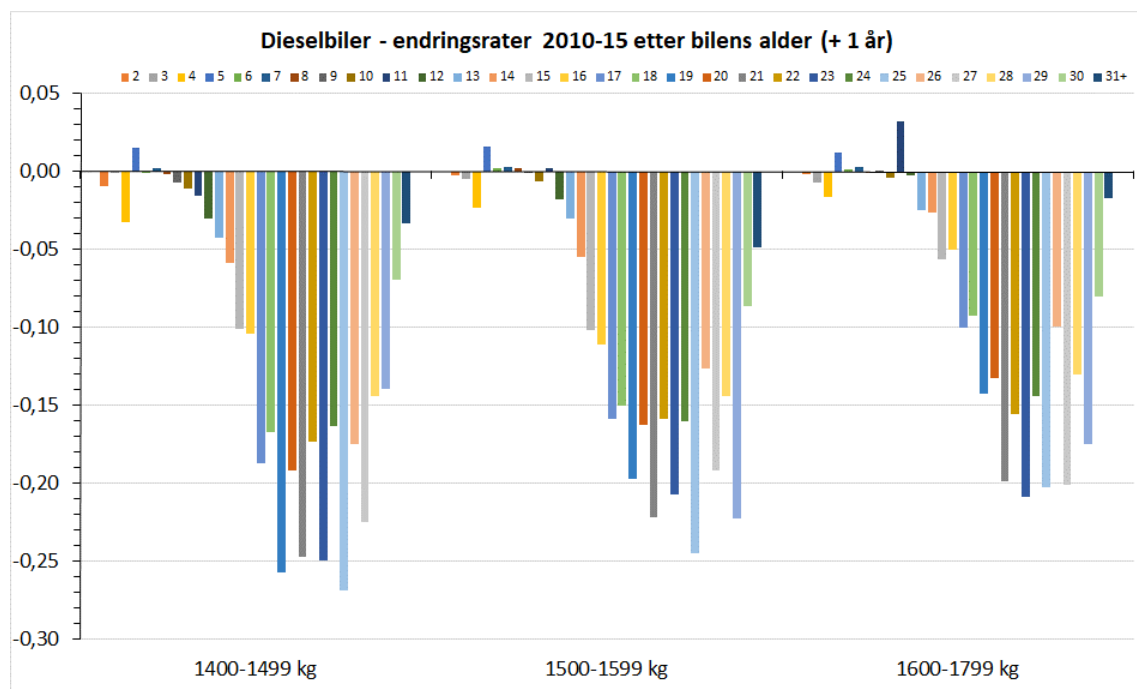


Figur 2.19: Norskregistrerte kombinerte biler, etter alder og drivlinje, per 31.12.2020. Kilde: BIG, basert på motorvognregistret.

3 Overlevelse, tilgang og avgang

3.1 Personbiler

Figur 3.1 viser tre eksempler på *endringsrater* for personbiler, beregnet som veide gjennomsnitt for årene mellom 2010 og 2015³.



Figur 3.1: Endringsrater for mellomstore dieseldrevne personbiler, etter egenvekt, i 30 aldersklasser. Gjennomsnitt for perioden 2010–2015. Kilde: BIG, basert på uttrekk fra motorvognregistret.

Ratene er i all hovedsak negative, dvs. at årskullet minker fra ett år til det neste. Men blant de yngre bilene kan det forekomme positive endringsrater, ved at bruktbilimporten er større enn summen av vraking, brukteksport og annen netto avregistrering.

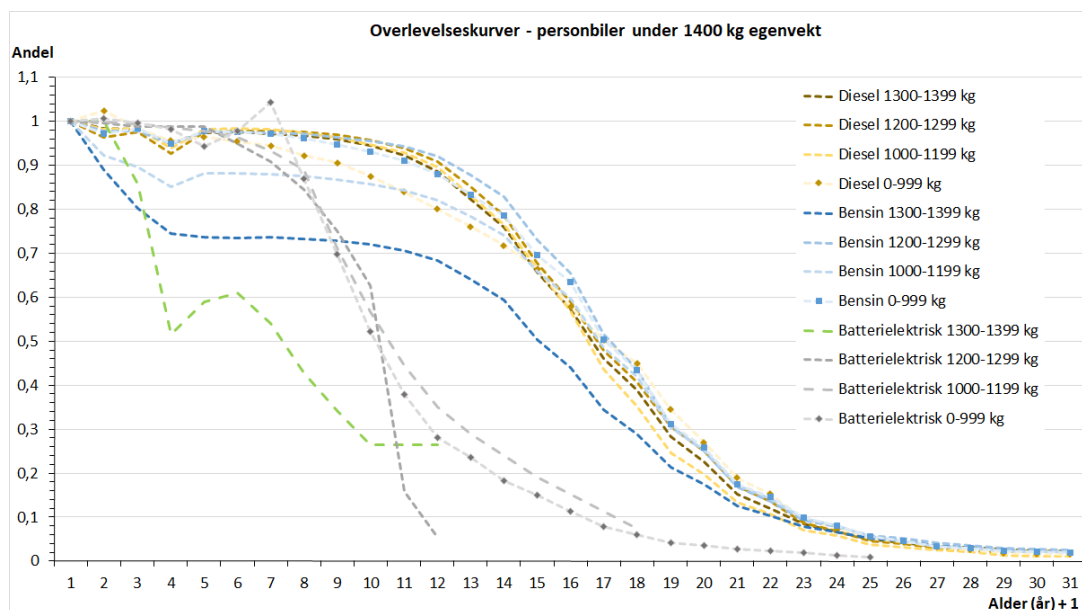
Avgangen er, relativt sett, mest markert for biler i alderen 16 til 26 år, med 20 til 27 prosent av bestanden i vedkommende årsklasse det enkelte år.

Vi ser et påfallende mønster i endringsratene fra ca. 16 års alder. Avregistreringen er høy annethvert år. Det er ingen dristig gjetning at dette har sammenheng med den periodiske kjøretøykontrollen, som finner sted i de årene da bilen fyller 4, 6, 8, 10 år, osv. for hvert partall. Siden BIG-modellen legger til ett år på aldersindeksen, er dette stolpene med oddetallskode i Figur 3.1.

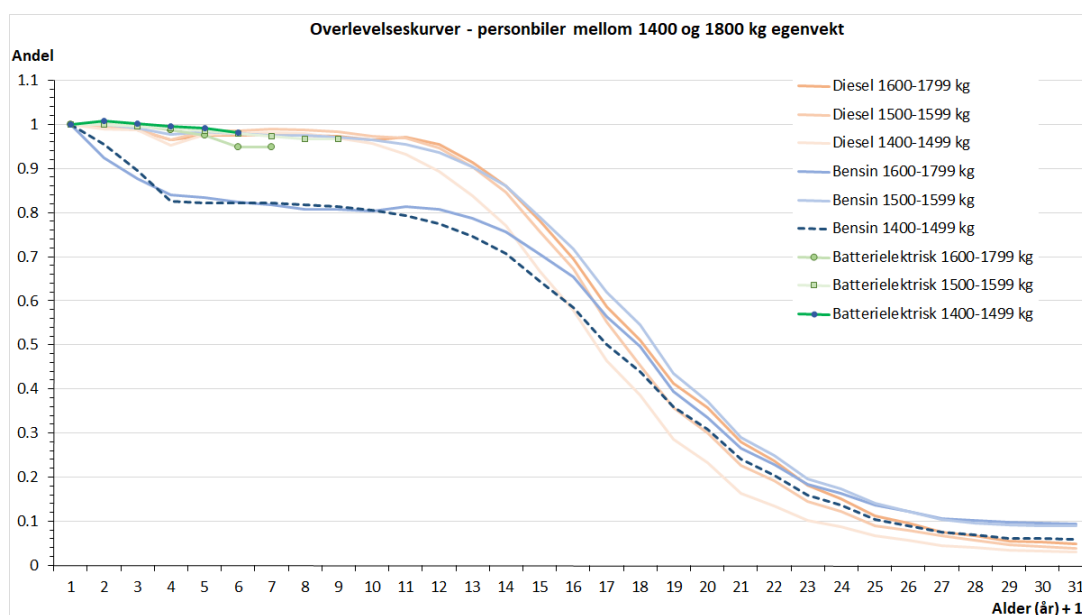
Ved å legge 1 til endringsratene får vi et sett *overgangsrate*, som angir hvor stor andel av kjøretøyene som overlever til neste år. Og ved å multiplisere sammen alle overgangsrate

³ I BIG-framskrivingene brukes nå litt mer oppdaterte rater, beregnet for årene 2012 til 2018.

opp til en bestemt alder får vi fram hvor stor andel av kjøretøyene som overlever til denne alderen⁴. Når vi kjeder sammen disse andelenene, kan vi tegne *overlevelseskurver*. Slike er vist i figur 3.1 og 3.2.



Figur 3.2: Overlevelseskurver for norskregistrerte små personbiler, etter drivlinje og egenvekt. Kilde: BIG, basert på uttrekk fra motorvognregistret 2012–2018.



Figur 3.3: Overlevelseskurver for norskregistrerte mellomstore personbiler, etter drivlinje og egenvekt. Kilde: BIG, basert på uttrekk fra motorvognregistret 2012–2018.

Vi ser av figur 3.2 at omtrent halvparten av diesebilene under 1400 kg overlever til de fyller 16 år. Det samme gjelder bensinbiler under 1300 kg. Men for bensinbiler mellom 1300 og 1400 ser overlevelsen dårligere ut. Dette kan bero på tilfeldigheter, da det spesielt i 2015 var

⁴ Jf. likning (1) til (8) i vedlegget sist i rapporten.

en ekstraordinært stor avgang av yngre biler i dette segmentet, mest sannsynlig på grunn av bruktbileksport.

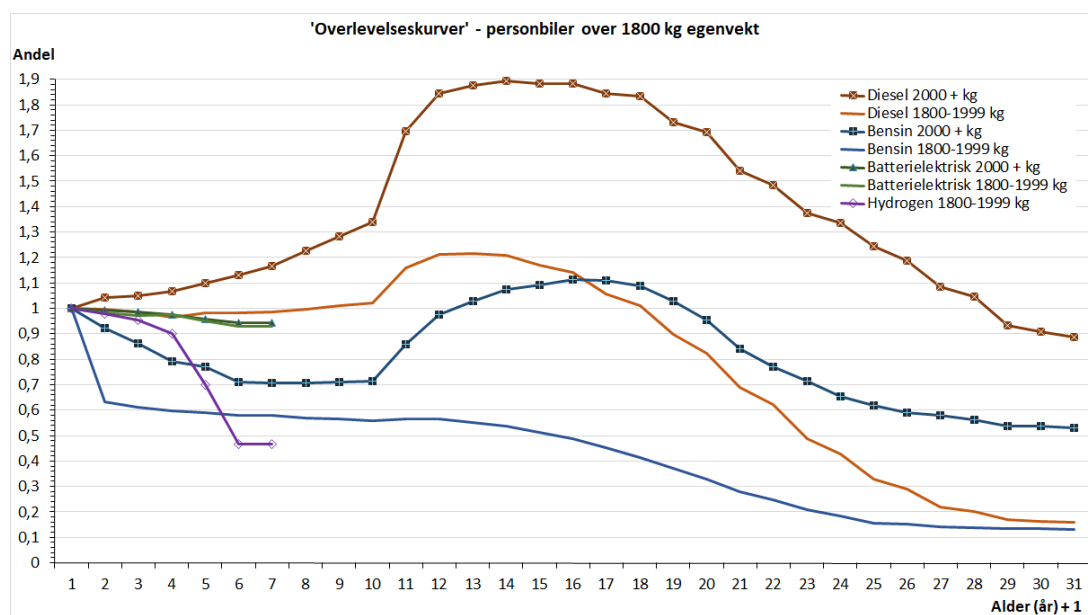
De letteste elbilene ser per 2018 ut til å leve atskillig kortere enn eksosbilene (figur 3.2). Etter 7 til 10 år er halvparten borte.

De tyngre personbilene varer som hovedregel noe lenger enn de lettere modellene. Det tar 16 til 18 år før et årskull av bensin- og dieslbiler mellom 1400 og 1800 kg er halvert (figur 3.3).

‘Overlevelsen’ kan som nevnt være større enn 100 prosent, dvs. at årskullet vokser på grunn av bruktbilimport. Ett eksempel, vist i figur 3.1, gjelder elbiler lettere enn 1000 kg, som ved 6 års alder ser ut til å ha vært flere enn de var i 5-årsalderen.

Et særlig bemerkelsesverdig tilfelle av årskull som legger på seg, gjelder personbiler over 1800 kg (figur 3.4). Dieslbiler tyngre enn to tonn blir det stadig flere av opp til 12–13 års alder, på liknende måte som for mennesker (figur 1.1).

Inntil 9 års alder er dette etter alt å dømme et resultat av bruktbilimport. Bruktimporterte personbiler nyter godt av et [bruksfradrag](#) i engangsavgiften. Fram til 30.6.2020 var fradraget 47 prosent for fem år gamle biler og 76 prosent for ni år gamle. Siden er fradraget økt, til 50 prosent ved fylte fem år og 82 prosent ved ni års alder.



Figur 3.4: Kumulative overgangsrater for norskregistrerte store personbiler, etter drivlinje og egenvekt. Kilde: BIG, basert på uttrekk fra motorvognregistret 2012–2018.

De tyngre elbilene ser foreløpig (fram til 6 års alder) ut til å overleve like godt som dieslbilene.

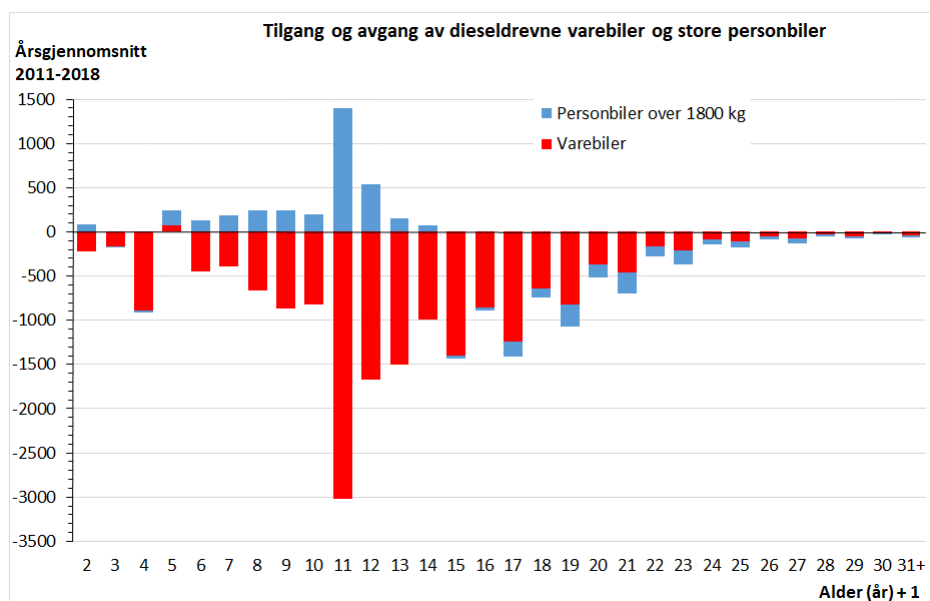
Av hydrogenbiler er det ikke mange. En har imidlertid kunnet følge noen få årskull av hydrogendrevne personbiler mellom 1800 og 2000 kg. Overlevelseskurven kan foreløpig dras fram til 6 års alder (dvs. kode 7 på x-aksen i figur 3.4). På dette tidspunkt er mer enn halvparten av årskullet avregistrert.

Varebiler som er førstegangsregistrert før 29.4.2013, kan ved 10 års alder ombygges til personbiler, uten at det påløper ny engangsavgift. Slik ombygging er ikke helt uvanlig og medfører at årskullet av store personbiler gjerne vokser kraftig fra 9 til 10 års alder. Ved ti års alder gjør kurvene vist i figur 3.4 således et hopp.

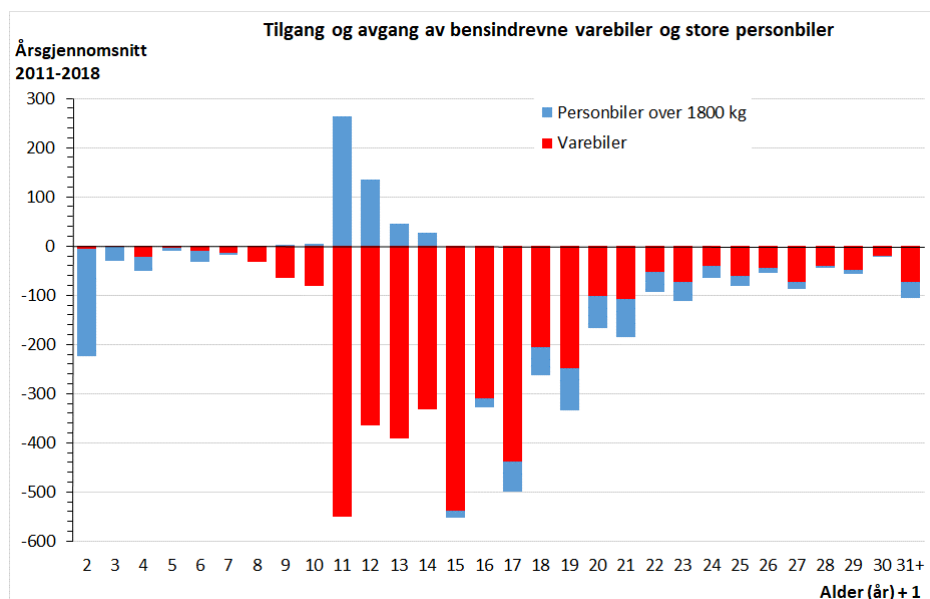
Bruktimporten og ombyggingen av varebiler innebærer at de dieseldrevne personbilene over to tonn utgjør flere kjøretøy ved fylte 27 år enn de gjorde da de var nye. I 11 til 17 års alder er de nesten dobbelt så mange som de var ved første gangs registrering i Norge.

I gjennomsnitt for hvert år fra 2011 til 2018 ble det nesten 1400 flere dieselsbiler over 1800 kg i det bilene fylte ti år (figur 3.5). Til sammenlikning bestod ett årskull dieselsbiler i denne vektclassen i perioden 2011–2018 av rundt 6000 kjøretøy da bilene var nye.

Samtidig med at de store personbilene blir flere, blir varebilene færre – drøyt 3000 færre ifølge figur 3.5. Nærmere halvparten av dette ser ut til å være ‘naturlig avgang’. Men det ligger nær å anta at den andre halvparten lever videre som personbiler. Det er ikke bare menneskene som skaper trøbbel for demografer og statistikere ved å skifte ‘kjønn’.



Figur 3.5: Avgang/tilgang av dieseldrevne varebiler og store personbiler, etter bilenes alder. Gjennomsnitt for perioden 2011–2018. Kilde: BIG, basert på motorvognregistret.

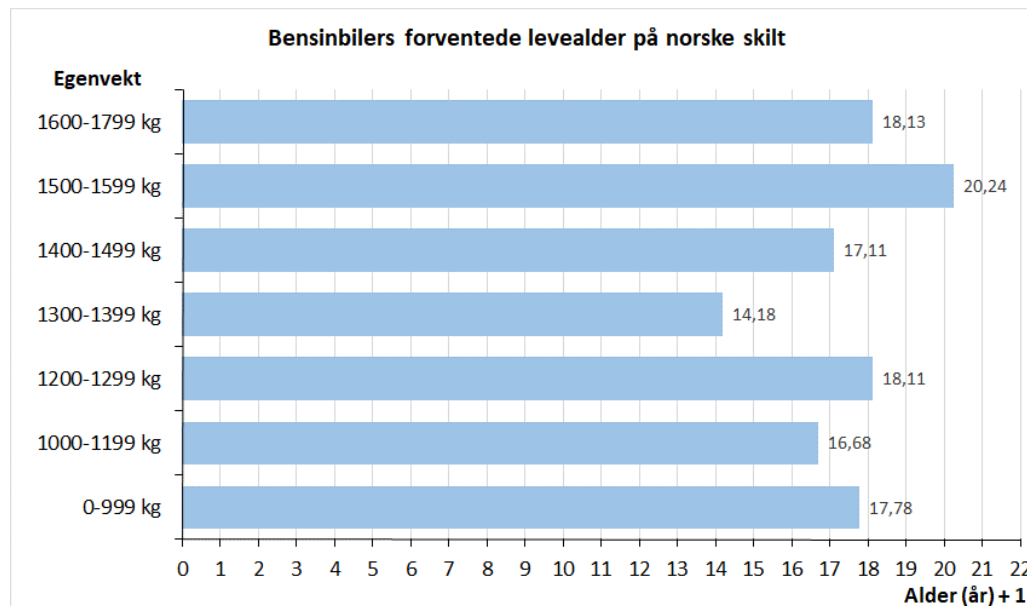


Figur 3.6: Avgang/tilgang av bensindrevne varebiler og store personbiler, etter bilenes alder. Gjennomsnitt for perioden 2011–2018. Kilde: BIG, basert på motorvognregistret.

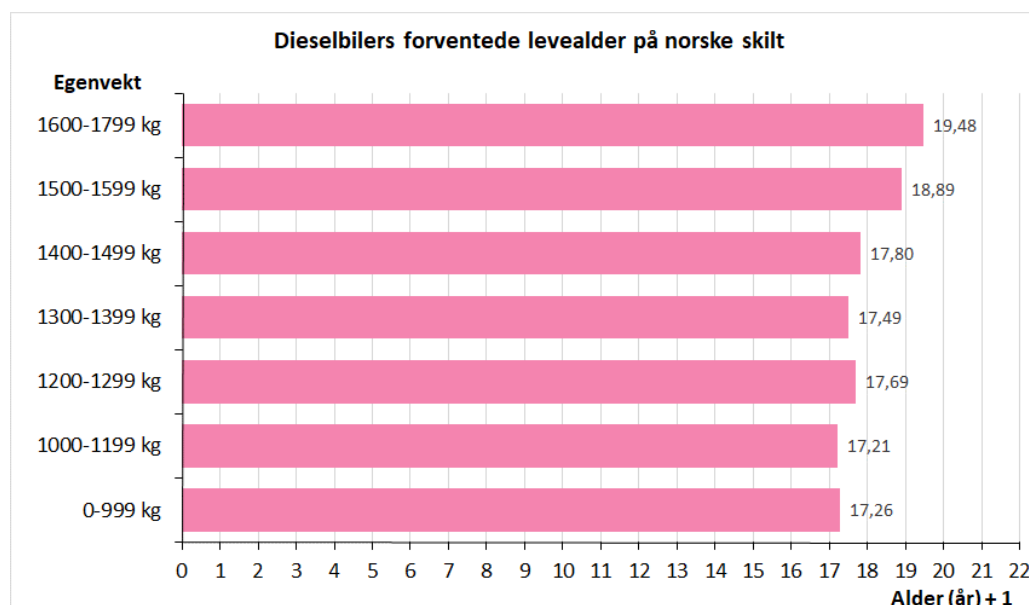
Figur 3.6 viser at samme fenomen gjør seg gjeldende blant bensinkjøretøyene. Men omfanget er mindre enn hos diesebilene – en snau femtedel så stort.

Når vi har beregnet overgangsratene, er det en smal sak å etablere sannsynlighetsfordelingen for hvor mange år hver type bil lever i Norge. Ut fra denne fordelingen kan vi, ved hjelp av formel (9) i vedlegget, beregne bilenes forventede levealder. Resultatene framgår av figur 3.7 og 3.8.

Bensinbiler lever i gjennomsnitt i 16–17 år – vektlassen mellom 1300 og 1400 kg i bare ca. 13 år.



Figur 3.7: Forventet levetid for bensindrevne personbiler på norske skilt, etter egenvekt. Gjennomsnitt beregnet for perioden 2013–2018. Kilde: BIG, basert på motorvognregistret.



Figur 3.8: Forventet levetid for dieseldrevne personbiler på norske skilt, etter egenvekt. Gjennomsnitt beregnet for perioden 2013–2018. Kilde: BIG, basert på motorvognregistret.

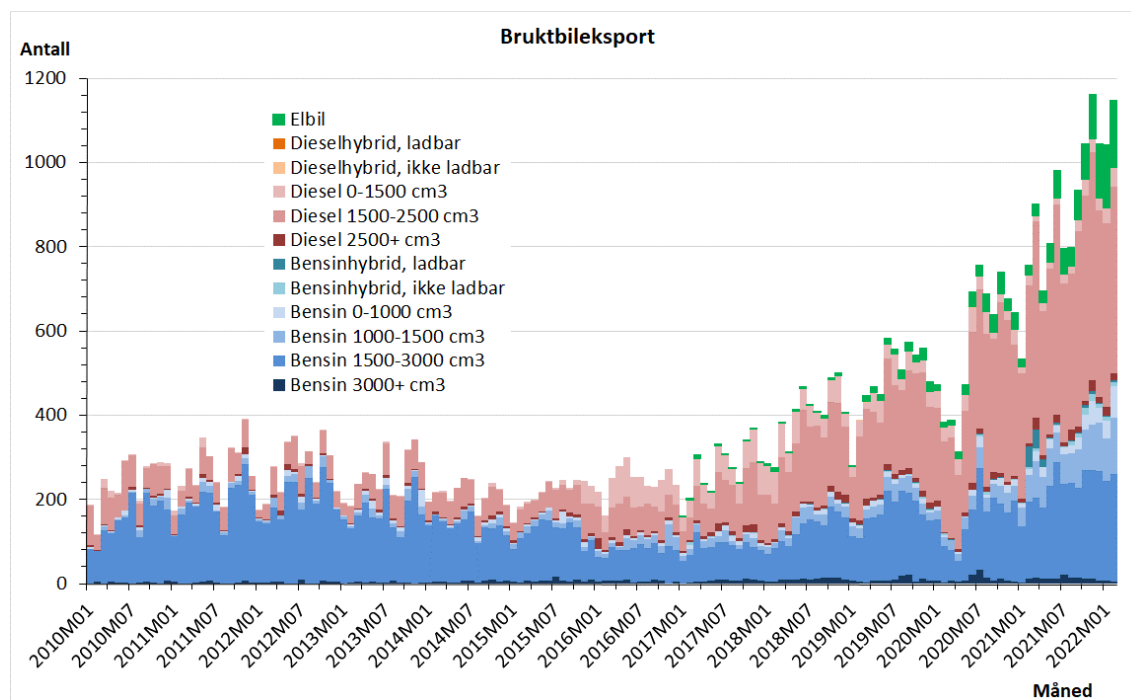
Diesebilene lever lenger – fra 16,2 til 18,5 år, når vi ser på biler lettere enn 1800 kg (figur 3.8). På grunn av ‘forstyrrelsen’ som oppstår ved ombygging av varebiler har vi ikke kunnet beregne relevante overlevelseskurver eller levetid for de største personbilene. Men det er nærliggende å anta at de lever minst like lenge som de ‘nest største’ bilene på 1600–1800 kg. Den høye engangsavgiften på personbiler virket lenge som et effektivt hinder for eksport av bruktbiler. Prisene på bruktbiler i Norge reflekterer nybilprisene inkludert avgift og ligger derfor høyere enn i de aller fleste andre land. Det gjorde det lite fristende for norske bileiere å selge bilen utenlands.

Men med virkning fra 1.1.2015 behandles import og eksport av bruktbiler noenlunde symmetrisk. Gjennom [forskriftsendring av 26.11.2014](#) ble det innført en aldersgradert refusjon av engangsavgiften ved eksport av brukte kjøretøy. En bruker samme [tabell for bruksfradrag](#) som ved import av kjøretøy.

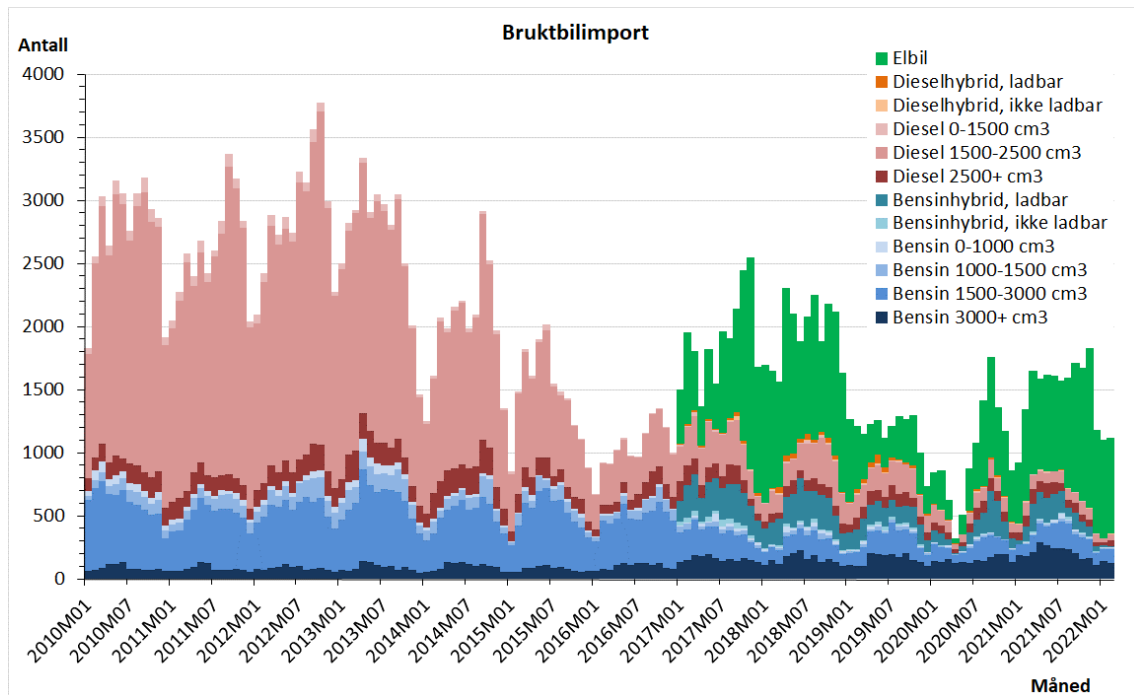
Utenrikshandelsstatistikken tyder på at forskriftsendringen har gjort vei i vellinga. Mens bruktbileksporten i årene 2010 til 2016 stort sett svingte mellom 200 og 300 biler i måneden, har eksporten siden økt i takt med at stadig flere biler er kommet inn under ordningen og slik blitt tilgjengelige for utførsel (figur 3.9). Ordningen er begrenset til høyst 10 år gamle biler som er førstegangsregistrert etter 25.6.2014. Myndighetene har i sin visdom ikke ønsket å åpne for at eldre biler i svært dårlig stand skal gi grunnlag for en sjablongmessig avgiftsrefusjon, dersom eieren skulle finne en kjøper i utlandet.

Bruktbileksporten ser i første kvartal 2022 ut til å ha nådd et nesten fire ganger så høyt nivå som tidligere. I løpet av de to første månedene av 2022 ble det eksportert tett innpå 2200 bruktbiler, nesten nøyaktig like mange som ble importert (se figur 3.10).

Bruktbilimporten består for en stor del av elbiler – drøyt 54 prosent i 2021. Men eksporten av elbiler er liten – bare snaut 7 prosent av totalen. Det er ikke så rart, med tanke på at elbilene ikke er belagt med noen avgift som kan refunderes...

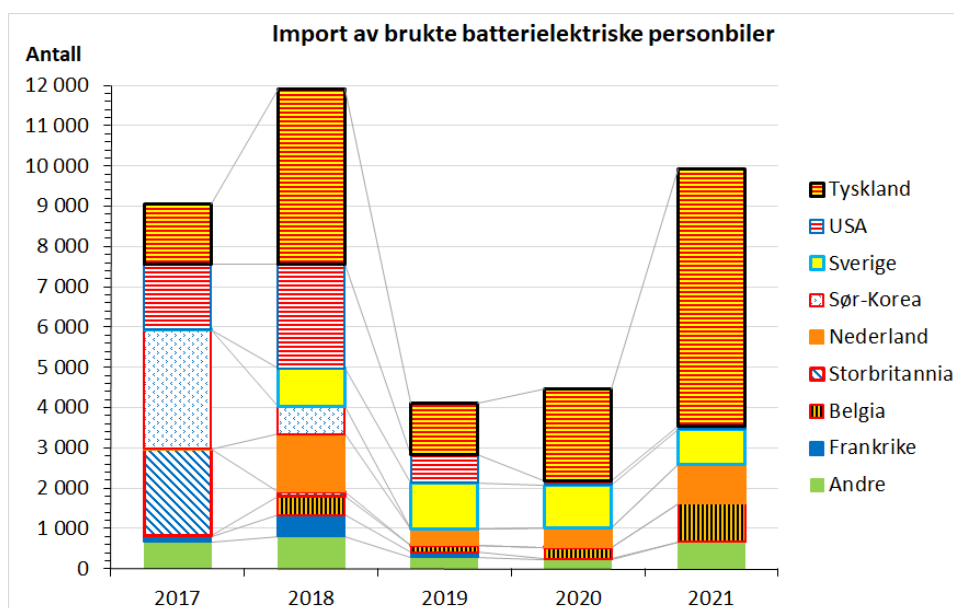


Figur 3.9: Månedlig eksport av brukte personbiler fra januar 2010 til februar 2022, etter drivlinje. Datakilde: SSB statistikkbanken, kildetabell 08799.



Figur 3.10: Månedlig import av brukte personbiler fra januar 2010 til februar 2022, etter drivlinje. Datakilde: SSB statistikkbanken, kildetabell 08799.

Hvor kommer de brukte importerte elbilene fra? Dette er vist i figur 3.11. Den største andelen kommer fra Tyskland. Andre viktige eksportland er USA, Sverige og Sør-Korea. Importen av brukte elbiler er etter alt å dømme påvirket av at mange land, til forskjell fra Norge, subsidierer elbiler gjennom kontanttilskudd. Alle de nevnte landene har i perioder hatt nokså rause tilskuddsordninger for elbilkjøp. I Sverige har en siden 1. juli 2018 praktisert et bonus-malus-system for nye personbiler, som i 2021 innebar at kjøpere av nye elbiler etter seks måneder fikk utbetalt en bonus på 60 000 svenske kroner. I Tyskland utgjør [miljøbonusen](#) ('Umweltbonus') i skrivende stund (april 2022) € 9000 per bil.



Figur 3.11: Årlig import av brukte batterielektriske personbiler 2017–2021, etter eksportland. Datakilde: SSB statistikkbanken, kildetabell 08799.

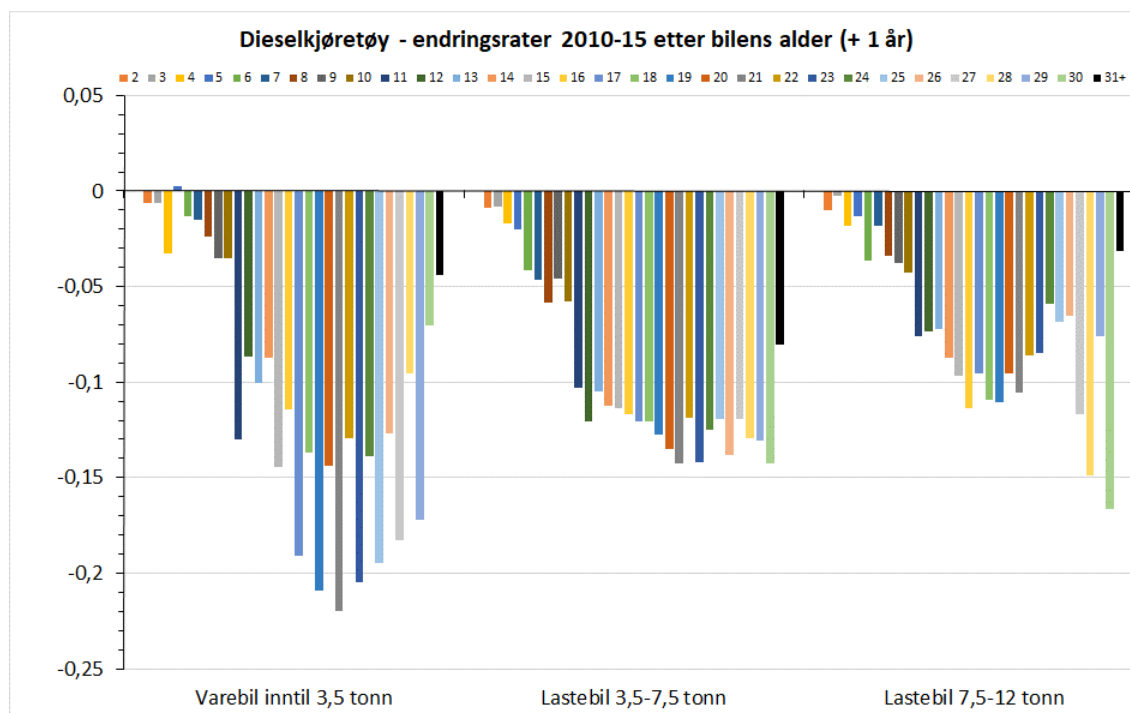
Subsidiene gir opphav til en forretningsmulighet. En smart næringsdrivende kjøper et kjøretøy, innkasserer tilskuddet og selger bilen ved første anledning til en kjøper i et land uten subsidier, der markedsprisen er høyere ([Amiot 2013](#), [Doyle 2019](#), [Valle 2022](#)).

Den svenske regjeringen har ønsket å tette dette hullet i bonus-malus-systemet, ved å kreve at bileieren må tilbakebetale bonusen hvis bilen blir avregistrert før det er gått fem år ([Sverige 2020](#), [Elvevold 2020](#)). Men det har vist seg vanskelig å håndheve et slikt krav, og forsøket er derfor oppgitt.

Om vi antar at førstegangskjøperne av elbiler som er bruktimportert fra Tyskland, har mottatt tilskudd på i gjennomsnitt kr 80 000 per bil, utgjør dette 1,26 milliarder kroner i løpet av de fem årene 2017–2021. Om vi på samme vis forutsetter at svenske elbiler er subsidiert med 50 000 norske kroner per bil, blir beløpet ca. 200 millioner kroner siden bonus-malus-systemet ble innført i 2018. Slik har tyske og svenske skattebetalere trolig bidratt til å elektrifisere den norske personbilparken.

3.2 Godsbiler

I Figur 3.12 vises eksempel på endringsrater for varebiler og mindre lastebiler.

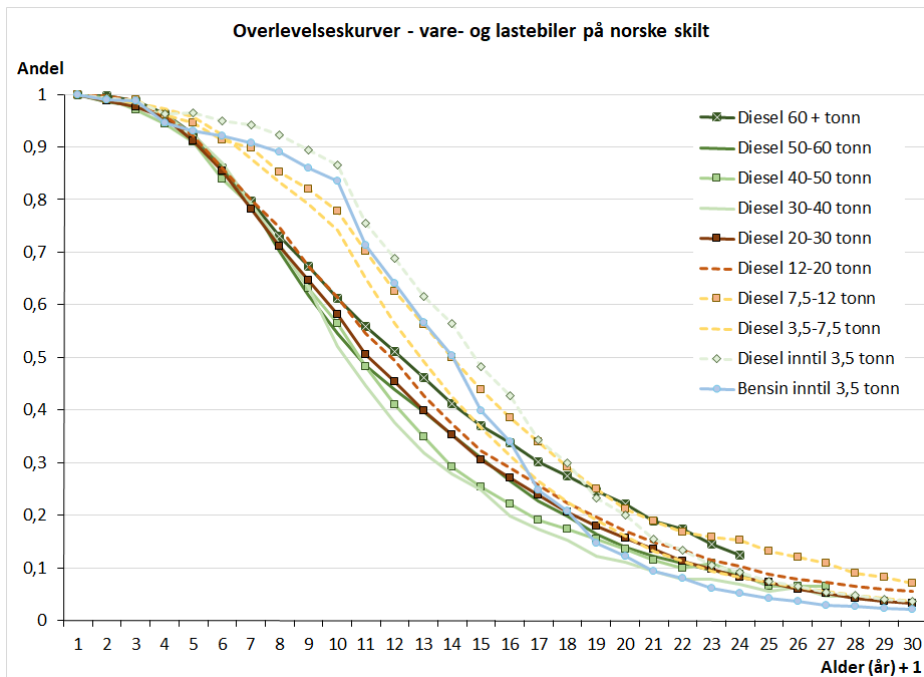


Figur 3.12: Endringsrater for dieseldrevne godsbiler under 12 tonn totalvekt, i 30 aldersklasser. Gjennomsnitt for perioden 2010–2015.

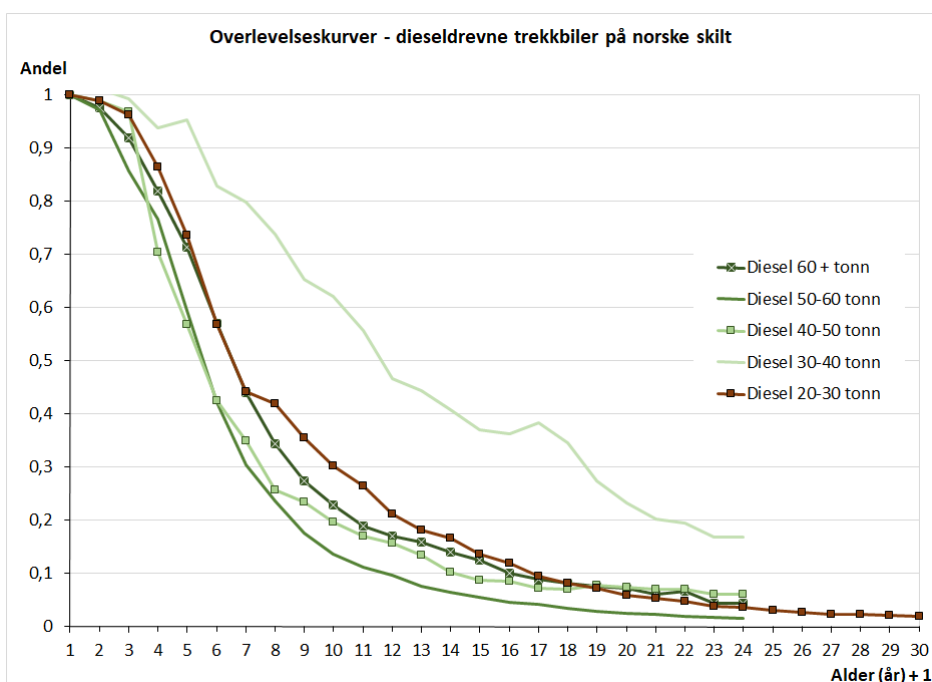
Varebilene ser ut til å være underlagt omtrent samme mønster som personbilene, ved at avgangen er størst i årene med periodisk kjøretøykontroll. Faktisk starter berg-og-dal-banen blant varebiler seks år tidligere – allerede ved 10 års alder.

Men blant lastebilene er det ikke noe slikt variasjonsmønster å oppdage. Disse kjøretøyene kontrolleres med høyst ett års mellomrom.

Overlevelseskurver for lette og tunge godsbiler er vist i figur 3.13 og 3.14.



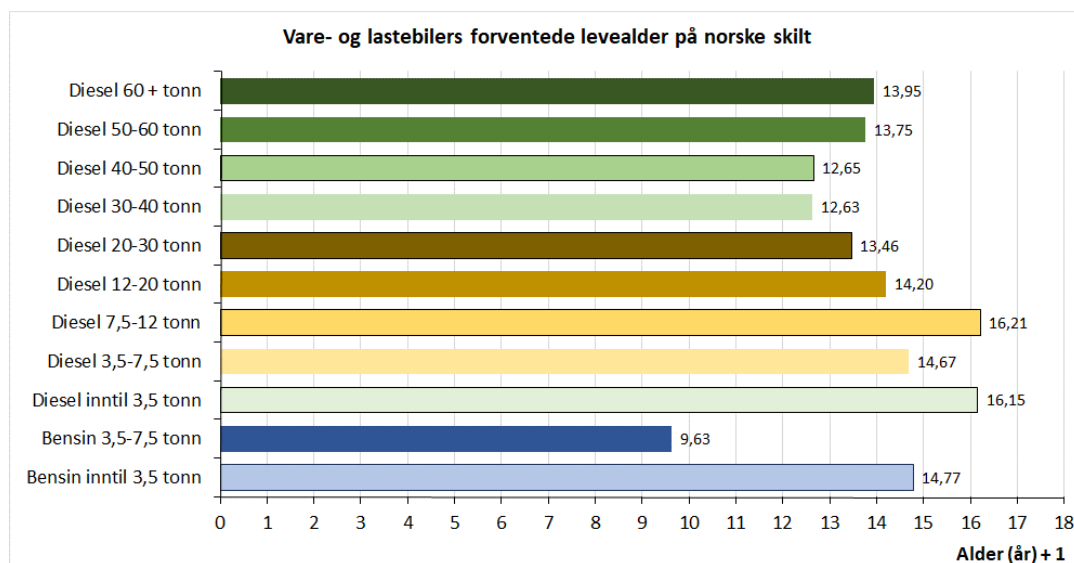
Figur 3.13: Overlevelseskurver for norske varebiler og lastebiler, etter drivstoff og høyeste tillatte vogntogvekt. Kilde: BIG, basert på uttrekk fra motorvognregistret 2012–2018.



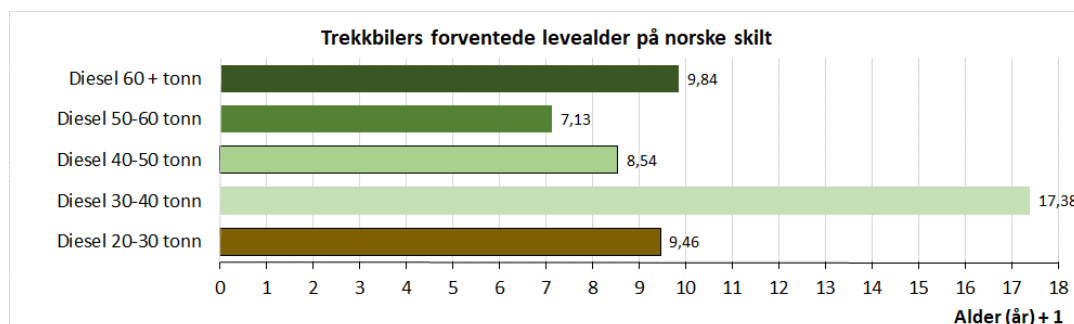
Figur 3.14: Overlevelseskurver for norske trekkbiler for semitrailer, etter høyeste tillatte vogntogvekt. Kilde: BIG, basert på uttrekk fra motorvognregistret 2012–2018.

Som antydnet allerede på grunnlag av alderspyramidene (figur 2.13 og 2.14) synker overlevelseskurvene for trekkbiler (figur 3.14) atskillig brattere enn for lastebiler og varebiler (figur 3.13). Halvparten av lastebilene er avregistrert innen det er gått 10 til 13 år. For varebilene går det 13–14 år innen årskullet er halvert, mens det for trekkbiler flest går bare 5–6 år. Unntaket er trekkbiler mellom 30 og 40 tonn vogntogvekt, som i dette likner mer på de vanlige lastebilene.

Den forventede levetiden er beregnet til 14–15 år for varebiler og 12 til 15 år for dieseldrevne lastebiler i de ulike vektclasser (figur 3.15). For de fleste vektclasser trekkbiler er den gjennomsnittlige levetiden på norske skilt mellom 6 og 9 år (figur 3.16).



Figur 3.15: Forventet levetid for varebiler og lastebiler på norske skilt, etter høyeste tillatte vogntogvekt. Kilde: BIG, basert på uttrekk fra motorvognregistret 2012–2018.



Figur 3.16: Forventet levetid for dieseldrevne trekkbiler på norske skilt, etter høyeste tillatte vogntogvekt. Kilde: BIG, basert på uttrekk fra motorvognregistret 2012–2018.

Mange brukte godsbiler blir ifølge utenrikshandelsstatistikken eksportert (figur 3.17). Det kunne i perioden 2010–2012 dreie seg om ca. 200 kjøretøy i måneden, stigende til 300–400 i årene 2013–2019. Fra høsten 2020 er eksporten økt til 500–600 godskjøretøy i måneden.

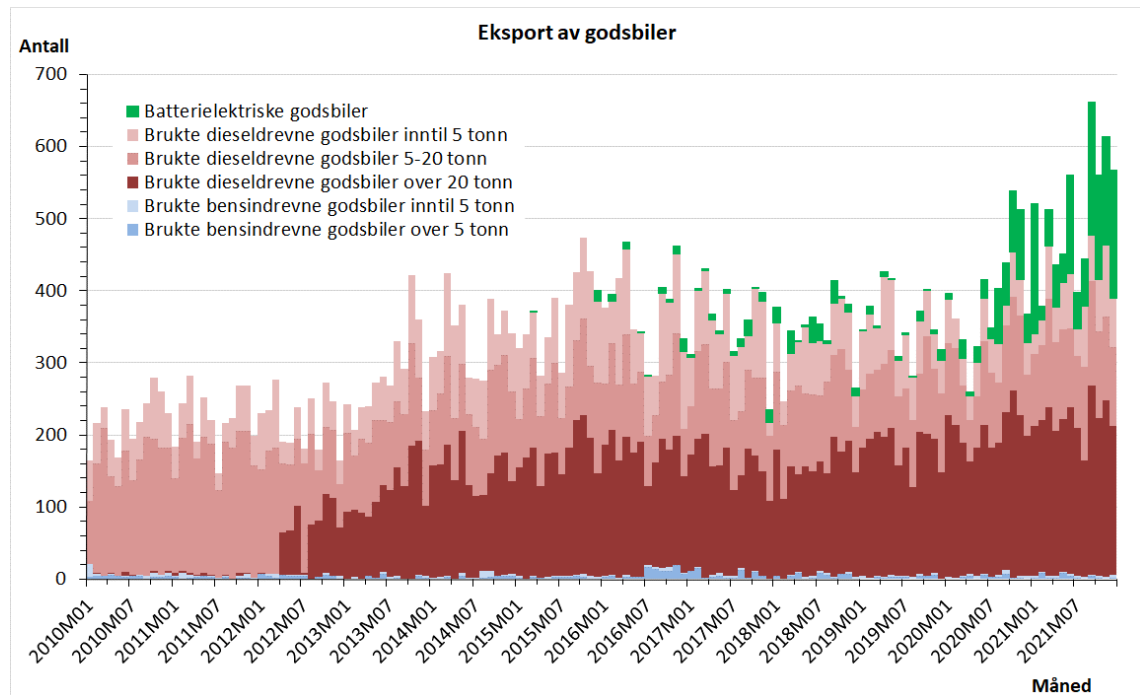
Ved tolkningen av denne statistikken må en være klar over at innførsel og utførsel av kjøretøy ikke nødvendigvis innebærer at bilene blir registrert, henholdsvis avregistrert i Norge. I 2020 og 2021 ble det f.eks. eksportert 1723 batterielektriske godsbiler – i all hovedsak varebiler. Men ifølge Klima- og miljødepartementet dreier det seg om forhandlere som dekker markedene i Sverige og Danmark fra lager i Norge. Bilene blir tolldeklarerert ved innførsel og utførsel, men ikke registrert med norske kjennemerker.

Siden august 2019 har [Enova ytt kontanttilskudd ved registrering av ny nullutslipps varebil](#). For varebiler med mer enn 80 kW motorytelse var støtten i 2021 inntil kr 50 000. Mindre kraftige varebiler ble støttet med inntil kr 15 000 eller kr 25 000. I tillegg kunne en få støtte til kjøp av lader med kr 5 000.

Men støtten er betinget av at bilene beholder norske skilt i minst tre år:

«Dersom bilen blir avregistrert som følge av eksport til utlandet innen tre år etter førstegangsregistrering skal støttemottaker betale tilbake hele støttebeløpet. Dette gjelder uavhengig av om det er støttemottaker eller senere eiere av bilen som eksporterer den.»

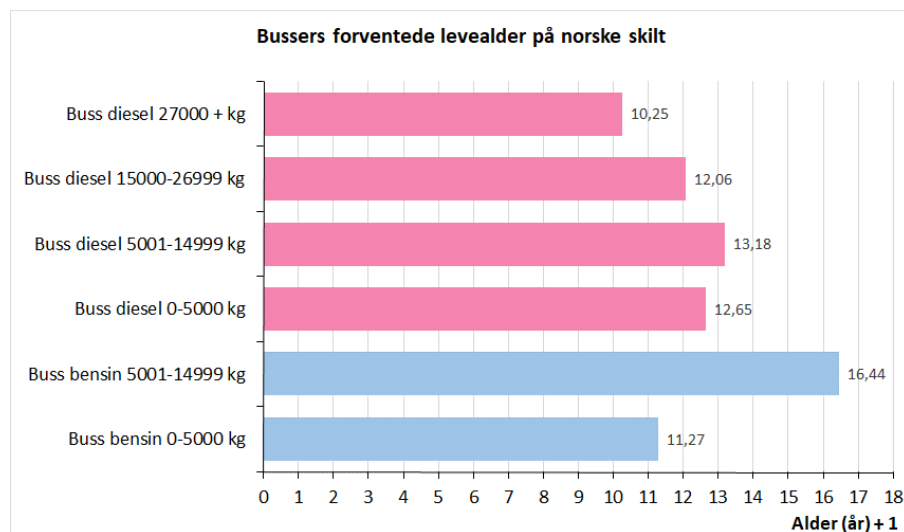
Tidligst i 2023 vil det bli klart om denne tilskuddsordningen gjør det lønnsomt å eksportere minst tre år gamle subsidierte, utslippsfrie varebiler fra Norge.



Figur 3.17: Månedlig eksport av godsbiler fra januar 2010 til desember 2021, etter drivlinje. Datakilde: SSB statistikkbanken, kildetabell 08799.

3.3 Busser

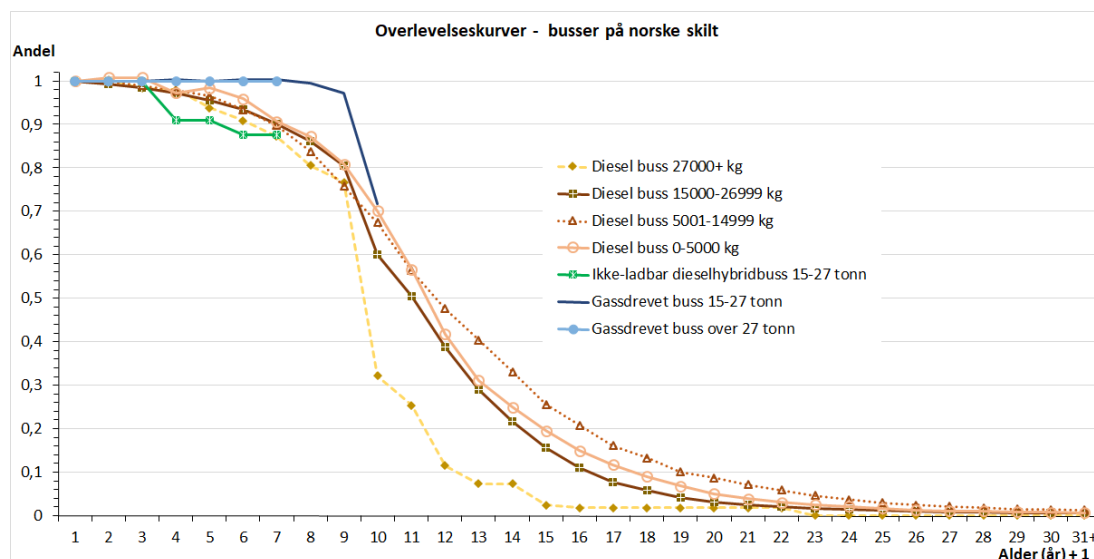
Dieslbusser har en levetid i Norge på 9 til 12 år, avhengig av størrelse (figur 3.18).



Figur 3.18: Forventet levetid for busser på norske skilt, etter vekt og drivstoff. Kilde: BIG, basert på uttrekk fra motorvognregistret 2012–2018.

De aller største bussene lever kortest på norske skilt. Etter 10–11 år er årskullet av små og mellomstore diesalbusser halvert (figur 3.19).

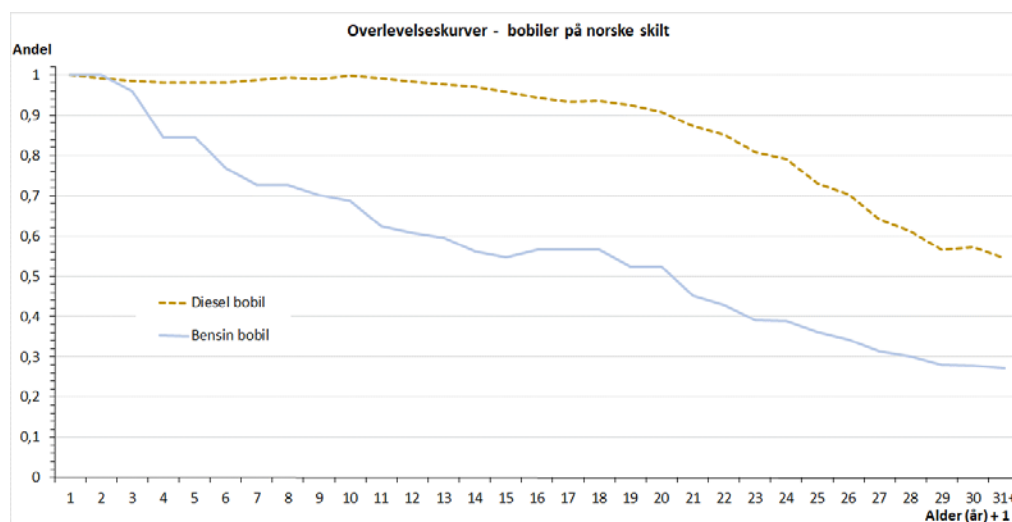
Gassdrevne busser ser foreløpig ut til å være minst like levedyktige som dieseldrevne. Ikke-ladbare hybrider har derimot noe raskere utskiftingstakt. Men busser med disse typene drivlinjer har ikke vært i markedet lenge nok til at en kan bedømme deres langsiktige levedyktighet.



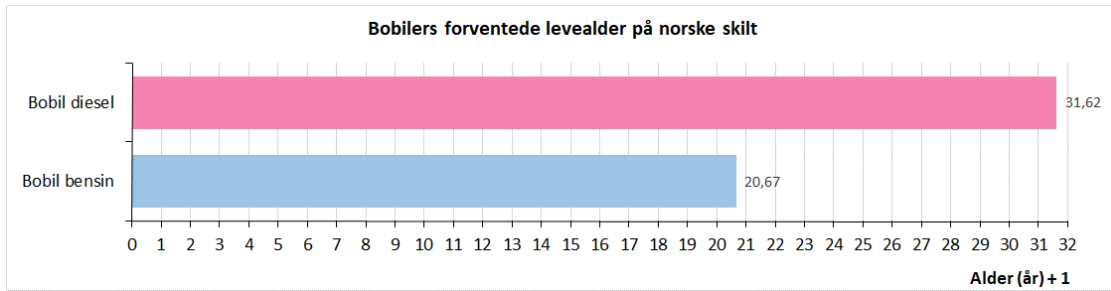
Figur 3.19: Overlevelseskurver for norskregistrerte busser, etter vekt og drivstoff. Kilde: BIG, basert på uttrekk fra motorvognregistret 2012–2018.

3.4 Bobiler

Bobilene lever lengst av alle typer kjøretøy (figur 3.20 og 3.21). For dieseldrevne bobiler beregnes levetiden til ca. 31 år, og for bensindrevne ca. 20 år. Anslagene er omtrentlige – følsomme for antakelsene om hvor lenge bilene lever etter fylte 30 år. Vi har lagt til grunn at veterankjøretøyene i gjennomsnitt er 40 år gamle.



Figur 3.20: Overlevelseskurver for norskregistrerte bobiler, etter drivstoff. Kilde: BIG, basert på uttrekk fra motorvognregistret 2012–2018.



Figur 3.21: Forventet levetid for bobiler på norske skilt, etter drivstoff. Forutsatt 40 års gjennomsnittsalder for veterankjøretøy. Kilde: BIG, basert på uttrekk fra motorvognregistret 2012–2018.

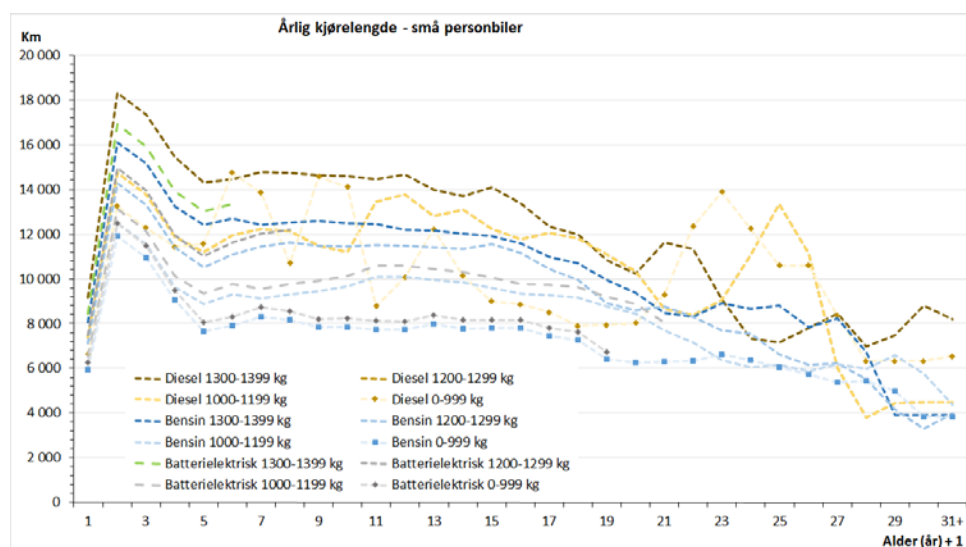
3.5 Kombinerte biler

De yngste kombinerte bilene i vårt materiale ble førstegangsregistrert i 2006. Siden BIG-modellen ikke har bestandsdata om kjøretøyparken lenger tilbake enn 2010, lar det seg ikke gjøre å beregne overlevelseskurver eller forventet levetid for denne kjøretøygruppen.

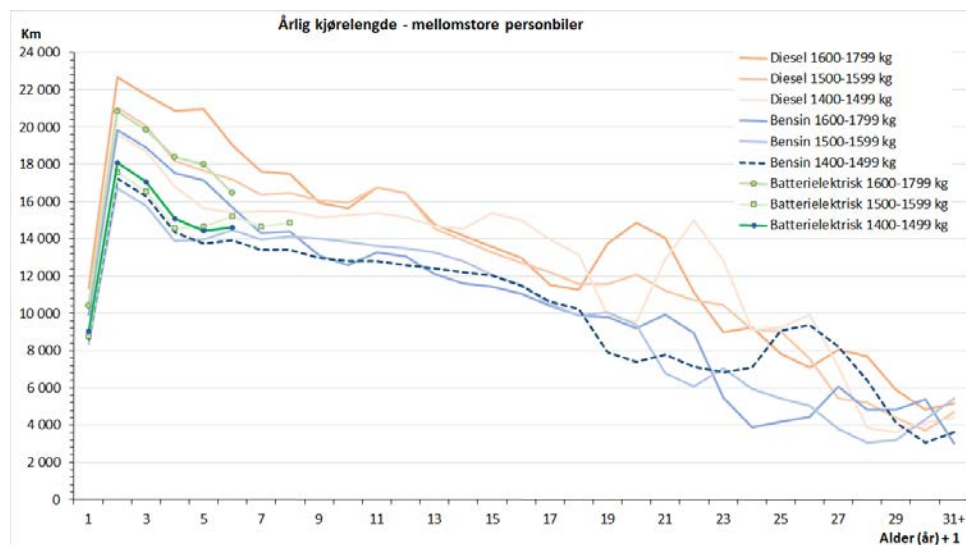
4 Årlig kjørelengde og trafikkarbeid

4.1 Personbiler

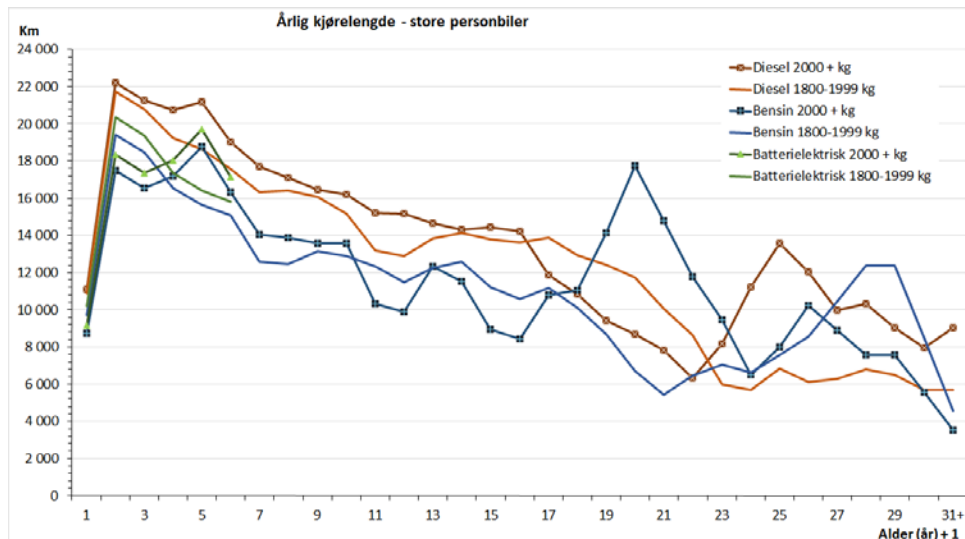
Hver gang kjøretøyene er inne til periodisk kjøretøykontroll (PKK), blir kilometerstanden avlest og notert. På grunnlag av PKK-registret kan en regne ut den gjennomsnittlige årlige utkjørte distansen for motorvogner i de enkelte kjøretøy-, vekt-, drivlinje- og aldersklasser. Personbiler kontrolleres første gang ved fire års alder, deretter annethvert år. Tallene fra PKK må derfor bearbejdes noe for å få fram anslag over den årlig utkjørte distansen i hver aldersklasse. For personbiler blir bildet som vist i figur 4.1 til 4.3.



Figur 4.1: Årlig utkjørt distanse for personbiler under 1400 kg egenvekt, etter alder og vekt. Kilde: PKK-registret



Figur 4.2: Årlig utkjørt distanse for personbiler med 1400–1800 kg egenvekt, etter alder og vekt. Kilde: PKK-registret.



Figur 4.3: Årlig utkjørt distanse for personbiler over 1800 kg egenvekt, etter alder og vekt. Kilde: PKK-registret.

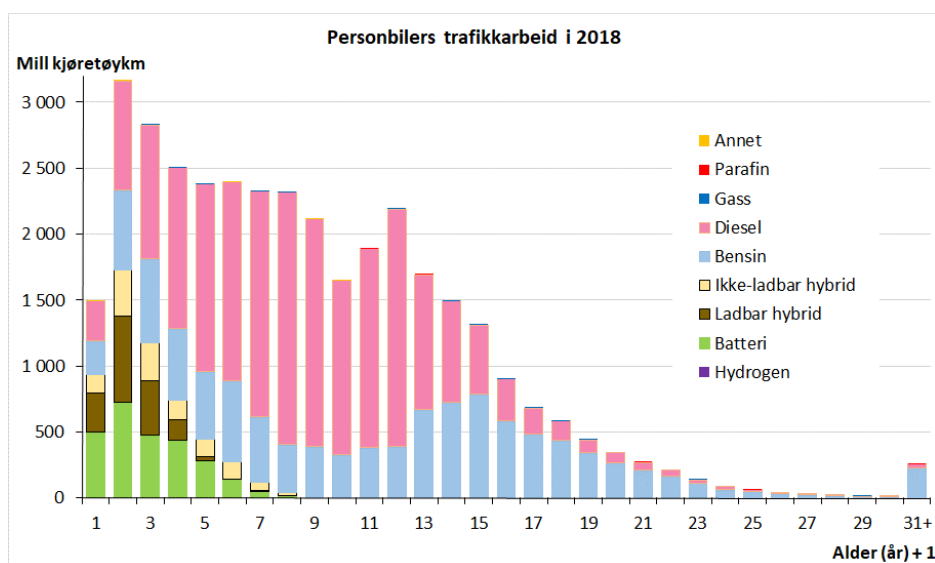
Bilene opptrer med bare halv distanse det første året, siden nye biler i gjennomsnitt kommer inn i bilparken omtrent midt i året.

Store og mellomstore biler kjøres typisk 16 til 22 tusen kilometer i året mens de er nye. Men som det framgår, går kjørelengden uten unntak nedover fra og med det tredje registreringsåret. Etter fylte 20 år kjører bilene jevnt over bare halvparten så langt som da de var nye. Veteranbilene kjøres aller minst – typisk bare 4000–6000 km i året.

Det ligger relativt få observasjoner bak målingene for de eldre bilene. På grunn av tilfeldige utslag går disse målingene litt opp og ned.

Vi ser også at de større bilene stort sett kjøres lenger enn de mindre, og at diesebilene går lenger enn bensinbiler i samme størrelse. Elbilene ser foreløpig ikke ut til å skille seg særlig ut, men har ikke vært lenge nok på markedet til at vi kan trekke kurvene helt fram til veteranbilstadiet. De fleste kurvene for elbiler er tegnet bare fram til 6 eller 8 års alder.

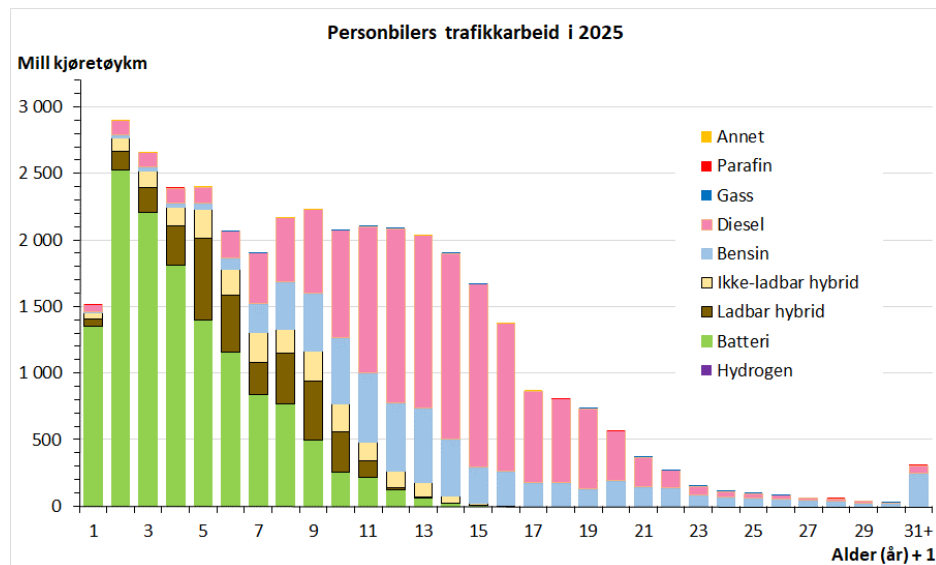
Ved å multiplisere kjørelengden med bilbestanden i hver vekt-, drivlinje- og aldersklasse får vi fram trafikkarbeidet, dvs. antall kjøretøykilometer. Figur 4.4 viser tall for år 2018.



Figur 4.4: Personbilers trafikkarbeid i 2018, etter alder og drivlinje. Kilde: BIG, basert på motorvognregistret og PKK-registret.

Figur 4.4 kan med fordel sammenliknes med det tilsvarende diagram for bilbestanden – figur 2.9. Elbilene utgjorde i 2018 5,7 prosent av alle personbiler. Men de tilbakela 7,4 prosent av alle personbilkilometerne. Siden elbilene gjennomgående er yngre enn bensin- og dieslbilene, og siden nye biler kjøres mest, får vi på sett og vis en ekstra klima- og miljøgevinst, ved at en større del av trafikken enn av bilparken er utslippsfri.

Enda tydeligere blir om vi går fram til år 2025 og legger BIG-framskrivingen til grunn (sml. figur 4.5 med figur 2.7). Mens elbilene dette året beregnes å utgjøre ca. 32 prosent av bestanden, vil de representere nær 35 prosent av trafikkarbeidet.



Figur 4.5: Personbilers trafikkarbeid i 2025, etter alder og drivlinje. Kilde: BIG-framskriving.

En kan også legge merke til at veteranbilenes rolle er langt mer beskjeden når en teller opp trafikkarbeidet (figur 4.5) enn ved å se på bilbestanden (figur 2.7).

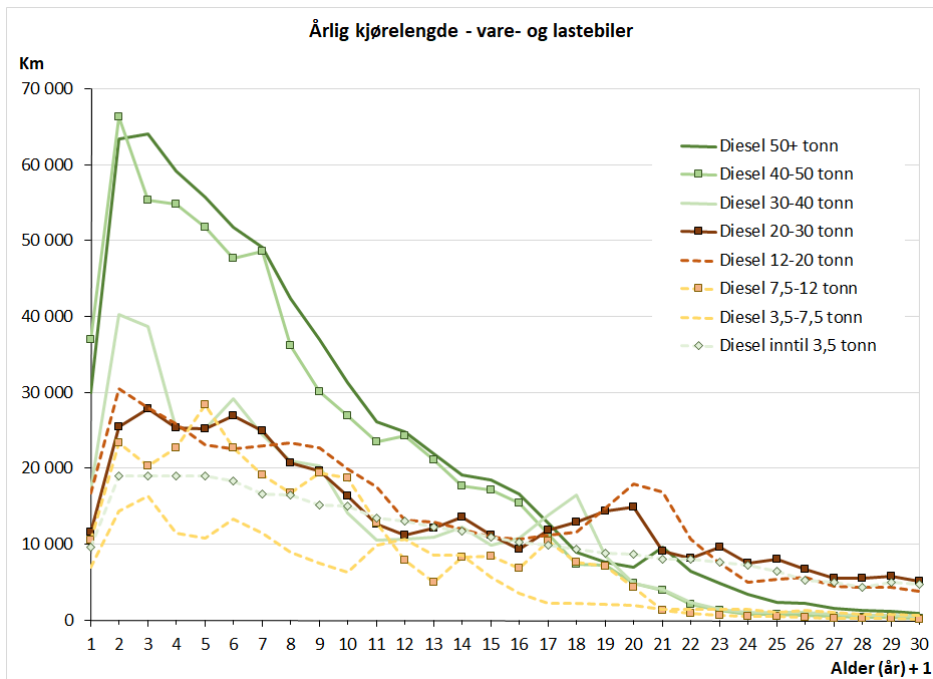
4.2 Godsbiler

Den årlige kjørelengden for varebiler, lastebiler og trekkbiler er vist i figur 4.6 og 4.7.

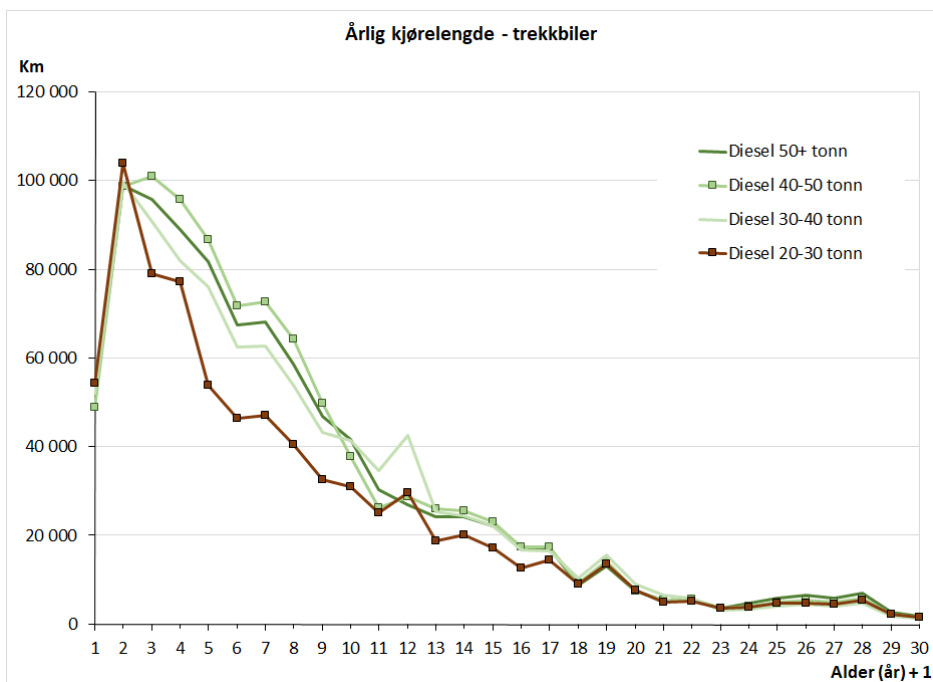
Nye, store trekkbiler kjøres i gjennomsnitt rundt 100 tusen kilometer i året. Tilsvarende tall for vanlige lastebiler er 65 tusen kilometer.

Aldersprofilene for godsbiler har vesentlig spissere topper enn tilfellet er for personbiler. Etter fylte 20 år tilbakelegger de fleste tunge godsbiler mindre enn 10 tusen kilometer i året.

Varebilene (dvs. godsbiler mindre enn 3,5 tonn totalvekt) har en jevnere aldersprofil – nær 20 tusen kilometer når de er nye, synkende til snaut 10 tusen når de er 20 år gamle.



Figur 4.6: Årlig utkjørt distanse for varebiler og lastebiler, etter alder og vekt. Kilde: PKK-registret.



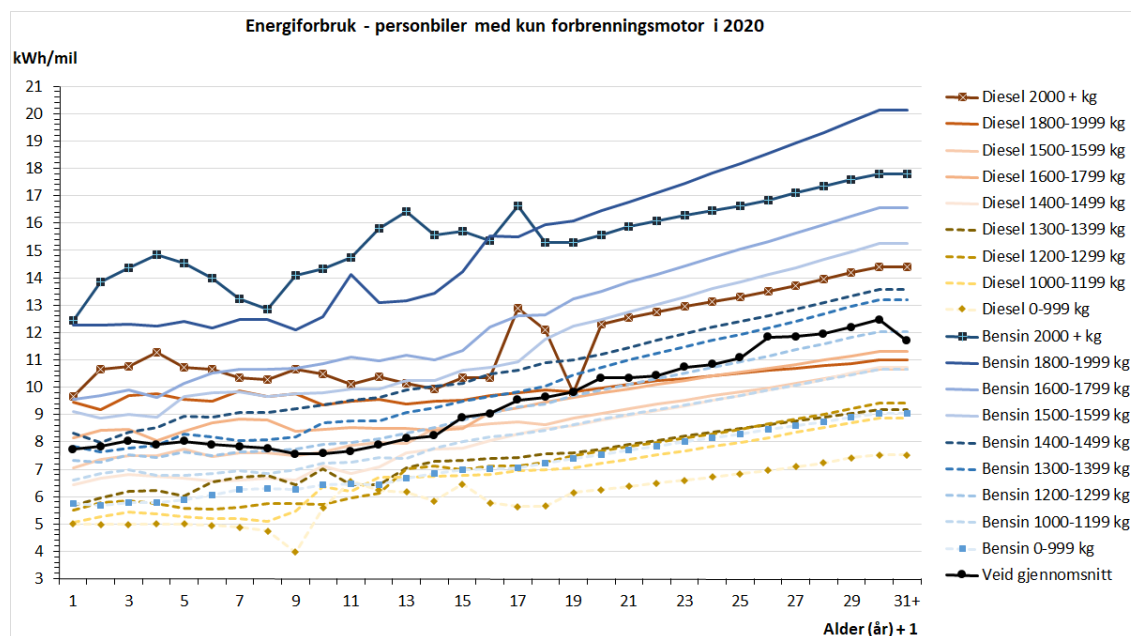
Figur 4.7: Årlig utkjørt distanse for trekkbiler for semitrailer, etter alder og vekt. Kilde: PKK-registret.

5 Energiforbruk

5.1 Personbiler

Bensin- og diesebilenes drivstofforbruk, regnet per kilometer, er gått jevnt og trutt nedover de siste tiårene. Riktignok er forbedringen slett ikke så stor som en skulle tro ut fra typegodkjenningsverdiene. Tietge mfl. (2019) viser hvordan gapet mellom virkelige og laboratoriemålte utslipp er blitt stadig større siden 2001. I 2015–2017 i EU var avviket kommet opp i nesten 40 prosent regnet som andel av typegodkjenningsverdien beregnet ved NEDC-testen.

Drivstofforbruket per kilometer i Norge er trolig lavere enn i EU, da hastigheten på norske veier er mye nærmere energioptimum enn i EU-landene (Dysvik & Bjørkås 2021). Figur 5.1 viser hvordan energiforbruket per kilometer i virkelig trafikk varierer med bilenes drivlinje, størrelse og årskull. Her er typegodkjenningsverdiene oppjustert ved hjelp av nøkler beregnet av Tietge mfl. (2019), men deretter korrigert ned med snaut 17 prosent for å ta hensyn til den lavere hastigheten i Norge. Med disse korreksjonene blir det samlede drivstofforbruket i personbiler i 2020 omtrent som beregnet i Statistisk sentralbyrås offisielle utslippsstatistikk (se avsnitt 6.1). Drivstoffvolumet er omregnet til kilowattimer (kWh) ved hjelp av nøklene 9,125 kWh per liter bensin og 10,06 kWh per liter diesel.

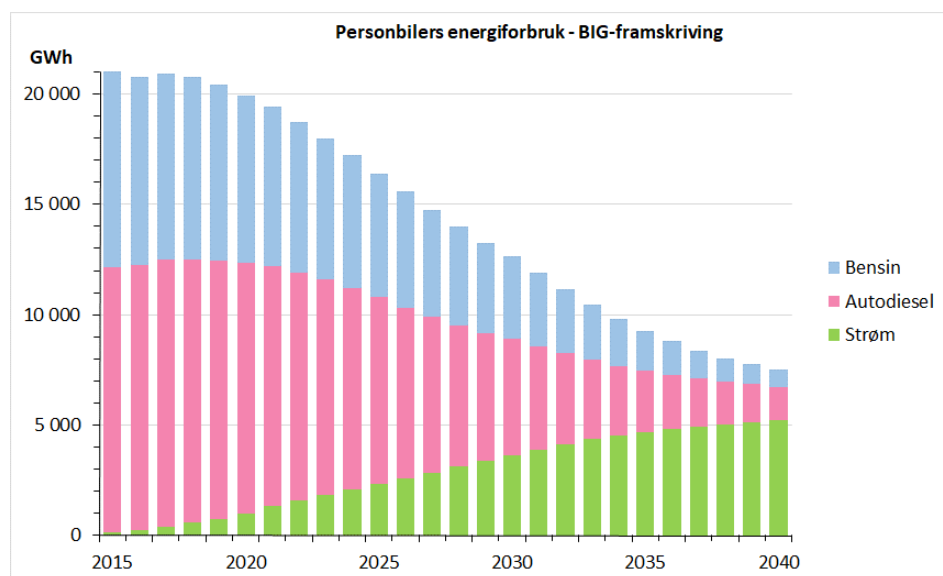


Figur 5.1: Gjennomsnittlig spesifikt energiforbruk for personbiler med kun forbrenningsmotor i 2020, etter alder og drivstoff. Kilde: BIG basert på motorvognregistret.

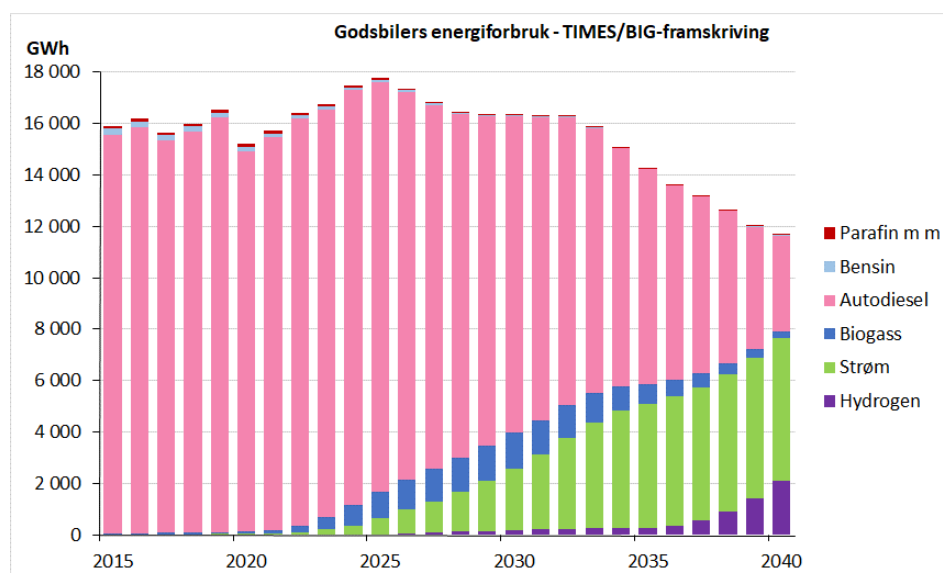
Vi ser av linjene i figur 5.1 at 2010-årskullet av biler (kode 11 på x-aksen) bruker mer energi enn 2020-kullet (kode 1). Dette gjelder uten unntak i alle vektclasser og for begge drivstofftyper. Men gjennomsnittet regnet over alle vektclasser går likevel litt opp fra 2010-kullet til 2020-kullet. Hvordan kan dette ha seg?

Vi ser her et eksempel på det pussige [Simpsons paradoks](#) – at hovedgjennomsnittet kan gå opp selv om snittet i hver av undergruppene går ned. Fordi bilbestandens og trafikkarbeidets sammensetning har forskjøvet seg i retning av større biler med høyere energiforbruk, er gjennomsnittlig utslipp fra 2020-kohorten av bensin- og dieslbiler høyere enn fra 2010-kohorten. Norske eksosbilkjøpere har ‘tatt ut’ hele energieffektiviseringsgevinsten mellom 2010 og 2020, og vel så det, i form av større biler.

Overgangen til elbiler representerer en atskillig viktigere energisparing. Elbilene bruker bare en fjerdedel til en tredjedel så mye energi som bensin- og dieslbilene. Etter hvert som bilparken utskiftes (figur 2.6 til 2.8), vil dette gi seg utslag i betydelig energisparing. Men strømforbruket vil gå opp (figur 5.2).



Figur 5.2: Personbilers energiforbruk 2015–2040, etter energibærer. Kilde: TIMES/BIG-framskriving (Fridstrøm mfl. 2022).



Figur 5.3: Godsbilens energiforbruk 2015–2050, etter energibærer. Kilde: TIMES/BIG-framskriving (Fridstrøm mfl. 2022).

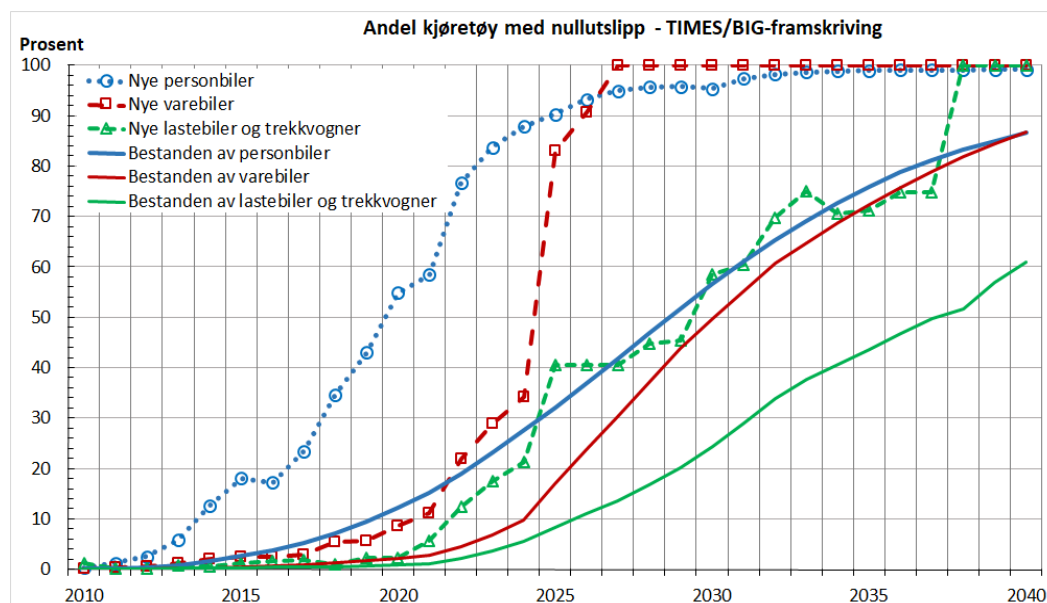
5.2 Godsbiler

En viss energieffektivisering finner likeledes sted blant godsbilene. Men også her er det først og fremst overgangen til alternative energibærere – primært batteristrøm – som kan forventes å gi energigevinst (figur 5.3).

Overgangen går tregere enn for personbilene. Noen netto energigevinst kan ikke forventes før etter 2032. Fram til da vil veksten i godstransportvolumet omtrent oppveie forbedringen i energieffektivitet.

6 Utslipp til luft

Stadig flere norske kjøretøy avgir intet utslipp i trafikken. Særlig høy andel utslippsfrie kjøretøy har vi i personbilparken. Figur 6.1 viser andelen nullutslipp blant nye kjøretøy, så vel som i bestanden, i henhold TIMES/BIG-framskrivingen presentert av Fridstrøm mfl. (2022). Som utslippsfrie drivlinjer regner vi biogass, batteri og brenselceller for hydrogen.



Figur 6.1: Kjøretøy med nullutslipp som andel av nye og eksisterende personbiler, varebiler eller lastebiler/trekkbiler 2010–2040. Prosent. Kilde: Fridstrøm mfl. (2022)

Diagrammet viser først og fremst forsinkelsen mellom nye kjøretøy og bestanden. Fra det tidspunkt da de utslippsfrie kjøretøyene står for halvparten av alle *nye* personbiler, til de utgjør halvparten av *bestanden*, tar det anslagsvis 9 år. Dette kan leses av som den horisontale avstanden mellom den stiplede og den heltrukne blå kurven i figur 6.1. For varebiler (røde kurver) er den tilsvarende ledetiden i denne bestemte framskrivingen beregnet til 6 år, og for tunge godsbiler (grønne kurver) 8 år.

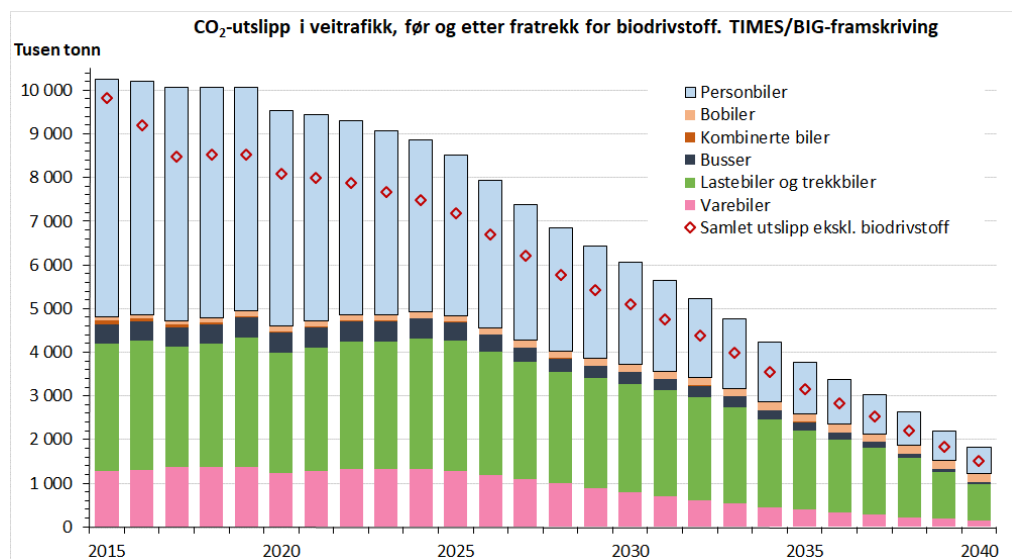
Ledetiden har sammenheng med hvor lang tid det tar å skifte ut kjøretøyparken, noe som i sin tur er bestemt av hvor lenge bilene beholder norske skilt. Ledetiden er dessuten påvirket av hvor raskt den nye teknologien innføres i nye kjøretøy, og av hvor stort innslag av ny teknologi som tilstrebes. Vurdert i henhold til et mål om 90 prosent utslippsfrie kjøretøy i bestanden blir ledetiden 15 år eller mer.

6.1 Karbondioksid (CO₂)

Utslippet av CO₂ er strengt proporsjonalt med drivstofforburningen. Modellen BIG regner med at én liter bensin gir opphav til 2,32 kg CO₂, mens én liter diesel innebærer utslipp av 2,66 kg CO₂. Regnet per energienhet er klimagassutslippet 4 prosent større ved

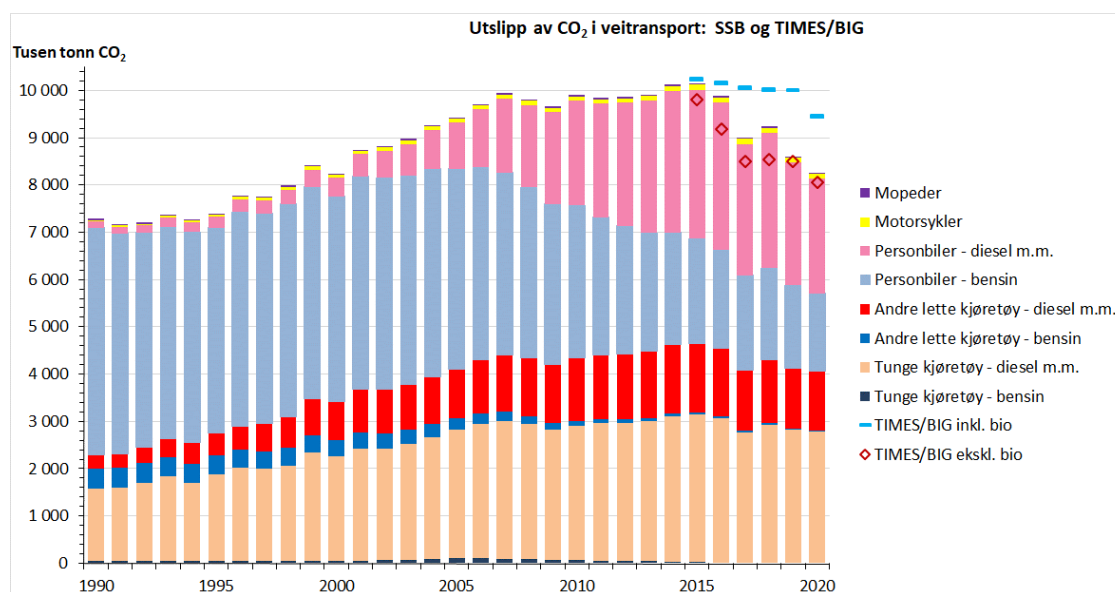
bruk av diesel enn bensin, før en tar hensyn til eventuell biodrivstoffinnblanding. Men siden dieselmotoren har høyere energivirkningsgrad enn bensinmotoren, er dieseldrift i det typiske tilfellet likevel hakket mer klimavennlig enn bensinforbrenning.

Energiomstillingen i veitransporten vil på lang sikt redusere klimagassutslippene betydelig (figur 6.2). På kort sikt, mer presist fra 2015 til 2020, kan imidlertid mesteparten av utslippskuttet i veitransport tilskrives økt bruk av biodrivstoff (figur 6.3). Dette regnes som klimanøytralt i det offisielle klimagassregnskapet.



Figur 6.2: CO₂-utslipp i veitransporten 2015–2040, før og etter fradrag for flytende biodrivstoff, etter kjøretøytype. Kilde: Fridstrøm mfl. (2022).

Figur 6.3 viser veitransportens CO₂-utslipp fra 1990 til 2020, slik det framgår av Norges offisielle klimagassregnskap. Utslipet nådde en topp i 2015 og har siden (fram til 2020) sunket med 19 prosent. Veitrafikkutslippet i 2020 var 13 prosent mindre enn i 2005, som er referanseåret i EUs innsatsfordelingsmekanisme for ikke-kvotepiktig sektor.

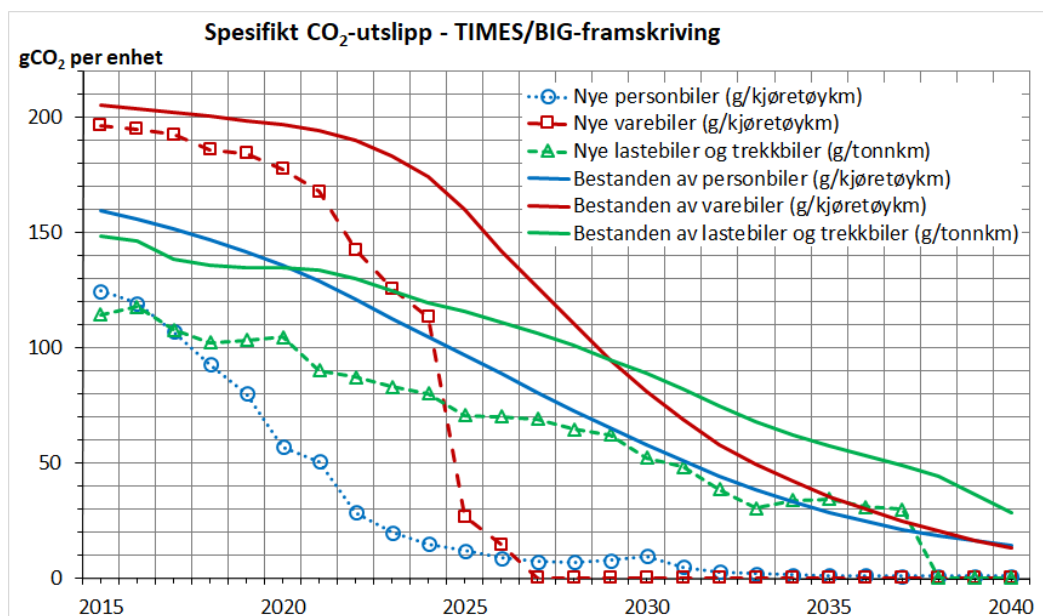


Figur 6.3: CO₂-utslipp i veitransporten 1990–2020, etter kjøretøytype, ifølge SSBs klimagassstatistikk, samt totalt før og etter fradrag for flytende biodrivstoff, ifølge TIMES/BIG-framskriving. Kilde: Fridstrøm mfl. (2022).

Fra og med 2015 har vi i diagrammet også ført inn tall hentet fra BIG-modellen, før og etter fradrag for omsatt biodrivstoff. Som det framgår, er det økende innslaget av biodrivstoff hovedgrunnen til utslippskuttet i veitransport mellom 2015 og 2020.

BIG-modellen omfatter ikke tohjulinger. Med denne avgrensingen stemmer BIG-tallene nokså godt med den offisielle klimagassstatistikken i 2019 og 2020, men mindre godt i årene 2016 til 2018.

På samme måte som for andelen utslippsfrie kjøretøy tar det tid før bestanden er blitt like klimavennlig som de nye kjøretøyene. Figur 6.4 viser det beregnede CO₂-utslippet per transportenhet. For personbiler og varebiler regner vi utslippet per kjøretøykilometer. For de tunge godsbilene regner vi utslipp per tonnkilometer, i tråd med [EU-forordning 2019/1242](#). Vi ville ellers kunne få et misvisende bilde av godsbilenes klimafotavtrykk, siden godsbilene blir stadig større.



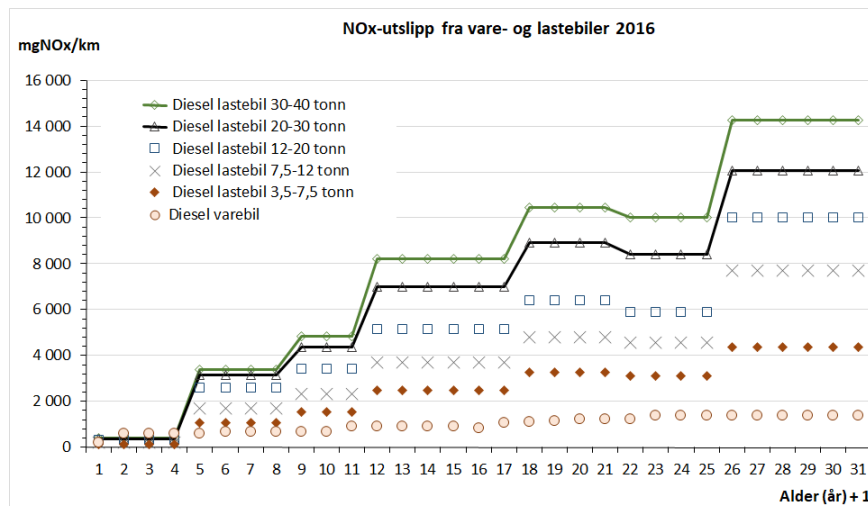
Figur 6.4: Observert og framskrevet gjennomsnittlig spesifikt CO₂-utslipp fra nye og eksisterende kjøretøy 2015–2040. Gram CO₂ per kjøretøykm eller tonnkm, før fratrekke for biodrivstoff. Kilde: Fridstrøm mfl. (2022)

Ledetiden på nivået 50 gram CO₂ per kjøretøykilometer (gCO₂/km) kan avleses som 10 år for personbiler og 9 år for varebiler. For de tunge godsbilene er ledetiden beregnet til ca. 7 år, avlest på nivået 50 gram CO₂ per tonnkilometer. Denne relativt korte ledetiden har sammenheng med den nokså raske utskiftingen av trekkbiler for semitrailer (figur 3.14).

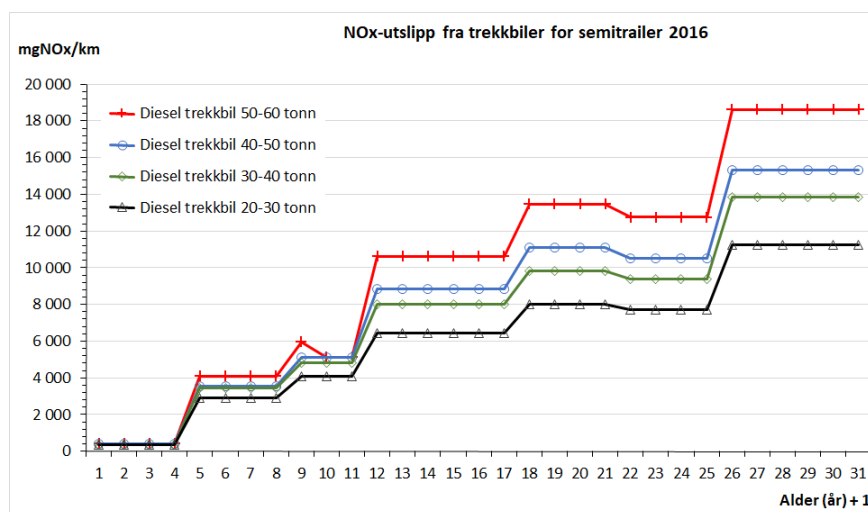
6.2 Nitrogenoksider (NO_x)

Til hver celle i BIG-modellens bestandsmatrise er det knyttet en utslippsrate for nitrogenoksider (NO og NO₂), regnet i milligram per km (mgNO_x/km). Figur 6.5 og 6.6 viser hvordan ratene varierer mellom de ulike årskull av godsbiler. 1986-kullet har kode 31 på x-aksen, mens 2016-kullet har kode 1. Senere årskull har samme utslippsrate som 2016-kullet. De nyeste godsbilene har lavest utslipp. Trappetrinnskurvene i figur 6.5 og 6.6 gjenspeiler de stadig strengere utslippskravene i Euro I- til Euro VI-reguleringene for tunge kjøretøy. I henhold til Euro VI er, med virkning fra 2013, høyeste tillatte NO_x-utslipp fra nye tunge godsbiler 1,2 gram NO_x per kWh motorytelse. Avhengig av kjøretøyets størrelse, drivstoff-

forbruk og energieffektivitet vil dette kravet innebære ulike nivå på NO_x-utslippet per utkjørt kilometer. BIG-modellen bruker rater per kilometer beregnet med [HBEFA-modellen](#) (Fridstrøm 2019b). For de tyngste trekkbilene er utslippet fra og med 2013-kohorten anslått til 423 milligram NO_x per kilometer. Forrige generasjon 50 tonn trekkbiler, årskullene fra 2009 til 2012, som var regulert gjennom Euro V-bestemmelsene, har et beregnet NO_x-utslipp som er nesten ti ganger så høyt: 4088 milligram per kilometer (rød kurve i figur 6.6).



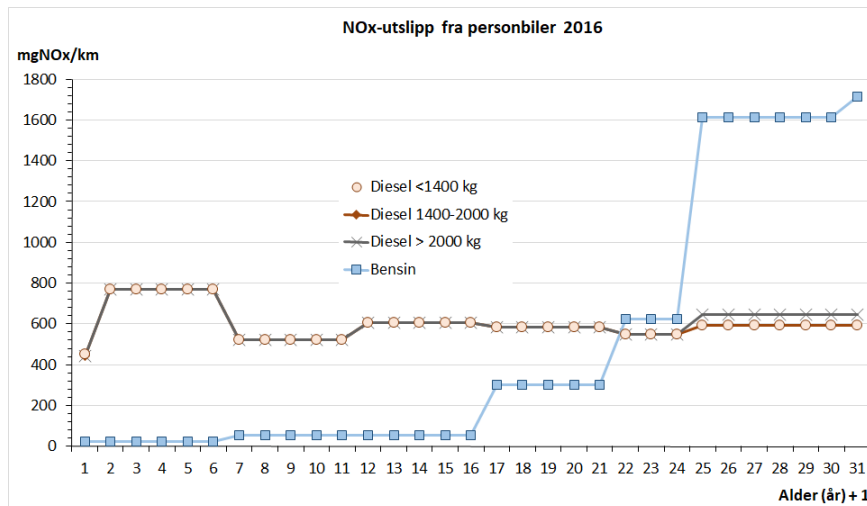
Figur 6.5: NO_x-utslippsrater for varebiler og lastebiler per 2016, etter bilens vektklasse og alder. Kilde: Beregninger med [HBEFA-modellen](#).



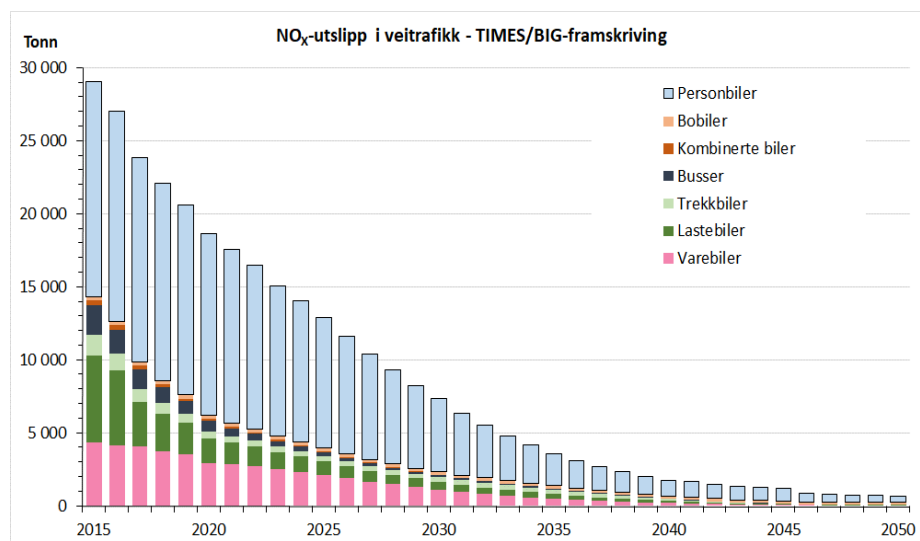
Figur 6.6: NO_x-utslippsrater for trekkbiler per 2016, etter bilens vektklasse og alder. Kilde: Beregninger med [HBEFA-modellen](#).

I figur 6.7 vises NO_x-utslippsrater for personbiler. Disse er i prinsippet begrenset gjennom reguleringene Euro 1- til Euro 6. Men det har vist seg at NO_x-utslippet fra dieslbiler i virkelig trafikk er langt høyere enn beregnet ved typegodkjenningstesten – i hvert fall for årskullene fram til og med 2015 (Hagman & Amundsen 2013a, 2013b; Hagman mfl. 2015). Mens typegodkjenningskravet for dieslbiler er maksimalt 80 mgNO_x/km, legger BIG-modellen, basert på HBEFA, til grunn et utslipp på drøyt 440 mgNO_x/km.

På grunnlag av utslippsratene, og avhengig av trafikkarbeidet, beregner BIG-modellen NO_x-utslippet i norsk veitrafikk, samlet og fordelt på de enkelte kjøretøy-, drivlinje-, vekt- og aldersklasser. En slik framskriving er vist i figur 6.8.



Figur 6.7: NO_x-utslippsrater for personbiler per 2016, etter bilens drivstoff, vektclassse og alder. Kilde: Beregninger med HBEFA-modellen.

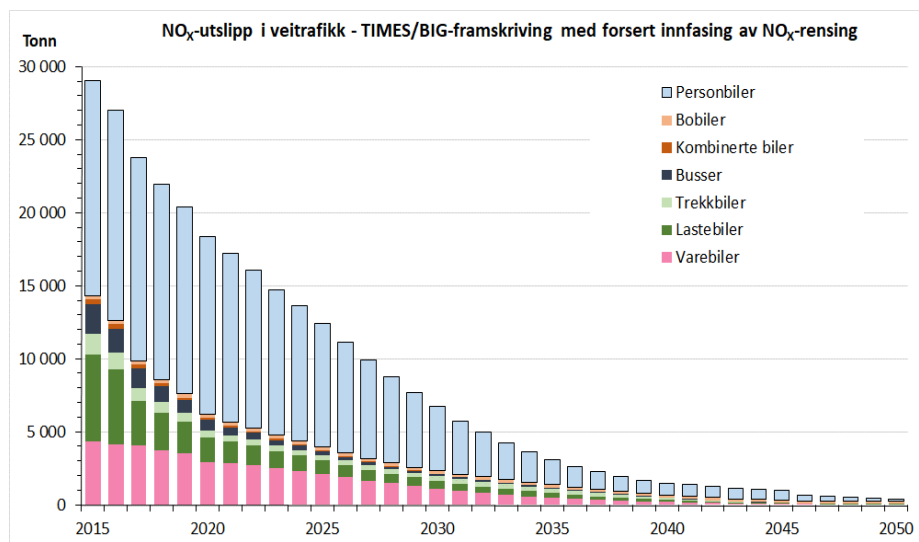


Figur 6.8: NO_x-utslipp i veitrafikken 2015–2050, etter kjøretøytype. Kilde: Beregninger med IFE-TIMES-Norge og BIG, beskrevet av Fridstrøm mfl. (2022).

I denne beregningen har vi forutsatt at de nye dieseldrevne personbilene i framtida vil ha like høyt NO_x-utslipp som beregnet for 2016-årskullet. Dette er svært pessimistisk. Urealtilsetning vil, på samme måte i personbiler som for tunge godsbiler, kunne bringe NO_x-utslippet kraftig ned. Denne teknologien er allerede tatt i bruk av mange personbilprodusenter.

Beregningen vist i figur 6.8 er likevel ikke unyttig. Den rendyrker effekten av at nye kjøretøy erstatter gamle. Alene fordi årskullene 2013–2016 har lavere NO_x-utslipp enn tidligere kull av lette og tunge kjøretøy, beregnes det samlede NO_x-utslippet i veitrafikken å synke med 36 prosent fra 2015 til 2020, og med 75 prosent innen 2030.

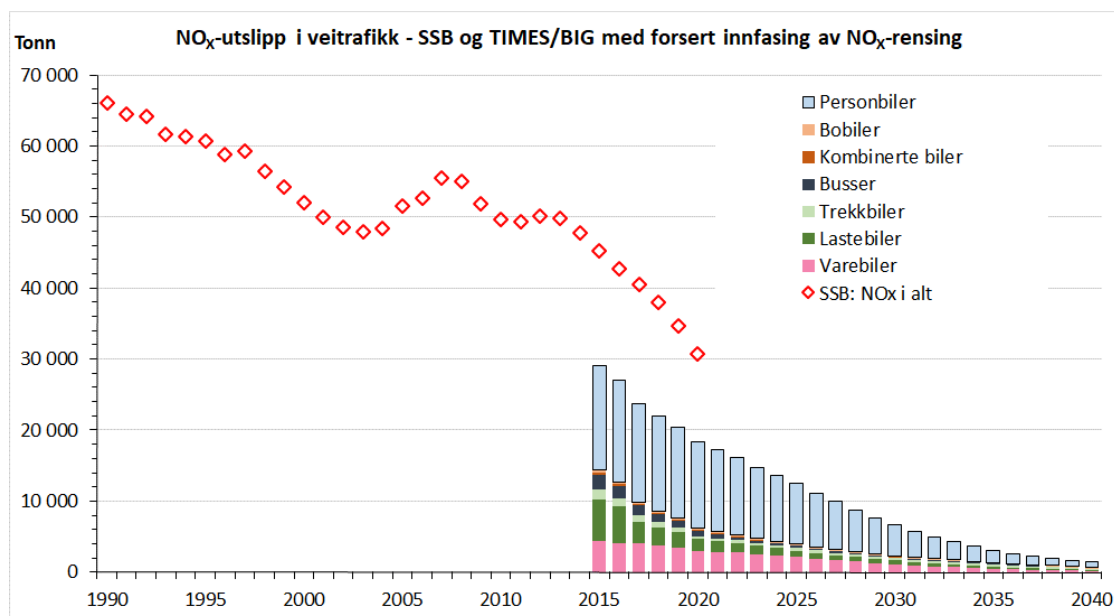
Figur 6.9 viser en beregning der vi har forutsatt at NO_x-utslippet fra nye dieseldrevne personbiler gradvis reduseres og innen 2024 bringes i samsvar med utslippskravet i Euro 6-reguleringen (80 mgNO_x/km). Med det blotte øyet er denne utviklingsbanen knapt til å skille fra banen i figur 6.8, der vi har forutsatt at utslippet forblir på 2016-nivå for alle senere generasjoner av dieselmotorer. Med forsert innfasing av NO_x-rensing blir utslippskuttet 37 prosent fra 2015 til 2020 – ikke 36 prosent, som beregnet i tilfellet uten slik rensing.



Figur 6.9: NO_x-utslipp i veitrafikken 2015–2050, etter kjøretøytype. BIG-framskriving med forsert innfasing av NO_x-rensing i dieseldrevne personbiler.

Når effekten av forsert NO_x-rensing ikke blir større, har det sammenheng med at diesebilene utgjør et stadig synkende mindretall av personbilene på norske skilt (figur 2.6 til 2.8). De viktigste mekanismene for reduserte NO_x-utslipp er elektrifiseringen av personbiler og innfasingen av vesentlig renere tunge godsbiler.

I figur 6.10 har vi også tegnet inn det samlede NO_x-utslippet i veitrafikken mellom 1990 og 2020, slik det framgår av Statistisk sentralbyrås miljøstatistikk. Utslippet sank med 53 prosent fra 1990 til 2020. Mellom 2020 og 2040 beregnes dessuten utslippet å synke med hele 92 prosent, til et nivå som vil tilsvare bare 4 prosent av utslippet i 1990.



Figur 6.10: NO_x-utslipp i veitrafikken 1990–2040, med forsert innfasing av NO_x-rensing i dieseldrevne personbiler. Kilder: SSB kildetabell 08941 og beregninger med IFE-TIMES-Norge og BIG.

Fra 2015 til 2020 er reduksjonen 32 prosent, ifølge offisiell statistikk. *Endringen* i løpet av disse fem årene har med andre ord samme retning og omtrent samme størrelse ifølge BIG som ifølge Statistisk sentralbyrå (SSB). Men *nivået* i henhold til BIG ligger 35–40

prosent lavere enn ifølge SSB. Til tross for at BIG opererer med vesentlig høyere utslippsrater for personbiler enn målt ved typegodkjenningstesten, ser det ut til at ratene i BIG gjennomgående er satt for lavt.

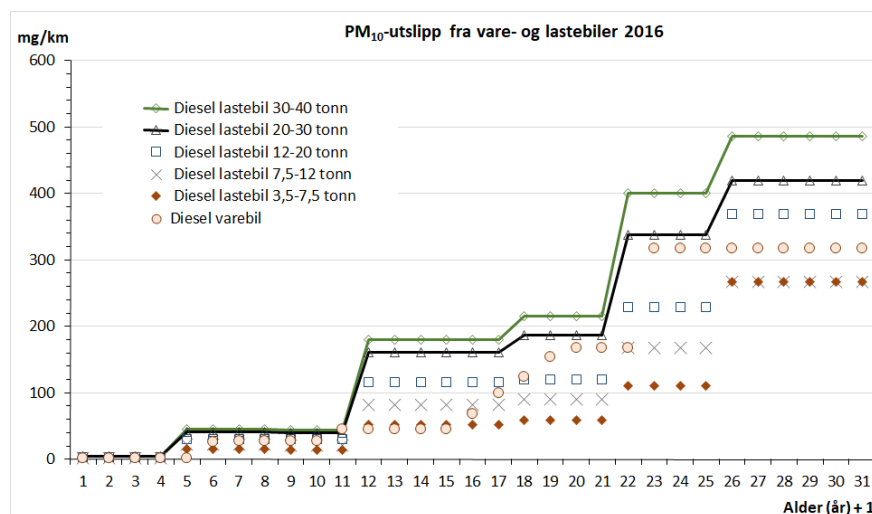
Til dels kan avviket ha sammenheng med at BIG-modellen ikke omfatter alle motorkjøretøy. Motorsykler og mopeder er utelatt; det samme gjelder ambulanser, traktorer, dumpere, anleggsmaskiner, motorredskap, snøskutere og andre terrenggående kjøretøy.

En annen og trolig viktigere forklaring kan være at BIG-modellen ikke tar høyde for økte utslipp ved kaldstart. Dette er derimot innarbeidet i Byråets tall.

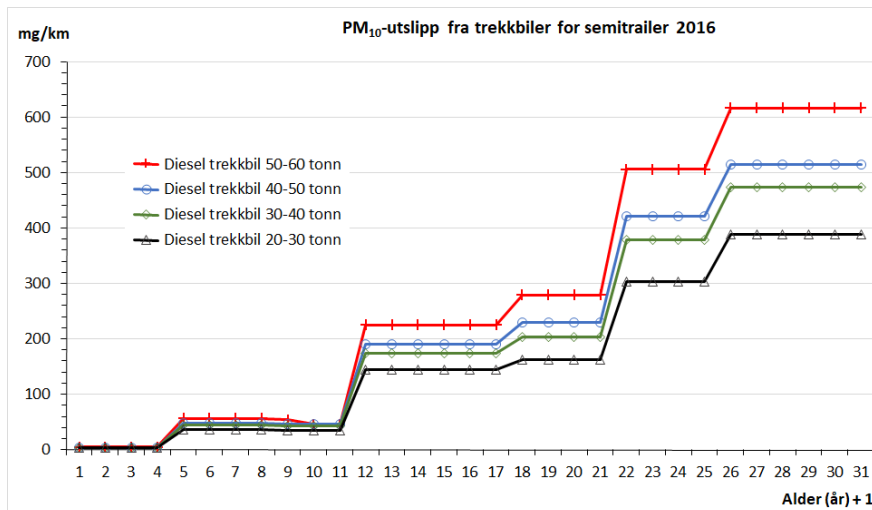
6.3 Avgasspartikler (PM₁₀ og PM_{2,5})

Tilsvarende beregninger som for NO_x er også gjort for avgasspartikler (PM₁₀). Euro-kravene er illustrert i figur 6.11 til 6.13. Utslippsframskrivingene er vist i figur 6.14 og 6.15. Som for NO_x har utslippet av avgasspartikler fra kjøretøy gått kraftig nedover gjennom de siste 30 år. Fra 1990 til 2020 er reduksjonen ifølge SSB ikke mindre enn 73 prosent, hva enten en teller opp alle partikler mindre enn 10 tusendels millimeter (PM₁₀) eller bare undergruppen PM_{2,5}. Som det framgår av figur 6.15, er nesten alt svevestøvet i avgassen av den minste og mest helsefarlige sorten (PM_{2,5}).

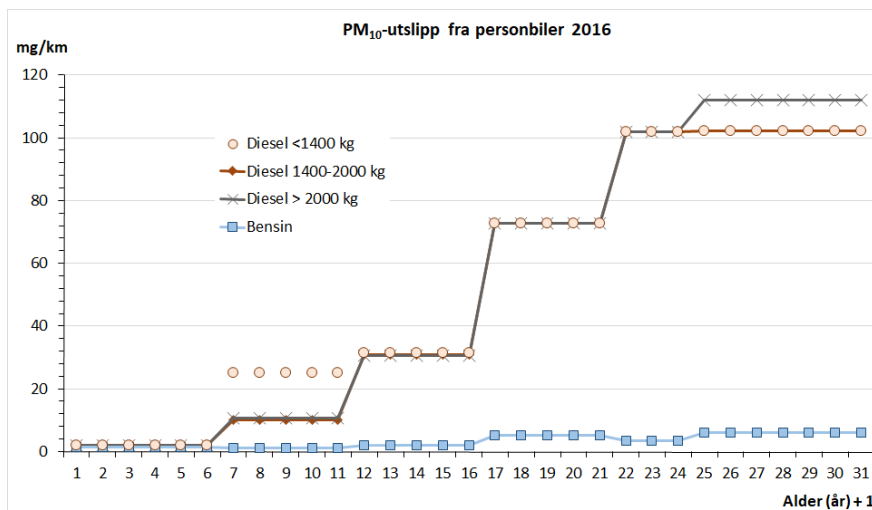
Nye 94 prosents fall i avgassutslippet av partikler ventes fra 2020 til 2040, til et nivå som vil utgjøre mindre enn 2 prosent av utslippet for 30 år siden.



Figur 6.11: Utslippsrater for avgasspartikler fra varebiler og lastebiler per 2016, etter bilens vektklasse og alder. Kilde: Beregninger med [HBEFA-modellen](#).



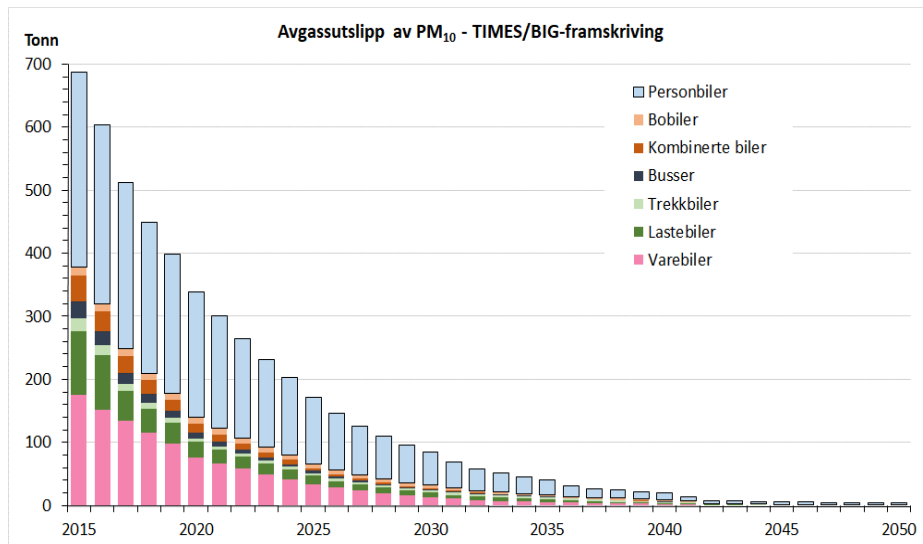
Figur 6.12: Utslippsrater for avgasspartikler fra trekkbiler per 2016, etter bilens vektklasse og alder. Kilde: Beregninger med HBEFA-modellen.



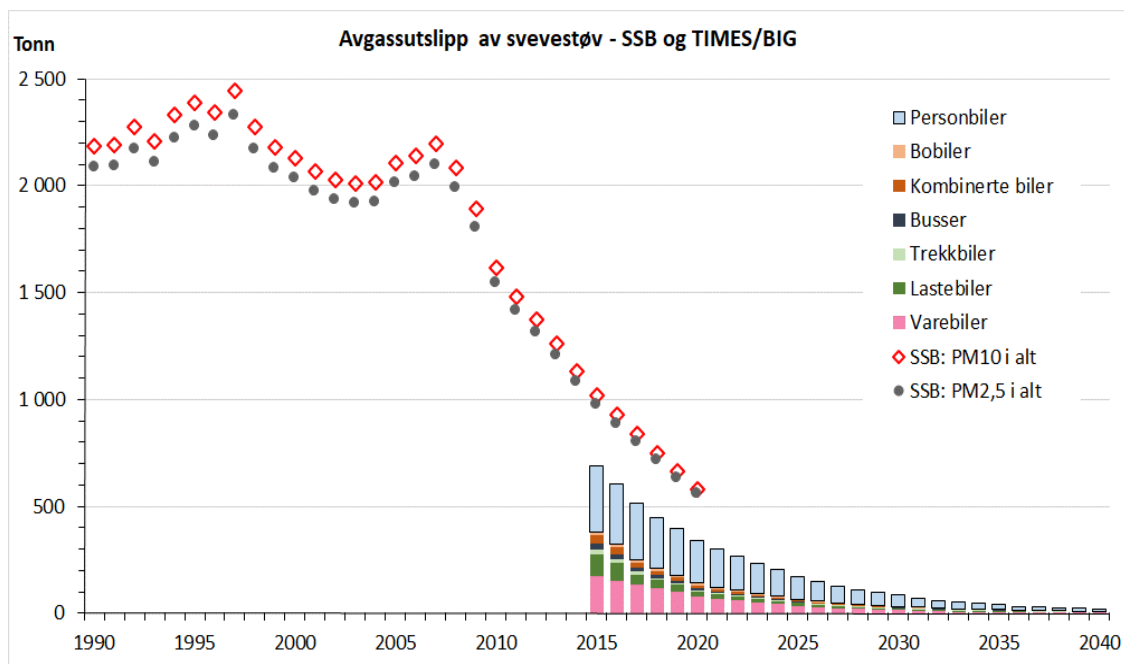
Figur 6.13: Utslippsrater for avgasspartikler fra personbiler per 2016, etter bilens vektklasse og alder. Kilde: Beregninger med HBEFA-modellen.

Svevestøvet ved slitasje på veidekke og bildekk er ikke omfattet av disse beregningene. Dette svevestøvet blir det ikke mindre av selv om forbrenningsmotorene blir renere eller erstattes av elmotorer.

Svevestøvet ved slitasje på bremsebånd er heller ikke inkludert i tallene. Siden elbilene fortrinnsvis bremser med motoren, kan en forvente en gradvis lavere forekomst av slikt svevestøv.



Figur 6.14: NO_x-utslipp i veitransporten 2015–2050, etter kjøretøytype. Kilde: Beregninger med IFE-TIMES-Norge og BIG, beskrevet av Fridstrøm mfl. (2022).



Figur 6.15: Avgassutslipp av PM₁₀ og PM_{2,5} i veitransporten 1990–2040. Kilder: SSB kildetabell 08942 og beregninger med IFE-TIMES-Norge og BIG.

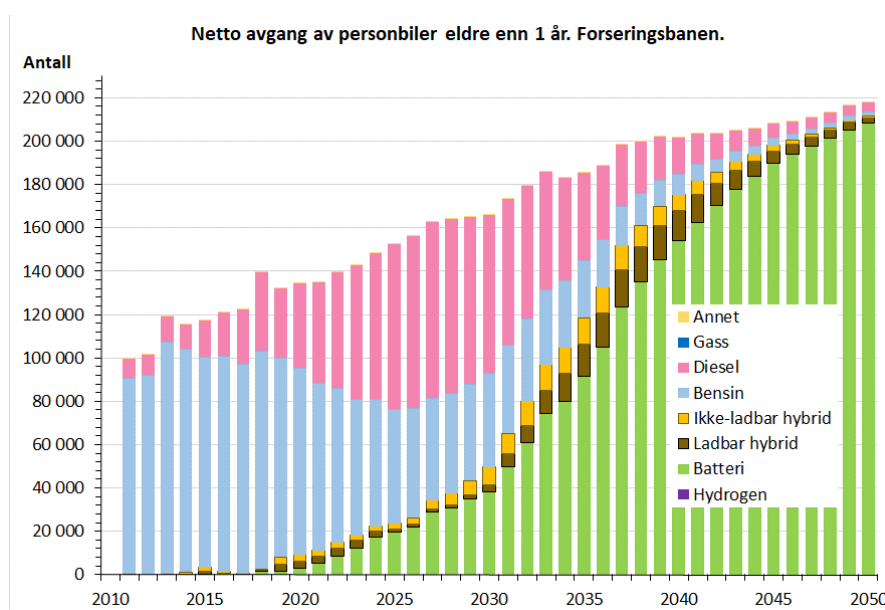
7 Vraking og resirkulering mot år 2050

Etter hvert som kjøretøyparken utskiftes og eldre kjøretøy vrakes, kommer det en strøm av biler og bildeler til resirkulering (Thorne mfl. 2021). Av særlig interesse er tilgangen på brukte batterier, som enten kan finne anvendelse i andre sektorer enn veitransport, f.eks. som stasjonære energilagre (Ahmadi mfl. 2017, Cusenza mfl. 2019), eller demonteres med sikte på betryggende håndtering av miljøfarlige stoffer og gjenbruk av verdifulle bestanddeler (Velázquez-Martínez mfl. 2019).

BIG-modellen gir, med en del viktige forbehold, informasjon om tilgangen på bilvrak i hvert år framover til 2050. Forbeholdene knytter seg blant annet til den forenkling av modellen som er omtalt i avsnitt 1.6.4, og som innebærer at en kun får informasjon om *nettostrømmene* inn til og ut av kjøretøybestanden. Modellen skiller ikke mellom *bruttostrømmene* som skyldes henholdsvis vraking og annen (netto) avregistrering. Sistnevnte er påvirket av bruktbileksport og -import, samt av mer midlertidig av- og påregistrering. Som vi har sett i kapittel 3, har eksporten av brukte kjøretøy særlig stort omfang, relativt sett, blant de tunge godsbilene.

På personbilsiden er dette ‘problemet’ mindre. Ved å konsentrere oss om biler over en viss alder vil vi kunne danne oss et omtrentlig bilde av hvor mange bilvrak med ulike typer drivlinje som kommer til resirkulering i årene framover. Usikkerheten vil riktignok være betydelig, da vi, som nevnt i avsnitt 3.1, foreløpig vet lite om hvor lenge elbilene og hybridbilene lever. Vi kan heller ikke vite sikkert hvor lang tid det tar før alle nye biler er elbiler.

Vi vil ta utgangspunkt i den såkalte ‘forseringsbanen’ for elektrifisering av personbilparken som er omtalt av Fridstrøm mfl. (2022) og Fridstrøm & Østli (2021b), og som forutsetter 90 prosent elbilandel blant nye personbiler i 2025, og 95 prosent i 2030. Avgangen av personbiler med ulike typer drivlinje i denne banen er vist i figur 7.1.



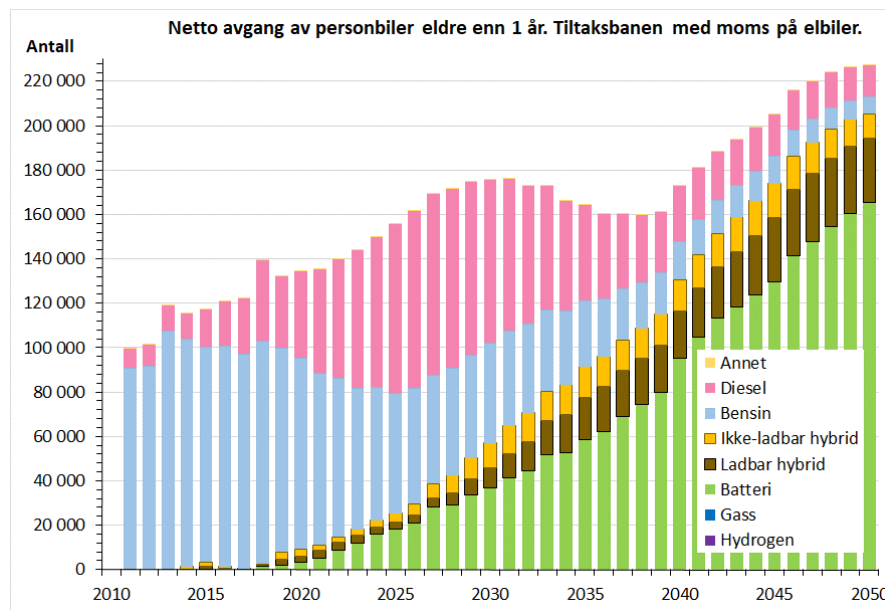
Figur 7.1: Netto avregistrering av personbiler eldre enn ett år i perioden 2011–2050. Forseringsbanen.

Kilde: BIG-framskriving (Fridstrøm & Østli 2021b).

Ifølge denne beregningen er bensinbilvrakene i flertall fram til 2022. I noen år deretter – fram til 2032 – vil dieselbilene utgjøre den største andelen. Elbilene vil være i flertall fra og med 2036. Framskrivningen antyder at det i 2025 vil bli avregistrert ca. 19 500 elbiler, i 2030 38 000, i 2040 drøyt 150 000, og i 2050 mer enn 200 000.

Det slår en likevel at det vil ta lang tid før elektrifiseringen av bilparken gir seg utslag i at det kommer store antall batterier til resirkulering. Dette antallet vil være i vekst minst fram til 2050, sannsynligvis en god del lenger.

Som en sensitivitetsanalyse viser vi, i figur 7.2, avgangen av personbiler i den såkalte ‘tiltaksbanen med elbilmoms’ (ibid.) – en framskrivning der innfasingen av elbiler går vesentlig langsommere, med snaut 55 prosent markedsandel i 2025 og 58,5 prosent 2030.



Figur 7.2: Netto avregistrering av personbiler eldre enn ett år i perioden 2011–2050. Tiltaksbanen med elbilmoms. Kilde: BIG-framskriving (Fridstrøm & Østli 2021b).

Under disse forutsetningene kommer det ‘bare’ 95 000 elbiler til resirkulering i 2040, og ca. 165 000 i 2050. Til gjengjeld blir det flere hybridbilbatterier tilgjengelige for gjenbruk.

Fram til 2030 er forskjellene mellom de to framskrivningsbanene små. Vi har i disse beregningene lagt til grunn at batteriene varer like lenge som elbilene. Om det skulle vise seg at batteriene i en stor andel av elbilene må byttes ut før bilene vrakes, vil tilgangen på brukte bilbatterier bli større enn BIG-framskrivingene antyder. Om elbilene på den annen side skulle vise seg å leve lenger enn forutsatt, vil dette dempe strømmen av brukte elbilbatterier til resirkulering i Norge, i alle fall fram til 2050. Det samme gjelder dersom en stor andel av elbilene skulle bli eksportert før de blir vraket.

8 Oppsummering og vurdering

8.1 Kjøretøyparken som populasjon

Befolkningslærens metodearsenal kan med fordel anvendes på andre populasjoner enn de menneskelige. Ikke minst gjelder dette populasjonen av motorkjøretøy, dvs. kjøretøyparken. På samme måte som befolkningen påvirkes av fødsler, dødsfall, innvandring og utvandring, bestemmes *beholdningen* av kjøretøy av de fire *strømmene* nyregistrering, vraking, bruktimport og brukteksport.

Kjøretøyparken er likevel en litt mer sammensatt masse enn befolkningen. Døden er mindre absolutt. Kjøretøy kan av- og påregistreres. De kan, til forskjell fra menneskene, uten å forlate kongeriket forsvinne midlertidig ut av populasjonen, for så å komme inn igjen på et senere tidspunkt.

Der den menneskelige befolkning vanligvis oppdeles etter bare to kriterier – kjønn og alder – er det mange måter å klassifisere kjøretøy på. Inndelingen av kjøretøy etter alder er imidlertid like grunnleggende som i en menneskelig befolkning, dersom vi ønsker å bruke demografiske metoder for å forstå kjøretøybestanden og dens utvikling. Det er sterkt å anbefale at en bruker ettårige aldersklasser, og at en framskriver bestanden ett år av gangen. Dermed unngår man en rekke (dis)aggregeringsproblemer, som kan oppstå dersom en prøver å 'forenkle' analysen ved hjelp av en grovere alders- eller periodeinndeling.

I tillegg til alder kan kjøretøyparken gjerne inndeles etter registreringsklasse, vekt og framdriftsteknologi (drivlinje). Disse kriteriene er lagt til grunn i TØIs framskrivingsmodell BIG (et akronym for 'bilgenerasjonsmodell').

Det er mulig å tenke seg enda flere inndelingskriterier. Men vi anbefaler å holde seg til lett målbare, *objektive* kriterier. Således er personbilene i BIG ikke inndelt etter karosseritype – sedan, stasjonsvogn, kompakt, kabriolet, coupé, SUV etc. Disse betegnelsene er til en viss grad *subjektive*. I stedet brukes en inndeling etter drivlinje og egenvekt (inkludert 75 kg fører).

Ett mulig kriterium for inndeling og beskrivelse er hvem som eier kjøretøyet. Ved hjelp av slike data kan en gjøre ytterst interessante analyser om kjøretøyenes rolle i samfunnet og om sammenhengen mellom bilbruk og f.eks. inntekter, priser, skatter og avgifter, bosetting, kollektivtilbud, sysselsetting, familiestruktur og infrastruktur (Fevang mfl. 2020, 2021; Johansen 2020).

Den motsatte ytterlighet er å se helt bort fra data om kjøretøyenes eiere og brukere, slik tilfellet er i BIG-modellen. En kan likevel gjøre meningsfulle beskrivelser og analyser av kjøretøyparken og dennes betydning for samfunnsmaskineriet og naturmiljøet. Å gi avkall på all informasjon om personenes rolle i veitransporten innebærer en radikal forenkling, som gir rom for en desto mer nøyaktig og detaljert karakteristik av det primære studieobjektet: kjøretøyene.

8.2 Kjøretøyenes levetid, tilgang og avgang

Norske bensindrevne personbiler lever i anslagsvis 16–17 år i gjennomsnitt, dieselbilene i 17–18 år. Levetiden kan være noe overvurdert, da anslaget er påvirket av bruktbilimport, som innebærer en kunstig oppblåsing av antallet eldre kjøretøy av et bestemt årskull. En god del kjøretøy på norske skilt ble første gang registrert i utlandet.

For de store personbilenes del blir den beregnede levetiden også overvurdert ved at varebiler som er førstegangsregistrert for 29.4.2013, ved 10 års alder kan ombygges til personbiler, uten at det påløper ny engangsavgift. Forekomsten av slik ombygging vil trolig falle drastisk etter 2023.

For varebilenes del trekker denne ombyggingen i motsatt retning. Den beregnede levetiden er 14–15 år. Men uten ombyggingen ville levetiden ha vært høyere.

De vanlige lastebilene lever i 12–15 år på norske skilt. Siden mange av dem selges til utlandet en stund før de utranteres, er den reelle levetiden trolig høyere. For trekkbilenes del er brukteksporten vesentlig mer omfattende. Disse kjøretøyene lever stort sett i bare 6 til 9 år på norske skilt.

Dieseldrevne busser har en levetid i Norge på 9 til 12 år, avhengig av størrelse. Lengst levetid av alle motorkjøretøy har de dieseldrevne bobilene, med anslagvis 31 år.

8.3 Årlig kjørelengde

Nye biler brukes mest. Dette gjelder for alle typer kjøretøy.

En mellomstor personbil går 17 000 til 23 000 km i året, når den er ny. Dieselbilene kjører noe lenger enn elbilene og bensinbilene. Ved fylte 15 års alder går personbilene 11 000 til 15 000 km per år. Hvis og når personbilene har nådd 30 års alder, er den årlige kjørelengden sunket til mellom 3000 og 6000 km.

Varebilene går ca. 20 000 km i året når de er nye og omtrent halvparten så langt ved 15 års alder. De tyngste lastebilene tilbakelegger ca. 65 000 km i gjennomsnitt når de er nye, men bare ca. 16 000 km ved 15 års alder. Enda brattere synker kjørelengden blant trekkbilene for semitrailer – fra ca. 100 000 km per år i starten til ca. 18 000 km etter 15 år.

8.4 Energibruk og klimagassutslipp

Elektrifiseringen av kjøretøyparken sparer energi, da elmotoren er tre-fire ganger mer energieffektiv enn forbrenningsmotoren. En viss del av denne energigevinsten går likevel tapt, særlig om vinteren, fordi elbilene må bruke en del av batteristrømmen til oppvarming, mens bensin- og dieselskjøretøyene klarer seg godt med overskuddsvarmen fra motoren. Det oppstår dessuten et viss energitap ved lading.

Drivstofforbruket i nye bensin- og dieseldrevne personbiler er gjennom de siste 30–40 år blitt jevnt og trutt lavere, i alle vektklasser. Men gjennomsnittet regnet over alle vektklasser har endret seg lite og faktisk gått litt opp etter 2010. Paradokset forklares av at personbilene er blitt stadig tyngre. Norske eksosbilkjøpere har ‘tatt ut’ hele energieffektiviseringsgevinsten mellom 2010 og 2020, og vel så det, i form av større biler.

En viss energieffektivisering finner likeledes sted blant godsbilene. Men også her er det først og fremst overgangen til alternative energibærere – primært batteristrøm – som kan forventes å gi energigevinst. Overgangen går tregere enn for personbilene. Noen netto

energigevinst kan ikke forventes før etter 2032. Fram til da vil veksten i godstransportvolumet omtrent oppveie forbedringen i energieffektivitet.

Klimagassutslippet i veitransport nådde en topp i 2015 og har siden (fram til 2020) sunket med 19 prosent. Veitrafikkutslippet i 2020 var 13 prosent mindre enn i 2005, som er referanseåret i EUs innsatsfordelingsmekanisme for ikke-kvotepliktig sektor. Hovedgrunnen til dette utslippskuttet er det økende innslaget av biodrivstoff. På lengre sikt vil overgangen til batteri- eller hydrogenelektrisk drift ha større betydning.

8.5 Lokalt forurensende utslipp

NO_x-utslippet i veitrafikken sank med 53 prosent fra 1990 til 2020. Fra 2015 til 2020 er reduksjonen 32 prosent, ifølge offisiell statistikk. Framskrivinger med BIG-modellen viser at utslippene vil fortsette å synke bratt fram mot 2050. Enda raskere synker utslippet av avgasspartikler (PM₁₀, hvorav det aller meste er PM_{2,5}). Fra 2015 til 2050 beregnes NO_x-utslippet i veitrafikken å synke med 98,7 prosent, mens avgassutslippene av forbrenningspartikler (PM₁₀) reduseres med 99,4 prosent.

Det er to hovedgrunner til at de lokalt forurensende utslippene synker. For det første erstattes eksosbilene etter hvert av elbiler. For det andre stiller Euro VI-reguleringen, som har vært gjeldende siden 2013, radikalt mye strengere krav til avgassrensing i nye tunge kjøretøy enn tidligere. Etter hvert som lastebilene og trekkbilene utskiftes, vil en stadig større del av godsbilparken være omfattet av de aller strengeste utslippskravene.

8.6 Resirkulering av batterier

BIG-modellen kan brukes til å beregne hvor mange elbiler, hybrider, bensinbiler og dieslbiler som kan forventes å bli vraket hvert år fram til 2050. Av særlig interesse er elbilene, da disse har store batterier som kan ha verdi i nye anvendelser eller gjennom resirkulering og gjenbruk av bestanddelene.

To alternative beregningsbaner antyder at det kan være snakk om 18–19 tusen elbiler som vrakes i 2025, 37–38 tusen i 2030, 95 til 154 tusen i 2040 og 165 til 208 tusen i 2050.

‘Tilbudet’ av brukte elbilbatterier vil være beskjedent på kort og mellomlang sikt, men i det lange løp atskillig større. Tallet på elbiler som vrakes, vil ventelig være i vekst helt fram til 2050, og i ytterligere noen år.

8.7 Datatilgang

Datagrunnlaget for BIG-modellen og vår ‘demografiske’ analyse av kjøretøyparken er motorvognregistrets bestandstall. Ved å sammenholde bestandstallene for ulike år kan en følge de enkelte årskull (kohorter) av kjøretøy og beregne tilgangs- og avgangsrater for de ulike kjøretøysegment. Basert på disse tallene kan en i neste omgang beregne overlevelseskurver og forventet levetid.

Denne beregningen forutsetter imidlertid at en kan trekke bestandstall ut av motorvognregistret, ikke bare per dags dato eller for siste år, men for mange år bakover i tid. BIG-modellen er således basert på bestandstall for hvert år fra og med 2010 til og med 2018.

Etter omleggingen av datasystemet synes det ikke lenger mulig å trekke pålitelige tilbakegående bestandstall ut av registret. Etter det TØI har brakt i erfaring, er problemet at ikke alle avregistrerte kjøretøy blir behandlet som avregistrerte.

Det innebærer at overlevelseshastighetene ikke kan oppdateres. En er henvist til å klare seg med rater beregnet på grunnlag av årene fram til 2018. Særlig uheldig er dette for elbilsegmentet, der en i de fleste vektklasser ikke har 'overlevelseshastigheter' for flere leveår enn de første 5–6. Til alt overmål er disse ratene i betydelig grad forstyrret av bruktbilimport, som innebærer at overlevelsen overvurderes.

En analyse der en ser bort fra data om kjøretøyenes eiere og brukere, har sine klare begrensninger. En kan lodde atskillig dypere dersom en samler data om bilhold og bilbruk for de enkelte personer og hushold. Særlig rike datasett kan en få ved å kople sammen ulike administrative registre og følge alle eller et stort utvalg av hushold gjennom flere år. En første samling av denne type analyser på norske data er gjort av Johansen (2020) og Fevang mfl. (2020, 2021). Å etablere slike datasett er imidlertid en tidkrevende prosess.

9 Referanser

- Ahmadi L, Young S B, Fowler M, Fraser R A, Achachlouei M A (2017). A cascaded life cycle: Reuse of electric vehicle lithium-ion battery packs in energy storage systems. *The International Journal of Life Cycle Assessment* **22**: 111–124.
- Amiot M (2013). Quand l'Etat français subventionne les voitures électriques en Norvège. *Les Echos* 19.9.2013.
- Cusenza M A, Guarino F, Longo S, Ferraro M, Cellura M (2019). Energy and environmental benefits of circular economy strategies: The case study of reusing used batteries from electric vehicles. *Journal of Energy Storage*, 25, 100845. <https://doi.org/10.1016/j.est.2019.100845>.
- Danebergs J, Rosenberg E, Espegren K A (2021). Impact of zero emission heavy-duty transport on the energy system. IFE/E-2021/002, Kjeller.
- Doyle A (2019). From California to Oslo: foreign subsidies fuel Norway's e-car boom, for now. *Reuters* 31.3.2019.
- Dysvik E, Bjørkås E (2021). Kvaliteten på det norske veinettet. En sammenligning med utvalgte europeiske land. Rapport 2021/42, Vista analyse, Oslo.
- Elvevold E B (2022). Sverige vil stoppe elbileksport til Norge. *E24* 22.8.2020.
- Fevang E, Figenbaum E, Fridstrøm L, Halse A H, Hauge K E, Johansen B G, Raaum O (2020). Hvem velger elbil? Kjennetegn ved norske elbileiere 2011-2017. TØI-rapport 1780, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Fevang E, Figenbaum E, Fridstrøm L, Halse A H, Hauge K E, Johansen B G, Raaum O (2021). Who goes electric? The anatomy of electric car ownership in Norway. *Transportation Research Part D* **92**: 102727.
- Fridstrøm L (2017a). From innovation to penetration: Calculating the energy transition time lag for motor vehicles. *Energy Policy* **108**: 487-502.
- Fridstrøm L (2017b). [Un modèle de prévision du parc automobile et de son empreinte climatique](#). Communication préparée pour le 16ème séminaire francophone de socio-économie des transports, Marne-la-Vallée, 18-19 mai 2017.
- Fridstrøm L (2017c). [Un modèle de prévision du parc automobile et de son empreinte climatique](#). Papier présenté au 16ème séminaire francophone de socio-économie des transports, Marne-la-Vallée, 18-19 mai 2017. DOI: [10.13140/RG.2.2.21876.55688](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21876.55688)
- Fridstrøm L (2019a). *Framskrivning av kjøretøyparken i samsvar med nasjonalbudsjettet 2019*. TØI-rapport [1689](#), Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Fridstrøm L (2019b). *Dagens og morgendagens bilavgifter*. TØI-rapport [1708](#), Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Fridstrøm L (2021a). [The Norwegian Vehicle Electrification Policy and Its Implicit Price of Carbon](#). *Sustainability* **13**: 1346.
- Fridstrøm L (2021b). [Generasjonenes liv i byen og på landet](#). *Samferdsel*, 28.5.2021
- Fridstrøm L, Alfsen K H (red.) (2014). *Vegen mot klimavennlig transport*. TØI-rapport [1321](#), Transportøkonomisk institutt, Oslo.

- Fridstrøm L, Espegren K A, Danebergs J, Hovi I B, Madslie A, Rosenberg E (2022). *Veikart for utslippsfri veitransport*. TØI-rapport 1880, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Fridstrøm L, Hovi I B, Kristensen N B, Madslie A, Bruvoll A, Gulbrandsen M U, Seeberg Aa, Aalen P (2020): *Transportmodeller for klimaanalyse*. TØI-rapport 1769, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Fridstrøm L, Østli V (2016). *Kjøretøyparkens utvikling og klimagassutslipp*. *Franskrivninger med modellen BIG*. TØI-rapport [1518](#), Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Fridstrøm L, Østli V (2021a). *Bilavgiftenes klimaeffekt*. TØI-rapport 1820, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Fridstrøm L, Østli V (2021b). *Forsering eller hvileskjær? Om utsiktene til klimagasskutt i veitransporten*. TØI-rapport 1846, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Fridstrøm L, Østli V, Johansen K W (2016). A stock-flow cohort model of the national car fleet. *European Transport Research Review* **8**: 22.
- Hagman R, Amundsen A H (2013a). *Utslipp fra kjøretøy med Euro 6/VI teknologi*. TØI-rapport 1259, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Hagman R, Amundsen A H (2013b). *Utslipp fra kjøretøy med Euro 6/VI teknologi. Måleprogrammet fase 2*. TØI-rapport 1291, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Hagman R, Weber C, Amundsen A H (2015). *Utslipp fra nye kjøretøy – holder de hva de lover? Avgassmålinger Euro 6/VI - status 2015*. TØI-rapport 1407, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- HBEFA (2009): *Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs*. Publisert som programvare på CD-ROM. Infrac AG, Bern. Tilgjengelig her: www.hbefa.net
- Hovi I B, Fridstrøm L (1994). Modell for kjøretøyparkens sammensetning. Forslag til arbeidsopplegg. Arbeidsdokument TØ/724/94, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Johansen B G (2020). Car ownership, driving and battery electric vehicles. Dissertation for the Ph.D. degree, Department of Economics, University of Oslo.
- Madslie A, Hovi I B (2021). *Franskrivninger for godstransport 2018-2050. Oppdatering av beregninger fra 2019*. TØI-rapport 1825, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Madslie A, Steinsland C, Hulleberg N (2021). *Franskrivninger for persontransport 2018-2050. Oppdatering av beregninger fra 2019*. TØI-rapport 1824, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Rosenberg E, Danebergs J, Espegren K A, Fridstrøm L, Hovi I B, Madslie A (2022). Modelling the interaction between the energy system and road freight. Artikkel innsendt til *Transportation Research Part D*.
- Sverige (2020). [Klimatbonusbilar ska vara registrerade i fem år](#). Promemoria M2020/01180/R, Miljödepartementet, Regeringskansliet, Stockholm.
- Thorne R J, Aguilar López F, Figenbaum E, Fridstrøm L, Müller D B (2021). Estimating stocks and flows of electric passenger vehicle batteries in the Norwegian fleet from 2011 to 2030. *Journal of Industrial Ecology* **25**(6): 1529-1542.
- Tietge U, Díaz S, Mock P, Bandivadekar A, Dornoff J, Ligterink N (2019). [From laboratory to road. A 2018 update of official and "real-world" fuel consumption and CO₂ values for passenger cars in Europe](#). ICCT, Berlin.
- Valle M (2022). [Får gratis elbil i et halvt år – deretter kan den eksporteres til Norge](#). *Teknisk ukeblad*, 20.2.2022.
- Velázquez-Martínez O, Valio J, Santasalo-Aarnio A, Reuter M, Serna-Guerrero R (2019). A critical review of lithium-ion battery recycling processes from a circular economy perspective. *Batteries-Basel*, **5**(4): 33. <https://doi.org/10.3390/batteries5040068>

Vedlegg: BIG-modellens 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. Veterankjøretøyene med indeks 31+ er øverste aldersklasse ($j = J = 31$).

Fra motorvognregistret har vi, for hver kjøretøyklasse m , trukket ut ni års bestander $A_{i,j}^{m,n}$ ($n = 2010, 2011, \dots, 2018$), 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

$$(4) \quad \hat{\alpha}_{i,j}^m = \frac{a_{i,j}^{m,2012} + a_{i,j}^{m,2013} + a_{i,j}^{m,2014} + a_{i,j}^{m,2015} + a_{i,j}^{m,2016} + a_{i,j}^{m,2017} + a_{i,j}^{m,2018}}{A_{i,j-1}^{m,2012} + A_{i,j-1}^{m,2013} + A_{i,j-1}^{m,2014} + A_{i,j-1}^{m,2015} + A_{i,j-1}^{m,2016} + A_{i,j-1}^{m,2017} + A_{i,j-1}^{m,2018}}$$

($j = 2, 3, \dots, 30$)

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

$$(6) \quad \hat{\alpha}_{i,1}^m = \frac{\sum_{n=2012}^{2018} A_{i,1}^{m,n+1}}{\sum_{n=2012}^{2018} \sum_{j=1}^J A_{i,j}^{m,n}}, \quad \hat{\alpha}_{i,31}^m = \frac{\sum_{n=2012}^{2018} A_{i,31}^{m,n+1}}{\sum_{n=2012}^{2018} [A_{i,30}^{m,n} + A_{i,31}^{m,n}]} - 1.$$

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 avregistrering. '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 vil derfor i det følgende bruke den mer nøytrale betegnelse 'overgangsrate'. Disse er gitt ved

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

De kumulative overgangsratene 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, $\gamma_i^m = 2.66$ kgCO₂/liter for kjøretøy med dieselmotor og $\gamma_i^m = 0$ for biogass-, batteri- og hydrogen-drevne kjøretøy.

Transportøkonomisk institutt (TØI) Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

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

TØI utvikler og formidler kunnskap om samferdsel med vitenskapelig kvalitet og praktisk anvendelse. Instituttet har et verrfaglig miljø med rundt 90 høyt spesialiserte forskere.

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

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

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

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

Besøks- og postadresse:

Transportøkonomisk institutt
Gautstadalléen 21
NO-0349 Oslo

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