



Ea Energianalyse

Scenarier for transportsektorens energiforbrug i Norge

Bilag

07-11-2011

Udarbejdet af:
János Hethey, Anders Kofoed-Wiuff og Hans Henrik Lindboe
Ea Energianalyse
Frederiksholms Kanal 4, 3. th.
1220 København K
T: 88 70 70 83
F: 33 32 16 61
E-mail: info@eaea.dk
Web: www.eaea.dk

Indhold

1	Indledning	4
2	Scenarier for transportsektoren	5
	2.1 World Energy Outlook	5
	2.2 Klimakur	10
3	Politiske målsætninger	12
4	Historisk udvikling og sammenhænge	17
	4.1 Persontransport	18
	4.2 Persontransport i personbiler	21
	4.3 Øvrig persontransport	26
	4.4 Godstransport	31
	4.5 Godstransportarbejde i lastbiler	33
	4.6 Godstransportarbejde i varebiler	36
	4.7 Øvrig godstransport	39
	4.8 Offroadsektoren	40
	4.9 Energiforbrug i transportsektoren	41
5	Modelværktøj og metode	44
	5.1 Persontransport i personbiler	46
	5.2 Øvrig persontransport	52
	5.3 Godstransport i lastbiler og varebiler	53
	5.4 Øvrig godstransport	57
	5.5 Offroad	58
	5.6 Brændsler	58
6	Scenarier	62
	6.1 Forudsætninger	62
7	Referencer	67

1 Indledning

Denne bilagsrapport indeholder uddybende informationer og baggrundsinformation til hovedrapporten *Scenarier for transportsektorens energiforbrug i Norge*.

2 Scenarier for transportsektoren

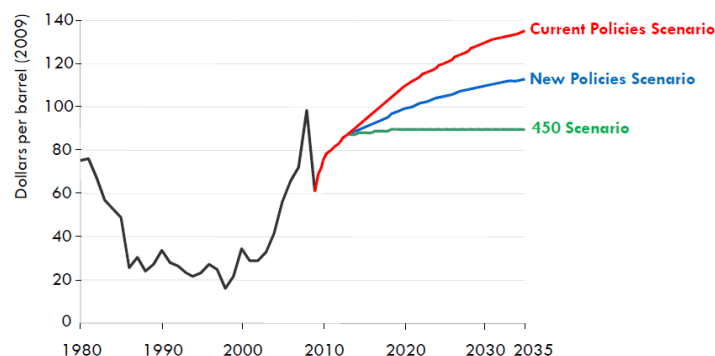
2.1 World Energy Outlook

Hovedkilden i dette kapitel er det Internationale Energiagenturs (IEA) analyser præsenteret i rapporten World Energy Outlook 2010.

World Energy Outlook 2010 beskriver tre scenarier for, hvordan det globale energiforbrug kan udvikle sig frem mod 2035:

- **Current policies scenario**, hvor kun allerede vedtagne politikker blev indregnet.
- **New Policy scenario**. New policies scenariet forudsætter, at de eksisterende politiske målsætninger opfyldes, fx de mål for 2020, der er indmeldt til Copenhagen accord. Scenariet indeholder dog ikke politikker, der er tilstrækkelige til at nå 2 graders målsætningen. Koncentrationen af drivhusgasser stiger således på lang sigt til 650 ppm og den globale temperatur med 3,5 grader.
- **450 ppm scenario**. Stærkt globalt fokus på klima og olie uafhængighed. Scenariet giver et bud på, hvordan energisystemerne kan udvikle sig for omkostningseffektivt for at leve op til en international målsætning, om at den globale temperaturstigning holder sig under 2 grader.

Hvert scenarie har sit eget prisforløb for fossile brændsler. Mere ambitiøs politik der antages gennemført på klimaområdet medfører reduceret efterspørgsel efter fossile brændsler og dermed relativt lavere priser. Prisforløbene på olie for de tre scenarier er illustreret på Figur 1.

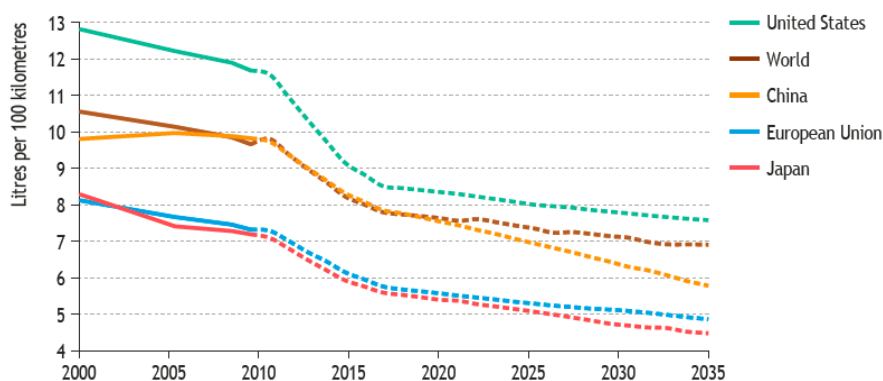


Figur 1: Olieprisen der forudsættes i hver af IEA's tre scenarier (kilde: World Energy Outlook 2010).

Reference scenariet i denne rapport knyttes særligt til New Policies scenariet. I dette indgår der stigende effektivitet og gradvis overgang til nye typer af køretøjer I scenariet. Dette giver samlet set en væsentlig reduktion i det gennemsnitlige energiforbrug per kørselskilometer.

Energieffektiviteten i Europa og Japan er i udgangspunktet næsten dobbelt så god som i USA, og dette forhold bibeholdes nogenlunde frem til 2035. Den stigende effektivitet antages i starten især at komme som følge af indførelse af nye politiske tiltag, samt stigningen i oliepriser.

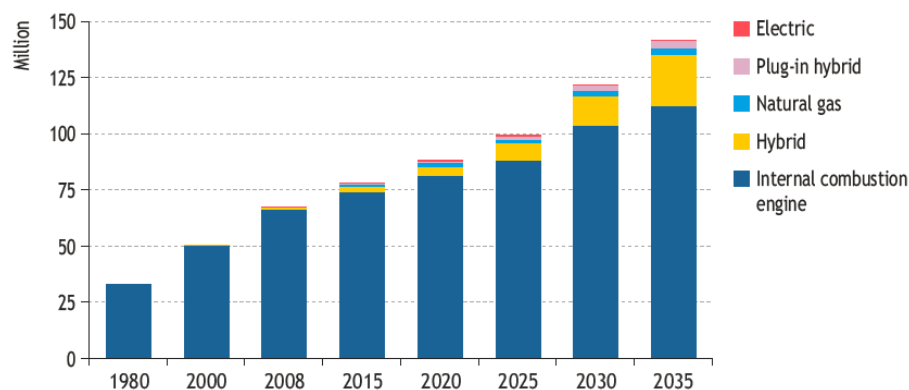
Figure 3.7 • Average fuel economy of new passenger light-duty vehicle sales by region in the New Policies Scenario



Figur 2: Gennemsnitlig udvikling i brændstofsøkonomien i New Policies scenariet (kilde: World Energy Outlook 2010).

Frem til 2020 er stigningen i gennemsnitlig effektivitet primært leveret af øget effektivitet i de såkaldt traditionelle biler. Herefter består øget transporteffektivitet primært af gradvis overgang til nye teknologier.

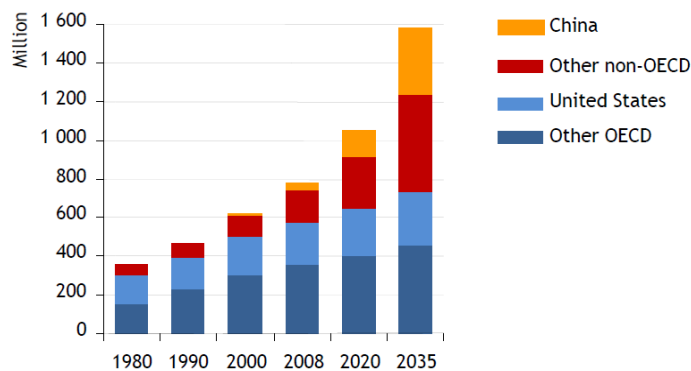
Figure 3.6 • Passenger light-duty vehicle sales by type in the New Policies Scenario



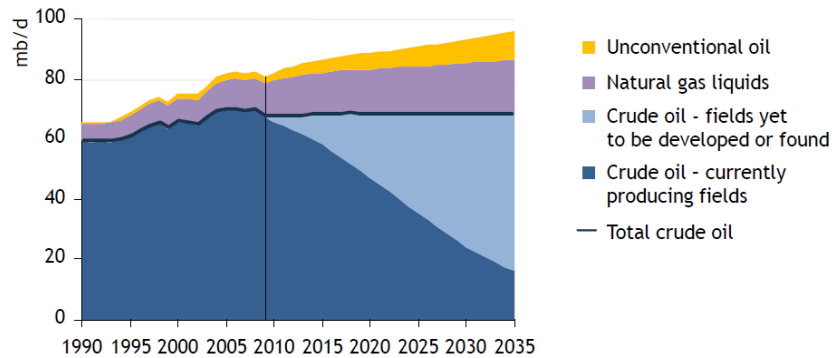
Figur 3: Årligt salg af nye biler på verdensplan i New Policies scenariet (kilde: *ibid*).

Især efter 2020 stiger elbiler, hybrid og naturgas drevne biler i andel af årligt solgte biler. Blandt de nyere teknologier er især hybridene stærkt repræsenteret i New Policies scenariet. Også samlet set stiger salget af køretøjer betragteligt. I takt med den relativt hastige vækst i ikke OECD lande anført af Kina. Scenariet fremskriver at man i 2035 har 1,6 milliarder passagerkøretøjer på verdensplan, hvilket er tæt ved en fordobling i forholdt til 2008.

Passenger vehicles in the New Policies Scenario



Figur 4: Antal personbiler og geografisk fordeling frem til 2035 i New Policies (kilde: *World Energy Outlook 2010*).

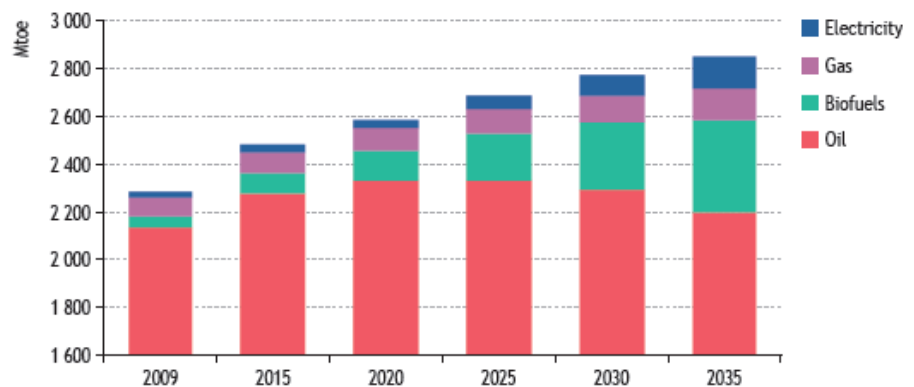


Figur 5: Produktion af olie i New Policies scenariet (kilde: *ibid*).

450 ppm-scenariet

450 ppm-scenariet demonstrerer den ekstra indsats der må leveres for at sikre opfyldelsen af den politiske målsætning, om at den globale temperaturstigning holder sig under 2 grader. I transportsektoren medfører dette en markant forøget andel af især biobrændstoffer, der dækker ca. 14 % af energiforbruget til transport i 2035. Naturgas stiger også til at dække godt 5% af energiforbruget. Når disse omstillinger er gennemført er 77% af transportenergien i 2035 dog fortsat leveret af olie ifølge IEA.

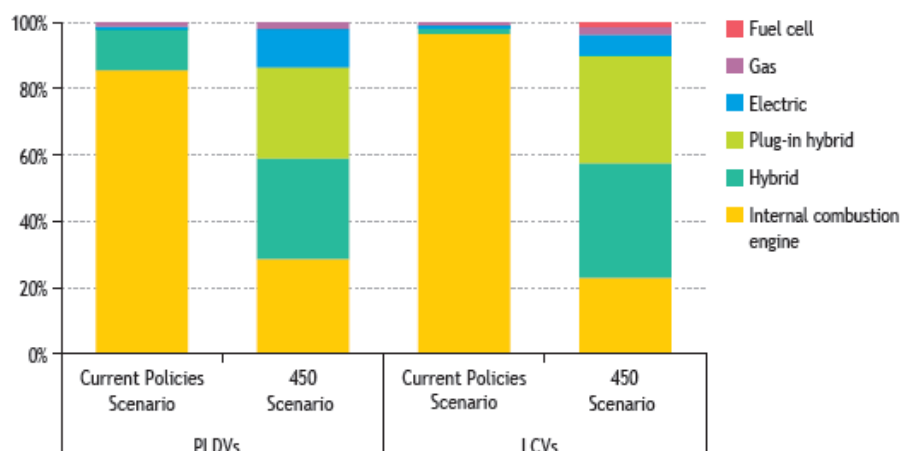
Figure 14.12 • World fuel consumption in the transport sector in the 450 Scenario



Figur 6: Transportsektorens energiforbrug i new policies (kilde: *World Energy Outlook 2010*).

I 2035 vurderes 70% af bilsalget at være avancerede køretøjer; el, gas eller hybrid biler.

Figure 14.13 • Vehicle sales by type and scenario, 2035

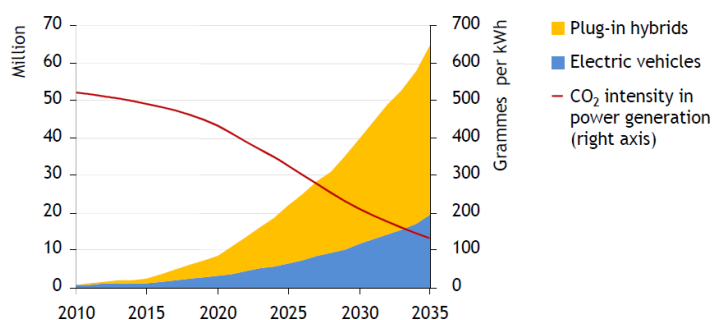


Note: PLDVs = passenger light-duty vehicles; LCVs = light commercial vehicles.

Figur 7: Salg af nye køretøjer til let persontransport og varevogne fordelt på teknologier i 2035 – sammenligning af referencen og 450 ppm (kilde: *ibid*).

Parallelt med øget indfasning af elbiler og plugin-hybrider, omstilles elsektoren og gøres mindre CO₂ intensiv. Denne omstilling af elsektoren er nødvendig for at el kan bidrage effektivt til CO₂ reduktioner i transportsektoren.

Sales of plug-in hybrid and electric vehicles in the 450 Scenario & CO₂ intensity of the power sector



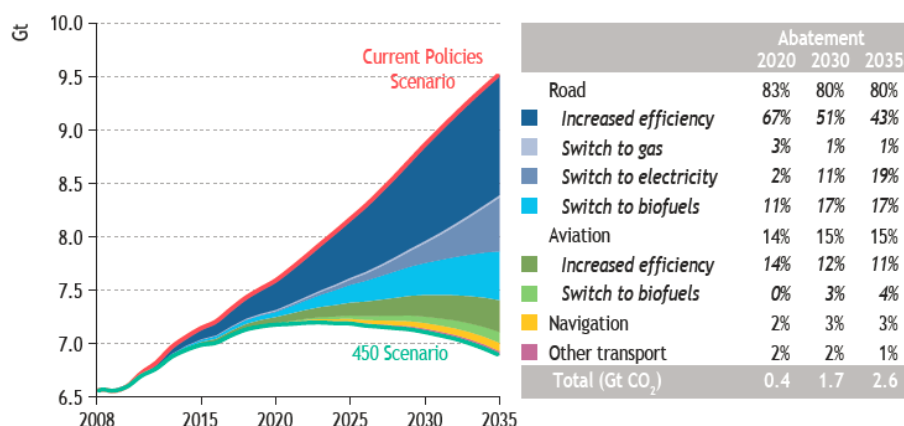
Plug-in hybrids & electric vehicles reach 39% of new sales by 2035, making a big contribution to emissions abatement, thanks to a major decarbonisation of the power sector

Figur 8: Salget af elbiler og plugin-hybrider og CO₂-indholdet i strøm i 450 ppm scenariet from til 2035. (kilde: *World Energy Outlook 2010*).

Den samlede effekt på CO₂ fra transportsektoren ved overgangen fra Current Policies til 450 ppm-scenariet er illustreret på Figur 9. I 2035 er 43% af den reducerede CO₂ effektueret med øget effektivitet af traditionelle køretøjer. Øget effektivitet står for en større andel af reduktioner tidligere i forløbet.

Skift til el og biobrændstoffer står for henholdsvis 19% og 17% imens gas står for kun 1%.

Figure 14.14 • World transport-related CO₂ emission abatement in the 450 Scenario



Figur 9: Transport CO₂-emissioner på verdensplan (kilde: *ibid*).

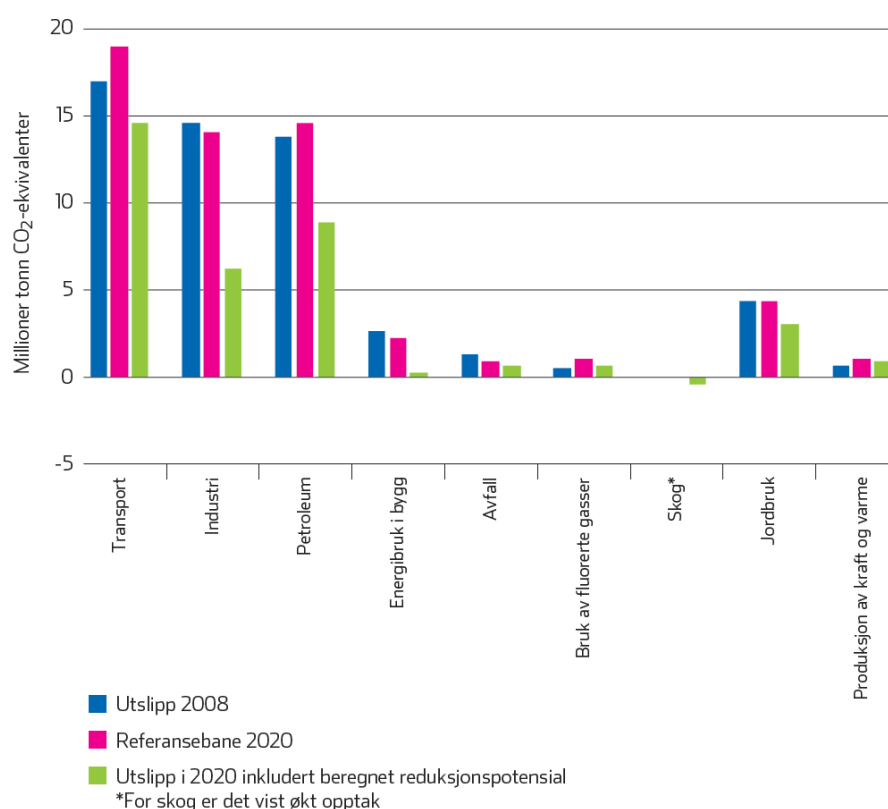
2.2 Klimakur

Den norske Klimakur (Klif, 2010) er udarbejdet for at vurdere og redegøre for tiltag og virkemidler for at opnå en reduktion i CO₂-udslippene i Norge i 2020 på mellem 15 og 17 mio. ton. Klimakuren er udarbejdet af en gruppe med medlemmer fra Klima- og forurensningsdirektoratet, Norges vassdrags- og energidirektorat, Statens vegvesen, Statistisk sentralbyrå og Oljedirektoratet. Derudover har andre centrale aktører og konsulenter været involveret i arbejdet.

Blandt mange tiltag og virkemidler vurderer Klimakuren også mulighederne for reduktion af CO₂-emissioner i transportsektoren. I denne sektoranalyse indgår jernbane, civil luftfart, søtransport, vejtransport samt fiskeri og offshorerelateret transport samt offroadsektoren. Ifølge Klimakuren er beregninger udført med en forholdsvis simpel regnearksmodel, men verificeret vha. en mere avanceret regnearksmodel fra SSB. Der fokuseres på udslipsreduktioner vha. enkelte tiltag eller grupper af tiltag, men i hovedrapporten præsenteres der også et samlet potentiale for udslipsreduktioner.

I beskrivelsen af klimakurscenariet i hovedrapporten til dette projekt fremgår der flere detaljer om de enkelte forudsætninger i Klimakuren.

Resultatet af Klimakurens beregninger fremgår af figuren forned. Totalt vurderes der at være et potentiale for at reducere CO₂-emissionen med mellem 3 og 4,5 mio. ton CO₂-ækvivalenter i 2020 i forhold til den beregnede reference. Den beregnede reference ligger ca. 2 ton over niveauet i 2008. De vigtigste tiltag er introduktion af biobrændstoffer og effektivisering og elektrificering af bilparken, der bidrager med hhv. 1,9 og 0,8 mio. ton. Derudover indgår der tiltag til at omlægge transportarbejdet fra personbiler og lastbiler til kollektiv transport og jernbane, samt for at begrænse den samlede transportmængde.



Figur 10: CO₂-emissionsberegninger i Klimakuren. Kilde: (Klif, 2010)

3 Politiske målsætninger

På alle politiske niveauer – internationalt, nationalt og lokalt – er der fokus på at reducere udledningen af drivhusgasser og effektivere anvendelsen af energi. EU har i de senere år været en aktiv *driver* i energi, transport- og klimapolitikken, og den udvikling kan forventes at fortsætte. Norge er ikke medlem af EU, men er gennem EØS-aftalen en integreret del af EUs indre marked. EØS aftalen pålægger således Norge at have samme regler som EU på de områder, som er omfattet af aftalen. EU's VE direktiv er EØS-relevant og Norge har dermed forpligtet sig til at øge VE andelen i transportsektoren til 10 % i 2020. Desuden har Norge forpligtet sig til at øge VE-andelen af det endelige energiforbrug til 67,5 %¹. Direktivet om kvaliteten for benzin og dieselolie (drivstoffdirektivet) vurderes ligeledes at være EØS-relevant². Derimod er Norge ikke omfattet af EU's beslutning om at reducere drivhusgasemissionerne med 20 % i 2020. I 2008 blev der dog aftalt en national målsætning om at reducere CO₂-emissionen med 30 % i forhold til 1990³. Endelig har EU vedtaget en regulering for CO₂-emissionerne fra nye personbiler registreret i EU i perioden 2012-2015. Kravene er rettet mod bilproducenterne og vil i høj grad bidrage til at kunne opnå betydelige reduktioner også i Norge.

De relevante direktiver og reguleringer på internationalt niveau beskrives i det følgende.

¹ Fremgår af udkast til EØS-beslutning om VE-direktivet:

http://www.regjeringen.no/nb/dep/oed/aktuelt/taler_artikler/politisk_ledelse/taler-og-artikler-av-statssekretar-eli-b/2011/ambisiost-mal-for-fornybar-energi.html?id=651738

² Klimakur 2020 "Internasjonale rammebetingelser for norsk klimapolitikk" (Etatsgruppen Klimakur 2020, 2009) <http://www.klimakur2020.no/Documents/ta2574.pdf>

³ <http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/tema/klima.html?id=1307>

VE-direktivet:
10 % procent VE i 2020 i
transportsektoren

VE direktivet 2009/28/EF fra 2009 stiller krav om anvendelse af 20 % VE i det samlede energiforbrug i EU i 2020⁴. Direktivet indeholder desuden et særligt krav om at 10 % af den energi, der forbruges inden for transportsektoren skal stamme fra vedvarende energikilder. Beregningen af VE-andelen i transportsektoren følger en særlig beregningsmetode, der favoriserer 2. generations biobrændstoffer og VE-el anvendt i elbiler. VE-andelen kan derfor blive meget høj, og i teorien være over 100 %. Beregningsmetoden er beskrevet i boksen nedenfor.

Beregning af VE-andel i transportsektoren

VE-direktivet foreskriver, at der i 2020 skal anvendes 10 % VE i transportsektoren. I den forbindelse anvendes en særlig beregningsmetode for andengenerations biobrændstoffer og VE anvendt i elbiler. Således vægtes andengenerations biobrændstoffer med en faktor 2 i tælleren og VE i elbiler med en faktor 2,5 i både tæller og nævner.

Konkret indgår følgende energimængder i *tælleren*:

- 1.g. biobrændstof
- 2*2.g. biobrændstof
- 2,5*VE el i elbiler
- VE el i eltog.

Følgende energimængder indgår i *nævneren*:

- Fossile brændsler
- 1.g. biobrændstof
- 2.g. biobrændstof
- Fossil el
- 2,5*VE el i elbiler
- VE el i eltog.

Nævneren vedrører alene energiforbrug til vej- og jernbanetransport. I tælleren kan også indregnes biobrændstoffer anvendt til luftfart og søfart.

VE-direktivet foreskriver desuden beregningen af drivhusgasemissioner fra biobrændstoffer og angiver typiske besparelser i forhold til anvendelsen af sammenlignelige fossile brændsler. Der tages her hensyn til vugge-til-grav-

⁴ Opgjort i forhold til det endelige energiforbrug.

emissioner. Standardværdier for ethanol og biodiesel fremgår af tabellen forneden for hhv. eksisterende (2008) typer brændsler, samt for fremtidige brændsler, som enten ikke var på markedet i 2008 eller kun i meget lille omfang. Sidstnævnte tolkes her som andengenerations biobrændstoffer, som vurderes at være tilgængelige fra 2020.

Biobrændstof	1.g. biobrændstoffer	2.g. biobrændstoffer
Ethanol baseret på hvede (uden specifikation af brændsel anvendt i produktionsprocessen)	16 %	85 %
Biodiesel baseret på raps	38 %	93 %

Tabel 1: Drivhusgasbesparelser ved anvendelse af biobrændstoffer ifølge standard-værdier i VE-direktivet. Der er ikke taget hensyn til ændrede emissioner pga. ændret jordanvendelse.

Brændstofdirektivet

I tillæg til VE-direktivet kan også direktivet 98/70/EF senest opdateret ved direktivet 2009/30/EF om kvaliteten af brændstoffer få betydning for anvendelsen af nye drivmidler i transportsektoren. Direktivet indebærer, at brændstofleverandørerne skal reducere vugge til grav-emissionerne af drivhusgasser pr. energienhed i den energi, der leveres til vejtransport, med 6 % senest i 2020⁵. Umiddelbart kunne direktivet virke mindre skrappt end VE-direktivets krav om 10 % i transportsektoren i 2020, da 10 % VE som udgangspunkt kan antages at reducere drivhusgasemissionerne med ca. 10 %. Det kan dog vise sig at brændstofdirektivets krav er mere skrappe end VE-direktivet, hvilket skyldes fokus på hele livscyklusforløbet for brændstofferne, som komplicerer regnestykket.

På grund af de drivhusgasemissioner, der skyldes indirekte forandringer i arealanvendelsen, når jord anvendes til at dyrke energiafgrøder, hersker der stadig en vis usikkerhed omkring den drivhusgasbesparelse, der reelt kan opnås ved hjælp af biobrændstoffer. Kommissionen er i færd med belyse denne problemstilling. Afhængigt af, hvordan undersøgelserne falder ud, kan det betyde, at der skal betydeligt mere end 6 % biobrændstof – måske mere end 10 % - til at opfylde målet om 6 % drivhusgasreduktion i 2020.

Reduktion af CO₂-emissionerne på raffinaderier og i forbindelse med indvindingen af brændsler kan også bidrage til at opfylde 6 % målet og det samme kan eldrevne køretøjer.

⁵ Dertil kommer et vejledende mål om 2 % reduktion som bl.a. kan opnås ved ændringer i elsektoren (CCS) og 2 % yderligere reduktion, som kan opnås ved købe CDM-kreditter

EU-krav til energi-
effektivitet for nye biler

I tillæg til overordnede målsætninger om reduktion af CO₂ og øget anvendelse af VE har EU iværksat en række konkrete initiativer, som har til formål at forbedre energieffektiviteten i transportsektoren og fremme anvendelse af alternative drivmidler.

I 2009 udstedte EU således en forordning⁶ som skal sikre, at CO₂-emissionerne fra nye personbiler registreret i EU i perioden 2012-2015 i gennemsnit skal bringes ned på 130 g CO₂/km. Der er tale om en gradvis indfasning af reguleringen frem til 2015. Tunge biler tillades højere emissioner end lette biler, men systemet er lavet sådan, at gennemsnittet for alle biler overholdes.

Effektiviseringsmålene er pålagt bilproducenterne, som dog har mulighed for gå sammen om at opfylde dem, så producenter af store biler kan kompenseres af producenter af mindre biler. Overskrides kravene betales en bøde på 95 € g CO₂/km per bil⁷.

Forordningen indeholder desuden en målsætning om at reducere CO₂-emissionerne for nye personbiler til 95 g CO₂/km i 2020. Hvordan dette mål konkret skal nås, vil blive fastlagt senest i 2013. Da 2020 målet, i modsætning til 130 g/km målsætningen for 2015, ikke er lovhjemlet, må man vurdere, at der er en vis usikkerhed forbundet med, om det vil blive indfriet.

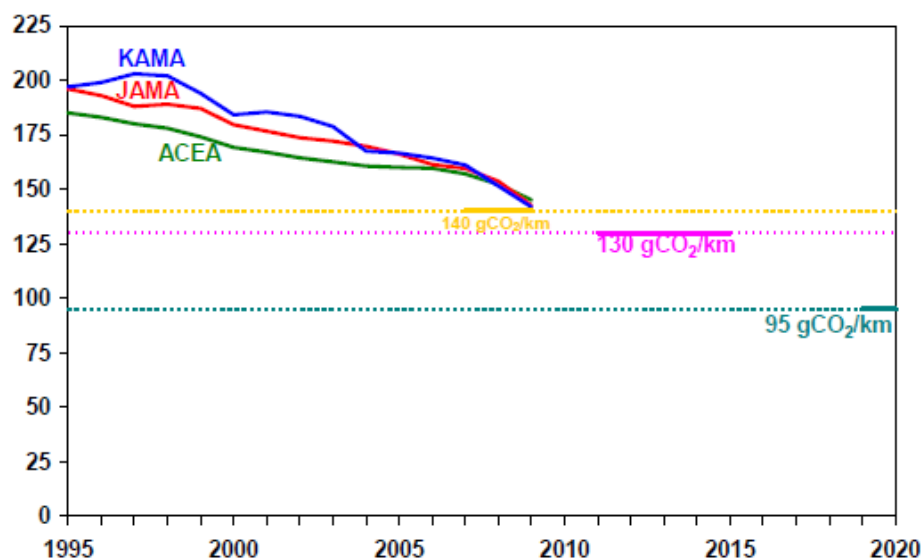
Kommissionen overvejer endvidere at fastlægge et mål for 2025 og i vil den forbindelse vurdere, at forslag fra EU parlamentet om at fastsætte målet til 70 g CO₂/km⁸.

Figur 11 viser den historiske udvikling i CO₂-emissionerne for nye biler opdelt på bilfabrikanternes organisationer. Desuden fremgår målene for 2015 og 2020.

⁶ Forordning nr. 443/2009

⁷ Ved små overskridelser er bøden mindre.

⁸ http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/index_en.htm



Figur 11: Udviklingen i CO₂-emissioner fra nye personbiler (justeret for ændringer i testproceduren). Opdelt på bilfabrikanternes organisationer i Europa (ACEA), Japan (JAMA) og Korea (KAMA)

For varevogne forventes det, at der vedtages et tilsvarende system med henblik på, at reducere emissionerne fra nye varevogne fra 203 g/km i dag til 175 g/km i 2017⁹. For 2020 indgår et mål om at reducere emissionerne til 147 g/km, men ligesom det er tilfældet for personbilerne, vil målsætningen for 2020, først blive endelig fastlagt i 2013.

Køretøjernes specifikke CO₂-emissioner beregnes på baggrund af en testkørecyklus. Som det fremgår længere nede af kapitel 5.1, viser statistikken, at bilernes brændstofforbrug i praksis er højere end testproceduren peger på. Kommissionen påtænker imidlertid at foreslå en ny testprocedure, der mere præcist afspejler kørselsforholdene i den virkelige verden. Det vil i praksis svare til en skærpelse af de gældende målsætninger. Omvendt vil en skærpelse af test proceduren formentligt gøre det politisk mere vanskeligt at nå til enighed om fx 95 g/km målsætningen for 2020.

Kommissionen overvejer også at sætte standarder for CO₂-emissionen fra tunge køretøjer, hvis der kan opnås politisk enighed herom på EU niveau.

⁹ I december 2010 blev rådet og parlamentet enige om det beskrevne kompromis men lovbehandlingen er ikke afsluttet. http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/vans_en.htm

4 Historisk udvikling og sammenhænge

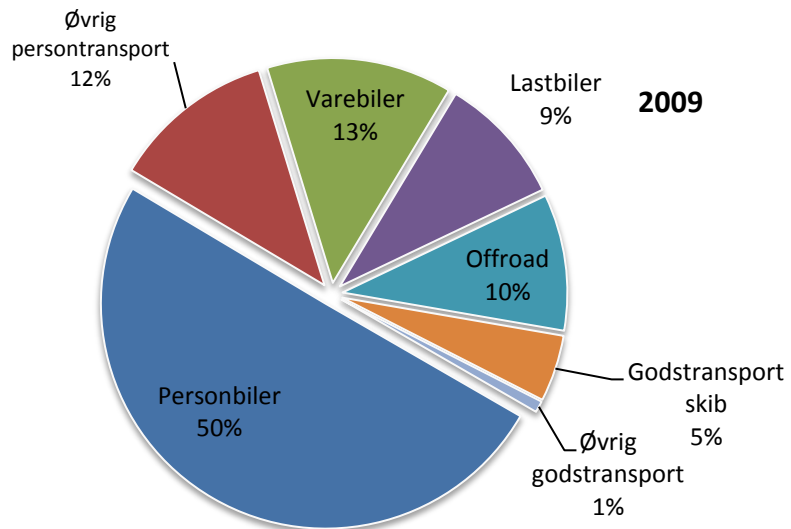
Dette kapitel redegør for relevant statistik for transportsektoren med fokus på perioden 1980 – 2010. Kapitlet beskriver bl.a. udviklingen i transportarbejde, trafikarbejde, køretøjsbestand og de tilgængelige data for energiforbrug for person- og godstransport. På baggrund af de historiske data afdækkes relevante statistiske sammenhænge, som bruges til fremskrivningerne af transportsektorens energiforbrug i kapitel 6. Der beskrives således også relevante antagelser, der er nødvendige for fremskrivningen af energiforbruget. Mere detaljerede oplysninger om køretøjernes levetid og lignende fremgår også af kapitel 5, hvor modelværktøjet beskrives. For alle data gælder at der behandles transport i Norge med norske køretøjer. Rejser til og fra udlandet, samt transport med udenlandske køretøjer er ikke inkluderet.

Usikkerheder

Statistik over transportsektorens energiforbrug og transportarbejdet er forbundet med en del usikkerheder, idet både energiforbrug og transportarbejde er svære at måle. Dette gælder især opdeling af energiforbrug og transportarbejde på kategorier, fx indenfor vejtransport. De ”faste” målepunkter for vejtransporten er det samlede salg af brændstoffer, samt til en hvis grad statistik over køretøjskilometer. Opdeling af brændselsforbrug på fx personbiler og varebiler er derimod vanskeligere. I denne rapport er der hovedsageligt taget udgangspunkt i SSB’s statistikker på området.

Energiforbrug i transportsektoren

Fordelingen af energiforbruget i transportsektoren fremgår af figur 12 forneden. Det fremgår, at persontransport i personbiler udgør over halvdelen af det samlede forbrug og derfor har stor indflydelse på energiforbruget i transportsektoren. Godstransport i varebiler og lastbiler udgør yderligere ca. en fjerdedel.



Figur 12: Fordeling af energiforbrug i transportsektoren i 2009. Opdeling ifølge egne beregninger. Det samlede energiforbrug i 2009 var ca. 170 PJ.

Kategorier

I de efterfølgende præsentationer er der så vidt muligt anvendt de kategoriseringer, som anvendes ved fremskrivning af transportsektorens energiforbrug. Disse er nærmere beskrevet i afsnittet om model og metode i kapitel 5.

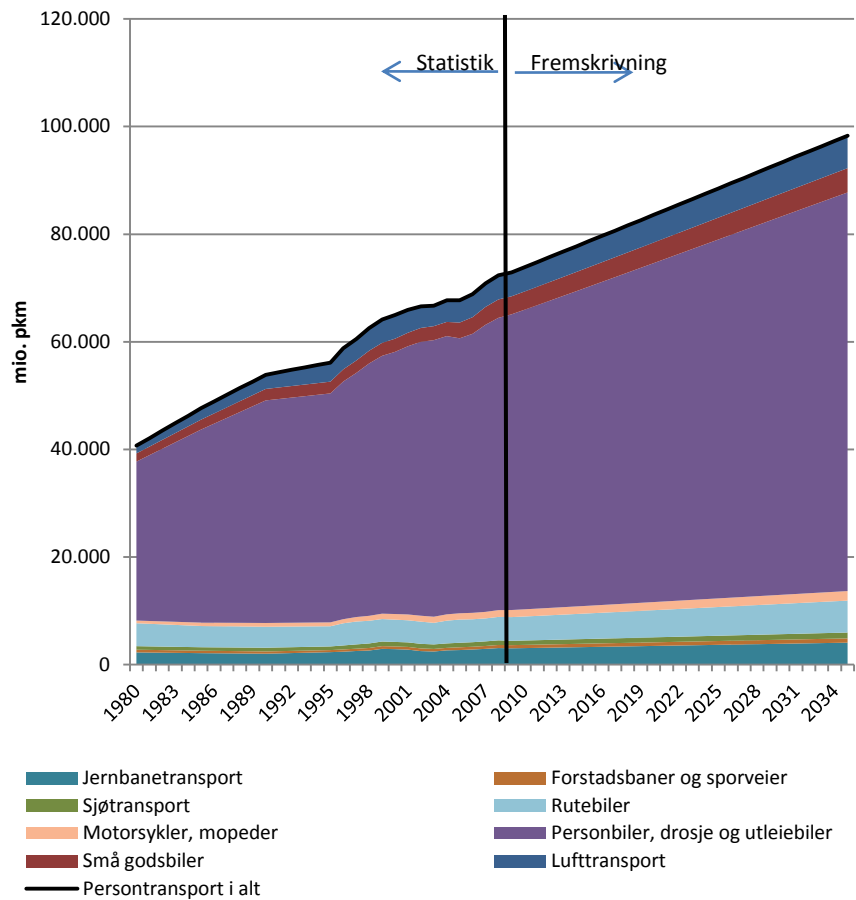
4.1 Persontransport

Transportarbejdet for persontransport måles i personkilometer. Via en belægningsgrad for de relevante køretøjer kan transportarbejdet omsættes til et trafikarbejde målt i køretøjskilometer.

Persontransportarbejde

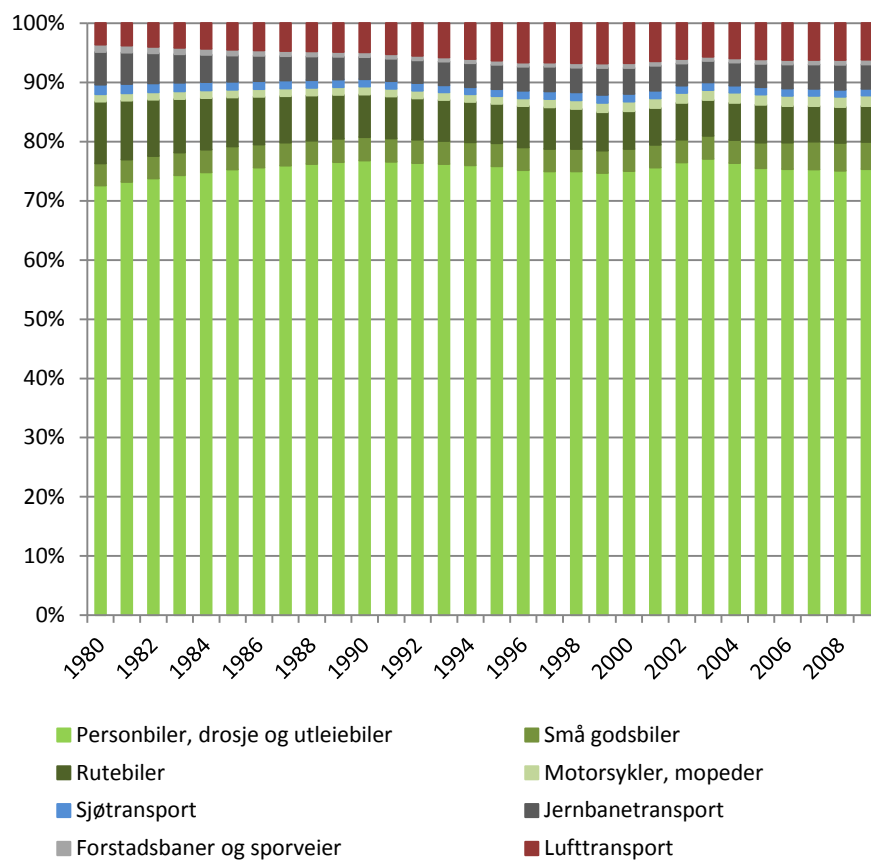
Figur 13 viser udviklingen for det samlede persontransportarbejde i Norge. Efter 2009 er det samlede transportarbejde fremskrevet med 1,3 % pr. år. Fremskrivningen er nærmere forklaret i afsnit 6. Persontransport i små godsbiler er ikke angivet i kilden af SSB. Det er her beregnet ud fra en antagelse om at 30 % af køretøjskilometerne for små godsbiler gælder persontransport, og at disse har en gennemsnitlig belægning på 1,5 person/kkm. Antagelserne er baseret på (TØI, 2009).¹⁰ De små godsbilers persontransportarbejde er fratrukket personbilernes.

¹⁰ Dette gælder for perioden fra 2005-2010, for hvilken SSB oplyser trafikarbejdet for små godsbiler. For den efterfølgende periode er det estimeret, at 5 % af af personbilernes samlede persontransportarbejde udføres i varebiler.



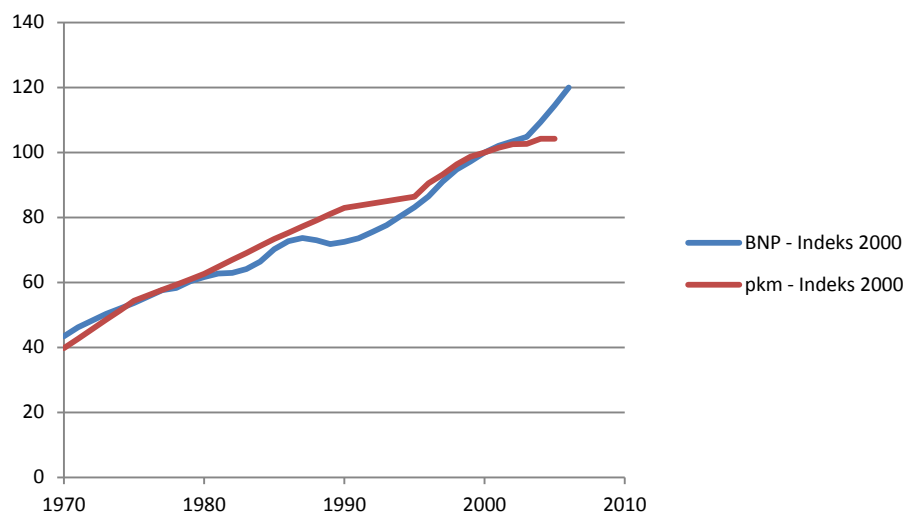
Figur 13: Udvikling af persontransportarbejdet i Norge i perioden fra 1980 til 2009. Kilde: SSB

Figur 14 viser fordelingen af persontransportarbejdet på transportmidler. Siden 1980 har lufttransport og transport i personbiler vundet en lidt større andel, mens den kollektive transport med rutebiler og jernbane er gået lidt tilbage.



Figur 14: Fordeling af persontransportarbejdet i Norge på transportmidler. Kilde: SSB, suppleret med egne beregning for små godsbiler.

Figur 15 viser udviklingen i det samlede persontransportarbejde, sammenlignet med udviklingen i BNP. Set over hele perioden stiger både BNP og persontransportarbejdet med ca. 2,7 % i gennemsnit pr. år. Dette dækker dog over perioder, hvor væksten i persontransportarbejdet har været mere afkoblet fra udviklingen i BN, særligt i løbet af de sidste 10 år. En sammenligning af udviklingen for udvalgte perioder fremgår af tabel 2. Persontransportarbejdets stigning har være højere end BNP fra 1970 til 1990, men lavere i perioden fra 1990 til i dag. Generelt har den årlige vækstprocent for persontransportarbejde været faldende siden 1970.



Figur 15: Udvikling i samlet transportarbejde. Kilde: SSB. Indtil 1995 er data for persontransportarbejdet kun tilgængeligt i 5-års skridt. Der er anvendt lineær interpolation for årene imellem.

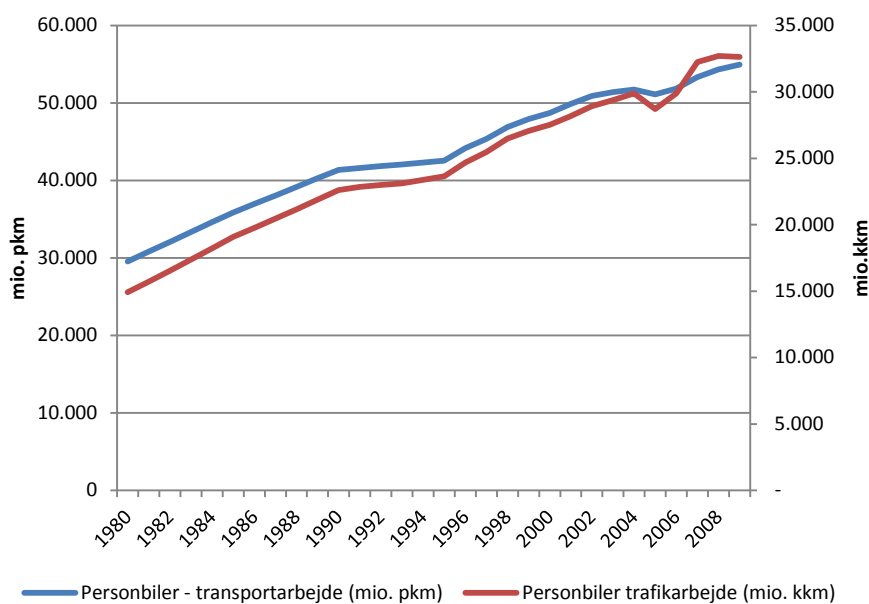
Gennemsnitlig vækst i perioder	1970 - 1980	1980 - 1990	1990 - 2000	2000 - 2010	2002 - 2007
BNP	3,6%	1,6%	3,3%	2,6%	4,1%
pkm	4,7%	2,8%	1,9%	1,3%*	1,3%

Tabel 2: Gennemsnitlig vækst pr. år for BNP og persontransportarbejdet. *For persontransportarbejdet er der kun data frem til 2009.

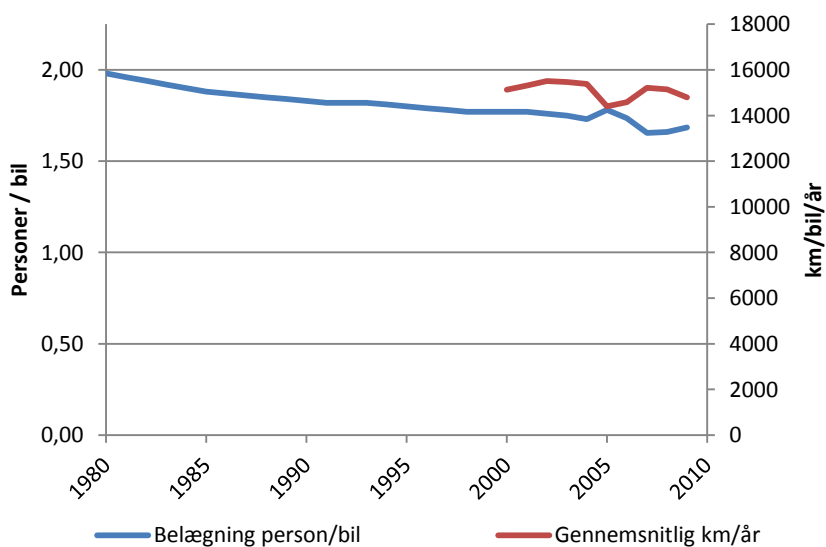
4.2 Persontransport i personbiler

Figur 16 viser udviklingen i transport og trafikarbejdet med personbiler. Der skelnes i denne rapport ikke mellem taxier, lejebiler og personbiler. Trafikarbejde og transportarbejde vises således som sum for de tre kategorier. Taxier og lejebiler står ifølge SSB for mellem 2-4 % af det samlede persontransportarbejde med personbiler. Persontransportarbejde udført i varebiler indgår til gengæld så vidt muligt ikke her, da dette behandles særskilt jf. afsnit 4.6.

Data for trafikarbejdet har kun været tilgængeligt fra SSB for 2005 til 2010, og i denne periode viser statistikken en større stigning i trafikarbejdet, sammenlignet med transportarbejdet. Dette skyldes en faldende belægning på de enkelte biler, som er illustreret på figur 17. For årene før 2005 er trafikarbejdet beregnet ud fra persontransportarbejdet, og en belægning, som angivet i (TØI, 2009), som også er vist på figur 17.



Figur 16: Udvikling af persontransportarbejde og trafikarbejde med personbiler. Kilde: SSB. For personkilometrene er kørsel i varebiler regnet fra jf. afsnit 4.1. Trafikarbejdet er taget fra tabel 07947 i SSB's statistikbank for personbiler i alt. SSB angiver kun trafikarbejdet fra 2005 og frem. For perioden fra 1980-2005 er trafikarbejdet beregnet ud fra persontransportarbejdet, som angivet af SSB og belægning ifølge (TØI, 2009).



Figur 17: Udvikling i belægning for personbiler og gennemsnitlig årskørsel for personbiler. For årene før 2005 er belægning angivet ifølge (TØI, 2009). Kilde: Beregninger pba. data fra SSB (transportarbejde og trafikarbejde) og OFV (personbilsbestand)

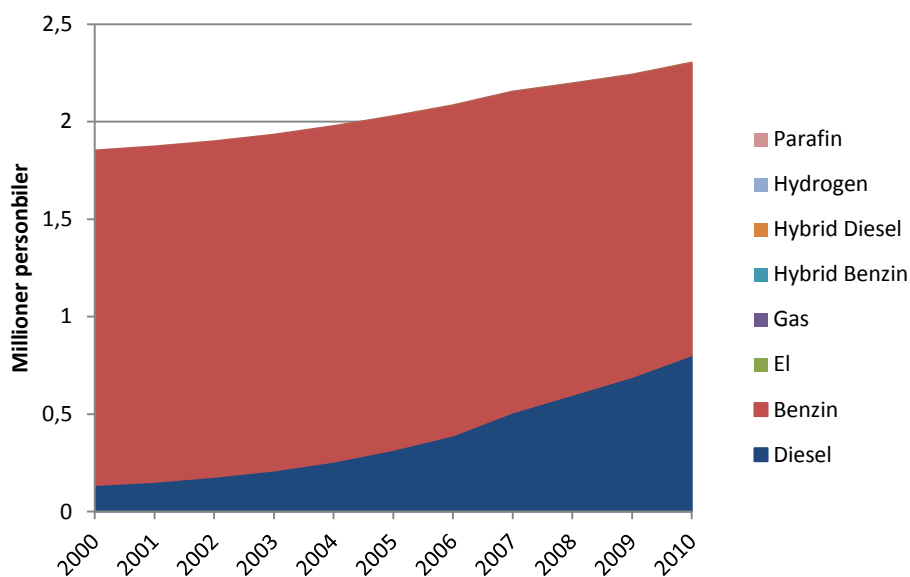
Usikkerheder om trafikarbejde og belægning

Den gennemsnitlige belægning for personbiler, som er beregnet på baggrund af data fra SSB for årene 2005-2009 afviger fra andre kilder. Dette kan blandt andet ses på en stigning af belægningen fra 2004 til 2005. Til en vis grad genskabes der ved beregning af belægningen de forudsætninger, som er

blevet lagt til grund for beregning af persontransportarbejdet og trafikarbejdet. Ifølge (TØI, 2009) benyttes der en belægning på 1,7 for personbiler og 3,85 for minibusser fra 1997 til 2008. Til sammenligning regnes der med en belægning på 2,2 for lejebiler og 1,3 for taxier (ekskl. fører) for perioden fra 1985 – 1996.¹¹ I denne rapport benyttes der for perioden efter 2005 belægningen, som er beregnet ud fra SSBs oplysninger for persontransportarbejde og trafikarbejde med personbiler, da disse vurderes mest pålidelige, og da det er muligt at fraregne varebilernes andel. Før 2005 benyttes den gennemsnitlige belægning for personbiler som angivet i (TØI, 2009), da der ikke er adgang til andre data. Noget tyder dog på at trafikarbejdet i årene 2005-2007 er undervurderes ved brug af SSB's data.

Køretøjsbestand

Til dette projekt er data for køretøjsbestanden baseret på oplysninger fra OFV, som går tilbage til 2000. I løbet af de sidste 10 år er andelen af dieselmotorer steget betydeligt fra ca. 7 % til ca. 35 %. I 2010 udgjorde dieselmotorer ca. 75 % af de nyregistrerede biler. Siden 2000 er bestanden steget med ca. en fjerdedel til godt 2,3 mio. personbiler.



Figur 18: Total personbilsbestand (inkl taxier) i Norge. Kilde: OFV

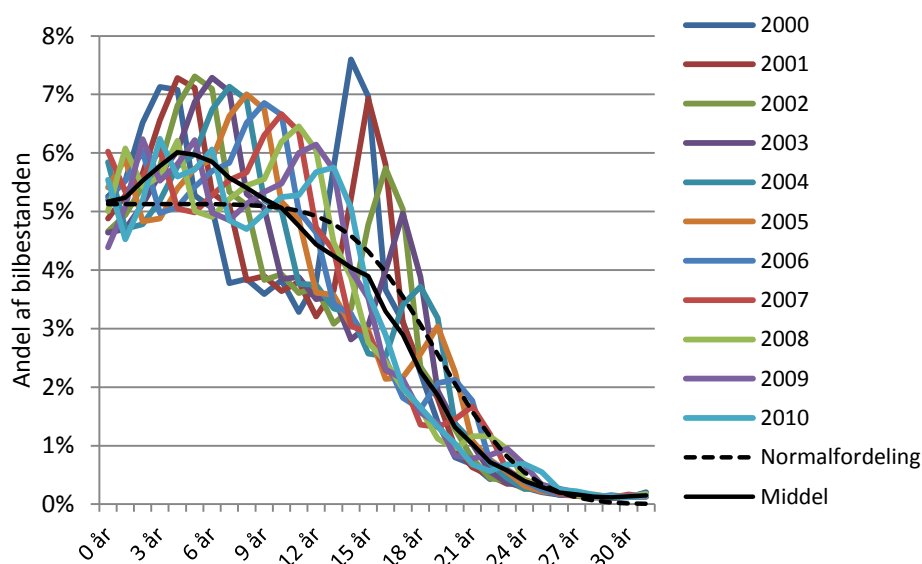
Levetid

Figur 19 viser aldersfordelingen af bilbestanden i Norge for årene 2000 til 2010. Stregerne angiver for forskellige år, hvor mange procent af bilbestanden der havde en bestemt alder. Eksempelvis viser linien for år 2000, at over 7 % af bilerne var 14 år gamle i 2000. I 2010 var det kun ca. 5 % der var 7 år gamle.

¹¹ I kilden er beregningerne beskrevet i flere detaljer, og der er redegjort for at statistikken år for år ikke nødvendigvis er helt sammenlignelig for taxier. Da de udgør en mindre del af transportarbejdet er der set bort fra det her.

Udover aldersfordelingen for hvert enkelt år fra 2000 til 2010 er gennemsnittet for aldersfordeling vist ("Middel"). Endelig er der estimeret en normalfordeling for bilernes forventede levetid. Normalfordelingen har en middelværdi på 19 år og en standardafvigelse på 4 år. Den estimerede normalfordeling tager ikke højde for forskellige størrelser af årgange, men afbilder aldersfordeling i en "stabil" population. Det vil derfor ikke være muligt at opnå flere biler med en højere alder end med en lavere alder.

OFV's data viser en gennemsnitlig alder på bilbestanden på ca. 10 år i 2010. Dette inkluderer alle personbiler (inkl. veteranbiler) og taxier. SSB angiver gennemsnitsalderen lidt lavere, som det fremgår af tabel 3. Afvigelserne kan delvis skyldes inkludering af taxier i OFV's tal.



Figur 19: Aldersfordeling for personbiler i Norge. De enkelte linier angiver aldersfordelingen i et bestemt år. I år 2000 har der over 7 % af bilerne således været 14 år gamle. Dette skyldes, at der blev nyregistreret forholdsvis mange nye biler i 1986. Kilde: OFV

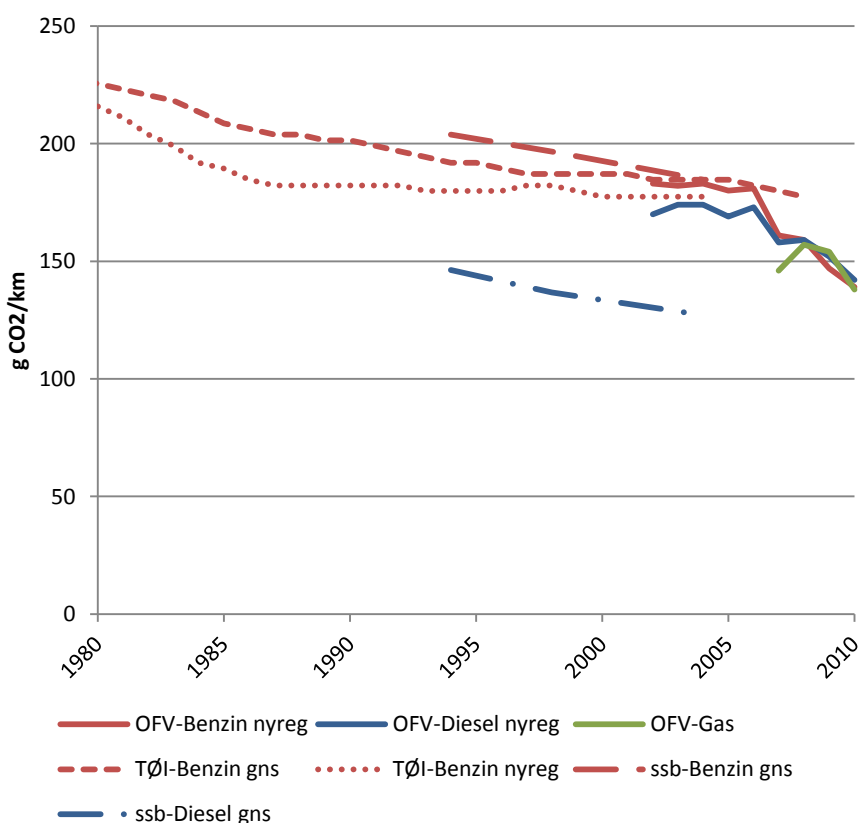
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Gennemsnitsalder, OFV	9,49	9,59	9,68	9,76	9,71	9,7	9,69	9,65	9,77	9,95	10
Gennemsnitsalder, SSB	10	10,1	10,2	10,3	10,2	10,2	10,2	10,2	10,3	10,4	10,5

Tabel 3: Gennemsnitsalder i år ifølge OFV og SSB.

Energieffektivitet

Figur 20 viser CO₂-udledning per køretøjskilometer for nyregistrerede personbiler i Norge, som angivet af OFV. Effektiviteten er angivet ifølge en

standardiseret testcyklus, og ikke nødvendigvis et udtryk for udledning i praksis. SSB har i (SSB, 2008) beregnet den gennemsnitlige effektivitet for hele bilparken, baseret på data for det faktiske energiforbrug og køretøjskilometerne. Disse tal ligger noget højere for benzinbiler, men lavere på dieslbiler. Sidstnævnte kan skyldes, at data dækker over en periode, hvor antallet af dieslbiler var forholdsvis begrænset, og bestod af mange nye biler. Dette kan give usikkerhed ved estimering af det gennemsnitlige energiforbrug. Desuden kan der være forskel på bilernes størrelse (totalvægt). Endelig er der i (TØI, 2009) angivet en effektivitet for nyregistrerede biler og som gennemsnit for bilparken. Disse tal går længst tilbage. OFV's data antyder en relativ markant forbedring i effektiviteten siden 2005. I denne rapport benyttes OFV's data, da disse er mest opdateret. De seneste års markante udvikling stemmer i store træk overens med observationer i nabolandene og EU. Omlægningen af engangsafgiften for personbiler i Norge i 2007 kan have spillet en væsentlig rolle for forskellen imellem data for 2006 og 2007, idet det blev økonomisk mere fordelagtigt at købe biler med lavere CO₂-emission.



Figur 20: CO₂-udledning i gram per km for personbiler. Bemærk at nogle serier gælder for nyregistrerede biler (nyreg) mens andre gælder for den gennemsnitlige bilpark. Kilder: OFV, (TØI, 2009), (SSB, 2008)

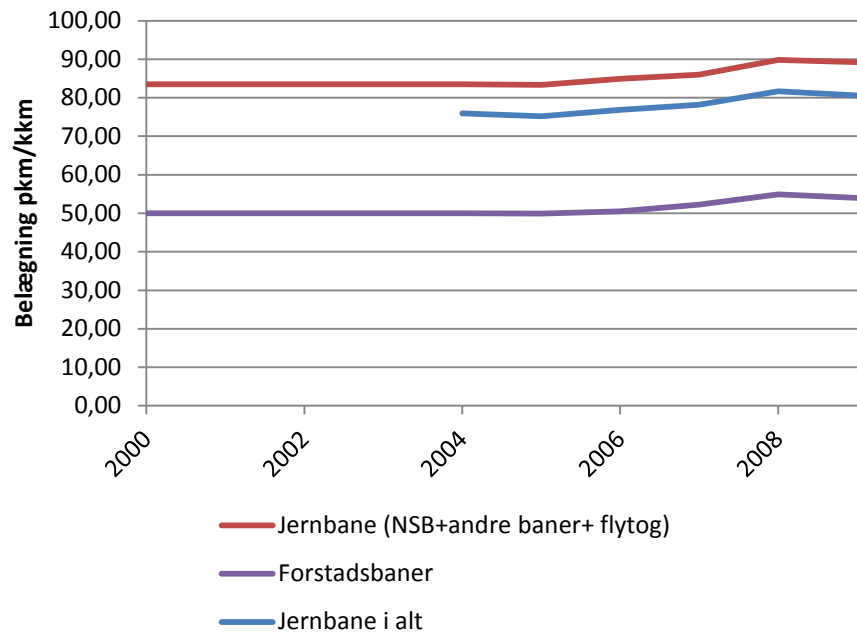
4.3 Øvrig persontransport

Der er afvigende angivelser for trafikarbejdet og effektiviteten ved øvrig persontransport i litteraturen. Det er her forsøgt at benytte sammenhængende data for både køretøjsarbejde og effektivitet, for til sidst at kunne estimere energiforbruget. De angivne kategorier dækker dog over større variationer, og således dækker busser f.eks. både busser i rutekørsel i hele landet, men også private turistbusser. De enkelte usikkerheder er forklaret nærmere for neden.

Jernbane

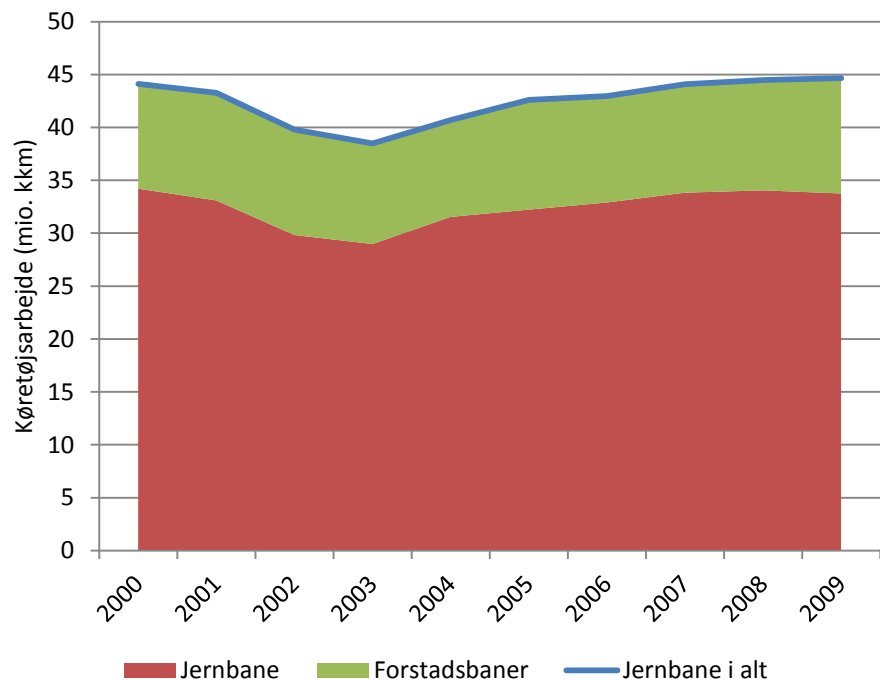
SSB angiver i tabellerne 06256 og 06236 persontransportarbejdet for hhv. kollektiv transport med jernbane i alt og kollektiv transport med T-bane, Trikk og Flytog. Ud fra de to angivelser beregnes en belægningsgrad på mellem 75 og 80 pkm/kkm for jernbane i alt og mellem 55 og 60 for T-bane, Flytog og Trikk for perioden fra 2004 til 2009. Ud fra dette er der estimeret et belægningstal ca. 50 pkm/kkm¹² for forstadsbaner, som benyttes til at beregne antal togkilometer med forstadsbaner. Dette tal kan trækkes fra det samlede antal togkilometer, og således kan persontransportarbejdet og trafikarbejdet deles op på de to kategorier jernbane og forstadsbane. Formålet er at kunne dele op svarende til de kategorier, der er benyttet i (SSB, 2008), hvor energiforbruget per personkilometer og togkilometer er angivet.

¹² Der forudsættes en belægningsgrad på 50 pkm/kkm i 2004, som derefter antages at have samme udvikling som den samlede belægningsgrad.



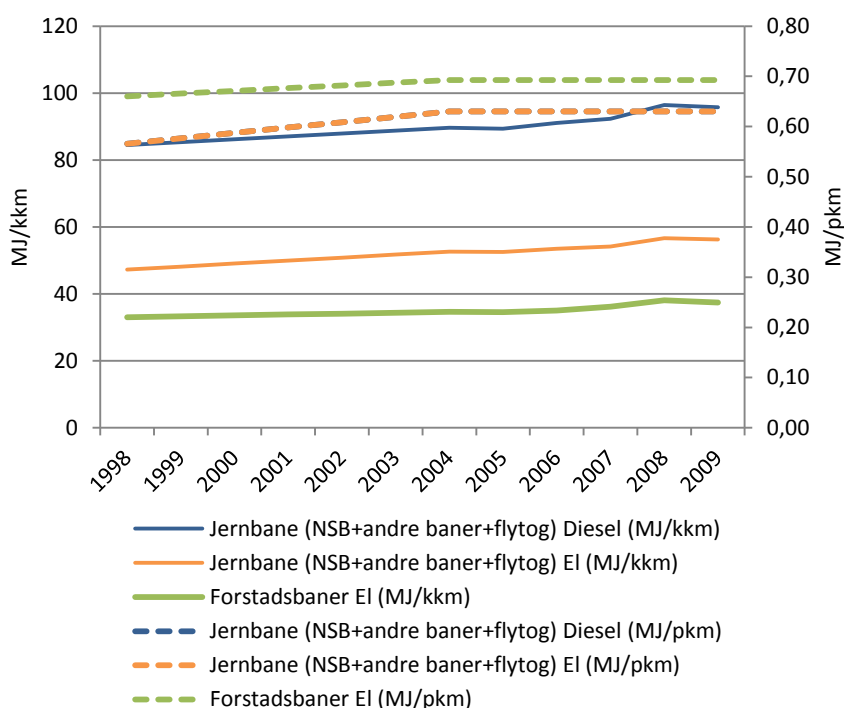
Figur 21: Belægningsgrad for jernbane. For jernbane i alt er belægning direkte baseret på oplysninger fra SSB. Opdelingen på forstadsbaner og jernbane er foretaget ifølge egne antagelser, som forklaret i teksten. For perioden før 2004 er belægning sat lig med 2004.

Figur 22 viser udiklingen i køretøjsarbejdet for jernbanetransport, baseret på de foroven beskrevne antagelser om belægningen.



Figur 22: Køretøjsarbejde med tog. For 2004 og frem er data for "jernbane i alt" baseret på oplysninger fra SSB. Andre data er beregnet pba. egne antagelser.

Antagelser om effektiviteten for persontransport med tog er baseret på (SSB, 2008), som angiver beregninger for 1998 og 2004. Der er interpoleret imellem årene. Togstørrelsen og belægningen har afgørende betydning for energiforbruget og de angivne tal dækker derfor over større variationer. Effektiviteten er angivet for dieseldrevne persontog, eldrevne persontog og forstadsbaner (eldrevne). Efter 2004 er effektiviteten her forudsat konstant. Energiforbruget per togkilometer er beregnet pba. af den foroven beskrevne belægningsgrad. På trods af let stigende belægning vises der i alt let stigende energiforbrug. Dette kan dog også skyldes usikkerhed i datamaterialet. I 2004 stod eldrevne tog for 89 % af persontransportarbejdet med jernbane (ekskl. forstadsbaner).



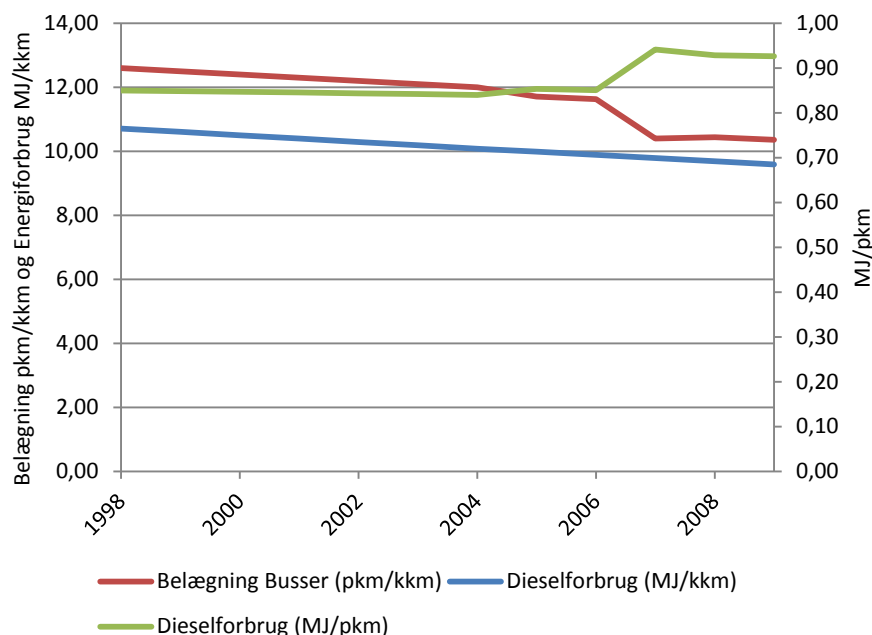
Figur 23: Energiforbrug for jernbane. Energiforbrug per personkilometer for 1998 og 2004 er angivet ifølge (SSB, 2008). Andre data på baggrund af egne beregninger.

Busser

Bustransport dækker over en bredere kategori, med bustyper af forskellig størrelse og belægningsgrad. Det er her forsimpelt antaget, at al bustransport (jf. afsnit 4.1 om persontransportarbejdet) udføres i samme type busser. Energiforbruget til dette antages at svare til de bustyper der er angivet i (SSB, 2008). I denne kilde behandles data fra alle selskaber med ret til at drive personbusvirksomhed, dog er rutebusser drevet af taxaselskaber eller "turbilselskaber" ikke med. Desuden er en del af skolebustransport, herunder specialtransport i mindre busser ikke med. Dette fører muligvis til en lettere

undervurdering af det totale energiforbrug, idet andre bustyper kan have lavere belægning og højere energiforbrug per personkilometer.

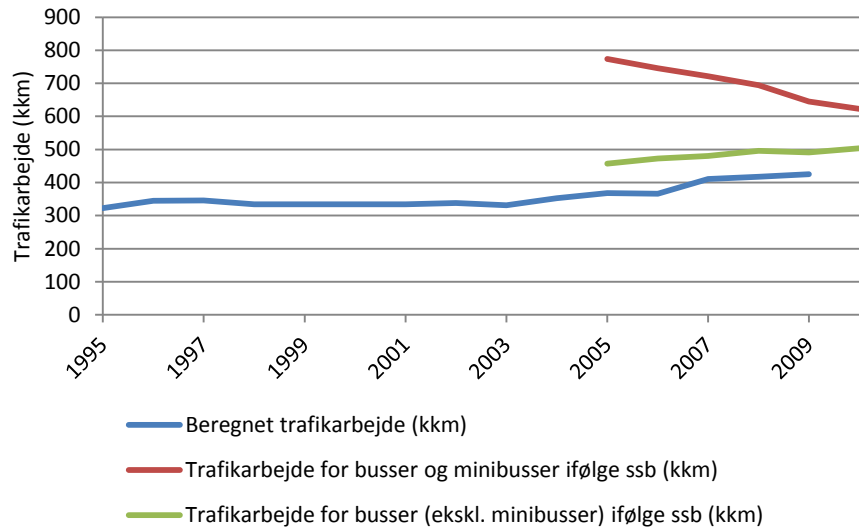
Figur 24 viser de her anvendte belægnings, som indtil 2004 er baseret på (SSB, 2008). Efter 2004 er der anvendt en belægning beregnet på baggrund af SSBs statistik over kollektivtransport (køretøjskilometer og personkilometer) i tabel 06256. Det vurderes at de to kilder dækker over nogenlunde samme type bustransport. Fra 2007 til 2009 observeres en faldende belægning. Figur 24 viser energiforbruget, som angivet i (SSB, 2008), hhv. beregnet vha. omtalte belægning. I perioden fra 1998 til 2004 blev energiforbruget per køretøjskilometer effektiviseret med ca. 9 %.



Figur 24: Belægning (venstre y-akse), Energiforbrug per køretøjskilometer (venstre y-akse) og energiforbrug per personkilometer (højre y-akse) for bustransport i Norge. Data er baseret på (TØI, 2009) og (SSB, 2008). Efter 2004 er energiforbrug per personkilometer beregnet ud fra belægningen ifølge SSB og en lineær fremskrivning af energiforbruget per køretøjskilometer angivet i (SSB, 2008) for perioden fra 1998 til 2004.

Figur 25 viser trafikarbejdet med busser i Norge. Det fremgår, at det her anvendte trafikarbejde (beregnet trafikarbejde) er lavere end angivet af SSB for busser (ekskl. minibusser), hvilket skyldes den forudsatte ens belægning. SSB angiver desuden trafikarbejde for kollektiv transport i busser. Dette ligger under det her beregnede trafikarbejde. I alt kan det konkluderes, at det afgørende er, at det angivne persontransportarbejde (jf. figur 14) for busser dækker al transport med busser, hvilket er antaget her. En opdeling på flere

kategorier indenfor bustransport kunne øge nøjagtigheden for energiforbrugsberegningen, hvilket dog undlades her.

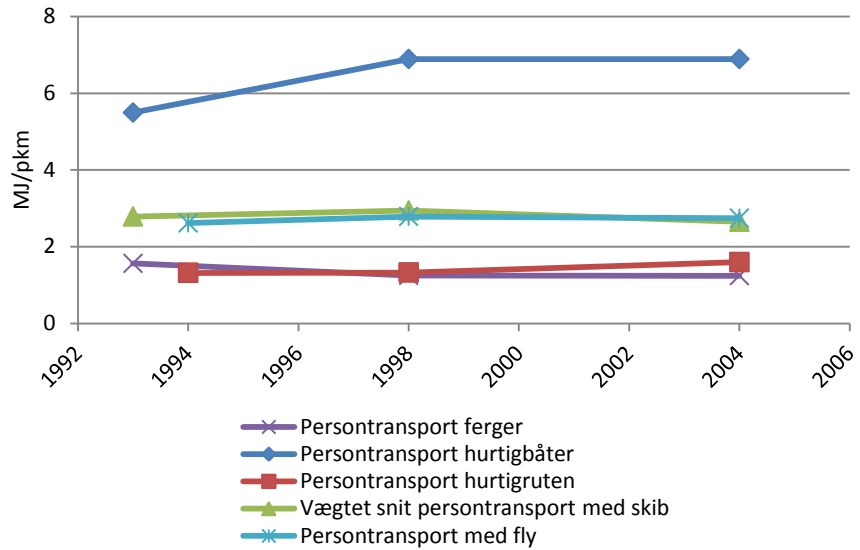


Figur 25: Forskellige angivelser for trafikarbejde med busser. SSB angivelser stammer fra tabel 07304.

Skib

For persontransportarbejde med skib er der ikke angivet eller beregnet trafikarbejde. I stedet tages der direkte udgangspunkt i persontransportarbejde og et energiforbrug per personkilometer. Dette er baseret på (SSB, 2008). I kilden er energiforbruget beregnet for tre kategorier: hurtigbåt, ferger og hurtigruten. Figur 26 viser det gennemsnitlige energiforbrug for de tre kategorier, vægtet i forhold til deres andel af persontransportarbejdet.¹³ Der fremgår ingen tydelig udvikling, og energiforbruget per personkilometer har stort set været konstant siden 1993, hvis der ses på det vægtede snit. Transport med fritidsbåde er ikke inkluderet her, men under kategorien "offroad".

¹³ SSB foretager en opdeling af energiforbruget i de tre kategorier på persontransport og godstransport. For 2004 har denne opdeling ikke været muligt for hurtigbåter og energiforbruget tilskrives derfor alene persontransport, hvilket resulterer i en kraftig stigning fra 1998 til 2004. Der er her i stedet anvendt samme data for 2004 som for 1998. Energiforbrug til godstransport er håndteret under godstransport med skib.



Figur 26: Energiforbrug til persontransport med skib og fly. Kilde: (SSB, 2008)

Fly

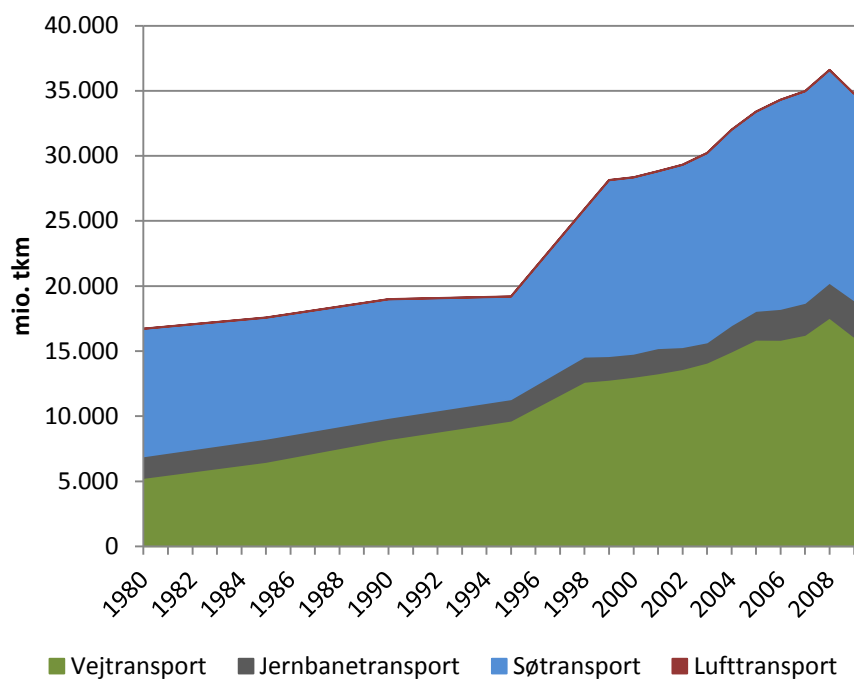
Ligesom for persontransport med skib tages der for flytransport direkte udgangspunkt i energiforbruget per personkilometer, som angivet i (SSB, 2008). Dette er vist på figur 26 foroven.

4.4 Godstransport

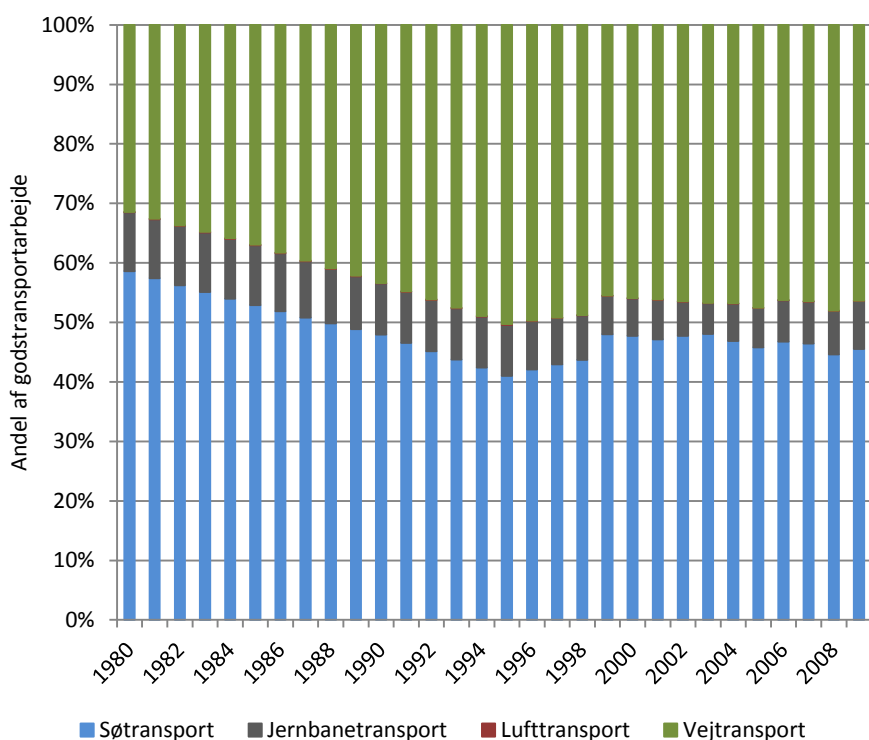
Transportarbejdet for godstransport måles i tonkilometer. Via en belægningsgrad for de relevante køretøjer kan transportarbejdet omsættes til et trafikarbejde målt i køretøjskilometer.

Godstransportarbejde

Figur 27 viser udviklingen af godstransportarbejdet i Norge i perioden fra 1980 til i dag. Især for perioden fra 1997 til 2001 fremgår der en kraftig stigning i godstransportarbejdet. Som det fremgår af figur 28 udgør vejtransport næsten halvdelen af godstransportarbejdet i dag og kun ca. en tredjedel i 1980. Ved vejtransporten står lastbilerne for langt størstedelen af transportarbejdet.



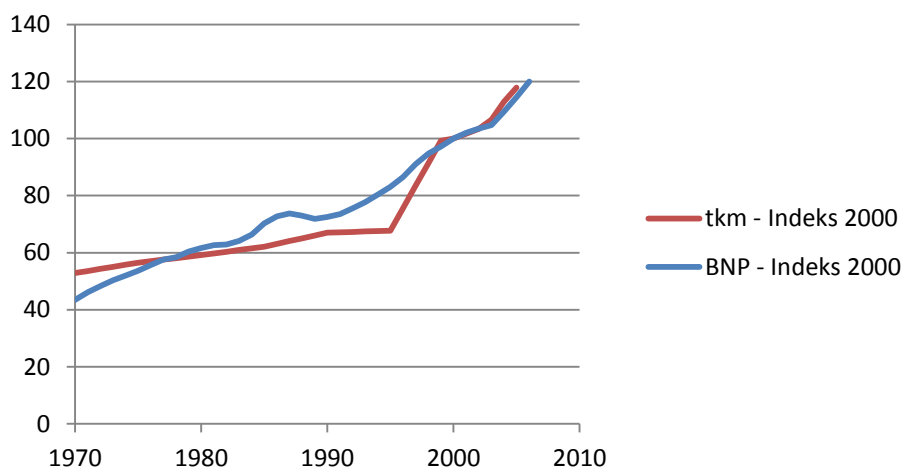
Figur 27: Godstransportarbejde i Norge. Kilde:sbb.



Figur 28: Fordeling af godstransportarbejdet i Norge. Kilde:SSB

Figur 29 viser sammenhængen mellem BNP (Fastlandsnorge) og udviklingen i godstransportarbejdet, og de gennemsnitlige vækstprocenter er vist på tabel

4. I modsætning til persontransportarbejdet har væksten i godstransportarbejdet ligget under væksten i BNP i årene 1970-1990, mens den har ligget over BNP i perioden fra 1990-2000. I de sidste 10 år lå væksten lidt under BNP på ca. 2,3%, men på ca. 3,6 %, hvis der alene ses på højvækstårene fra 2002 til 2007.



Figur 29: Udvikling af BNP (Fastlandsnorge) og godstransportarbejdet. Kilde: SSB.

Gennemsnitlig vækst i perioder	1970 - 1980	1980 - 1990	1990 - 2000	2000 - 2010	2002 - 2007
BNP	3,6%	1,6%	3,3%	2,6%	4,1%
tkm	1,1%	1,3%	4,1%	2,3%	3,6%

Tabel 4: Gennemsnitlig vækst pr. år for BNP og godstransportarbejdet. For persontransportarbejdet er der kun data frem til 2009.

4.5 Godstransportarbejde i lastbiler

Transportarbejde

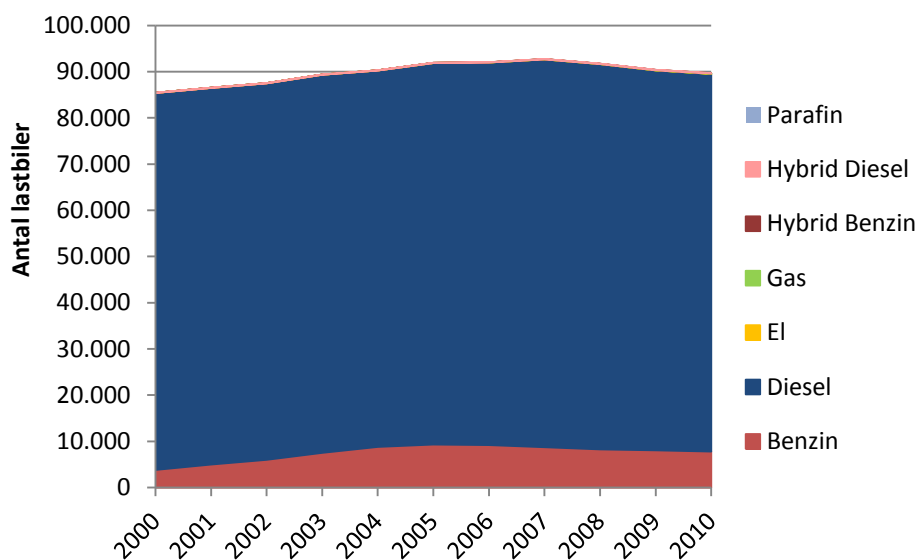
I denne rapport benyttes data for lastbilernes (>3,5 ton) transport- og trafikarbejde, som angivet af SSB i tabel 08478 "Nasjonal leie- og egentransport"¹⁴. Denne statistik omfatter "alle norskregistrerte godsbiler med nyttelast 3,5 tonn". Ud fra disse data beregnes også den gennemsnitlige belægning for lastbilerne. Det totale godstransportarbejde angivet af SSB i tabel 08478 er i gennemsnit ca. 5 % lavere end angivet på figur 27. Dette skyldes sandsynligvis, at der er taget godstransport i mindre biler (varebiler) og busser med i den overordnede statistik. Varebilerne er her behandlet separat, og er beskrevet længere forinden.

¹⁴

http://statbank.ssb.no/statistikkbanken/Default_FR.asp?PXSid=0&nvl=true&PLanguage=0&tilside=selectvarval/define.asp&Tabellid=08478

Køretøjsbestand

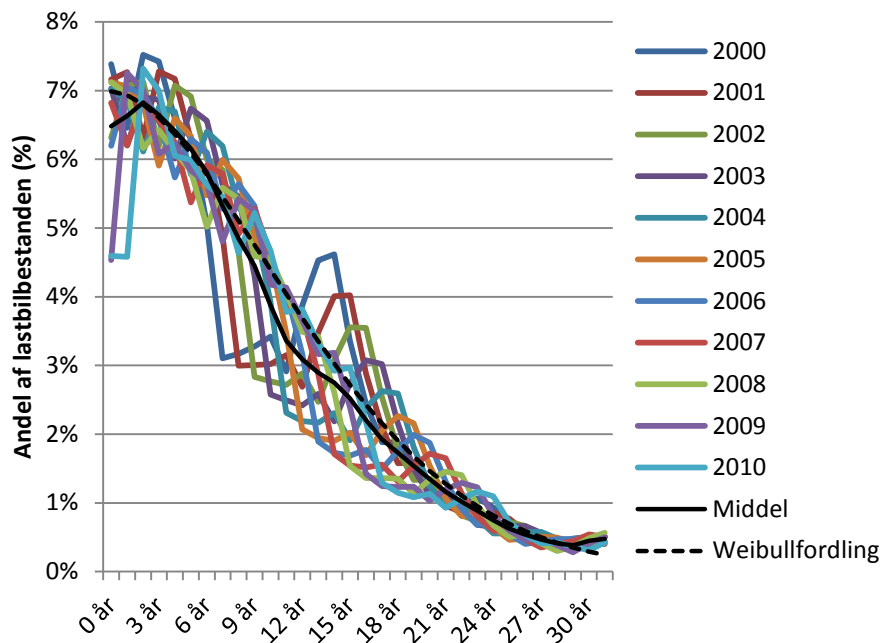
Figur 30 viser køretøjsbestanden for lastbiler registreret i Norge med en totalvægt på over 3,5 ton. Siden 2000 er bestanden øget med godt 5%, men udviklingen er stagneret omkring 2005 og faldet siden 2007. Fra 2000 til 2005 er antallet af benzindrevne lastbiler mere end fordoblet. Benzindrevne lastbiler er dog især repræsenteret i den lette ende, og over 87% af de benzindrevne lastbiler var i 2010 under 6 ton totalvægt. I den efterfølgende periode faldt antallet af lette lastbiler op til 6 ton, mens antallet af lastbiler over 11 ton steg.



Figur 30: Udviklingen af køretøjsbestanden for lastbiler med en totalvægt på over 3,5 ton. Kilde: OFV

Levetid

Aldersfordelingen for køretøjsbestanden af lastbiler over 3,5 ton er vist på figur 31. I forhold til personbiler er gennemsnitsalderen lidt højere (ca. 11,2 år i 2010), men spredningen i bestanden er større. Der er også vist et estimat på en Weibullfordeling for aldersfordelingen. For lastbiler giver Weibullfordelingen et bedre estimat end en normalfordeling.

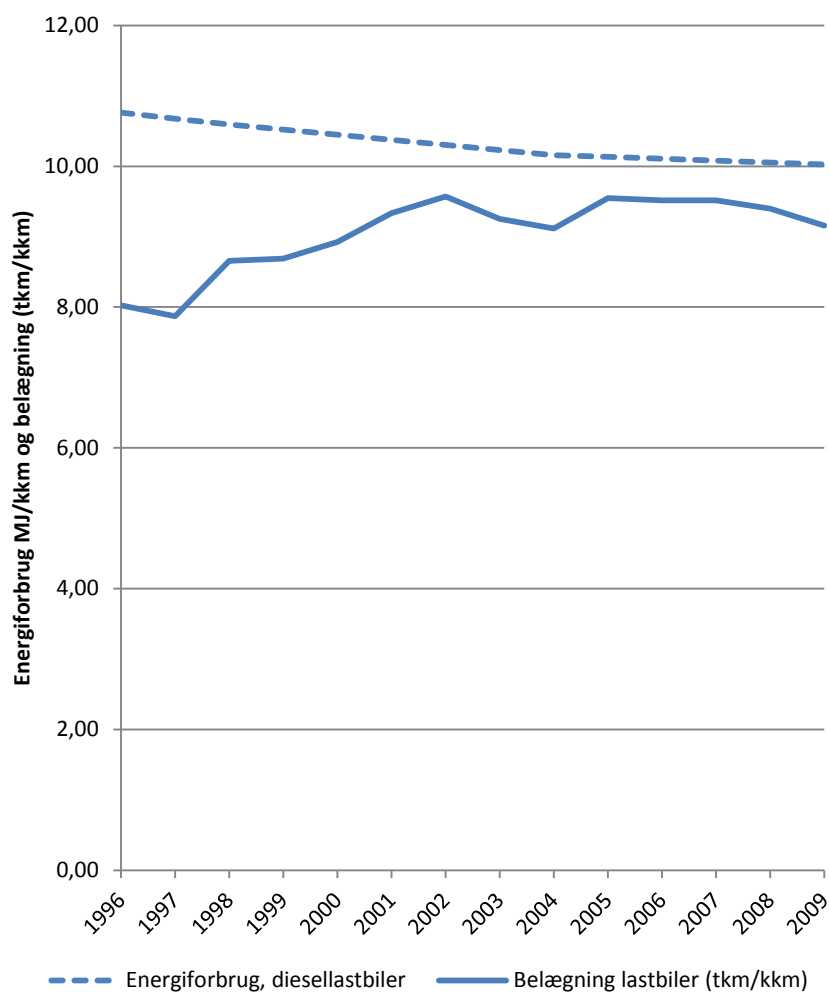


Figur 31: Aldersfordeling for lastbiler. Den estimerede Weibullfordeling har en α -værdi på 1,75 år og en β -værdi på 15,5 år. Kilde: OFV

Effektivitet

Lastbilernes gennemsnitlige effektivitet¹⁵ og belægning vist på figur 32. Energiforbruget per køretøjskilometer har været svagt faldende på trods af en øget belægning.

¹⁵ Det angivne energiforbrug er angivet som vægtet gennemsnit for lastbiler fra 5-11 ton og over 11 ton ifølge (SSB, 2008).



Figur 32: Gennemsnitligt energiforbrug for lastbiler. Effektivitet baseret på vægtet gennemsnit for lastbiler over 5 ton, som angivet i (SSB, 2008). Der er interpoleret imellem beregningsårene i kilden. Belægningen er beregnet pba. af SSBs tal i tabel 08478

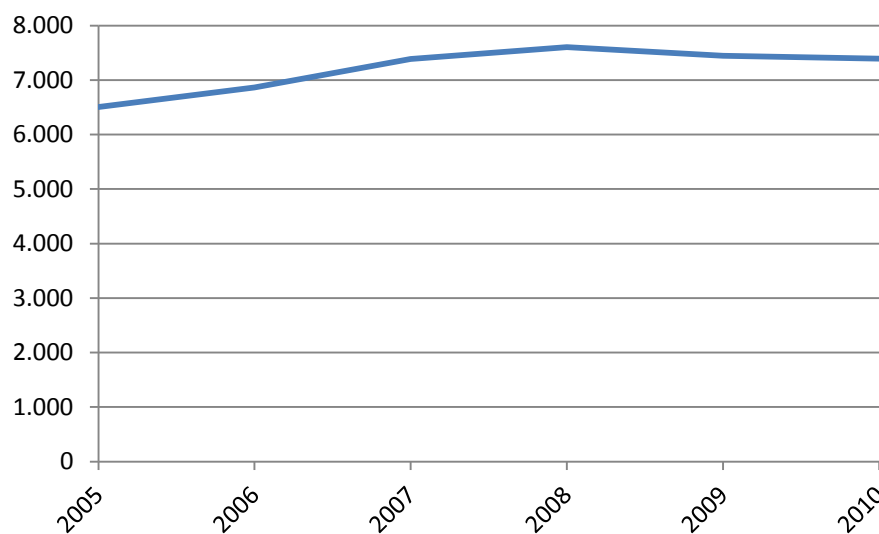
4.6 Godstransportarbejde i varebiler

Denne kategori inkluderer varebiler, ”kombinerede biler” og små lastbiler med en *totalvægt* på op til 3,5 ton. Al trafikarbejde med disse køretøjer er inkluderet i denne kategori, selvom dele af køretøjsarbejdet går til persontransport og ikke varetransport.

Trafikarbejde

For varebiler foreligger der ikke god statistik for godstransportarbejdet, og der ses derfor alene på køretøjsarbejdet. Dette har kun været tilgængeligt for 2005 til 2010 (se figur 33), og datagrundlaget er derfor meget begrænset. Fra 2005 til 2007 steg trafikarbejdet relativt kraftigt med over 13 % i alt. Siden 2008 har trafikarbejdet dog aftaget lidt (med næsten 2,5 % i alt). Det bemærkes, at trafikarbejdet ifølge SSB gælder varebiler med en *nyttelast* op til

3,5 ton. Dermed er der sandsynligvis inkluderet flere biler, end i bilparken, som angives forinden, og som kun omfatter varebiler med en *totalvægt* på op til 3,5 ton. For det samlede transportarbejde viser det sig, at hvis der forudsættes en belægning på 0,1 tkm/kkm¹⁶, så stemmer summen af det udførte transportarbejde med varebiler og lastbiler, som beskrevet i afsnit 4.5, godt overens med det samlede vejgodstransportarbejde vist i afsnit 4.4 (afvigelse på under 1 %).



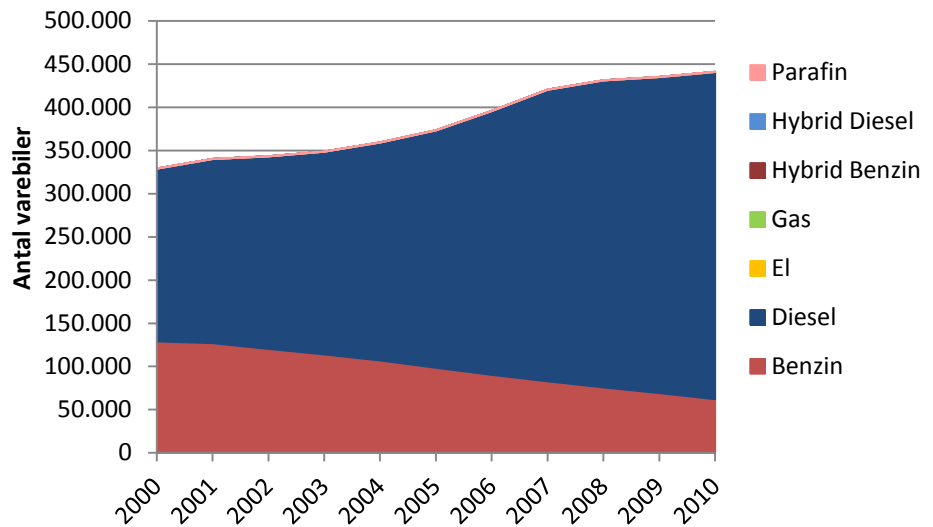
Figur 33: Trafikarbejde med varebiler. Kilde: SSB. Ifølge SSB inkluderer dette varebiler og kombinerede biler med en nyttelast op til 3,5 ton.

Køretøjsbestand

Figur 34 viser udviklingen af køretøjsbestanden for varebiler med en totalvægt på under 3,5 ton, som angivet af OFV¹⁷. Med ca. 86 % udgjorde dieselmotorerne langt størstedelen i 2010. Ligesom for lastbiler udgør benzindrivne biler en større relativ andel af de lettere biler.

¹⁶ SSB angiver statistik for godstransport med varebiler for 2008, og ud fra disse tal beregnes en belægning på gennemsnitlig 0,1 tkm/kkm.

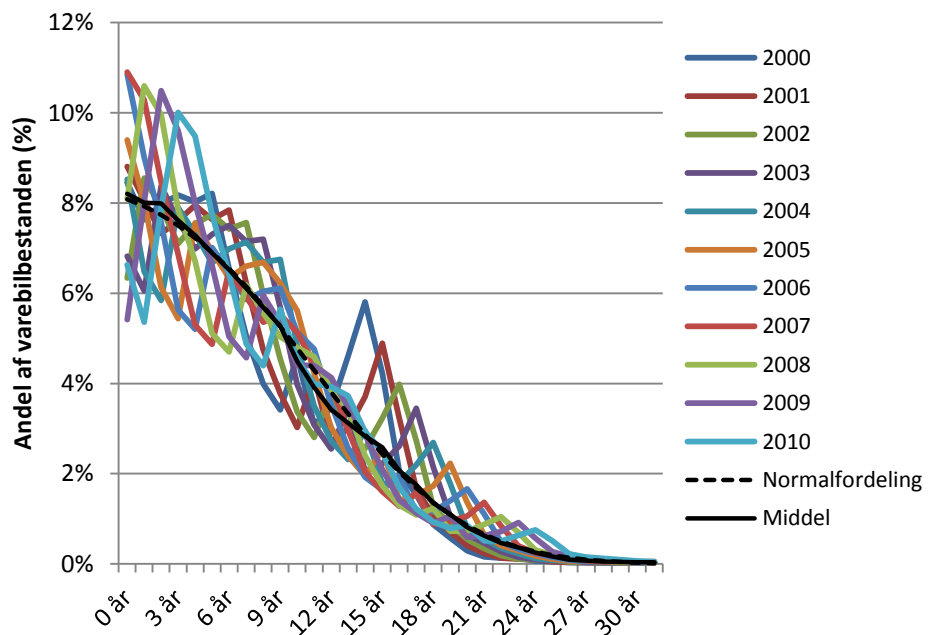
¹⁷ Tallene afviger en smule (under 3 %) fra SSB's angivelser for summen af varebiler og kombinerede biler, som angivet i tabel 01951 og 07832.



Figur 34: Køretøjsbestanden for varebiler med en totalvægt under 3,5 ton. Kilde: OFV.

Levetid

Ligesom lastbiler viser varebilernes aldersfordeling en større spredning end personbiler, som det fremgår af figur 35. I 2010 var gennemsnitsalderen ca. 7,75 år.

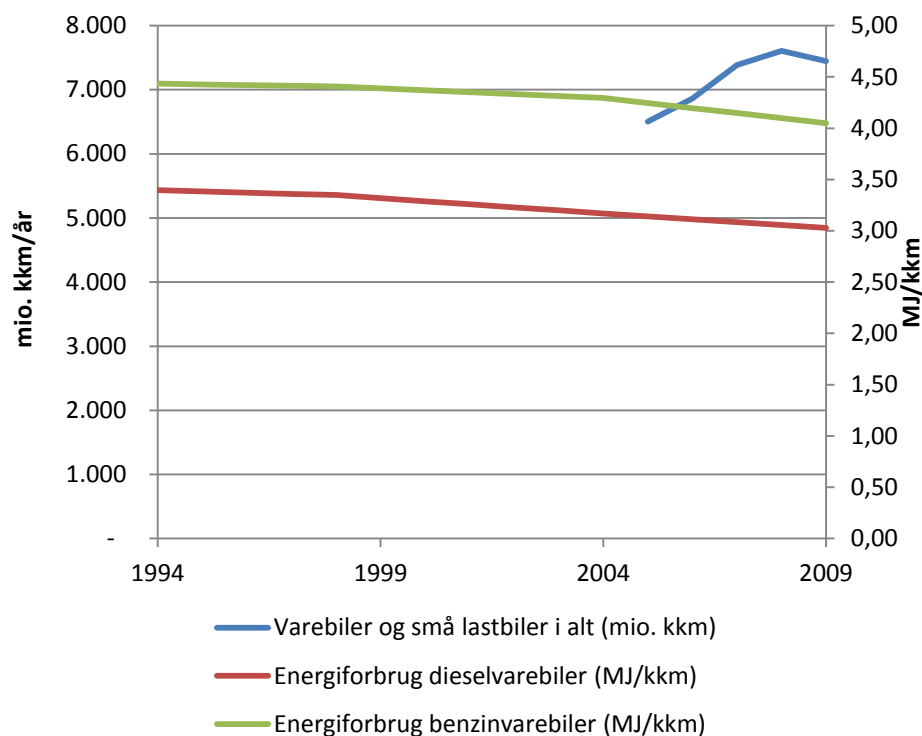


Figur 35: Aldersfordeling for varebiler for årene 2000-2010. Den viste normalfordeling er estimeret, og har en middelværdi på 11 år og en spredning på 7 år. Kilde: OFV.

Effektivitet

Effektiviteten for varebiler er beregnet i (SSB, 2008), men også her tages der forbehold for tallene. Effektivitet og køretøjsarbejde er vist på figur 36. I

praksis kan ikke al køretøjsarbejde begrundes med godstransport, da varebiler erfaringsmæssigt også benyttes til persontransport. Dette tages der dog højde for ved at beregne energiforbruget for det samlede trafikarbejde med varebiler.



Figur 36: Trafikarbejde og energiforbrug per køretøjskilometer for varebiler. Energiforbruget er baseret på (SSB, 2008). Efter 2004 er data estimeret.

4.7 Øvrig godstransport

Skibstransport

Den vigtigste del af godstransport med skib foregår ved "leje og egentransport". Derudover transporteres dog en mindre mængde med ferger og lignende (ca. 2% i 2009). I denne rapport sammenfattes al godstransport med skib i én kategori. I (SSB, 2008) angives det, at det ikke er muligt at beregne et gennemsnitligt energiforbrug per tonkm for skibstransport, på grund af dårligt datagrundlag. Der gennemføres dog beregninger for energiforbruget med konkrete skibe på konkrete strækninger. Afhængigt af strækning og skibstørrelse beregnes energiforbruget i (SSB, 2008) til at ligge imellem 0,24 og 0,53 MJ/tkm. Samtidig vurderes disse tal dog at være lavt sat på grund af en overvurdering af transportmængden. Forbruget sættes derfor skønsmæssigt til 0,53 MJ/tkm. Dette tal er yderst usikkert.

Jernbane

I 2009 blev ca. 8 % af godstransportarbejdet udført med jernbane. Tabel 5 viser energiforbruget for jernbane per tokilometer. Det samlede energiforbrug

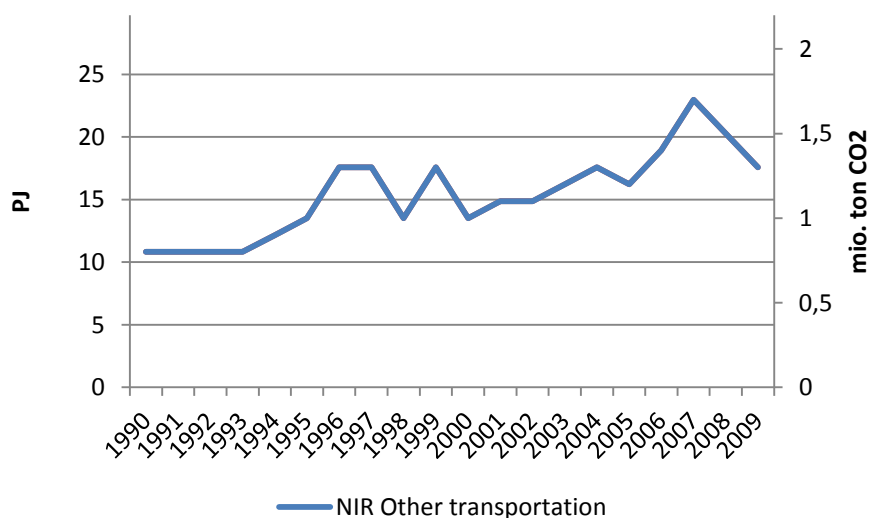
estimeres i kapitel 6 direkte på baggrund af godstransportarbejde og energiforbruget per tonkilometer, og køretøjskilometerne er derfor ikke behandlet her. Ca. 25 % af godstransportarbejdet udføres med dieseltog, mens resten udføres med eltog. Data antyder, at dieseljernbane blev mere effektiv fra 1998 til 2004, men der nævnes i kilden tvivl om dette er retvisende eller skyldes datausikkerhed.

	Jernbane – diesel	Jernbane – el
1998	0,72 MJ/tkm	0,22 MJ/tkm
2004	0,57 MJ/tkm	0,25 MJ/tkm

Tabel 5: Energiforbrug per tonkilometer for godstransport med jernbane. Kilde: (SSB, 2008)

4.8 Offroadsektoren

Under offroadsektoren opsamles transportrelateret energiforbrug, der ikke indgår i de andre kategorier. Forbrugskategorierne kan derfor være spredte, og det kan være svært at indsamle et godt datagrundlag for at estimere de nuværende og fremtidige energiforbrug i offroadsektoren. I denne rapport er det valgt at tage udgangspunkt i Norges National Inventory Report (Klif, 2011), hvor der angives CO₂-emissioner fra "other transportation" for en årrække tilbage fra 1990. Dette svarer til CRF-kategorien (1A3e), hvor de indgår forbrug til mobile anlæg inden for bygge- og anlægssektoren, fritidsbåde, snescootere m.m.. Udviklingen af energiforbruget fremgår af figur 37.



Figur 37: Energiforbrug i offroadsektoren ifølge National Inventory Report (Klif, 2011). Der er her regnet om fra CO₂-ækvivalenter angivet i kilden til PJ under antagelse af at al forbrug er diesel. Dette fører til en lille overvurdering af energiforbruget, da CO₂-ækvivalenterne også inkluderer andre drivhusgasser end CO₂.

4.9 Energiforbrug i transportsektoren

Dette afsnit redegør for relevante kilder for energiforbruget i transportsektoren i Norge. De forskellige kilder kan afvige fra hinanden, hvilket hovedsageligt skyldes forskellige kategorier, der medtages ved beregning af energiforbrug i transportsektoren. De vigtigste punkter til forskelle kan være:

- Om der kun inkluderes nationalt energiforbrug med norske køretøjer, eller om der også inkluderes international trafik (især med fly og skib og vejgodstransport)
- Om der inkluderes energiforbrug i offroad-sektoren, dvs. energiforbrug udenfor de klassiske kategorier. Dette kan f.eks. være: Energiforbrug til transportformål i bygge- og anlægssektoren, transportformål indenfor fiskeri, fritidsbåde og snescootere.
- Om der inkluderes energiforbrug for transport vedrørende olieudvinding ved kontinentalsokkelen.

Forneden vises energiforbruget i transportsektoren ifølge en række kilder, og vores forståelse af de inkluderede kategorier.

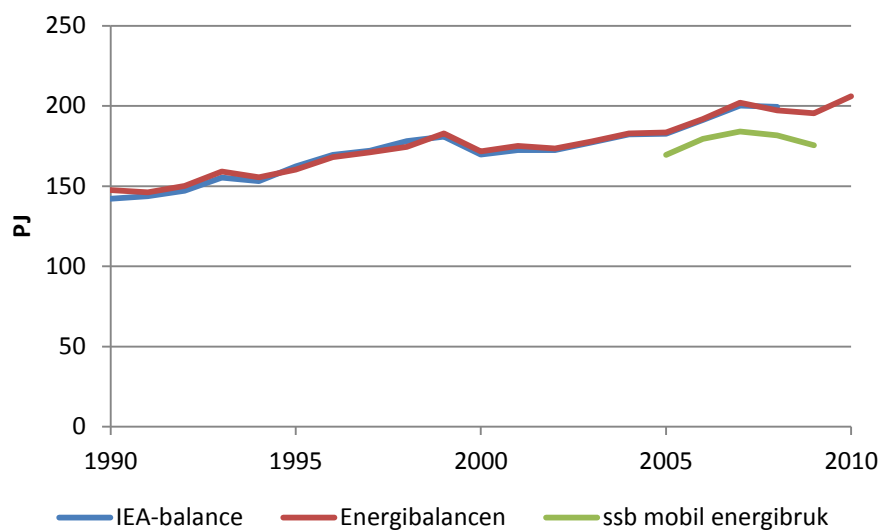
SSB angiver energiforbruget i transportsektoren i energibalancen for Norge¹⁸. Dette inkluderer:

- "Energivarebalancen skiller ut all bruk av energivarer til transportformål"
- Luftfart: Inkluderer salg af flybrændstof i Norge (til både udenlandske og nationale selskaber). Forsvarets forbrug er inkluderet.
- Søtransport: Udenrigs søtransport er ikke inkluderet.
- Forbrug i offroad-sektoren er inkluderet.

Sammenligning af kilder

Figur 38 viser en sammenligning af de forskellige kilder. Energivarebalancen stemmer nogenlunde overens med indberetninger til IEA, som Ea Energianalyse har fået udleveret af SSB. Forskellen til SSBs angivelser på kommuneniveau vurderes hovedsageligt at skyldes at fly og skibstransport kun er delvist medtaget her.

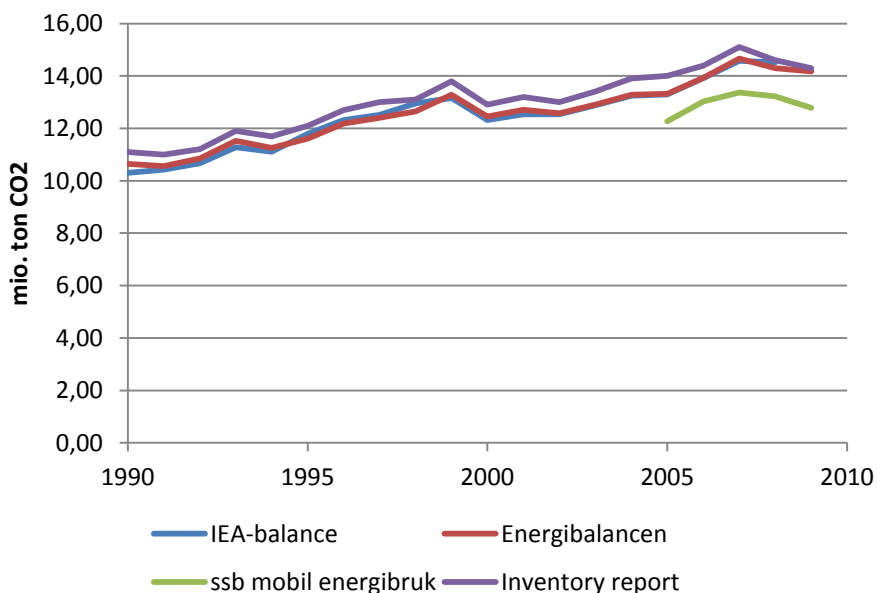
¹⁸ Se <http://www.SSB.no/vis/energiregn/om.html> for nærmere dokumentation.



Figur 38: Sammenligning af energiforbrug i transportsektoren ifølge forskellige kilder.

Desuden viser figur 39 energiforbruget udtrykt i CO₂-udledning, hvor der også er medtaget oplysninger fra "National Inventory Report" (Klif, 2011).

Variationen vist i disse data stemmer godt overens med energivarebalancen, men den totale sum ligger lidt højere. Dette skyldes formentlig inkluderingen af andre klimagasser, regnet om til CO₂-ekvivalenter.



Figur 39: Sammenligning af CO₂-emission fra transportsektoren ifølge forskellige kilder.

Sammenligning med
denne rapport

Denne rapport inkluderer kun energiforbrug i Norge fra norske køretøjer. Dette har især betydning indenfor skibstransport og flytransport. Desuden inkluderer denne rapport ikke skibstrafik til kontinentalsoklen, dvs. skibstransport relateret til olie- og gasudvinding. For såvidt angår offroadsektoren er der i denne rapport inkluderet mobilt forbrug i bygge- og anlægssektoren, forbrug til snescootere, fritidsbåde og diverse mindre forbrugere. Dette svarer til definitionen af "Other transportation" i National Inventory Report (Klif, 2011). Forbrug i landbrugssektoren og bygge- og anlægssektoren, samt fiskeri indgår ikke.

5 Modelværktøj og metode

I nærværende projekt benyttes et regnearksværktøj til at beregne energiforbruget i transportsektoren i Norge. Modellen er baseret på (Ea Energianalyse, 2011), men tilpasset på en række områder, bl.a. for at kunne inkludere flere kategorier. Dele af beskrivelsen forneden er baseret på (Ea Energianalyse, 2011).

Kategorier

Modellen repræsenterer størstedelen af transportformerne i transportsektoren, men anvender forskellig detaljeringsgrad i beregningerne. Der er lagt vægt på en forholdsvis detaljeret modellering af især personbiltransporten, samt let og tung godstransport i vare- og lastbiler, idet disse kategorier har væsentlig betydning for sektorens energiforbrug. Tabel 6 viser kategorierne, der er repræsenteret i modellen, hvor der i alle tilfælde kun tages hensyn til den nationale transport.

Type	Transportform	Detaljeringsgrad	Historik
Persontransport	Personbiler	Detaljeret opgørelse af bilbestand inkl. brændsel, alder, effektivitet, kørsel pr. år. m.m.	2000
	Motorcykler	Overordnet opdeling på brændsler og gennemsnitlig effektivitet.	1994
	Busser	Overordnet opdeling på brændsler og gennemsnitlig effektivitet per køretøjskilometer.	1998
	Jernbane	Overordnet opdeling på brændsler og gennemsnitlig effektivitet per køretøjskilometer	1998
	Forstadsbaner	Overordnet opdeling på brændsler og gennemsnitlig effektivitet per køretøjskilometer	1998
	Skib	Overordnet opdeling på brændsler og gennemsnitlig effektivitet per personkilometer	1994
Godstransport	Varebiler	Detaljeret opgørelse af bilbestand inkl. brændsel, alder, effektivitet, kørsel pr. år. m.m.	2005
	Lastbiler	Detaljeret opgørelse af bilbestand inkl. brændsel, alder, effektivitet, kørsel pr. år. m.m.	2000
	Skib	Overordnet opdeling på brændsler og gennemsnitlig effektivitet per tonkilometer	1980 (meget grove antagelser)
	Fly	Overordnet opdeling på brændsler og gennemsnitlig effektivitet per tonkilometer	1994
	Jernbane	Overordnet opdeling på brændsler og gennemsnitlig effektivitet per tonkilometer	1998
Offroad	Diverse mobil forbrænding (bygge- og anlægssektor, fritidsbåde, snescootere m.m.)	Samlet estimat for udvikling af effektivisering og efterspørgsel af transporttjenester. Der indgår ikke detaljeret modellering af transportteknologierne.	1990

Tabel 6: Repræsenterede kategorier i modellen og detaljeringsgrad. Kolonne historik angiver det tidligste år, for hvilket de nødvendige data er inkluderet for at kunne beregne energiforbruget. Disse data kan godt være baseret på antagelser, som beskrevet i kapitel 4.

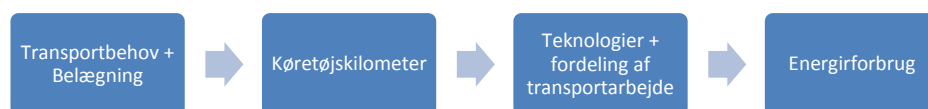
Overordnet metode

Den overordnede metode for beregning af energiforbruget i scenarierne er illustreret på figur 40. Der tages udgangspunkt i et transportbehov, der angiver hvor lang personer og gods skal transporteres. Indenfor gods- og varetransport fordeles transportbehovet på de forskellige transportformer¹⁹ (dvs. personbiler, kollektiv transport, varebiler, lastbiler m.m.), og for hver transportform forudsættes en belægningsgrad, der angiver hvor mange

¹⁹ "Transportformer" benyttes her til at betegne en kategori indenfor transportsektoren. Persontransport i personbiler og busser anses således for to forskellige transportformer.

personer eller hvor meget gods der transporteres per køretøjskilometer. Dermed omsættes transportbehovet til et totalt antal køretøjskilometer indenfor hver transportform. Disse køretøjskilometer kan indenfor hver transportform leveres af en række forskellige teknologier²⁰ med et karakteristisk specifikt energiforbrug. Teknologier er eksempelvis en særlig lastbilstype, elbiler, dieslbiler etc. Idet der regnes med en bestemt levetid for teknologierne skal køretøjsparken udvides hvert år for at kompensere for de skrattede køretøjer. Et skift til andre teknologier modelleres ved at forudsætte en fordeling af disse nye køretøjer på teknologier, dvs. eksempelvis hvor stor en andel af de nye personbiler der består af dieslbiler, benzinbiler, elbiler m.m.

Herefter indlægges fremskrivninger af de enkelte teknologiers energieffektivitet frem mod 2035, hvorved det samlede energiforbrug til transport. For de enkelte kategorier er metoden beskrevet i flere detaljer forneden.



Figur 40: Overordnet metode anvendt i modellen

Usikkerheder

Som nævnt foroven i kapitel 4 er transportstatistikken behæftet med usikkerheder især angående fordeling af energiforbruget. Det har været meget vanskeligt at finde gode oplysninger for fordelingen af energiforbruget på de detaljerede kategorier, og modellen kan derfor vise markant andre resultater end andre kilder. Det er lettere at sammenligne de totale forbrug indenfor f.eks. vejtransport end at sammenligne underkategorierne personbiler, varebiler og lastbiler.

5.1 Persontransport i personbiler

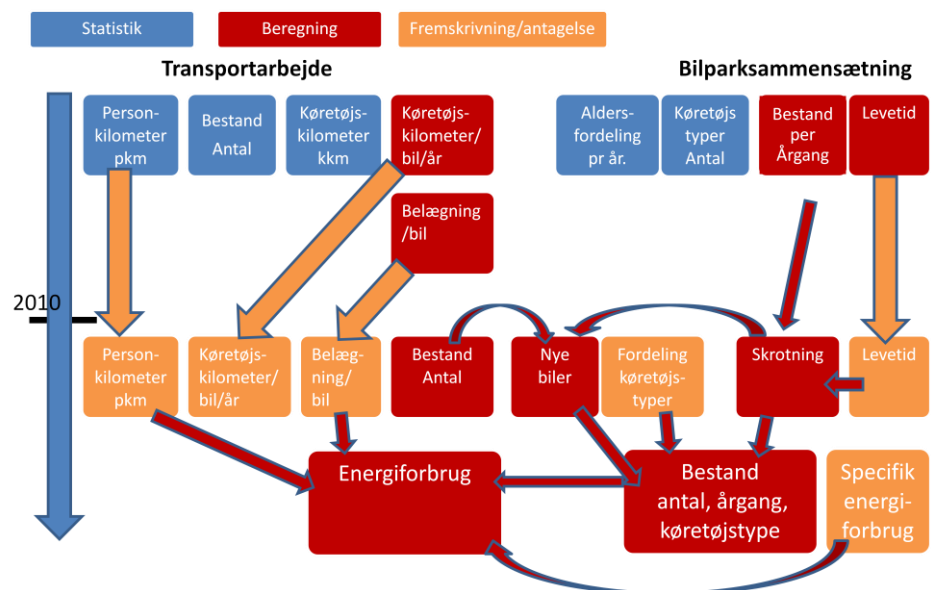
Transportbehov

Metoden for beregning af personbilers energiforbrug følger den overordnede metode beskrevet foroven, men er forklaret med flere detaljer her og illustreret på figur 41. Transportarbejdet beskrives i *statistikken* i form af personkilometer og køretøjskilometer. Sammen med oplysninger om den

²⁰ "Teknologier" benyttes her til at betegne en underkategori til transportformer. Personbiler er eksempelvis opdelt i dieslbiler, benzinbiler, elbiler m.m.

totale bilbestand kan de historiske data for køretøjskilometer/bil/år og belægningsgrad beregnes.

Ved at *fremskrive* transportbehovet i form af personkilometer, gennemsnitlig køretøjskilometer pr. bil. pr. år og belægningsgraden, kan den nødvendige bestand for at opfylde transportbehovet beregnes. Den samlede køretøjsbestand målt i antal biler er her et resultat af modelberegningen, og har ikke indflydelse på det samlede energiforbrug.

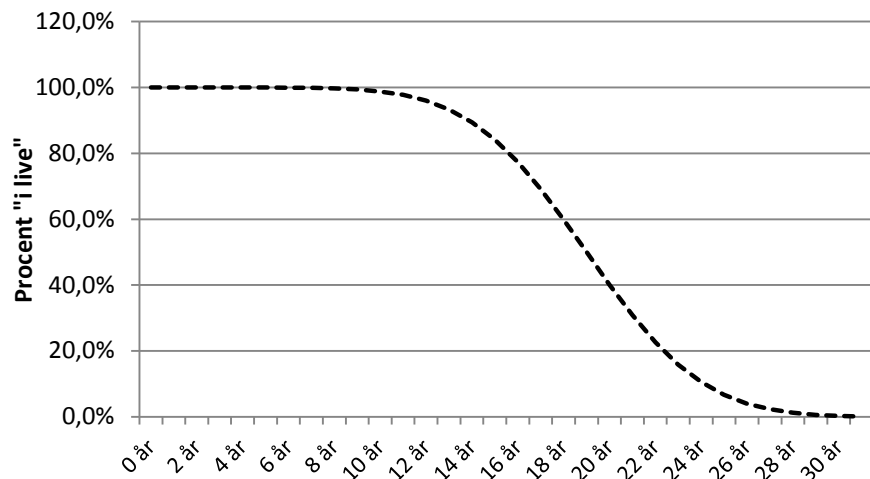


Figur 41: Illustration af metoden for beregning af personbilers energiforbrug. De blå bokse angiver værdier fra historiske data, mens de orange bokse angiver fremskrivninger og antagelser for fremtiden. De røde bokse angiver beregnede størrelser pba. af statistik eller antagelser.

Bilparksammensætning

Udover transportbehovet er der i modellen oplysninger om antallet af biler af hver biltype (diesel, benzin, el etc.) fra hver årgang. Dette er beregnet for årene 2000-2010 på baggrund af data fra OFV. Disse data inkluderer information om bilparkens aldersfordeling. Aldersfordelingen har betydning for den samlede effektivitet af bilparken, idet både effektivitet og køretøjsarbejde er årgangsfølgende og aldersfølgende. Levetidsforventningen fremgår af figur 42, der viser gennemsnittet af de statistiske data, der også er omtalt i afsnit 4.2 på figur 19. Modellen ældste repræsenterede årgang er fra 1979, som repræsenterer alle årgange til og med 1979. Årgange før 1970 er ikke repræsenteret i modellen. Biler med en alder på over 31 år antages ikke at udføre et nævneværdigt køretøjsarbejde, og fremadrettet regnes der derfor ikke med biler med en alder på over 31 år.

For sammensætningen af bilparken før 2010 er de faktiske statistiske data anvendt, med de nævnte begrænsninger vedrørende årgange før 1980. For nye bilers levetid anvender modellen den beskrevne normalfordeling, som gælder alle biltyper. Denne fremskrivning giver mulighed for at beregne antallet af skrottede biler per år, som tilsammen med transportbehovet definerer antallet af nyregistrerede biler.



Figur 42: Kumulativ sandsynlighedsfordeling for levetid for personbiler. Der er anvendt en normalfordeling med en middelværdi på 19 år og en standardafvigelse på 4 år. Fordelingen er estimeret pba. af data fra OFV jf. figur 19 på side 24. I praksis er det forskellen på sandsynligheden mellem to forskellige aldre, der afgør om et køretøj bliver udfaset i modellen.

Biltyper

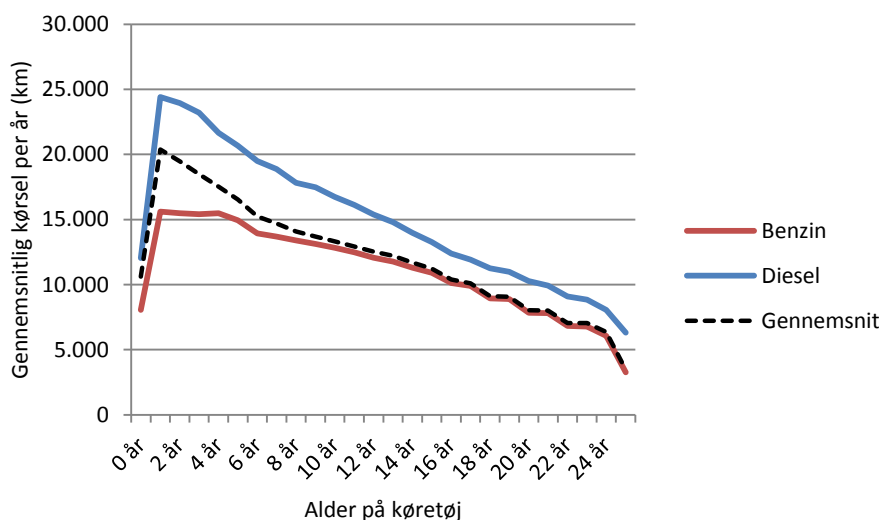
Fremadrettet fordeles antallet af nyregistreringer procentmæssig på de forskellige biltyper (diesel, benzin, el m.m.), som hver har tilknyttet brændselsforbrug m.m.. Dermed er sammensætningen af hele bilparken defineret og fordelt på årgange og biltyper.

Energiforbrug

På baggrund af kendskabet til bilparkssammensætningen og transportbehovet beregnes energiforbruget fra personbiler. Der er tilføjet to aldersafhængige parametre for yderligere at detaljere beregningen af energiforbruget:

- Brændselsforbrug som funktion af alder
Det er forudsat at personbiler har et 6 % højere energiforbrug per kkm efter deres forventede middellevetid på ca. 19 år. (10 % efter den maksimale levetid på 31 år)
- Ældre biler kører generelt mindre end nye biler. Figur 43 viser dette forhold pba. af data fra SSB for årene 2005-2009. På baggrund af dette forudsættes, at biler med en alder på 30 år kun kører 17 % af

nye bilers årskørsel. Forløbet imellem 1 år og 30 år følger det gennemsnit, der er vist på figuren. Det er ikke den absolutte årskørsel vist på figur 43, der er sat ind i modellen, men forholdet imellem ældre og nye biler.



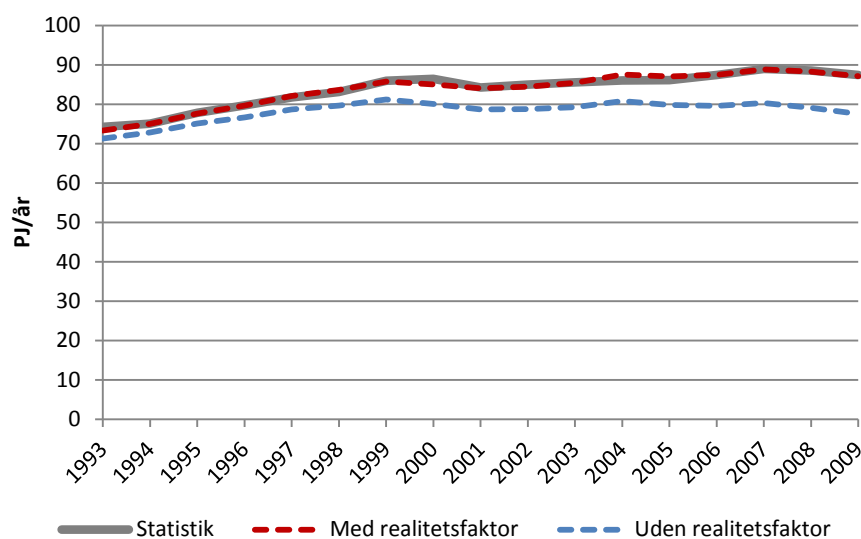
Figur 43: gennemsnitlig kørsel per år for personbiler som funktion af alderen. Den lave kørsel per år for nye biler antages at hænge sammen med at bilerne indregistreres i løbet af året. Dette er der ikke taget hensyn til i modellen.

Kalibrering af modellen

Modellens metode er en bottom-up tilgang, hvor de enkelte køretøjers energiforbrug ligger til grund for det samlede. Det er derfor vigtigt at sammenligne resultater med de faktiske energiforbrug på makroniveau.

”Realitetsfaktor”

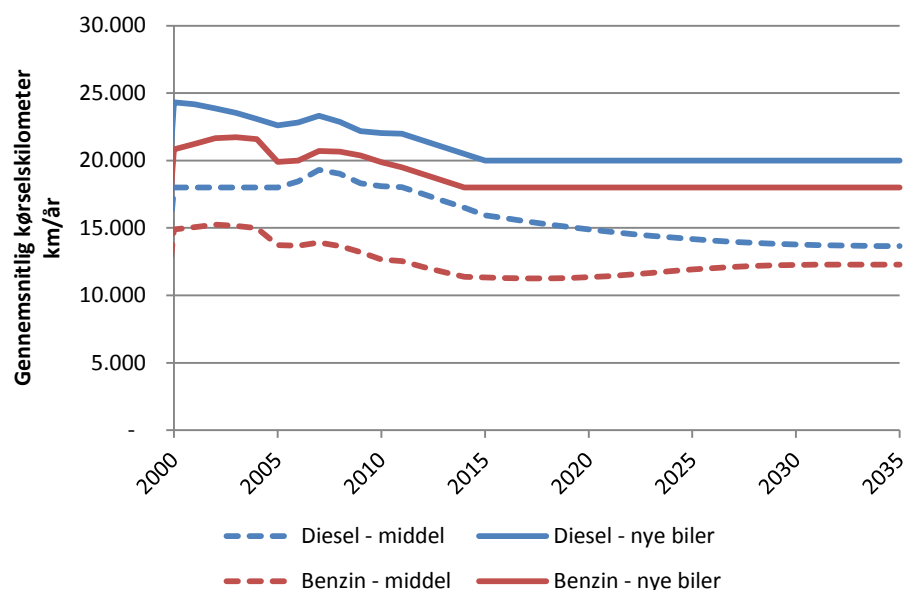
Der er indført en faktor (”realitetsfaktor”) for at tilpasse oplyste specifikke brændselsforbrug ifølge den definerede testcyklus til det reelt opnåede. Denne faktor er baseret på beregninger for den danske bilpark (EA Energianalyse 2011), hvor det har vist sig, at ”realitetsfaktoren” er stigende fra 1990 fra 1,025 til 1,20 i 2009. Dette kan forklares med flere forhold såsom aircondition m.m., der kan være årsag til en større forskel imellem bilernes teoretiske brændselsforbrug ved optimal kørsel, og det faktiske brændstofforbrug. I alt bruger personbilerne altså i denne beregning 20 % mere end oplyst ifølge testproceduren. Der er anvendt den samme faktor for både benzin og dieslbiler. Selvom der fremgår en tydelig stigende trend for ”realitetsfaktoren”, er der ikke forudsat en yderligere stigning efter 2010, da det vurderes, at der er grænser for forskellen mellem teoretisk og praktisk brændstofforbrug.



Figur 44: Statistisk og beregnet energiforbrug for personbiler i Danmark med og uden hensyntagen til "realitetsfaktor". Kilde: (Ea Energianalyse, 2011)

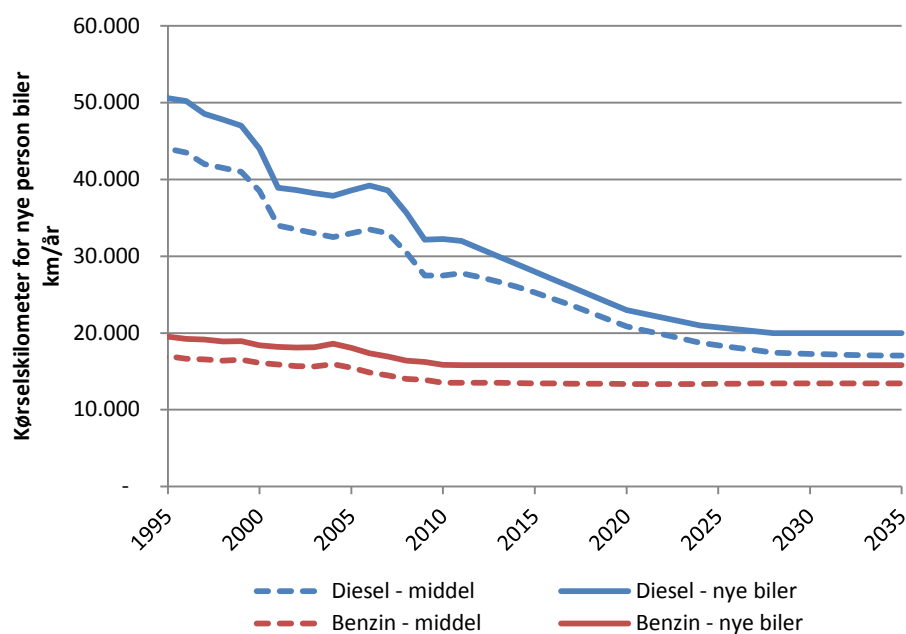
Køretøjsarbejde for forskellige køretøjstyper

En anden væsentlig kalibrering af modellen vedrører fordelingen af diesel- og benzinförbrug. Dette håndteres ved at tage hensyn til antallet af biler af de forskellige typer og forskellig kørsel per år for biltyperne. SSB angiver at dieslbiler i gennemsnit kørte mellem 18.000 og 19.000 kilometer pr. år. Dette er sat ind i modellen. Da den totale bilbestand, aldersafhængigheden for kørsel per år og køretøjkilometer per år er kendt, kan benzobilernes kørsel per år bagefter beregnes. Resultatet viser sig at være lidt højere end angivet af SSB, hvilket bl.a. kan skyldes lettere afvigende data for bilbestanden. For den fremadrettede beregning forudsættes en bestemt kørsel per år for nye biler, som estimeres ud fra statistikken. Der forudsættes en fortsat let faldende tendens, som er vist på figur 45.



Figur 45: Kørselskilometer pr. år som gennemsnit for alle personbiler. For årene 2005 til 2009 er middelværdien for dieselbiler baseret på oplysninger fra SSB. Middelværdien er antaget konstant før 2005. Benzinbilernes kørsel pr. år er beregnet og ligger lidt over gennemsnittet angivet af SSB.

For 2010 er tallet for nye dieselbiler tilpasset det beregnede tal for 2009 på ca. 22.000 km/år. Efterfølgende forudsættes dette tal at falde til ca. 20.000 km/år. For benzinbiler antages et lignende forløb til 18.000 km/år, som dermed ligger ca. 10% under dieselbilernes. For dieselbaserede hybridbiler forudsættes dieselbilernes kørsel, mens benzinbaserede hybridbiler og elbiler forudsættes at have samme kørselsomfang per år som benzinbiler. Den gennemsnitlige kørsel pr. år beregnes efterfølgende pba. aldersafhængigheden og bilbestanden. Antagelser om en enkelt bils kørsel per år har ikke indflydelse på det samlede energiforbrug, men påvirker direkte antallet af biler. Forholdet imellem kørsel per år for diesel- og benzinbiler påvirker dog energiforbruget, idet der forudsættes forskelligt energiforbrug per køretøjskilometer.



Figur 46: Beregnet kørsel pr. år for nye benzin- og dieslbiler. Den fremadrettede middelværdi vil afhænge af udviklingen af transportbehovet og fordelingen af nyregistreringer på biltyper, mens kørsel pr. år for nyregistrerede biler er en eksogen antagelse.

5.2 Øvrig persontransport

For den øvrige persontransport anvendes en simplere metode for at fremskrive energiforbruget. Den er baseret på en fremskrivning af transportbehovet i personkilometer og en fremskrivning af belægningen og brændstofforbruget per køretøjskilometer. Derudover underopdeles transportformerne på teknologier, der adskiller sig på brændsel og brændstofforbrug. For tog tages der også udgangspunkt i forskellig belægning almindelig jernbane og for forstadsbaner. Jernbane opdeles desuden på diesel- og eldrevet jernbane.

Fordelingen af transportarbejdet på brændsler fremskrives indenfor kategorierne. Der benyttes følgende kategorier:

- Motorcykler
 - Kun benzindrevne motorcykler
- Busser
 - Diesel
 - Gas
 - El
- Tog
 - Diesel
 - El
- Skib
 - Diesel
- Fly
 - Flybrændstof
 - Biobrændstof

Alle transportformer benytter de samme forudsætninger for iblanding af biobrændstof, som defineres for diesel, benzin og gas. En undtagelse herfra er flytransport, hvor andelen af biobrændstof sættes uafhængigt af de andre transportformer.

5.3 Godstransport i lastbiler og varebiler

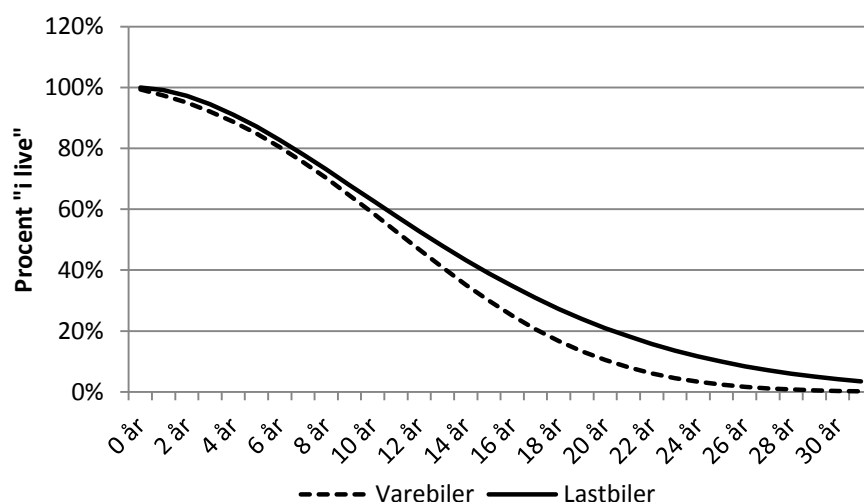
For godstransport i lastbiler og varebiler er der taget udgangspunkt i samme metode som for personbiler. Til dels foreligger der dog ikke lige så detaljerede oplysninger, og enkelte dele er derfor forsimplet, som det fremgår af det følgende.

Fremskrivning af transportbehov

For godstransport er det egentlige transportbehov defineret som tonkm, som beskrevet i afsnit 4.4. Det samlede behov for godstransport fremskrives og fordeles på kategorierne. For godstransport i lastbiler over 3,5 ton fremskrives altså tonkm/år samt belægningsgraden på lastbiler for at beregne det nødvendige køretøjsarbejde. For varebiler fremskrives køretøjsarbejdet direkte, idet der ikke foreligger oplysninger for transportarbejdet i tonkm. Da data for køretøjsarbejdet i varebiler ikke forefindes for en længere periode, fremskrives det med samme vækstprocent som for godstransport i almindelighed.

Levetid

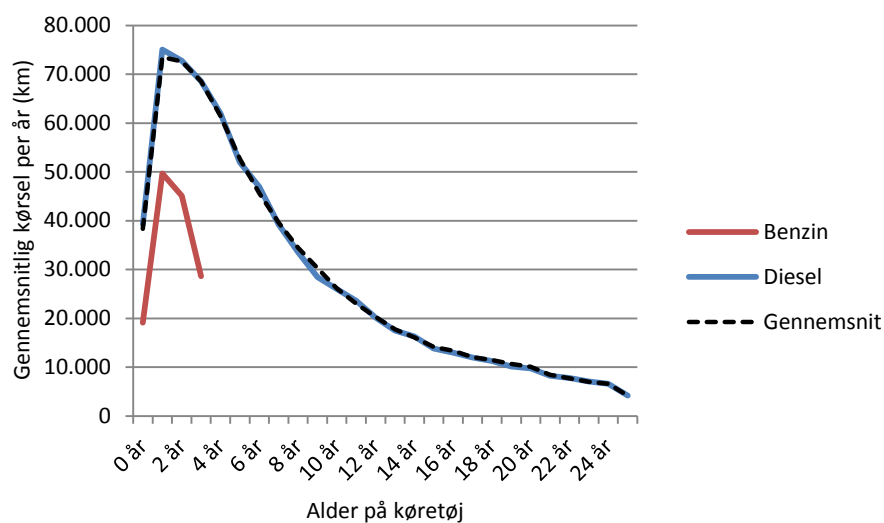
Ligesom for personbiler repræsenteres bilparken for varebiler og lastbiler bagudrettet i henhold til data oplyst fra OFV. For at estimere levetiden efter 2010 anvendes en estimeret normalfordeling for varebiler og en Weibullfordeling for lastbilerne, som forklaret i hhv. afsnit 4.6 og 4.5. De kumulative fordelingsfunktioner, der viser levetidsforventningen, fremgår af figuren forneden.



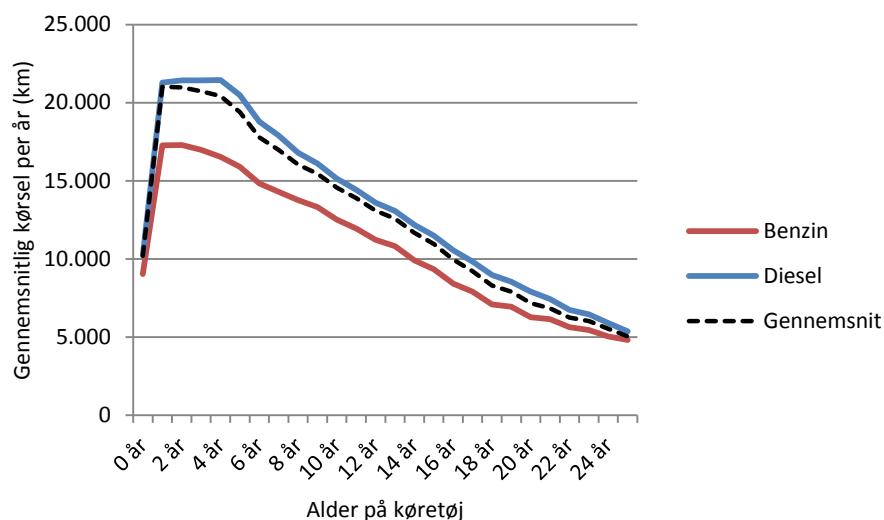
Figur 47: Fremadrettet levetidsforventning for varebiler og lastbiler. Fordelingerne er baseret på den estimerede Weibull- og normalfordeling i hhv. afsnit 4.5 og 4.6. For varebilerne er normalfordelingen justeret lidt op for at opnå 100 % sandsynlighed for at en bil bliver 0 år. I praksis er det forskellen på sandsynligheden mellem to forskellige aldre, der afgør om et køretøj bliver udfaset i modellen.

Kørsel pr. år.

For både vare- og lastbiler viser SSB's statistik en mere udpræget afhængighed af køretøjernes alder når det gælder kørsel per år. Dette fremgår af figur 48 og figur 49 forneden. For lastbiler er der ikke mange data for benzindrevne lastbiler. Det er derfor forsimplet antaget, at benzinlastbiler kun kører halvt så meget om året ift. en gennemsnitlig lastbil. For varebiler kører benzindrevne biler i gennemsnit ca. 82 % af en gennemsnitlig varebil i 2005 faldende til 73 % i 2009. Dette forhold er der taget udgangspunkt i modellen.



Figur 48: Kørsel per år for lastbiler afhængigt af alderen. Kilde: SSB



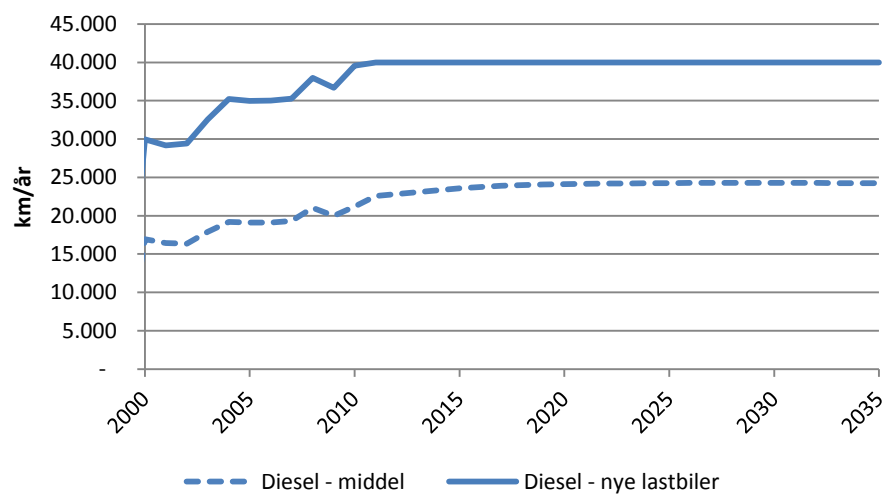
Figur 49: Kørsel per år for varebiler afhængigt af alderen. Kilde: SSB. Den gennemsnitlige kørsel fremadrettet afhænger af den forudsatte sammensætning af bilparken (nyregistreringer).

Det er – ligesom for personbiler – kun selve aldersafhængigheden, dvs. forholdet imellem gamle og nye bilers kørsel, der er sat direkte ind i modellen. Den gennemsnitlige kørsel pr. bil er derimod bestemt ud fra det samlede køretøjsarbejde og bestanden. Det viser sig, at den herved beregnede årskørsel afviger væsentligt fra SSB's statistik for lastbilers vedkomne. Der kan være tre årsager hertil:

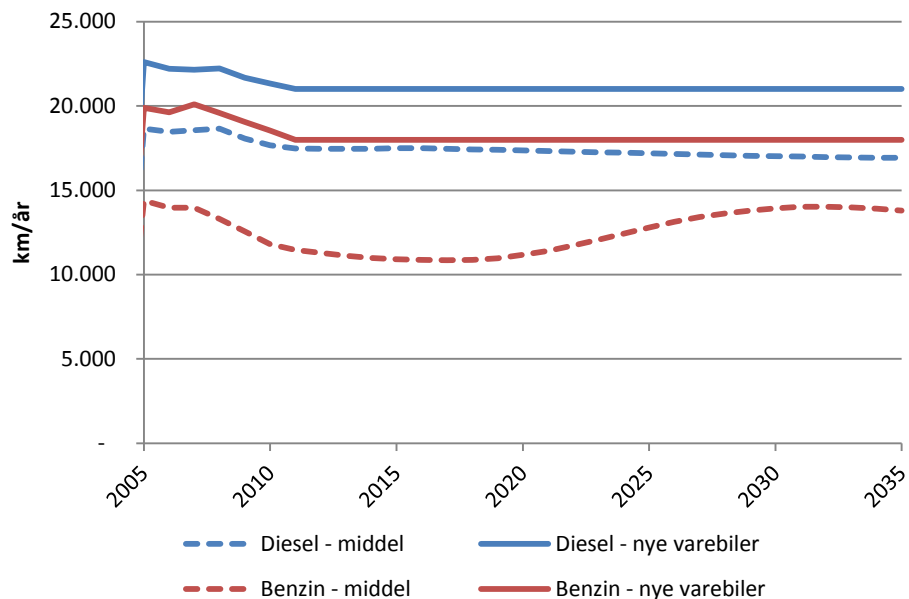
- Modellens køretøjsbestand går tilbage til 1970, og lastbiler i 2010 kan i modellen derfor blive 40 år gamle. I opgørelsen for trafikarbejdet fra SSB indgår kun lastbiler op til 30 år. Efter 2010 vil modellen tage hensyn til at biler med en alder på over 30 år ikke bidrager til trafikarbejdet.
- Modellens køretøjsbestand gælder lastbiler med en tilladt totalvægt over 3,5 ton, mens der i SSB's statistik over trafikarbejdet kun er medtaget lastbiler med en nyttelast på over 3,5 ton, dvs. færre køretøjer.
- Lastbiler registreret i Norge udfører også trafikarbejde til og i udlandet. Det er usikkert, hvordan dette indgår i statistikken over trafikarbejde per bil, men da denne er baseret på måleraflæsninger i lastbilerne, er det sandsynligt at kørsel i udlandet indgår. Dette vurderes at være den største kilde til afvigelserne.

Kørsel per år for de enkelte køretøjer har betydning for antallet af køretøjer, som dermed kan fejlestimeres. Det har derimod ikke betydning for energiforbruget, så længe forholdet imellem kørsel per år for de forskellige køretøjstyper estimeres korrekt.

De to figurer forneden viser den beregnede kørsel per år for lastbiler og varebiler. Der er ikke forudsat nogen yderligere udvikling efter 2010. Tal for 2011 og frem er derfor forudsat konstant og baseret på 2010. For lastbiler viser statistikken en stigende tendens, mens den er faldende for varebiler. Der kunne derfor argumenteres for en yderligere udvikling, som ikke er medtaget her.



Figur 50: Kørsel per år for lastbiler i modellen.



Figur 51: Kørsel per år for varebiler i modellen. Den relativ lave gennemsnitsværdi for benzinvarebiler mellem ca. 2008 og 2025 skyldes bilparkens aldersfordeling med flere ældre køretøjer, der trækker den gennemsnitlige årskørsel ned. På sigt udskiftes disse gamle køretøjer.

Specifikt
brændselsforbrug

For lastbiler foreligger der ikke oplysninger for det specifikke brændstofforbrug for nyregistrerede køretøjer. Der opereres derfor med det gennemsnitlige brændstofforbrug, som er beregnet i (SSB, 2008). Dette gælder i princippet ikke nyregistrerede køretøjer, men anvendes alligevel for nye køretøjer her. Dette resulterer principielt i en let undervurdering af hastigheden hvormed lastbilsparken kan effektiviseres, idet det tager længere tid, inden lastbiler med et højere energiforbrug udfases. Der er anvendt samme metode for varebiler.²¹

5.4 Øvrig godstransport

For øvrig godstransport med jernbane, skib og fly anvendes en simple metode for at beregne energiforbruget. Den baseres på en fremskrivning af energiforbruget per tkm, som er beskrevet i afsnit 4.7. Desuden indgår der i modellen en fordeling af transportarbejdet på teknologier indenfor kategorierne. For både skib og jernbane indgår der således en diesel og en biodieselt teknologi, og der kan på denne måde tages hensyn til enten iblanding af biodiesel i diesel eller drift på ren biodiesel. Desuden repræsenteres eldrevet jernbane separat. For fly er der ikke forudsat andre brændstoffer end flybrændstof.

²¹ OFV angiver det specifikke brændstofforbrug for nye varebiler fra 2007 til 2010, men det er ikke anvendt her, da der ikke var mulighed for at estimere en "realitetsfaktor".

5.5 Offroad

Offroadsektoren er behandlet på en forenklet måde i modellen, idet der blot indgår en simpel fremskrivning af transporttjenesterne (som ikke behøver at følge udviklingen indenfor de andre transportformer) og en effektivisering.

5.6 Brændsler

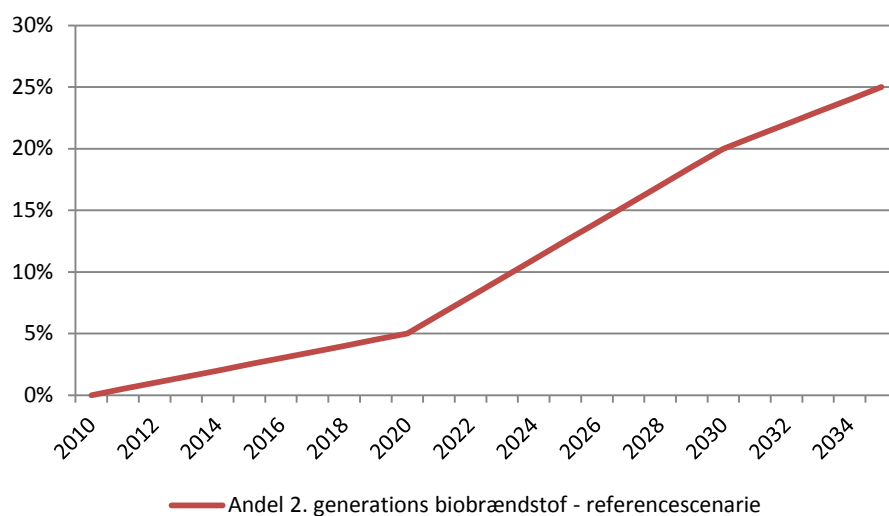
Blandingsbrændsler

Udover fordelingen af transportarbejdet på forskellige teknologier, som er beskrevet foroven, anvendes der også iblanding af biobrændstoffer i almindelige brændstoffer. Denne iblanding defineres i % for hvert år, og anvendes af alle teknologier, dvs. alle teknologier baseret på diesel vil benytte den samme procentmæssige andel biodiesel. Der benyttes følgende brændsler:

- Diesel og biodiesel
- Benzin og bioethanol
- Naturgas og biogas

Andengenerations
biobrændstoffer

På teknologiniveau skelnes der ikke mellem første- og andengenerations biobrændstoffer. De antagne brændstofforbrug gælder således uanset om der anvendes første- eller andengenerations biobrændstoffer, men kan skelnes imellem forskellige scenarier. Der tages kun hensyn til andengenerations biobrændstoffer ved beregningen af VE-andelen i transportsektoren, samt opstrøms CO₂-emissioner. Her defineres der en %-vis andel af biobrændstoffer af anden generation. I denne beregning defineres ligeledes andelen af VE-strøm, som ligeledes gælder alle teknologier, der anvender el. Den forudsatte udvikling fremgår af figur 52.



Figur 52: Andel af andengenerations biobrændstof ift. samlet mængde biobrændstof. For klimakurs scenariet er der forudsat en større andel 2. generations biobrændstof, således at al biobrændstof er 2. generation i 2030.

CO₂-emission

Som udgangspunkt indgår i denne rapport kun den lokale CO₂-emission ved anvendelse af forskellige brændsler. Dermed har biobrændstoffer og el en CO₂-emission på 0 kg/GJ. I tillæg gennemføres dog en beregning, hvor der tages hensyn til opstrømstab ved tilvejebringelse af brændslerne. For fossile brændsler antages her et opstrømstab på 15 % baseret på analyser i rapporten *Personbilers CO₂ emission* (Ea Energianalyse, 2009). For biobrændstoffer beregnes opstrøms-emission ud fra den CO₂-besparelse ift. det tilsvarende alternative fossile brændsel, der er angivet i VE-direktivet jf. kapitel 12. Der tages her hensyn til de nævnte minimumskrav, således at biobrændstoffer antages at have en besparelse på mindst minimumskravet eller standardværdier, som angivet i VE-direktivet. Dette kombineres med de på figur 52 nævnte antagelser om andelen af andengenerations biobrændstoffer, som har en væsentlig større besparelse end førstegenerations biobrændstoffer. Der vil være en faldende CO₂-emission fra biobrændstoffer. Derudover vil der være et ressourceforbrug ved produktion af biobrændstoffer, som ikke er nærmere analyseret her. Såfremt ressourceforbruget er CO₂-neutralt kan der godt være en lav CO₂-emission ved tilvejebringelse af biobrændstoffer samtidig med at ressourceforbruget er højt.

CO₂-emission ved elproduktion afhænger af sammensætningen af elsystemet og den marginale elproduktion. Der forventes på længere sigt at ske en markant omlægning af elsystemerne i Europa, således at elektricitet på lang sigt produceres stort set uden udledning af klimagasser (CO₂). Allerede over

de kommende 10 år frem til 2020 forventes omstillingen at være betydelig, hovedsagelig drevet af nationale støtteordninger for at nå EU's mål om 20 % vedvarende energi samt af forventede stigende priser på CO₂ kvoter.

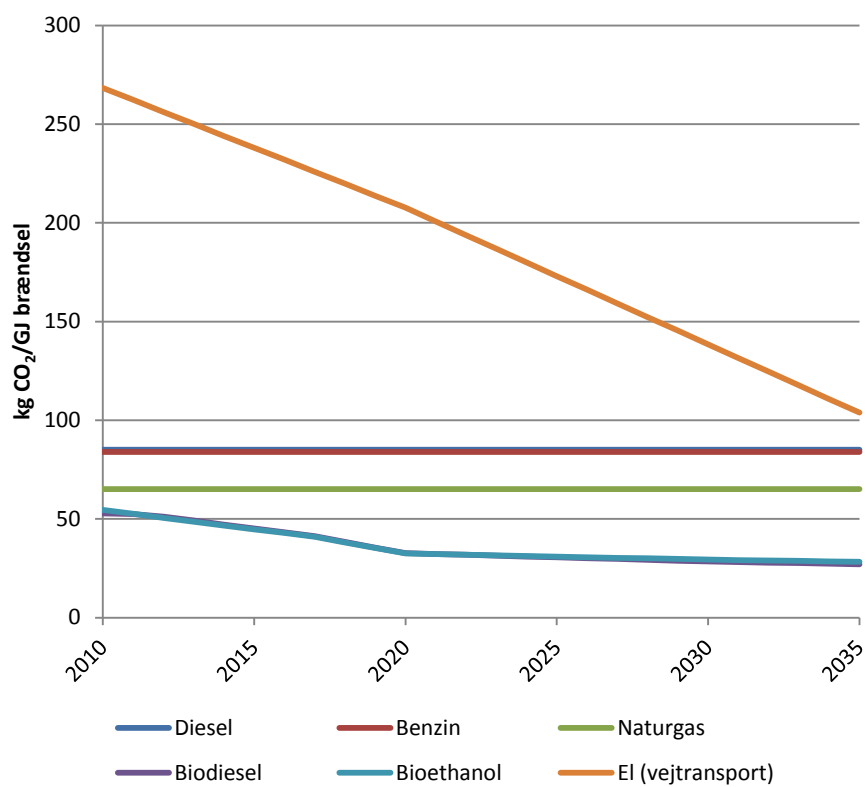
I rapporten "CO₂ udledning fra fremtidens personbiler i Norden" (Ea Energianalyse, 2011) blev der gennemført detaljerede beregninger af elsystemet i Norden og Tyskland i 2020, hvor også landenes kendte, konkrete planer for CO₂ reduktion og øget anvendelse af VE indgik.

Samlet set vurderedes den marginale CO₂-emission fra elforbrug til elbiler at blive reduceret med godt 20 % til 650 g/kWh frem mod 2020.

På basis af scenarier fra FN's klimapanel drøftes et langsigtet CO₂ mål på 85% reduktion i EU for 2050. I flere lande drøftes ligeledes muligheden for at blive helt CO₂ neutrale i 2050. Når og såfremt disse drøftelser udmøntes i egentlige målsætninger og virkemidler, er det naturligt at CO₂ emissionen fra elsektoren, og dermed fra elbiler i praksis ophører. I beregningerne er det antaget, at nordeuropæiske elsystems marginale emissioner vil bevæge sig fra ca. 650 g/kWh i 2020 og ned til 0 g/kWh i 2050, med et lineært reduktionsforløb. Også for elproduktion regnes der med en opstrømmission på 15 % af emissionen fra kraftværket.

Ligesom for biobrændstoffer indgår der her ingen vurdering af ressourceforbruget ved elproduktion. Hvis den marginale elproduktion baseres på CO₂-neutral biomasse kan der godt være et større ressourceforbrug uden nævneværdig CO₂-emission.

På baggrund af foroven beskrevne metodik og antagelser, kan CO₂-emissionsfaktoren for de forskellige brændsler beregnes. Dette er vist på figur 53. For både el og biobrændstoffer fremgår en kraftig reduktion, især efter 2020. I biobrændstoffscaenariet vil emissionen fra biobrændstoffer være omkring 29 kg/GJ og 42 kg/GJ for hhv. biodiesel og bioethanol i 2035.



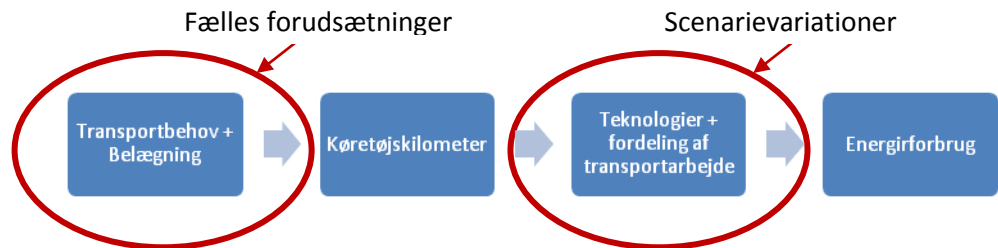
Figur 53: Emissionsfaktorer for brændsler. De viste tal gælder for alle scenarier bortset fra klimakursenariet, hvor biobrændstoffer opnår en lavere emission pga. større anvendelse af andengenerations biobrændstof.

6 Scenarier

6.1 Forudsætninger

Scenariestruktur

Der er flere centrale forudsætninger, som har indflydelse på den fremtidige udvikling af energiforbruget i transportsektoren. Hertil hører først og fremmest fremskrivningen af transportbehovet og omsætningen til køretøjskilometre. Dette er influeret af bl.a. den økonomiske udvikling i samfundet. Andre centrale forudsætninger vedrører udviklingen af transportteknologiernes effektivitet og fordelingen af transportarbejdet på teknologier. Det er kun disse teknologiforudsætninger, som varieres i scenarierne i denne rapport, mens de andre forudsætninger er fælles for alle scenarier. Dette er illustreret på figur 54.



Figur 54: Overordnet metode anvendt i modellen og illustration af fælles forudsætninger for scenarierne.

Klimakurscenariet adskiller sig dog på dette fra de andre scenarier, idet der også ændres på andre parametre end teknologiforudsætningerne.

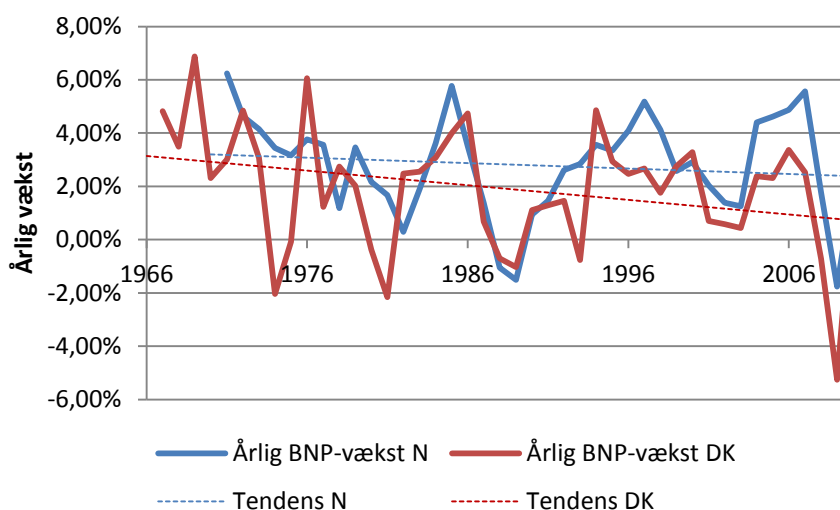
Persontransport

Den historiske udvikling af persontransportarbejdet er beskrevet i afsnit 4.1. På baggrund af den historiske udvikling vurderes det, at den fremtidige vækst i persontransporten ikke vil overstige de 1,3 % per år, der er set over de seneste 10 år. Dette hænger både sammen med at økonomien ikke forventes at vokse lige så kraftig, som det er set historisk, samtidig med at det på sigt ikke er realistisk at opretholde en meget høj vækst indenfor persontransporten. Der må derfor forventes en øget afkobling fra den økonomiske vækst. Denne tendens er også observeret historisk.

Ifølge perspektivmeldingen 2009 (FIN, 2009) forventes fastlands-BNP'en i Norge at stige med gennemsnitlig 1,7 % per år per indbygger i perioden fra 2007 til 2060²². Sammenholdes dette med SSB's forventninger om

²² <http://www.regjeringen.no/nb/dep/fin/dok/regpubl/stmeld/2008-2009/stmeld-nr-9-2008-2009-/7.html?id=541774>

befolkningsudviklingen²³, svarer det til en samlet stigning på ca. 2,2 % per år for BNP'en. Dette er lidt lavere end der er set historisk (se figur 55)



Figur 55: historisk udvikling af den årlige vækst i BNP for Norge (Fastlands-BNP) og Danmark. Hvis der ses bort fra den finansielle afmatning i årene 2008 – 2010, og for Danmark også fra højvækståren i slutningen af 60'erne, vil de viste lineære tendenser være forholdsvis konstante. Kilder: SSB og Danmarks Statistik.

På baggrund af ovenstående vurderinger forudsættes der er en årlig vækst i persontransportarbejdet på ca. 1,3 % i 2011, lineært aftagende til 1 % i 2035. Dette er en noget højere vækst, end der er forudsat i scenarierne for transportenergiforbruget i Danmark (Ea Energianalyse, 2011), hvor væksten var 0,7 % per år. Dette hænger sammen med den stærkere økonomiske udvikling i Norge og den historisk højere vækst i persontransporten. Til sammenligning er der i den nationale transportplan²⁴ forudsat en vækst i persontransporten på mellem 1,2 og 1,5 % per år frem mod 2030 og 0,7 % per år i perioden fra 2030 til 2040.

For persontransport i personbiler forventes belægningen at falde svagt til ca. 1,6 i 2035. For andre transportformer forudsættes uændret belægning ift. til i dag.

Fordelingen af persontransportarbejdet på de forskellige kategorier forudsættes uændret ift. i dag. Historikken har vist en forskydning af persontransportarbejdet mod mere transport i personbiler og med fly på bekostning af kollektiv transport med bus og tog. Siden slutning af 90'erne er

²³Se <http://www.SSB.no/emner/02/03/folkfram/>. Frem til 2060 fremskrives befolkningen i alderen 20-66 år med ca. 0,45 % per år i scenariet for middel national vækst.

²⁴<http://www.regjeringen.no/nb/dep/sd/dok/regpubl/stmeld/2008-2009/stmeld-nr-16-2008-2009-/4.html?id=548861>

der dog ikke sket større forskydninger i fordelingen af persontransportarbejdet.

Godstransport

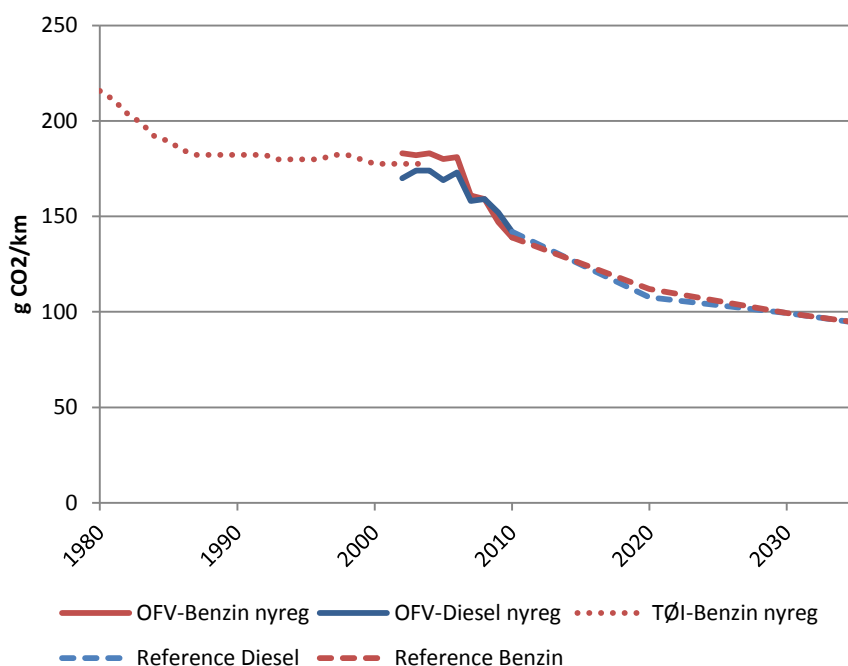
Den historiske udvikling i godstransportarbejdet er beskrevet i afsnit 4.4. Godstransportarbejdet viser generelt en tættere sammenhæng til udviklingen i BNP ift. persontransportarbejdet. Væksten i godstransportarbejdet er dog steget fra ca. 1,1 % per år i 70'erne til ca. 2,3 % i de sidste ti år. Der forudsættes derfor en vækst på ca. 2,2 % per år for 2011, hvilket er ca. på niveau med den forventede vækst i BNP'en. På længere sigt vurderes det dog ligeledes, at det er urealistisk at opretholde en meget høj vækst i godstransportarbejdet. Dette er tilsammen med de lidt lavere forventninger til den fremtidige BNP baggrunden for at væksten i godstransportarbejdet forudsættes lineært at aftage til 1,5 % per år i 2035. Til sammenligning forudsættes der i den nationale transportplan en vækst på mellem 1,4 og 1,8 % per år, dog med større vækst for vejtransport end godstransport. I scenarierne for transportenergiforbruget i Danmark (Ea Energianalyse, 2011) var der forudsat en lavere vækst for tung godstransport på ca. 0,5 % per år og 2 % for transport i varebiler. Dette hænger ligesom for persontransporten sammen med de historiske lavere vækstrater i transportsektoren og de lavere forventninger til BNP.

Der forudsættes uændret belægning af køretøjerne, og væksten i godstransportarbejdet kan derfor direkte oversættes til væksten i køretøjskilometer.

Historikken viser en stigende andel af vejtransport af den samlede godstransport. Dette gælder særligt frem til midten af 90'erne. Efterfølgende er vejtransportens andel faldet lidt, men steget igen i de seneste år. Denne udvikling forventes at fortsætte i mindre omfang, således at skibstransport udgør 40 % af det samlede godstransportarbejde i 2035 mod ca. 45 % i dag.

Effektivitetsudvikling

Udviklingen for effektiviteten i personbiler er baseret på undersøgelsen gennemført i forbindelse med analysen af energiforbruget i den danske transportsektor (Ea Energianalyse, 2011).



Figur 56: Forudsat udvikling af CO2-udledning for personbiler sammenlignet med historisk udvikling. Der er vist et gennemsnit for hybrid og konventionelle diesel og benzin-biler. CO2-udledning er vist uden hensyntagen til realitetsfaktoren.

For øvrige teknologier er der forudsat en effektivisering ift. dagens teknologier, som det fremgår af tabel 7.

	Varebiler	Øvrige teknologier
Effektivisering i 2035 ift. 2010 referencescenarie	30 %	15 %
Effektivisering i 2035 ift. 2010 kombiscenarie	35 %	20 %

Tabel 7: Forudsatte effektiviseringer i referencescenariet.

Fordeling af nyregistreringer

For personbiler fremgår den forudsatte fordeling af nyregistrerede personbiler i 2035 tabellerne forneden.

	Diesel	Benzin	Elbil	Hybrid	Plugin-hybrid
2010	75%	25%	0%	0%	0%
2020	69%	23%	1%	5%	2%
2030	56%	19%	2%	20%	4%
2035	50%	17%	3%	25%	6%

Tabel 8: Fordeling af nyregistreringer for personbiler i referencescenariet.

	Diesel	Benzin	Biodiesel	Bioethanol	Elbil	Hybrid	Plugin-hybrid
2010	75 %	25 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
2020	62 %	21 %	3 %	3 %	3 %	5 %	5 %
2030	39 %	13 %	5 %	5 %	7 %	18 %	13 %
2035	23 %	8 %	6 %	6 %	17 %	18 %	23 %

Tabel 9: Fordeling af nyregistreringer for personbiler i kombiscenariet.

7 Referencer

(Ea Energianalyse, 2011) CO₂ udledning fra fremtidens personbiler i Norden, februar 2011

http://ea-energianalyse.dk/projects-danish/1047_co2_udledning_personbiler_norden.html

(Dansk Energi Analyse og Viegand & Maagøe, 2008) Kortlægning af erhvervslivets energiforbrug. Kortlægningen er baseret på tidligere analyse fra 2000, november 2008

(Ea Energianalyse, 2009) Personbilers CO₂ emission

http://ea-energianalyse.dk/projects-danish/933_personbilers_co2_emissioner.html

(COWI, 2010) "Teknologivurdering af alternative drivmidler til transportsektoren, (regneark)

<http://www.ens.dk/DA-DK/KLIMAOGCO2/TRANSPORT/ALTERNATIVEDRIVMIDLER/Sider/Forside.aspx>

(RISØ, 2011) Workshop 8. marts 2011: El tilVej-transport, Præsentation:" Elbil-scenarier for dansk vejtransport", Lars Henrik Nielsen

(IEA, 2010) World Energy Outlook 2010

(IEA, 2009) World Energy Outlook 2009

(IEA, 2009a) How the Energy Sector can deliver on a Climate Agreement in Copenhagen, Oktober 2010

(SFT, 2008) Miljø- og helsekonsekvenser av utslipp fra bensin- og dieselmotorer, rapport 2438/2008, Statens forurensningstilsyn, september 2008

(Klif, 2010) Klimakur 2020 – Tiltak og virkemidler for å nå norske klimamål mot 2020, TA 2590/2010, Klima- og forurensningsdirektoratet, Oslo, marts 2010

(Klif, 2010a) Sektoranalyse for transport - Klimakur 2020 - Tiltak og virkemidler for å nå norske klimamål mot 2020, Avinor AS 200802365-6, Jernbaneverket 200803660, Kystverket, Klima- og forurensningsdirektoratet TA-2645/2010, Sjøfartsdirektoratet 200820584-1, Statens vegvesen 2598, Arbejdsnotat marts 2010.

(Klif, 2010b) Effektivisering og elektrifisering av kjøretøyer og anvendelse av hydrogen som energibærer. Arbeidsnotat Klimakur2020. Vedlegg til sektorrappport om transport. Foreløpig utgave. Oslo, 17. februar 2010.

(Klif, 2011) National Inventory Report - Greenhouse Gas Emissions 1990-2009, TA2789/2011, Klima- og forurensningsdirektoratet, 2011

(Vista, 2009) Virkninger av kjøpsavgifter og drivstoffavgifter på CO₂-utslippet fra nye biler, Vista Analyse Rapport 02.10.09

(Insa/Kanenergi, 2010) Vurdering av biodrivstoff i transportsektoren - Tiltak, virkemidler, effekter og kostnader i 2020 og 2030, INSA/KANenergi

(TØI, 2011) Grunnprognoser for persontransport 2010-2060, Anne Madslie, Christian Steinsland og Tariq Maqsood, Transportøkonomisk institutt, TØI rapport 1122/2011, Oslo, januar 2011

(TØI, 2011a) Grunnprognoser for godstransport til NTP 2014-2023, Inger Beate HOvi, Stein Erik Grønland og Wiljar Hansen, Transportøkonomisk institutt, TØI rapport 1126/2011, Oslo, januar 2011

(TØI, 2009) Transportytelser i Norge 1946-2008, Liva Vågane og Arne Rideng, Transportøkonomisk institutt, TØI rapport 1046/2009, Oslo, januar 2011

(SSB, 2008) Energiforbruk og utslipp til luft fra innenlandsk transport, Jun Elin Wiik Toutain, Gaute Taarneby og Eivind Selvig, Statistisk sentralbyrå, Rapport 2008/49, Oslo, 2008

(FIN, 2009) Perspektivmeldingen 2009 - St.meld. nr. 9 (2008–2009), Det Kongelige Finansdepartement, 2009