



Ea Energianalyse

Scenarier for transportsektorens energiforbrug i Norge

- MED FOKUS PÅ VEJTRANSPORTEN

07-11-2011

Udarbejdet af Ea Energianalyse for Norsk Petroleumsinstitutt

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	Sammenfatning	4
2	Forudsætninger og metode.....	9
3	Scenarieoverblik	15
4	Referencescenariet.....	17
5	Kombiscenariet	30
6	Klimakurscenariet.....	34
7	Opsamling af scenarier	41
8	Referencer	46

1 Sammenfatning

Formålet med dette projekt har været at foretage et antal fremskrivninger af, hvordan det norske energiforbrug til transportformål kan udvikle sig frem til 2035. Analyserne omfatter det samlede energiforbrug til persontransport og godstransport samt andet transportrelateret energiforbrug så som energiforbrug i mobile anlæg inden for bygge- og anlægssektoren, fritidsbåde, snescootere m.m. Forbrug inden for fiskeri og skibstransport forbundet med olieudvinding er ikke behandlet i denne rapport¹.

Metode

Til projektet er der udviklet en regnearksmodel for fremskrivning af energiforbruget. På baggrund af forudsætninger om udviklingen og efterspørgslen efter transporttjenester og om nye køretøjers fordeling på drivmidler og energieffektivitet muliggør modellen en beskrivelse af bl.a. udvikling i køretøjsbestand, energiforbrug og CO₂-emissioner. Denne detaljerede modellering er benyttet inden for de vigtigste transportformer for vejtransport: personbiler, lastbiler og varebiler. For øvrige transportformer er beregningerne også baseret på en udvikling af teknologiernes effektivitet, men der indgår ikke nogen indeling af køretøjsbestanden (skibe, tog, fly) på antal og alder.

Scenarier

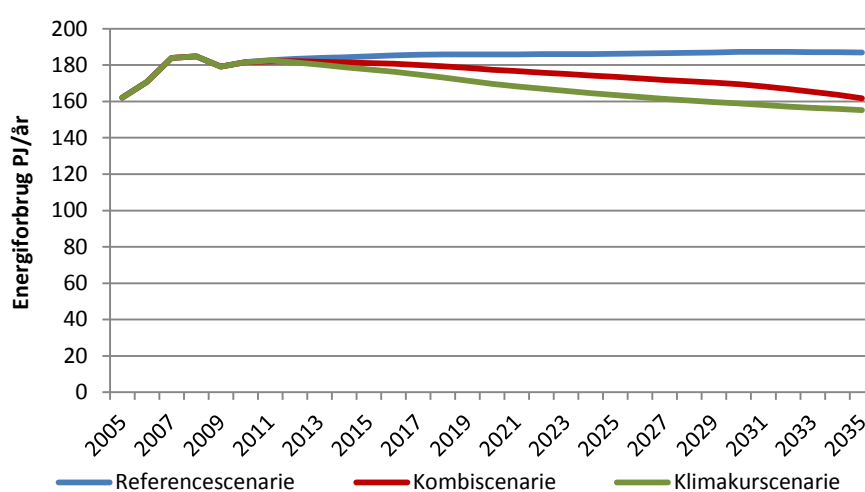
Der er gennemregnet i alt tre scenarier. Referencescenariet bygger på fortsat vækst i transportarbejde og fortsat tendens til øget effektivitet i køretøjer og andre teknologier. Dette bygger blandt andet på vedtagne målsætninger for køretøjer i EØS. Hertil kommer, at målsætningen om 10 % VE i transportsektoren i 2020 overholdes. Ud over referencescenariet er der udviklet et kombiscenarie med yderligere fokus på energieffektivitet samt elektrificering og øget anvendelse af biobrændstoffer. I dette scenarie er der tilstræbt en balance mellem disse tre virkemidler. Referencescenariet og kombiscenariet sammenlignes med et klimakurscenarie, der tager udgangspunkt i centrale forudsætninger for den norske Klimakur (Klif, 2010). For alle scenarier er udviklingen i brændstofforbruget beregnet, og der vises CO₂-emissioner både lokalt og totalt, dvs. inklusive emissioner ved produktion af el og brændstoffer.

Energiforbrug

I kombiscenariet reduceres energiforbruget fra ca. 182 PJ i dag til ca. 162 PJ i 2035 svarende til et fald på omtrent 11 % (se figur 1). Klimakurscenariet viser den kraftigste reduktion i energiforbruget og ligger i 2035 ca. 4 % under kom-

¹ Andet transportrelateret energiforbrug er defineret ud fra kategorien "Other transportation" i National Inventory Report. For en mere detaljeret definition af "Other transportation" henvises til National Inventory Report (Klif, 2011)

biscenariet og godt 17 % under referencescenariet. Det må understreges, at der i klimakurscenariet indgår fundamentalt andre typer tiltag end i referenc- og kombiscenariet, idet scenariet ikke er et rent "teknologi-scenarie", men også bygger på, at forholdet imellem eksempelvis personbiler og kollektiv transport forskydes, og efterspørgslen efter det samlede transportarbejde reduceres sammenlignet med referencen. Hovedårsagerne til den yderligere reduktion af energiforbruget ift. kombiscenariet er således de lavere vækstrater inden for transportefterspørgslen samtidig med en forskydning fra vejtransport i personbiler, lastbiler og varebiler til transport med jernbane, busser og søtransport.



Figur 1: Energiforbruget an køretøj i transportsektoren i de tre forskellige scenarier.

CO₂-emission

CO₂-emissioner i transportsektoren kan opgøres dels som den lokale emission fra køretøjets forbrændingsmotor og dels som den totale emission, hvor også opstrømstab indregnes. Opstrømsemmissioner omfatter emissioner ved råstofudvinding, raffinering, transport med videre. Opstrømsstab ved fossile brændsler er i denne rapport vurderet til 15 % af emissionen ved lokal forbrænding.² Også biobrændstoffer antages at have opstrømsemmissioner. Disse er beregnet med udgangspunkt i, at biobrændstoffer sparer 35 % CO₂ i 2011 stigende til 70 % i 2035 sammenlignet med fossile brændsler. Dette er dog afhængigt af, om der er tale om biodiesel eller bioethanol, og om der er tale om første- eller andengenerations-biobrændstof³. For elektricitet benyttes CO₂-emissionen ved den marginale elproduktion i det nordiske elmarked.

² Baseret på "Personbilens CO₂-emission" (Ea Energianalyse, 2009)

³ Biodiesel har dermed en CO₂-emission på 53 kg/GJ, 33 kg/GJ og 27 kg/GJ i hhv. 2010, 2020 og 2035. I klimakurscenariet er dette reduceret til 26 kg/GJ og 6 kg/GJ i hhv. 2020 og 2035 på grund af antagelser om en større andel 2. generations-biobrændstof. Beregning af CO₂-emissioner fra biobrændstoffer er baseret på VE-direktivet (VE direktivet 2009/28/EF fra 2009)

Denne er beregnet til 966 g/kWh (inkl. 15 % opstrømstab for brændsler an kraftværk), i 2010 faldende til 374 g/kWh i 2035. Beregningerne er udført på en elmarkedsmodel, som omfatter Norden og Tyskland. Forudsætningerne er blandt andet, at landene overholder deres nationale mål for vedvarende energi, at CO₂-kvoteprisen stiger frem mod 2035, samt at elforbindelserne mellem landene udbygges svarende til de planer, som er vedtaget, blandt andet ved udbygning af de såkaldte *Prioriterede snit*.

CO₂-emission inden for og uden for kvotesystemet

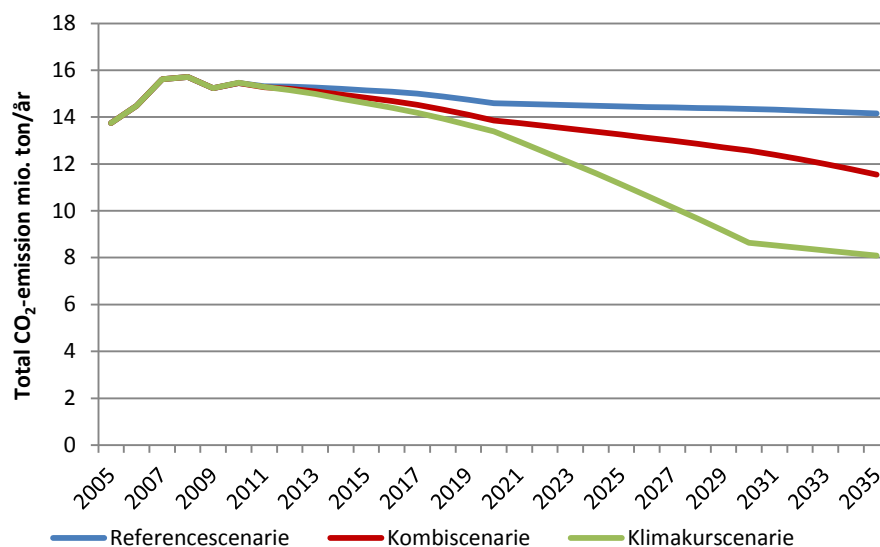
I EU og i Norge er der vedtaget CO₂-målsætninger, der er aftalt fordelingsnøgler mellem landene, og der er vedtaget forskellige virkemidler. Frem til 2020 reguleres emissionerne fra en lang række større virksomheder gennem det fælles CO₂-kvotesystem. Mindre virksomheder, landbrug, biltrafik samt de enkelte husstande reguleres af nationale forpligtelser. Både inden for og uden for kvotesystemet skal enhver emission af CO₂, der overskrider det aftalte forløb, udlignes af en reduktion et andet sted i systemet.

Uanset om en virksomhed er inden for eller uden for kvotesystemet, skal et øget udslip modsvares af en reduktion. Spørgsmålet er blot, om en kvotevirksomhed eller en nationalstat har ansvaret for, at dette sker.

Hvis analysen kun har fokus på nationale virkemidler og udslip, er det rimeligt at sætte kvotevirksomheders emission til nul. Hvis analysen har fokus på at sammenligne CO₂-emissioner fra forskellige kilder uanset de politiske rammer, giver det ikke mening at sætte faktiske CO₂-emissioner til nul. Dette er uanset, om CO₂ kommer fra en personbil eller et kulkraftværk, som er kvotevirksomhed.

Fokus her er ikke en analyse af nationale virkemidler, hvor det kan have selvstændig værdi at "skubbe" emissioner ind i det internationale kvotesystem. Derfor er der i denne rapport valgt at se på faktiske emissioner fra alle relevante kilder, uanset om de kommer fra kvotevirksomheder eller andet.

Figur 2 viser CO₂-emissionen fra transportsektoren inklusive opstrømstab. Den totale CO₂-emission falder svagt i referencen i forhold til i dag (ca. 8,5 %) og med godt 25 % i kombiscenariet. I klimakurscenariet er den lokale CO₂-emission i 2030 reduceret med næsten 50 % sammenlignet med reference-scenariet, mens reduktionen af den totale CO₂-emission er lidt lavere - ca. 40 %. Hovedårsagen til den kraftigere reduktion i klimakurscenariet er den meget massive indfasning af biobrændstoffer samt forudsætningen om, at der vil ske en omfordeling fra vejtransport til andre transportformer.



Figur 2: Total CO₂-emission i de forskellige scenarier under hensyntagen til opstrømstab ved tilvejebringelse af brændsler.

Konklusion

Analyserne viser, at transportsektorens samlede CO₂-emission havde et højdepunkt i 2008 og forventes at falde herefter i alle tre scenarier. Faldet i CO₂-emission sker på trods af fortsat vækst i transportydelse, især på grund af den forudsatte og forventede udvikling af mere brændstofeffektive biler, i kombination med (en begrænset) anvendelse af biobrændstoffer og elbiler. I referencebanen til Klimakuren er der i modsætning til denne rapporters scenarier en stigning i CO₂-emissionen frem mod 2035⁴. Dette skyldes efter vores vurdering to forhold. Der indregnes i Klimakurens referencebane ikke biobrændstoffer⁵, og der indgår ikke samme effektivitetsstigning for køretøjer som i denne rapporters referencescenarie.

I fremskrivningen af efterspørgslen efter transportarbejde er der set på historiske tendenser for transport og økonomisk vækst i Norge. Disse tendenser giver højere vækst i transportarbejdet i Norge end eksempelvis i Danmark. De officielle fremskrivninger for økonomisk vækst er også højere end for Danmark og andre lande. Lavere økonomisk vækst end tidligere ventet kan give yderligere fald i CO₂ fra transportsektoren end vurderet i denne rapport.

I en sammenligning mellem kombiscenariet og klimakurscenariet i 2035 ses det, at klimakurscenariet adskiller sig på fire væsentlige punkter. For det første er transportarbejdet lavere i klimakurscenariet end i kombiscenariet. For det andet er mere end 20 % af personbiltransporten flyttet til især bane. For

⁴ Se f.eks. figuren side 9 og figur 7.1 side 64 i Klimakurens hovedrapport (Klif, 2010)

⁵ side 63 (Klif, 2010)

det tredje udgør biobrændstoffer næsten 40 % af energiforbruget i 2035, mens det i kombiscenariet er godt 15 %. Også vedrørende elektrificering er klimakurscenariet mere ambitiøst. Kun vedrørende de konventionelle bilers brændselseffektivitet er der nogenlunde sammenfald mellem de to scenarier.

Der er ikke i dette arbejde gennemført en egentlig virkemiddelanalyse, men vi vurderer, at referencescenariet vil kræve en fortsættelse af eksisterende og planlagte politiske instrumenter internationalt og nationalt. Herunder at der i EU fortsat stilles krav om reduktion af køretøjernes brændselsforbrug samt fortsat høje afgifter på brændstof. Kombiscenariet forudsætter sandsynligvis yderligere fokus og aktiv national og international indsats over for køretøjernes effektivitet samt støtte til udvikling og udbredelse af elbilsteknologier og biobrændstofteknologier. For klimakurscenariet er der derudover behov for væsentlige tiltag for dels at reducere transportarbejde og dels at flytte fra vejtransport til andre transportformer. Hvorvidt de virkemidler, som er beskrevet i Klimakuren, er tilstrækkelige til dette, er ikke vurderet i denne rapport.

Biobrændstoffer har ingen direkte effekt på det samlede energiforbrug, men kan være med til at sænke CO₂-emissionen. Hvor stor en andel biobrændstoffer i transporten, der kan realiseres ud fra bæredygtigheds- og omkostningsaspekter, er dog ikke analyseret nærmere i denne rapport.

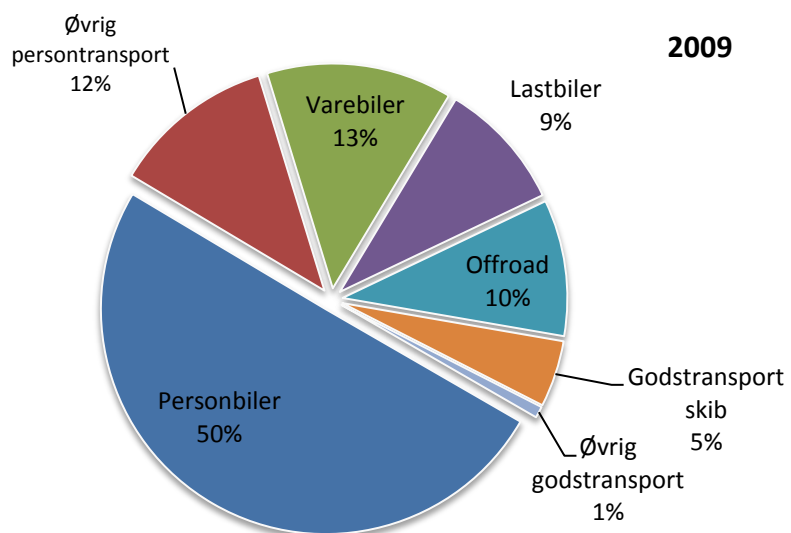
Endelig kan alternative teknologier bidrage til at sænke det samlede energiforbrug. Dette gælder især elbaserede køretøjer i form af batteridrevne elbiler eller plugin-hybrider.

2 Forudsætninger og metode

Beregningerne i dette projekt er gennemført ved hjælp af en fremskrivningsmodel, som Ea Energianalyse har udviklet i forbindelse med scenarieopgaver for Norsk Petroleumsinstitutt samt Energi- og olieforum i Danmark. I forbindelse med projektet er der udarbejdet en bilagsrapport med mere detaljeret gennemgang af model, centrale kilder, statistiske sammenhænge samt andre forudsætninger.

Energiforbrug til transport

Figur 3 viser fordelingen af det nationale energiforbrug i transportsektoren fordelt på de kategorier, som er anvendt i denne rapport. Det fremgår, at størstedelen udgøres af personbiler, men også varebiler (der til dels benyttes til persontransport) og lastbiler udgør tilsammen næsten en tredjedel af det samlede energiforbrug i 2009.



Figur 3: Fordeling af energiforbrug i transportsektoren i 2009. Opdeling ifølge egne beregninger. Det samlede energiforbrug i 2009 var ca. 180 PJ. Offroad benyttes i denne rapport til at betegne transportrelateret energiforbrug i mobile anlæg inden for bygge- og anlægssektoren, fritidsbåde, snescootere m.m. Dette svarer til kategorien "Other transportation" i National Inventory Report.

Andre kilder, herunder Klimakuren, viser et højere energiforbrug i transportsektoren. Dette skyldes især forskelle i afgrænsningen af transportsektoren:

- I denne rapport inkluderes eksempelvis ikke energiforbrug til landbrug og fiskeri. En del af dette forbrug kan defineres som transportrelateret, hvilket er gjort i Klimakuren.

- I denne rapport inkluderes ikke transport relateret til olieudvinding, dvs. til og fra kontinentalsokkelen. Dette er et definitionsspørgsmål, men man må være opmærksom på, at der ligger væsentligt andre drivere til grund for udviklingen af energiforbruget til transport til og fra kontinentalsokkelen end i de andre sektorer, der er analyseret i denne rapport.

Der er udarbejdet tre scenarier, hvoraf et bygger på Klimakuren. For at gøre de tre scenarier sammenlignelige er der i klimakurscenariet kun medtaget de sektorer, som indgår i de to øvrige scenarier. Dermed er rapportens resultater for klimakurscenariet ikke direkte sammenlignelige med resultaterne i selve Klimakuren.

Modelværktøj og metode

Til projektet er der udviklet en regnearksmodel, som på baggrund af forudsætninger om nye køretøjers fordeling på drivmidler og energieffektivitet muliggør en beskrivelse af bl.a. udvikling i køretøjsbestand, energiforbrug og udledning af CO₂-emissioner. Data om den eksisterende køretøjsbestands sammensætning og energiforbrug er indhentet fra en række forskellige litteraturkilder, herunder særligt fra Statistisk sentralbyrå (SSB).

Modellens kategorier fremgår af tabel 1, der viser tre niveauer for underopdeling af sektoren på hhv. type (person- eller godstransport), transportformer inden for typerne, og forskellige teknologier inden for hver transportform.

Type	Transportform	Teknologier
Person-transport	Personbiler	Detaljeret opgørelse af bilbestand inkl. brændsel, alder, effektivitet, kørsel per år m.m.
	Motorcykler	Overordnet opdeling på brændsler og gennemsnitlig effektivitet
	Busser	Overordnet opdeling på brændsler og gennemsnitlig effektivitet per køretøjskilometer
	Jernbane	Overordnet opdeling på brændsler og gennemsnitlig effektivitet per køretøjskilometer
	Forstadsbaner	Overordnet opdeling på brændsler og gennemsnitlig effektivitet per køretøjskilometer
	Skib	Overordnet opdeling på brændsler og gennemsnitlig effektivitet per personkilometer
Godstransport	Varebiler	Detaljeret opgørelse af bilbestand inkl. brændsel, alder, effektivitet, kørsel per år m.m.
	Lastbiler	Detaljeret opgørelse af bilbestand inkl. brændsel, alder, effektivitet, kørsel per år m.m.
	Skib	Overordnet opdeling på brændsler og gennemsnitlig effektivitet per tonkilometer
	Fly	Overordnet opdeling på brændsler og gennemsnitlig effektivitet per tonkilometer
	Jernbane	Overordnet opdeling på brændsler og gennemsnitlig effektivitet per tonkilometer
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.

Tabel 1: Repræsenterede kategorier i modellen og detaljeringsgrad.

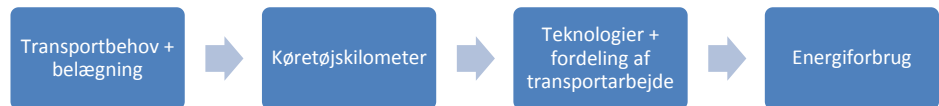
Skibstransport inkluderer i denne rapport kun indenrigs transport, eksklusiv skibstransport relateret til olieudvinding. Forbrug i fiskeriflåden indgår ikke. Kategorien offroad benyttes i denne rapport til at repræsentere de forbrugere, som i National Inventory Report (Klif, 2011) betegnes som "Other transportation". Dette inkluderer diverse kilder til mobil forbrænding, herunder bygge- og anlægssektoren, fritidsbåde og snescootere. Forbrug i fiskeriflåden og inden for landbrug indgår ikke i denne rapport. For en nærmere forklaring henvises til bilaget.

Beregning af energiforbrug

Beregning af energiforbruget i transportsektoren for de fremskrevne kategorier opgøres an køretøj og baseres på:

- Fremskrivning af transportydelser
- Teknologiforudsætninger (energiforbrug)
- Anvendte teknologier (køretøjstyper)

Den overordnede metode for beregning af energiforbruget i scenarierne er illustreret på figuren nedenfor. Der tages udgangspunkt i en fremskrivning af transporttydelserne, der angiver, hvor langt personer og gods skal transporteres.



Figur 4: Overordnet metode anvendt i modellen.

Inden for gods- og varetransport fordeles transportbehovet på de forskellige transportformer⁶ (dvs. personbiler, kollektiv transport, varebiler, lastbiler m.m.), og for hver transportform forudsættes en belægningsgrad, der angiver, hvor mange personer eller hvor meget gods der transporteres per køretøjskilometer. Dermed omsættes transportbehovet til et totalt antal køretøjskilometer inden for hver transportform. Disse køretøjskilometer kan inden for hver transportform leveres af en række forskellige teknologier⁷ 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 skrottede 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 kan beregnes.

Beregning af
CO₂-emission

Den lokale CO₂-emission er emissionen fra brændsel, der anvendes direkte i køretøjet (an køretøj). Biobrændstoffer og elektricitet forudsættes her at have en emission på 0. Den totale CO₂-emission inkluderer også opstrøms CO₂-emission ved tilvejebringelse og forarbejdning af brændsler beregnes med følgende forudsætninger:

⁶ "Transportformer" benyttes her til at betegne en kategori inden for transportsektoren. Persontransport i personbiler og busser anses således for to forskellige transportformer.

⁷ "Teknologier" benyttes her til at betegne en underkategori til transportformer. Personbiler er eksempelvis opdelt i dieslbiler, benzinbiler, elbiler m.m.

- Fossile brændstoffer har et marginalt opstrømstab på 15 %.
- Fra 2020 og frem indføres 2. generations biobrændstoffer, som udgør 25 % i 2035 i referencescenariet. Dette har betydning for CO₂-emission og VE-andel.
- Biobrændstoffers totale CO₂-emission beregnes med faktorer, som indgår i EU's VE-direktiv, og som viser de enkelte biobrændsels CO₂-besparelse.
- CO₂-emission ved produktion af el baseres på analyser i rapporten "CO₂-udledning fra fremtidens personbiler i Norden" (Ea Energianalyse, 2011). Dertil lægges 15 % opstrømstab. Emissionsfaktorer inkl. opstrømstab fremgår af tabellen nedenfor.

	Diesel/Benzin	Biobrændstoffer	El
2010	85 kg/GJ	54 kg/GJ	966 g/kWh
2035	85 kg/GJ	28 kg/GJ	374 g/kWh

Tabel 2: Emissionsfaktorer inkl. opstrømstab.

Beregning af VE-andel

VE-andelen i transportsektoren beregnes som angivet i VE-direktivet, der benyttes ved beregning af Norges målsætning om 10 % VE i transportsektoren. I denne rapport indgår dog energiforbruget til hele transportsektoren, mens VE-direktivet kun medregner energiforbrug til vejtransport. Ved beregning af VE-andelen for Norge forudsættes 100 % af elforbruget at være baseret på VE. Beregningsmetoden betyder, at VE-andelen kan være over 100 %. Dette er specielt påfaldende ved større iblanding af 2. generations biobrændstof og udbredt anvendelse af elbiler. Energimængderne, der indgår i beregningen af VE-andelen, fremgår af tabellen nedenfor.

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

Tabel 3: Energimængder, der indgår i beregning af VE-andelen i transportsektoren.

EU-målsætninger og regulering

EU har i de senere år været en aktiv *driver* i energi-, transport- og klimapolitikken, og den udvikling forventes at fortsætte fremover.

EU's VE-direktiv fra 2009 stiller krav om 20 % vedvarende energi i det samlede endelige energiforbrug i EU i 2020 og indeholder desuden et særligt krav om, at 10 % af den energi, der forbruges inden for transportsektoren, skal stamme fra VE.

Det er op til medlemsstaterne, hvordan de vil opfylde VE-målsætningen, men i praksis må man forvente, at VE-kravet for transportsektoren primært vil blive opfyldt ved iblanding af førstegenerations biobrændstoffer.

Norge er gennem EØS-aftalen en integreret del af EU's 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. Norge har desuden lagt op til at fastlægge et mål på 67,5 % VE i 2020.⁸

Direktivet om kvaliteten for benzin og diesellole (drivstoffdirektivet) vurderes ligeledes at være EØS-relevant⁹. Derimod er Norge ikke omfattet af EU's beslutning om at reducere drivhusgasemissionerne med 20 % i 2020. Norge har dog fastsat et nationalt mål om at reducere CO₂-emissionen med 30 % i 2020 i forhold til niveauet i 1990¹⁰.

En anden vigtig EU-regulering på transportområdet er normkravene til nye personbilers brændstofforbrug, som betyder, at CO₂-emissionerne fra nye personbiler registreret i EU i perioden 2012-2015 i gennemsnit skal bringes ned på 130 g CO₂/km. For 2020 er målet 95 g CO₂/km, men dette niveau er ikke fastlagt endeligt. Kravet er rettet mod bilproducenterne og vil i høj grad bidrage til at kunne opnå betydelige reduktioner også i Norge.

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 2017¹¹. 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.

⁸ <http://www.regjeringen.no/nb/dep/oed/dok/regpubl/prop/2011-2012/prop-1-s-20112012/6.html?id=658953>

⁹ Klimakur 2020 "Internasjonale rammebetingelser for norsk klimapolitik" (Etatsgruppen Klimakur 2020, 2009) <http://www.klimakur2020.no/Documents/ta2574.pdf>

¹⁰ <http://www.regjeringen.no/nn/dep/md/dokument/proposisjonar-og-meldingar/proposisjonar-til-stortinget/2011-2012/prop-1-s-20112012/27.html?id=657621>

¹¹ 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

3 Scenarieoverblik

Scenarieopsætning

I denne analyse af transportsektorens energiforbrug i Norge er der gennemregnet i alt tre scenarier: et referencescenarie, et kombiscenarie med fokus på en kombination af effektivitet, biobrændstoffer og elbiler, og et klimakurs-scenarie baseret på centrale forudsætninger fra den norske Klimakur. Klimakurs-scenariet adskiller sig fra reference- og kombiscenariet, idet der ud over teknologiske tiltag inden for forskellige transportmidler også indgår tiltag, der sigter mod en omfordeling af transportarbejde imellem transportmidler og en begrænsning af det samlede transportarbejde.

Inden for transportsektoren og specielt vejtransporten er der tre teknologiske hovedudviklingsspor, der kan forfølges for at reducere CO₂-emissionen:

1. Effektivisering af kendte teknologier ved markant og fokuseret udvikling af bilernes brændstofeffektivitet
2. Introduktion af biobrændstoffer, enten som iblanding i diesel og benzin eller som selvstændigt brændstof
3. Elektrificering, hvor der satses på en massiv udbredelse af plugin-hybridbiler og elbiler.

De tre teknologispør er hver især afhængige af enkelte kritiske og usikre faktorer: betydelig udvikling af brændstofeffektiviteten i konventionelle biler, tilstedeværelsen af store mængder bæredygtig biomasse samt udviklingen af 2. generations-biobrændstof og udvikling af elbiler, der vinder stor accept hos forbrugerne. Disse tre muligheder er centrale med henblik på muligheder for reduktion af CO₂-emissionen fra transportsektoren og er baggrunden for udviklingen af kombiscenariet. Her kombineres de tre ovennævnte elementer og aftegner en ambitiøs og teknologisk balanceret udvikling af transportsektoren frem mod 2035. Tabel 4 viser de enkelte elementers fordele og ulemper med henblik på at benytte dem for at reducere transportsektorens CO₂-emission.

Mulige fordele

Effektivisering	Biobrændstof	Elektrificering
<ul style="list-style-type: none"> Eksisterende infrastruktur og kendt teknologi I harmoni med EU- forordning om CO₂-emission fra personbiler Sparer ressourcer God synergi med brændstoffer Viser sandsynligvis god samfundsøkonomi I harmoni med eksisterende national regulering 	<ul style="list-style-type: none"> Eksisterende infrastruktur for distribution Kendt bilteknologi Potentielt lidt højere virkningsgrader i benzinatorer Industri under opbygning i EU Vil øge indtægtsgrundlaget i landbrug og skovbrug Potentiale for meget ambitiøse CO₂-mål Er antagelig en velegnet overgangsløsning 	<ul style="list-style-type: none"> Reducerer også lokale emissioner og støj Kan integrere en lang række energiformer i transportsektoren Effektiv motor, derfor potentiale for betydelige brændselsbesparelser og ambitiøse CO₂-mål, især ved omstilling af elsektoren til VE Potentiale for god samfundsøkonomi på lang sigt – såfremt produktionsomkostninger for batterier reduceres betydeligt

Mulige ulemper

<ul style="list-style-type: none"> Der er grænser for, hvor langt man kan nå ad denne vej Fortsat 100 % afhængighed af olie – hvis der ikke kombineres med andre virkemidler Risiko for, at målene ikke nås i den virkelige verden Kan påvirke køreglæde og komfort 	<ul style="list-style-type: none"> Produktion af biobrændstof er energintensivt med lav effektivitet. Brændselsforbruget stiger derfor Biomasse er en begrænset resurse globalt. Der stilles derfor spørgsmålstejn ved den langsigtede bæredygtighed En stor del af den sparede CO₂-emission flyttes til fremstillingen af brændstoffer 	<ul style="list-style-type: none"> Dårligere samfundsøkonomi på kort sigt. Kræver ny infrastruktur Udfordringer med batteriernes vægt, volumen og holdbarhed endnu ikke løst. Ikke samme rækkevidde som traditionelle biler En stor del af den sparede CO₂-emission flyttes til elsektoren Derfor kun reel CO₂-effekt, hvis ambitiøs omstilling til VE i elsektoren foretages
---	---	---

Tabel 4: Mulige fordele og ulemper ved de tre vigtigste teknologiudviklingsspor.

For alle scenarier er udviklingen i brændstofforbruget beregnet, og der vises CO₂-emissioner både lokalt – dvs. CO₂ fra køretøjernes udstødningsgas – og totalt – dvs. inklusiv emissioner forbundet med udvinding og produktion af drivmidler.

Referencescenarie	Kombiscenarie	Klimakurscenarie
Moderat teknologiudvikling. VE-målsætning i 2020 overholdes primært vha. biobrændstoffer.	Elementer med effektivisering af eksisterende teknologi, introduktion af biobrændstof og elektrificering. Ca. 17 % biobrændstoffer i 2035. 40 % af nybilssalget i 2035 er elbaseret (el/plugin).	Baseret på centrale antagelser i den norske Klimakur. Ca. 37 % biobrændstoffer i 2035. 43% af nybilssalget i 2035 er elbaseret (el/plugin).

Tabel 5: I projektet undersøges et referencescenarie og to alternative scenarier.

4 Referencescenariet

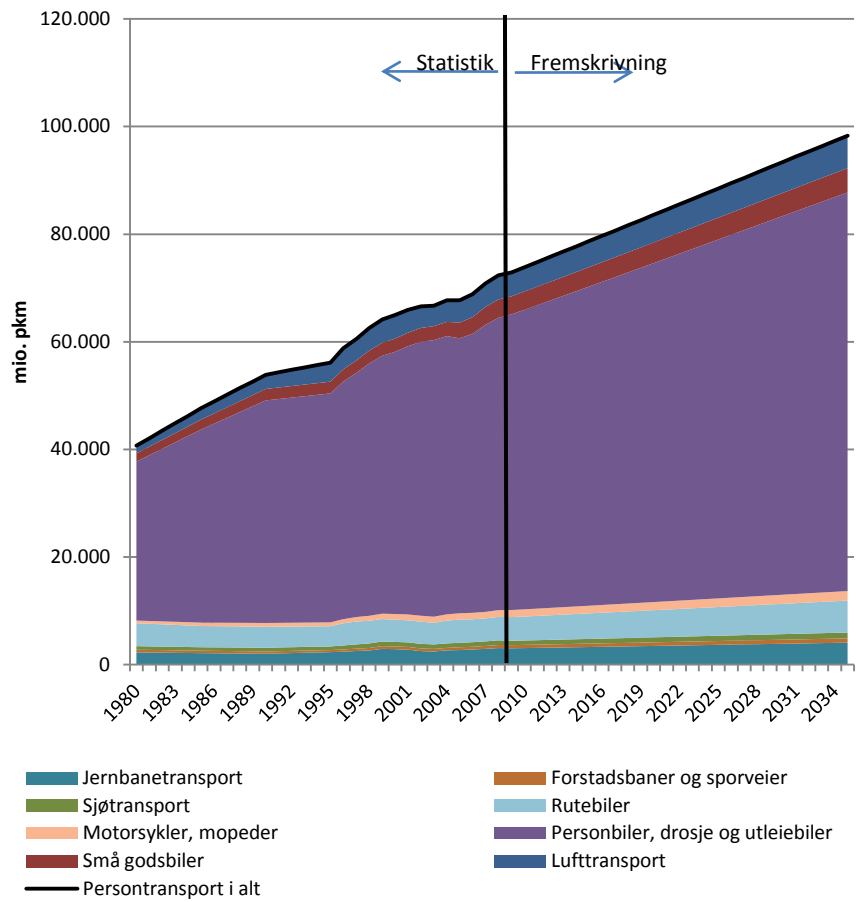
De overordnede rammer for referencescenariet er en global udvikling svarende til New Policies-scenariet i World Energy Outlook 2010. Hertil kommer besluttede mål og rammer i EU og Norge. Mere specifikt antages det, at der indgår 10 % vedvarende energi transportsektoren i 2020 og at dette stiger svagt frem til 2035. Endvidere forudsættes der en fortsat effektivisering af køretøjer svarende til de vedtagne målsætninger for køretøjer i EØS. Beregningerne tager hensyn til at de vedtagne målsætninger ikke opnås i praktisk kørsel, da de er defineret ud fra en snæver testcyklus. Forskellen mellem teori og praksis er baseret på statistiske analyser.¹² Man kan sige at referencescenariet bygger på at der vedtages de politiske beslutninger der er nødvendige, for at vedtagne målsætninger og aftaler opfyldes i praksis. Endvidere antages det, at sådanne mål og aftaler videreføres frem til 2035. Politiske beslutninger kan blive nødvendige såfremt effektivitetsmålene for køretøjer ikke nås eller at vedtagne mål for andelen af vedvarende energi i transportsektoren ikke nås.

Efterspørgslen på transportarbejde

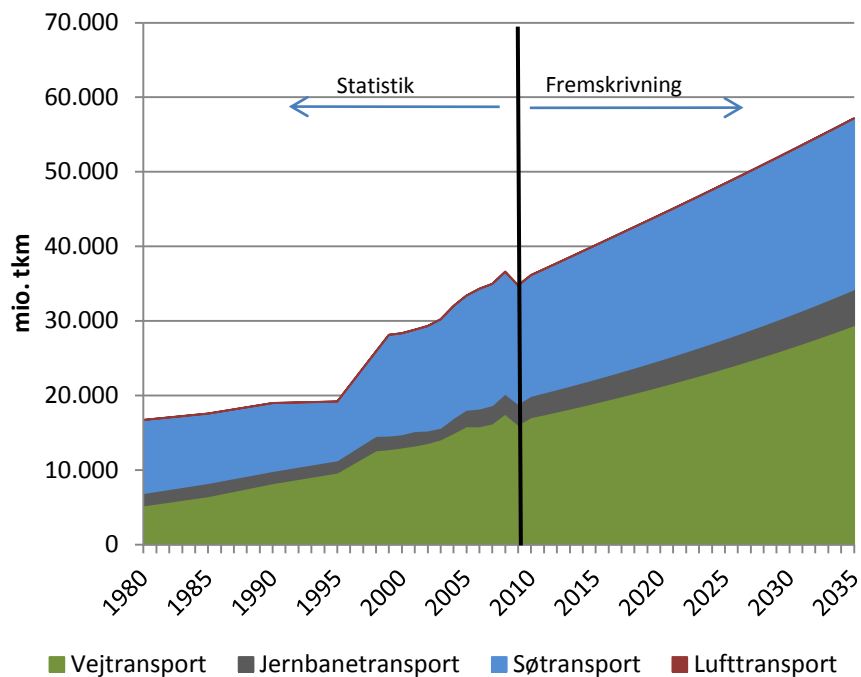
Reference- og kombiscenariet er baseret på den samme fremskrivning af efterspørgslen på person- og godstransportarbejde. Disse fremskrivninger er lavet på baggrund af historiske trends for transportarbejde og økonomisk vækst. Der indgår således en stigning i persontransportarbejde på ca. 1,15 % årligt frem til 2035 og ca. 1,9 % årlig forøgelse af godstransportarbejdet med lastbiler og varebiler¹³. For en nærmere redegørelse henvises til bilagsrapporten.

¹² Denne analyse har udgangspunkt i undersøgelser af den danske transportsektor i årene 1980-2010.

¹³ Data om godstransportarbejdet for varebiler har ikke været tilgængelige, hvorfor fremskrivningen er baseret på en forventet udvikling i køretøjsarbejdet. Dette gælder også den del af varebilerne, som anvendes til persontransport.



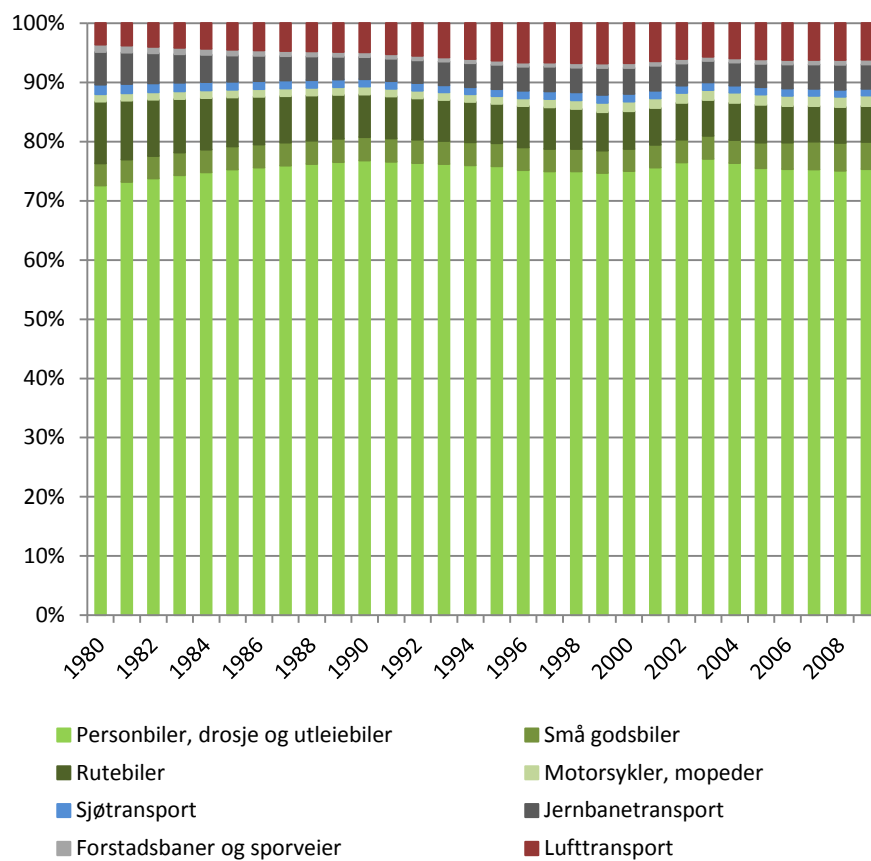
Figur 5: Udvikling af persontransportarbejdet i Norge i perioden fra 1980 til 2009. Kilde: SSB



Figur 6: Udviklingen i godstransportarbejde. Historiske data til 2009, herefter fremskrevet med hhv. ca. 1,9 % årligt vækst (lidt højere i begyndelsen af perioden og lidt lavere i slutningen). Kilde: SSB

Figur 7 viser fordelingen af persontransportarbejdet på transportmidler. Personbiler repræsenterede i 2009 ca. 75 % af det samlede persontransportarbejde, mens varebiler, tog, bus og cykel mv. udgjorde de resterende 25 %. Siden 1980 har lufttransport og transport i personbiler vundet en lidt større andel, mens den kollektive transport med jernbane og rutebiler er gået lidt tilbage.

Det ses, at forskydningerne mellem de forskellige transportformer har været relativt begrænsede de seneste 15 år. Ved referencefremskrivningen i denne rapport antages der uændret fordeling mellem transportformerne i forhold til i dag.



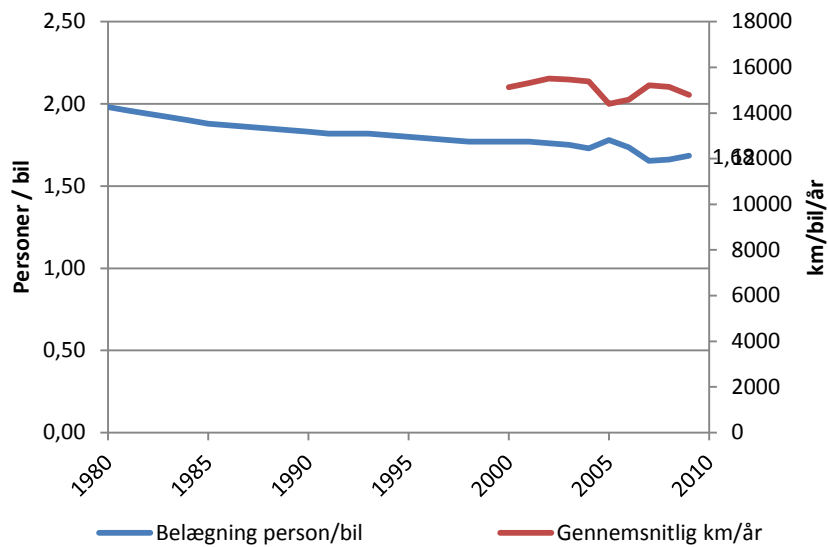
Figur 7: Fordeling af persontransportarbejdet i Norge på transportmidler. Kilde: SSB, suppleret med egne beregning for små godsbiler.

Et forhold, der har væsentlig betydning for fremskrivningen af energiforbruget, er udviklingen i belægningsgraden på køretøjerne. Altså hvor mange personer der i gennemsnit transporteres i fx en personbil, og hvor mange ton gods en lastbil i gennemsnit fragter.

Historisk set har belægningsgraden for personbiler været faldende, men i løbet af de seneste fem år har den stabiliseret sig på et niveau omkring 1,68 person per bil i gennemsnit¹⁴. I beregningerne forudsættes belægningen at falde svagt fremadrettet til et niveau på 1,60 i 2035.

Lastbilernes belægningsgrad målt i ton per køretøj blev i perioden 1996 til 2002 øget fra ca. 8 ton per køretøj til 9,5 ton per køretøj, men har derefter ligget stabilt på dette niveau. Belægningen antages også fremadrettet at være ca. 9,5 ton per køretøj.

¹⁴ For årene 2005 til 2009 er dette baseret på beregninger pba. af data om transportarbejde og trafikarbejde fra SSB. Før 2005 stammer oplysninger fra (TØI, 2009)



Figur 8: 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)

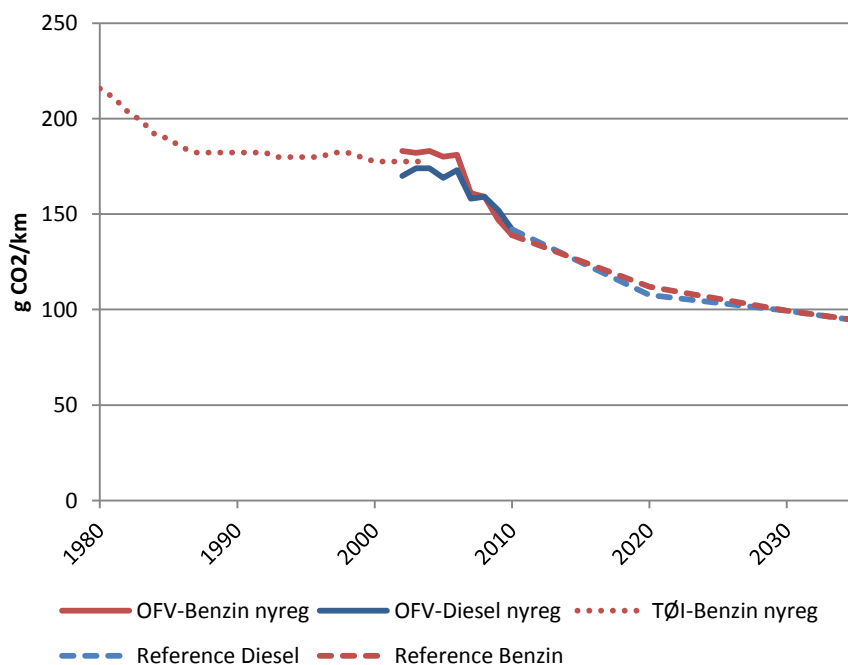
Køretøjernes effektivitet

Statistikken for nyregistrerede personbilers CO₂-udledning (brændstofforbrug) viser en tydelige forbedring over de sidste 8 år. I 2002 udledte en gennemsnitlig ny benzinbil således ca. 180 g/km mens den i 2010 kun udledte 145 g/km. Ny dieselbiler har tilsvarende gennemgået en forbedring fra ca. 165 g/km i 2002 til 145 g/km i 2010. Især fra 2007 fremgår der en større effektivisering af personbilerne, i overensstemmelse med udviklingen i nabolandene Danmark og Sverige, samt på europæisk plan¹⁵. Samtidig blev engangsafgifterne for personbiler lagt om i Norge i 2007, således at afgiften på slagvolumen blev erstattet af en afgift afhængig af CO₂-emissionen. Ifølge Statens forureningsstilsyn har dette været medvirkende til det større effektivitetsspring fra 2006 til 2007 (STF, 2008).

Effektiviseringerne kan forventes at fortsætte fremadrettet som følge af særligt EU's regulering af bilproducenterne. I referencen forudsættes det at EU's målsætning om 130 g/km i 2015 opfyldes. I 2020 forudsættes nye benzin og dieselbiler i gennemsnit at udlede 110 g/km, hvilket er et stykke fra det indikative mål på 95 g/km i 2020. Antagelsen om de 110 g/km gælder gennemsnittet for konventionelle og hybrid benzin- og dieselbiler. Når der ikke forudsættes større effektivisering skyldes dette, at 95 g/km er et ambitiøst mål for konventionelle biler, og bilproducenterne kan beregningsmæssigt også opfyl-

¹⁵ Udviklingen i Norge og på europæisk plan er for eksempel sammenlignet af vegvesenet: <http://www.vegvesen.no/Kjoretoy/Fakta+og+statistikk/Kjoretoy+og+drivstoff/Miljoutslipp/Gjennomsnittlige+CO2-utslipp>

de målet vha. eksempelvis elbiler, hvilket nedenstående figur ikke tager hensyn til.



Figur 9: Forudsat udvikling af CO₂-udledning for personbiler sammenlignet med historisk udvikling. Der er vist et gennemsnit for hybrid og konventionelle diesel og benzinbiler. CO₂-udledning er vist uden hensyntagen til realitetsfaktoren.

Brændstofforbruget, der refereres til i figur 9 og i ovenstående tekst, svarer til personbilernes forbrug opgjort i forhold til den gældende EU-kørecyklus. De statistiske analyser gennemført i dette projekt og det tilsvarende danske projekt peger imidlertid på, at det faktiske forbrug for nye biler solgt i dag er ca. 20 % højere end opgjort i forhold til testcyklussen. I forbindelse med fremskrivningerne er det forudsat, at bilernes faktiske forbrug også fremadrettet vil ligge 20 % over det opgivne forbrug (*realitetsfaktor*).

En gennemsnitslastbil og diesel-varebil har i dag et energiforbrug på hhv. 10 og 3,0 MJ diesel per køretøjskilometer. Både lastbiler og varebilernes energieffektivitet er blevet lidt forbedret gennem de sidste 15 år fra et niveau på hhv. 10,9 og 3,4 MJ/km.

I referencen forudsættes det, at nye lastbilers effektivitet forbedres med 15 % frem til 2035, mens den tilsvarende forbedring for varebiler er 30 %. Varebilernes effektivitet skal ifølge EU's indikative mål forbedres med ca. 28 % i 2020 i forhold til 2010. Det indikative mål opfyldes således ikke i 2020 i referencen men (over)-opfyldes i 2035.

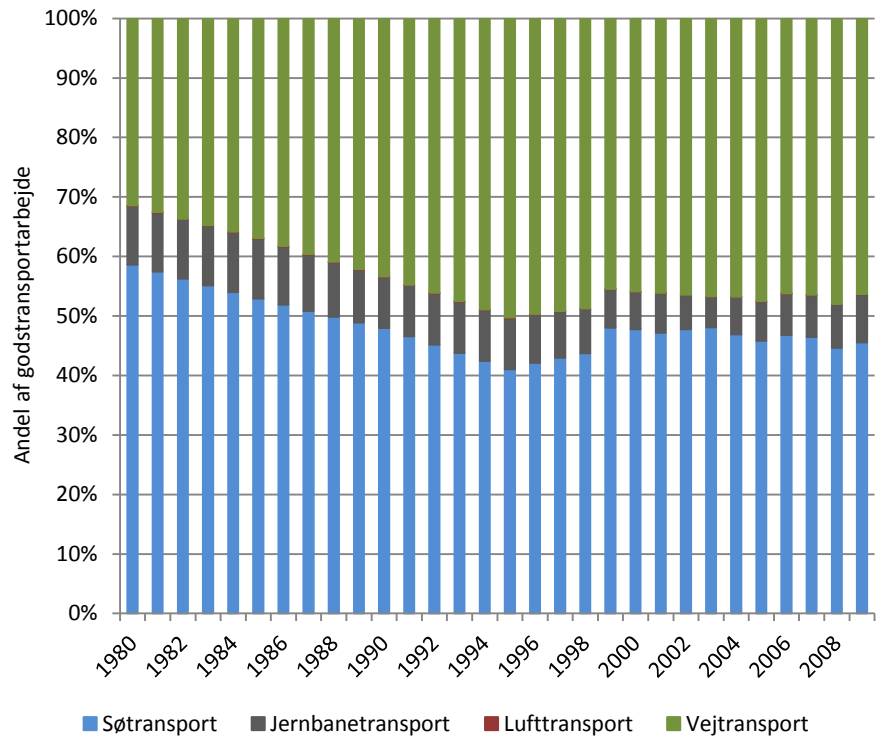
En række analyser peger på et betydeligt effektiviseringspotentiale inden for vare- og lastbiltransport. Det teoretiske potentiale for at effektivisere lastbilers energiforbrug er forholdsvis højt – i størrelsesordenen 30-40 % ifølge IEA (2010) – og for varebiler endnu højere.

Søtransport

I Norge spiller søtransport i modsætning til de fleste andre Europæiske lande en væsentlig rolle i indenrigsgodstransporten. Andelen blev reduceret betydeligt fra 1980 til 1995 men har siden da ligget nogenlunde konstant på ca. 45 %. I beregningerne forudsættes et fortsat svagt fald i søtransportens andel således at den udgør ca. 40 % i 2035.

Potentialet for at reducere energiforbrug indenfor maritim godstransport er bl.a. belyst i IEA rapporten "Transport, Energy and CO2 – Moving Towards Sustainability" (IEA, 2010). I rapporten redegøres for mere end 50 forskellige tiltag, som kan bidrage til at reducere energiforbrug fra fragtskibe. Tiltagene er kategoriseret indenfor nogle overordnede kategorier: design af skibets skrog, motorforbedringer, forbedring af fremdriftssystemer (rotor), drifts- og planlægningsstrategier og andre tekniske tiltag. Det vurderes i rapporten, at designtiltag kan reducere brændstofforbruget med ca. 30 % for nye skibe, tekniske refro-fit tiltag og bedre vedligehold kan reducere med 20 % og drifts- og planlægningstiltag kan reducere med 40 %. Nogle af de vigtigste enkelttiltag vedrører udnyttelse overskudsvarme fra motorer til elproduktion, bedre ruteplanlægning og lavere hastigheder. Samlet set vurderer IEA rapporten det at være realistisk, at reducere energiforbruget med 40 % per tkm frem til 2030 og med op til 60 % i 2050.

I referencen indgår en 15 % forbedring af energieffektiviteten for søtransporten i 2035.



Figur 10: Fordeling af godstransportarbejdet i Norge. Kilde:SSB

Konventionelle benzin- og dieslbiler forudsættes at udgøre hovedparten af bilbestanden frem til 2035 i referencescenariet. Andelen af dieslbiler øges over perioden på bekostning af antallet af benzinbiler. Dette afspejler en udvikling, som allerede er i gang, idet dieslbiler i 2010 udgjorde ca. 75 % af nybilsalget, og dette forhold forventes at fortsætte. Det er dog ikke forudsat, at dieslbilernes andel af nyregistreringer stiger yderligere, hvilket understøttes af de tanker om øget registreringsafgift på dieslbiler som er fremlagt med seneste nationalbudget.

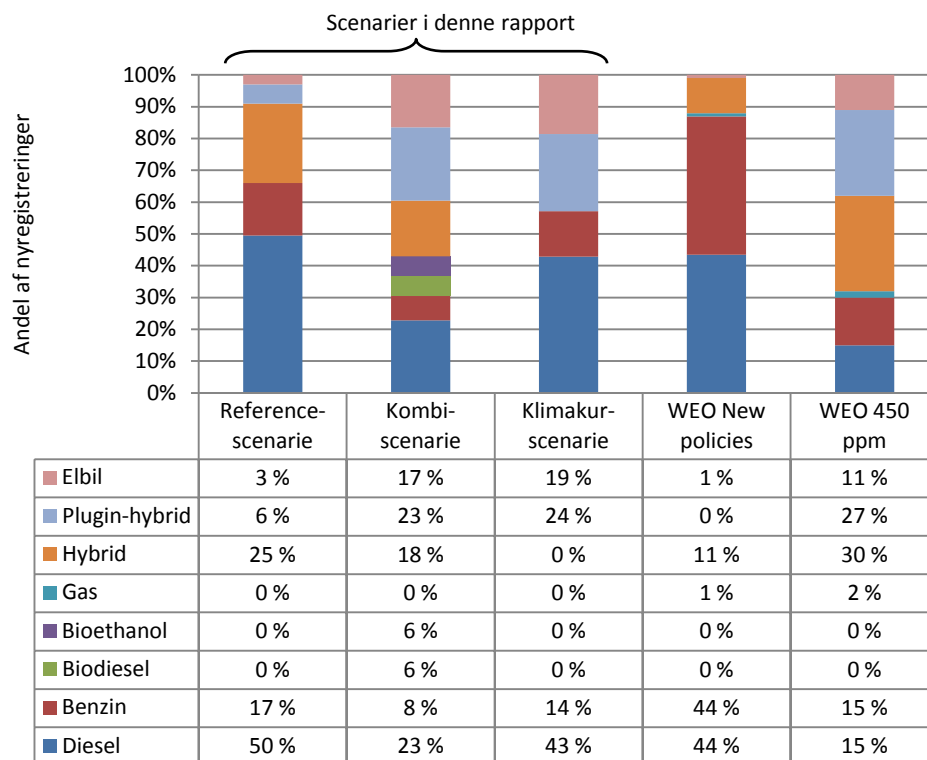
En væsentlig del af salget udgøres mod slutningen af perioden af benzin- og dieselhybridbiler, der har små batterier, som gør det muligt at køre i eldrift over korte distancer, men som ikke lader op fra elnettet. Der er derfor grundlæggende forskel på hybridbiler og plugin-hybrider med hensyn til hvad der er den primære energikilde. En hybridbil kan i det perspektiv betragtes ses som en konventionel bil med lavere brændselsforbrug. Også på sigt er det sandsynligt, at der vil findes hybridbiler på markedet ved siden af plugin-hybrider, som bl.a. det internationale energiagentur IEA antager det i sine scenarier, som er omtalt nedenfor.

	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 6: Fordeling af nyregistrerede personbiltyper frem til 2035 i referencescenariet.

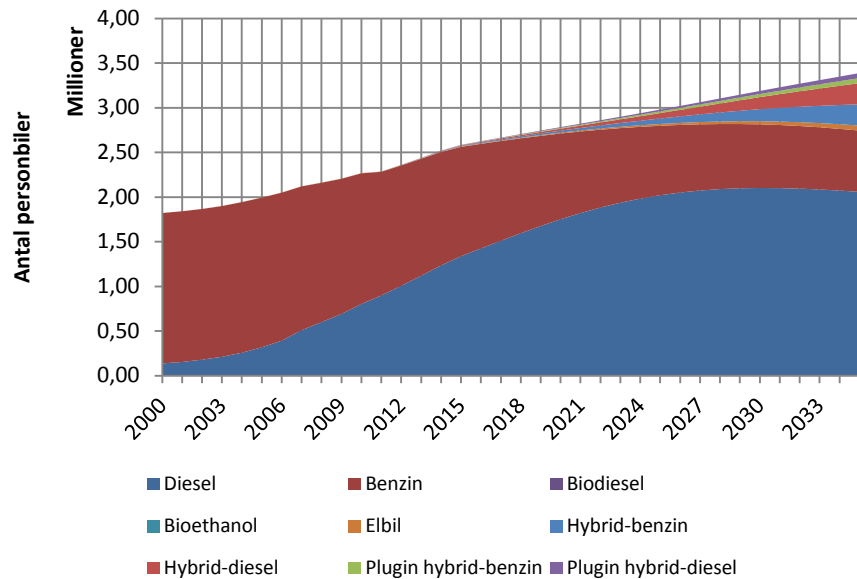
Elbiler og plugin-biler spiller ikke nogen væsentlig rolle i referencescenariet frem til 2020, men herefter forudsættes en gradvis stigende andel, så deres samlede bestand øges fra knap 25.000 i 2020 (1 % af den samlede personbilsbestand) til godt 140.000 i 2035 (5 % af den samlede personbilsbestand). I figur 11 illustreres udviklingen i salget af de forskellige biltyper i de scenarier, som er behandlet i denne rapport. Til sammenligning ses også forudsætninger i det internationale energiagenturs New policies-scenarie og 450 ppm-scenarie. For referencen er der som tidligere nævnt taget udgangspunkt i New policies-scenariet. For Norge er der også i referencen antaget en hurtigere indfasning af elbaserede personbiler end i IEA's New policies-scenarie. Der er implementeret forskellige favoriseringer af elbiler i Norge, herunder fritagelse for registreringsafgifter, fritagelse for bompeng, gratis parkering og adgang til at køre i busbanerne, der peger på, at det er sandsynligt, at Norge i en europæisk sammenligning vil indføre relativt mange elbiler.

Der er ikke forudsat markante teknologispring som eksempelvis brintbiler i referencescenariet. Såfremt der forekommer markante teknologispring frem mod 2035, vil dette have indflydelse på den fremtidige fordeling af nyregistrerede personbiler.



Figur 11: Fordeling for nyregistrerede personbilstyper i 2035. Fordelingen af benzin og dieselmotorer i WEO-scenarierne er estimeret til 50 % til hver kategori. Kombiscenariet og klimakurs-scenariet er forklaret længere nede i rapporten. For klimakurs-scenariet er hybridbiler inkluderet i hhv. benzin- og dieselmotorer.

Varebilernes fordeling på drivmidler forudsættes at være omtrent den samme som for personbiler – dog med en større dieselandel – mens lastbiltransporten forudsættes at blive dækket af dieseldrevne køretøjer frem til 2035.



Figur 12: Udvikling af personbilsbestanden i referencescenariet.

Brændselsblandinger

Med henblik på at opfylde målsætningen om 10 % VE i transportsektoren forudsættes en 10 % (på energibasis) iblanding af biodiesel og bioethanol i henholdsvis diesel og benzin fra 2020 og frem. Det indføres gradvist fra henholdsvis 4,4 % biodiesel (svarende til 5 vol-%) i 2011 og 3,3 % bioethanol (svarende til 5 vol-%). Dette afviger fra den faktiske iblanding i 2011 oplyst af Norsk Petroleumsinstitutt. Iblanding var i praksis 7 vol-% (svarende til 6,2 energi-%) for biodiesel og tæt på 0 vol-% for bioethanol. Forskellen er i alt dog så lille, at den ikke har væsentlig betydning for hverken den beregnede VE-andel i transportsektoren i 2011 eller den beregnede CO₂-emission i 2011.

Jernbane, bus og offroad transport

Udviklingen inden for jernbanetransport, bustransport og offroad har ikke været genstand for en detaljeret analyse i projektet.

Busser, og især rutebusser, er flådekøretøjer, der principielt er velegnede til forsøg med alternative drivmidler som fx eldrift og naturgas/biogas. I referencescenariet er der dog kun forudsat, at 1/8 af bussernes transportarbejde i 2035 opfyldes vha. elbusser. I praksis vil der sandsynligvis være tale om rutekørsel i de større byer.

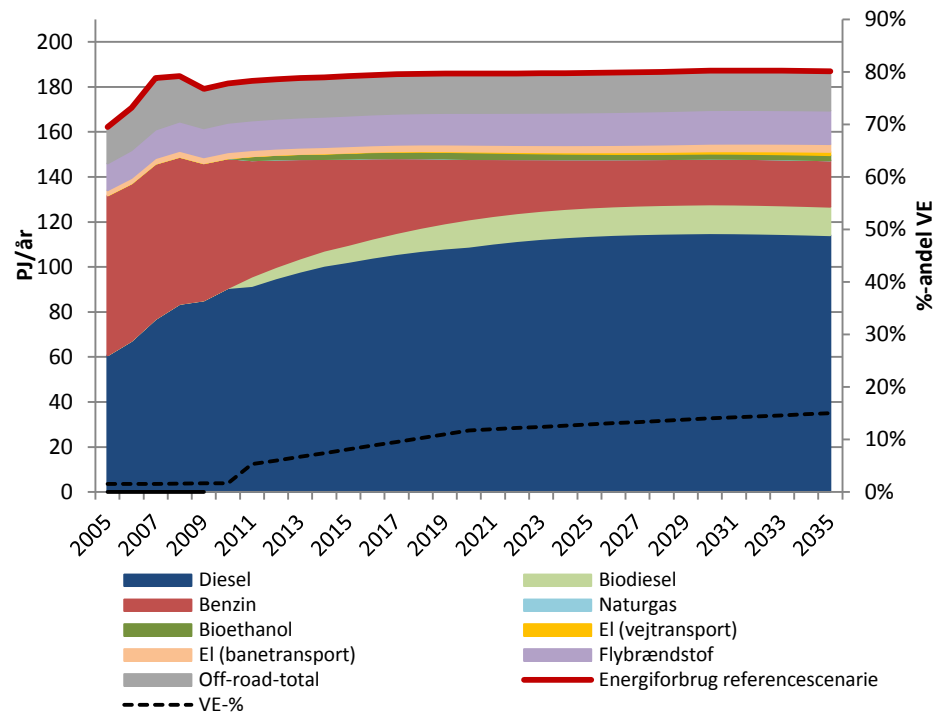
For jernbanen forudsættes en stigende elektrificering. I dag udgør dieseltog ca. 11 % af persontransporten og 25 % af godstransporten. I referencescenariet elektrificeres ca. halvdelen af dieseltogenes andel, således at de udgør hhv. 5 % og 12,5 % i 2035. Begge teknologier forudsættes effektiviseret med 15 % i 2035 i forhold til i dag.

Indenfor offroadsektoren forudsættes, at alle transporttjenester fortsat opfyldes vha. diesel (dog med iblanding af biodiesel) . De historiske data fra 1990 til 2009 har vist en stigning af energiforbruget på ca. 60 % (i 2007 var stigningen ca. 100 % ift. 1990). Fremadrettet forudsættes det dog, at stigninger i efterspørgslen efter transporttjenester i offroadsektoren ca. modsvares af effektiviseringer. Dermed forbliver energiforbruget i offroadsektoren konstant. Dette er nok en usikker vurdering, men det har ikke været muligt at gå mere i detaljer med udviklingen i offroadsektoren indenfor rammerne af dette projekt.

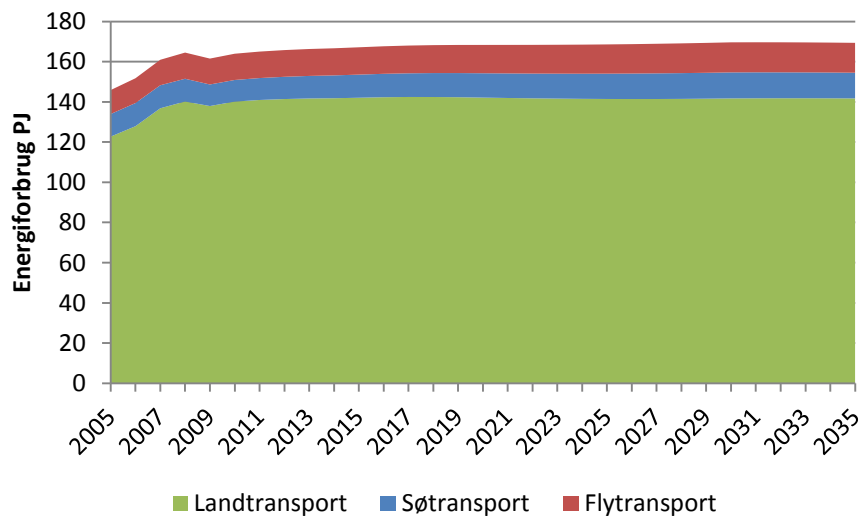
Energiforbrug

Figur 13 viser udviklingen i det samlede energiforbrug i transportsektoren i referencen. Sektorens energiforbrug steg kontinuerligt frem til 2008, men faldt herefter i 2009, primært som følge af den økonomiske krise. Derudover spiller det også ind, at de nye køretøjer er blevet mere energieffektive særligt gennem de seneste 3-4 år. Bemærk, at brændstofbruget er "an køretøj" og således ikke indeholder tab i raffinaderier, biobrændstoffabrikker eller på kraftværkerne. Dermed indgår der hverken energiforbrug eller CO₂-emission fra produktion af benzin, diesel, brændstoffer eller el i beregningerne.

I referencefremskrivningen betyder den vedblivende forbedring af nye bilers effektivitet, at transportsektorens energiforbrug forbliver stort set uændret på trods af at efterspørgslen på transportydelse forudsættes at stige betydeligt.



Figur 13: Udvikling af energiforbruget i transportsektoren i Norge frem til 2035 i referencescenariet. VE-% angives som energi-%. Beregningen er nærmere beskrevet i afsnit 2.



Figur 14: Udvikling af energiforbruget i transportsektoren i Norge frem til 2035 i referencescenariet.

5 Kombiscenariet

Kombiscenariet indebærer tiltag for at øge energieffektiviteten, øge bio-rændstofandelen og øge andelen af eldrevne køretøjer.

Balancen mellem tiltagene antages at flytte sig over tid. Således er der større fokus på brændstoffer i starten af perioden og stigende fokus på elbiler i slutningen af perioden. Denne vægtning har udgangspunkt i, at brændstoffer teknisk vurderes som mere tilgængelige på kort sigt, mens elbiler på længere sigt vurderes bedre at kunne leve op til langsigtede mål om en bæredygtig transportsektor.

Brændsler

Konkret forudsættes at biobrændstoffer som procentdel af den samlede brændstofanvendelse udgør henholdsvis 10 % og 16 % i 2020 og 2035.

Teknisk set vil det være uproblematisk at nå en højere andel af biobrændstoffer end forudsat i kombiscenariet. Da biomasse – herunder affaldsbiomasse som fx halm og træflis – på længere sigt forventes at blive en knap resurse, vil der dog være grænser for hvor store andele der kan opnås, selvom andengenerations biomasseteknologier bliver kommercielle.

Teknologier

Fordelingen af nyregistreringer for personbiler fremgår af tabel 7, og effektiviteten af tabel 8. Der er forudsat en vis indfasning af både eldrevne køretøjer (elbiler, hybrider og plugin-hybrider) og rene biobrændstofbiler. Dette fører til ca. 215.000 elbiler og knap 360.000 plugin-hybrider i 2035. Konventionelle biler (inkl. hybridbiler) udgør dog stadig ca. 60 % af den samlede bilpark i 2035.

Nye benzin/diesel bilers emission er ca. 85 g CO₂/km i 2035, hvilket ikke er langt fra det teknisk maksimale effektivitetsniveau for en standardbil med konventionel forbrændingsmotor, såfremt den skal leve op til eksisterende komfort- og sikkerhedskrav.

	Diesel	Benzin	Biodiesel	Bio-ethanol	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 7: Fordeling af nyregistreringer for personbiler i kombiscenariet. Diesel og benzinbiler benytter de forudsatte brændstofblandinger (se tabellen længere nede). Biodiesel- og bioethanolbiler benytter 100 % biobrændstof.

	km/l				MJ/km		
	Diesel	Benzin	Hybrid-benzin	Hybrid-diesel	Elbil	Plugin-hybrid el	Plugin-hybrid brændstof
2010	18,3	17,3	24,4	28,0	0,43	0,39	0,47
2020	26,1	22,8	26,0	29,8	0,39	0,33	0,37
2030	28,5	23,8	29,4	33,8	0,33	0,18	0,20
2035	30,9	26,4	30,9	35,7	0,33	0,18	0,20

Tabel 8: Effektivitet for nyregistrerede personbiler i kombiscenariet før anvendelse af realitetsfaktoren.

	2010	2020	2035
Andel biodiesel i diesel	4,4 %	10 %	12,5 %
Andel bioethanol i benzin	3,3 %	10 %	12,5
Andel biobrændstof i flybrændstof	0 %	0 %	0 %

Tabel 9: Forudsatte biobrændstofblandinger i kombiscenariet. Angivet i energiprocent. Som forklaret i afsnit 4 afviger forudsætningerne for 2011 fra de faktiske iblandingsprocenter i 2011: 7 vol-% biodiesel og næsten 0 vol-% bioethanol. Dette har dog stort set ikke indflydelse på beregningen af CO₂-emissionen eller VE-andelen i 2011.

For tung godstransport vurderes eldrift at være vanskeligere at indføre på grund af batteriernes begrænsede kapacitet, der for lastbiler resulterer i en begrænset rækkevidde. Dertil kommer større krav til rækkevidde i forhold til fx personbiler. Der forudsættes derfor ikke elbaserede lastbiler over 6 ton i scenarierne.

En stor del af varetransporten sker omvendt over forholdsvis korte distancer og i bytrafik. Der er på den baggrund forudsat samme udvikling af elbiler inden for varebiler som for personbilerne.

Endelig forudsættes al jernbanetraffic at være elektrificeret i 2035.

Andre effektiviseringer

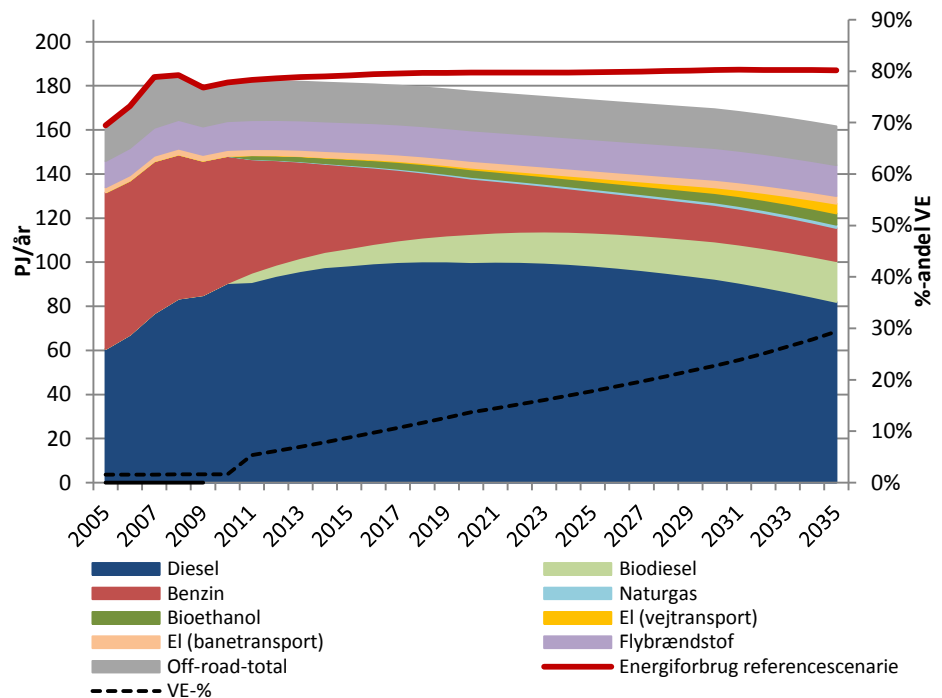
Der forudsættes et mindre fald i belægningsgraden på personbiler ift. referencescenariet. Desuden forudsættes effektiviteten i personbiler og varebiler

at blive forbedret med 2,5 % som følge af kampagner og tiltag for energirigtige kørselsmønstre.

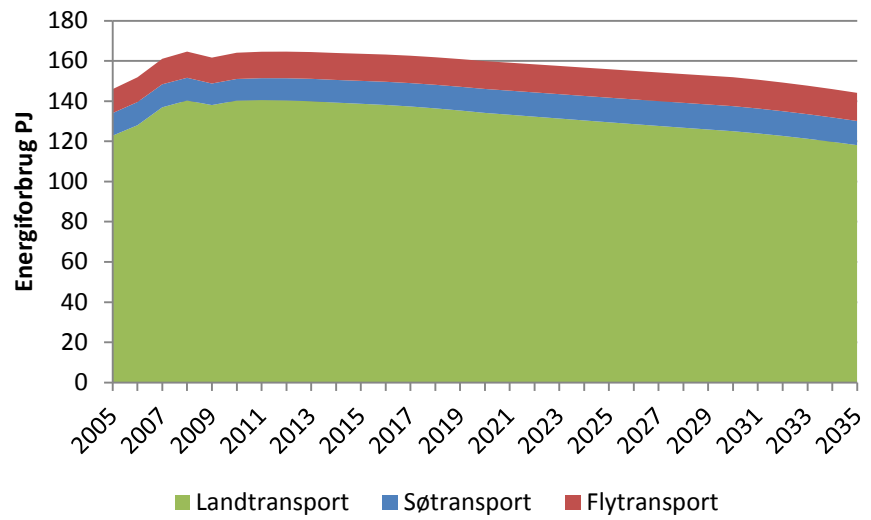
For varebiler er der anvendt den samme fordeling som for personbiler, hvor der dog anvendes en større mængde dieselmotorer. For lastbilerne er 10 % af nyregistreringerne naturgaslastbiler og 5 % rene biobrændstoflastbiler i 2035. Resten er konventionelle diesellastbiler.

Energiforbrug

Det samlede energiforbrug i kombinations scenariet fremgår af figur 15. Det samlede energiforbrug reduceres med ca. 11 % i 2035 ift. 2010 og med ca. 14 % ift. referencen.



Figur 15: Udviklingen i brændstof- og elforbruget an køretøj i kombiscenariet (venstre y-akse) og udviklingen i VE-andel (højre y-akse).



Figur 16: Udvikling af energiforbruget i transportsektoren i Norge frem til 2035 i kombiscenariet.

6 Klimakurscenariet

Formålet med klimakurscenariet er at illustrere konsekvenserne af de mest centrale antagelser, der indgår i Klimakuren. Disse konsekvenser er naturligvis vist i Klimakurens egen afrapportering, men ønsket er at vise dette med samme modelværktøj og grunddata som anvendes i de øvrige scenarier. Dette giver god mulighed for at vurdere forskellene mellem scenarierne. Selvom det ligger udenfor denne rapports rammer at vurdere klimakurscenariet, kan der dog anføres to kritiske elementer; For det første indgår meget betydelige mængder biobrændstof i 2030. Dette er måske en kritisk forudsætning, idet der stadig er usikkerhed om mængden af bæredygtig biomasse der vil være til rådighed for transportsektoren i Europa og globalt. For det andet forudsættes i Klimakuren en markant ændring i transportmønstret fra vejtransport til bane og andet. En sådan ændring kan vise sig at være særdeles vanskelig at opnå i praksis.

Beregning af Klimakuren

Der er forskellige grunde til at resultaterne i denne rapport ikke er identiske med Klimakurens egne beregninger. Eksempelvis er afgrænsningen mellem transportsektor og de øvrige sektorer i samfundet ikke identiske, bl.a. fordi definitionen af "off road" sektorer er vanskelig. Andre årsager er forskelle i den generelle forventning til transportarbejdets stigning i referencen, generelle forventninger til udvikling i køretøjernes effektivitet m.v. Derfor skal scenariet især ses relativt til det i denne rapport beskrevne referencescenarie.

Efterspørgslen på transportarbejde

Den samlede vækst i efterspørgslen på transportarbejde er en væsentlig driver for udviklingen af energiforbruget. I klimakurscenariet er der derfor anvendt vækstrater som i Klimakuren, baseret på fremskrivninger fra Transportøkonomisk Institutt (TØI, 2011 og TØI, 2011a)¹⁶. Dette afviger fra forudsætningerne i de andre scenarier, hvor udviklingen af transportarbejdet er baseret på egne vurderinger. I Klimakurens fremskrivninger for transportsektoren analyseres flere forskellige tiltag for at reducere CO₂-emissionen. Disse tiltag har indflydelse på vækstraterne, samt fordeling imellem transportformerne. I den såkaldte "Klimapakke 2" er der inkluderet:

- Bedre transporttilbud i tog og bus
- Dobbelt brændstofpris for biler
- Halvering af taksterne i kollektiv transport (bortset fra fly)

¹⁶ I Klimakurens hovedrapport henvises til prognoserne, der dannede grundlag for "Nasjonal transportplan 2010-2019". Her anvendes dog opdaterede prognoser, der skal danne baggrund for "Nasjonal transportplan 2014-2023".

- Dobbelt bompengetakst i de største byer
- Parkeringsafgift for arbejdsparkeering på 30 NOK i hele landet og tredobling af parkeringsomkostningerne for forskellige rejseformål i udvalgte geografiske områder

Det er forudsætningerne for Klimapakke 2, som er inkluderet i Klimakurens vurdering af det samlede reduktionspotentiale. For godstransport tages udgangspunkt i scenarie Ber 1A, der indebærer en 50 % forøgelse af kapaciteten på godstogene.

På grund af disse forudsætninger om ændringen i udviklingen af transportarbejdet og fordelingen af transportarbejdet mellem transportmidler, adskiller Klimakurscenariet sig væsentligt fra de andre scenarier.

Betydning af tiltagene i Klimapakke 2 sammenlignet med Klimakurens referencebane fremgår af tabellen forneden.

Persontransportform	Ændring, 2020	Ændring, 2030
Personbiler	-22,3 % (-23,4 %)*	-23,6 % (-24,8)*
Bus	120,9 %	116,2 %
Forstadsbaner	73,4 %	74,1 %
Søtransport	76,9 %	77,3 %
Jernbane	141,4 %	201,5 %
Fly	15,9 %	15,4 %
Samlet transportarbejde	-5 %	-5 %

Tabel 10: Ændring af transportarbejdet for persontransport som følge af Klimapakke 2 i forhold til Klimakurens referencebane. * angiver ændring i trafikarbejdet i forhold til Klimakurens referencebane.

Godstransportform	Ændring, 2020	Ændring, 2030
Vejtransport	-5 %	-9 %
Søtransport	-4 %	-5 %
Jernbane	39 %	50 %
Samlet transportarbejde	-5 %	-3%

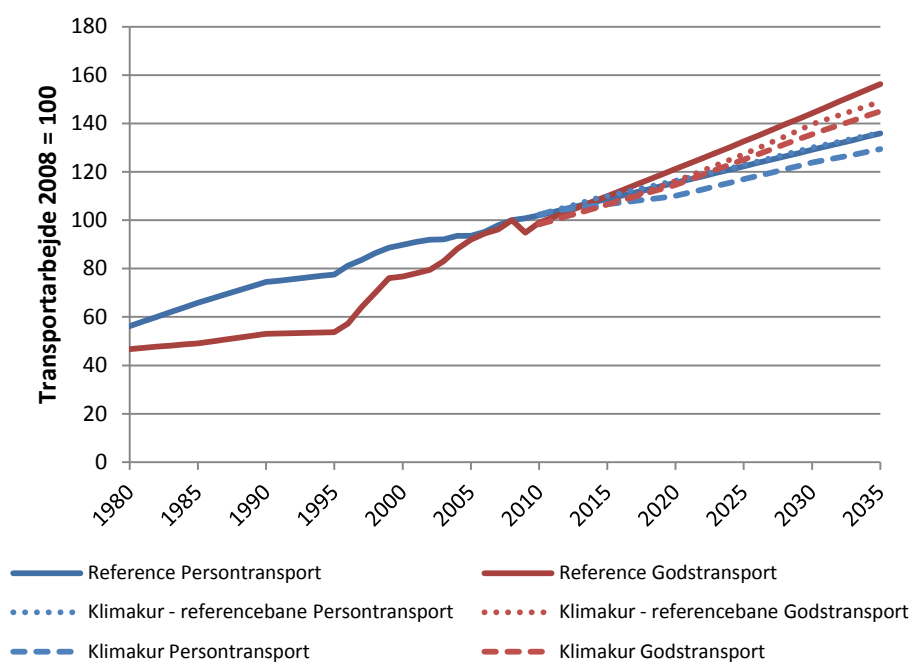
Tabel 11: Ændring af transportarbejdet for godstransport som følge af Klimapakke 2 i forhold til Klimakurens referencebane.

For at finde frem til de grunddata, som er nødvendige for at beregne energiforbrug og emissioner i klimakurscenariet i denne rapport har det været nødvendigt at tage udgangspunkt i en referenceudvikling, og herefter indføre de ændringer, som ses i Tabel 10 og Tabel 11. For bedste tilnærmelse til Klimakurens referencebane med tilstrækkelige data, anvendes fremskrivninger fra

Transportøkonomisk Institutt. Hermed er væksten i transportarbejde i klimakurscenariet konkret beregnet ved at:

- Indlægge vækstrater for de enkelte transportkategorier baseret på fremskrivninger fra Transportøkonomisk institutt
- Herefter korrigere for betydningen af "Klimapakke 2", scenarie BER 5A i 2020 og Ber 5C i 2030

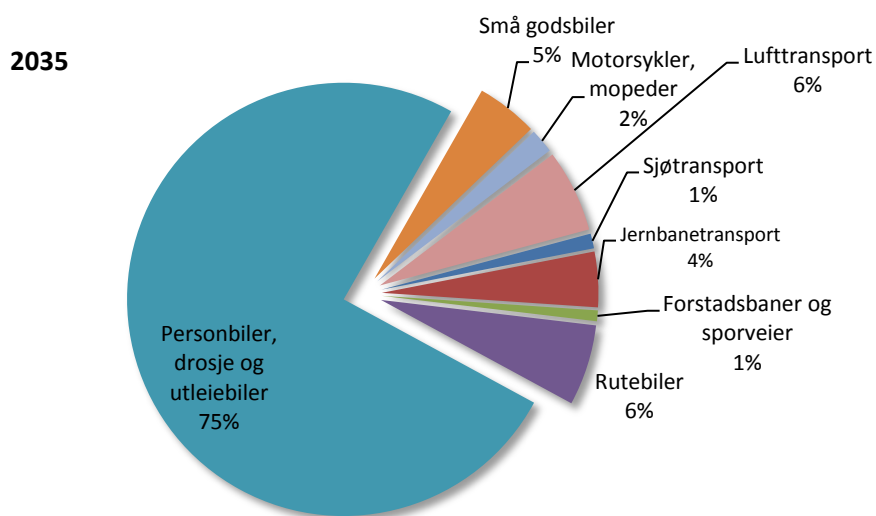
Figur 17 viser den samlede stigning i person- og godstransportarbejdet, i referencescenariet, referencebanen i Klimakuren¹⁷ og Klimakurscenariet. Det fremgår tydeligt, at transportarbejdet viser lavest vækst i Klimakurscenariet. Det fremgår endvidere at denne rapport's fremskrivning af godstransportarbejdet er højere end referencebanen i Klimakuren. samtidig med at fordelingen af transportarbejdet, især indenfor persontransport, forskydes markant.



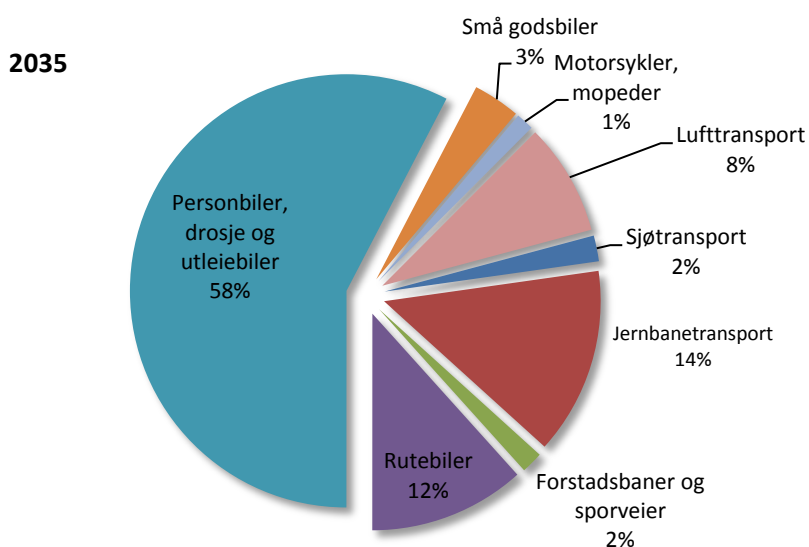
Figur 17: Udvikling af transportarbejdet i referencescenariet, grundprognoserne fra Transportøkonomisk Institutt og klimakurscenariet.

Figur 18 og figur 19 viser således, at personbiler kun udgør 58 % af det samlede persontransportarbejde i 2035 i klimakurscenariet, mod 75 % i referencen. Også for godstransportarbejdet sker der en forskydning mod mere jernbanetransport og mindre vejtransport.

¹⁷ Fremskrivninger fra Transportøkonomisk Institutt (TØI, 2011) og (TØI 2011a)



Figur 18: Fordeling av persontransportarbeide i referensescenariet i 2035. Gang og sykkel er ikke inkludert.



Figur 19: Fordeling av persontransportarbeide i klimakursenariet i 2035. Gang og sykkel er ikke inkludert.

Brændsler

Såvidt angår biobrændstoffer forudsætter Klimakuren en ambitiøs satsning ved beregning af det samlede CO₂-reduktionspotentiale¹⁸. På baggrund af dette er der her forudsat en iblanding af biobrændstoffer, som fremgår af tabel 12¹⁹. I Klimakuren forudsættes, at al biobrændstof er 2. generations biobrændstof i 2030.

¹⁸ "mest ambisiøse alternativet for biodrivstoff" (Klif, 2010), side 8.

¹⁹ Antagelserne er baseret på de detaljerede forudsætninger beskrevet i (INSA/KANenergi, 2010). Bemærk at det her er regnet om til %-vis iblanding som energiprocent.

	2010	2020	2030
Andel biodiesel i diesel	4,4 %	8,9 %	37 %
Andel bioethanol i benzin	3,3 %	22,4 %	77,9 %
Andel biobrændstof i flybrændstof	0 %	8,9 %	37 %

Tabel 12: forudsætninger vedrørende biobrændstof i klimakurscenariet. Der er forudsat en lineær udvikling imellem årene. Efter 2030 er der ikke forudsat yderligere stigninger af biobrændstofandelene. For bioethanol er der tale om indfasning af flexifuel-biler, der kan anvende E85. Disse biler antages i Klimakuren at udgøre 90 % af markedet for benzinbiler i 2030. Dette er her omsat til en gennemsnitlig iblandingsprocent, hvor det er antaget, at flexifuel-biler kører 100 % på E85²⁰, mens almindelige biler benytter benzin med 20 % -iblanding af ethanol.

Bilparkssammensætning

Statens vegvesen har oplyst en bilparkssammensætning, som fremgår af tabel 13, vedrørende elektrificeringsscenarioet. Det samlede antal biler stemmer ikke nødvendigvis overens med beregningerne i denne rapport, hvilket bl.a. kan skyldes forskellige antagelser om kørselskilometer per år. For at genberegne Klimakurens forudsætninger vedrørende introduktion af elbiler tages der derfor udgangspunkt i andelen i stedet for den absolutte sum. Der er ikke forudsat introduktion af hydrogenbiler i klimakurscenariet.

	Bilpark	Elbiler, antal	Elbil, andel	Plugin, antal	Plugin, andel
2020	2.505.278	67.889	2,7 %	59.348	2,4 %
2030	2.878.959	269.347	9,4 %	365.665	12,7 %
2035			12,7 %		17,9 %

Tabel 13: Andelen af elbiler og plugin-hybridbiler af den samlede personbilspark i Klimakuren. Værdierne for 2035 er estimeret vha. lineær fremskrivning. Kilde: (Klif, 2010b)

For at opnå de foroven beskrevne andele af elbiler og plugin-hybrider er der forudsat den i tabel 14 viste fordeling af nyregistreringer for personbiler.

	Diesel	Benzin	Elbil	Plugin- hybrid
2010	75%	48%	0%	0%
2020	60%	20%	11%	10%
2030	45%	15%	15%	26%
2035	43%	14%	19%	24%

Tabel 14: Fordeling af nyregistreringer af personbiler i klimakurscenariet.

For varebiler fremgår der ingen fordeling af biltyperne og elbiler nævnes alene som en mulighed for de mindre varebiler. Der er her forudsat en meget beskeden introduktion af elbiler som varebiler, svarende til forudsætningerne i referencescenarioet. Hovedparten af varebiler udgøres derfor af dieselmotorer. For

²⁰ E85 er et brændstof med en andel på 85 % ethanol. Det stiller specielle krav til motoren.

lastbiler forudsættes der fortsat 100 % dieselbaserede lastbiler, som dog anvender diesel med den forudsatte iblanding af biobrændsel.

Effektivitet

Effektiviteten for personbiler er baseret på angivelser i (Klif, 2010b) og vises i tabel 15. For pluginbilen er der anvendt en gennemsnitlig fordeling på 60,5 % i eldrift (med elbilens effektivitet) og 39,5 % i benzindrift (med benzinbilens effektivitet).

	g CO ₂ /km		MJ/km	
	Diesel/benzin	Elbil	Plugin-hybrid el	Plugin-hybrid brændstof
2010	142	0,72	0,44	0,77
2020	100	0,63	0,38	0,54
2030	91	0,54	0,33	0,49
2035	87	0,51	0,31	0,47

Tabel 15: Effektivitet af personbiler i klimakurscenariet. Der benyttes desuden en "realitetsfaktor", ligesom i de andre scenarier. Den reelle effektivitet er derfor lavere. Værdien for 2035 er ekstrapoleret ud fra Klimakurens angivelser for udviklingen imellem 2020 og 2035. For 2010 er der anvendt de samme forudsætninger, som for de andre scenarier.

For dieselvarebiler er effektiviteten baseret på angivelser i (Klif, 2010b) og vist i tabellen forneden. De få eldrevne varebilers effektivitet er skønsmæssigt sat til at være 25 % lavere end personbiler, idet der er tale om mindre varebiler. For lastbiler er der forudsat en effektivisering på 1 % pr. år, startende fra samme niveau som i de andre scenarier.

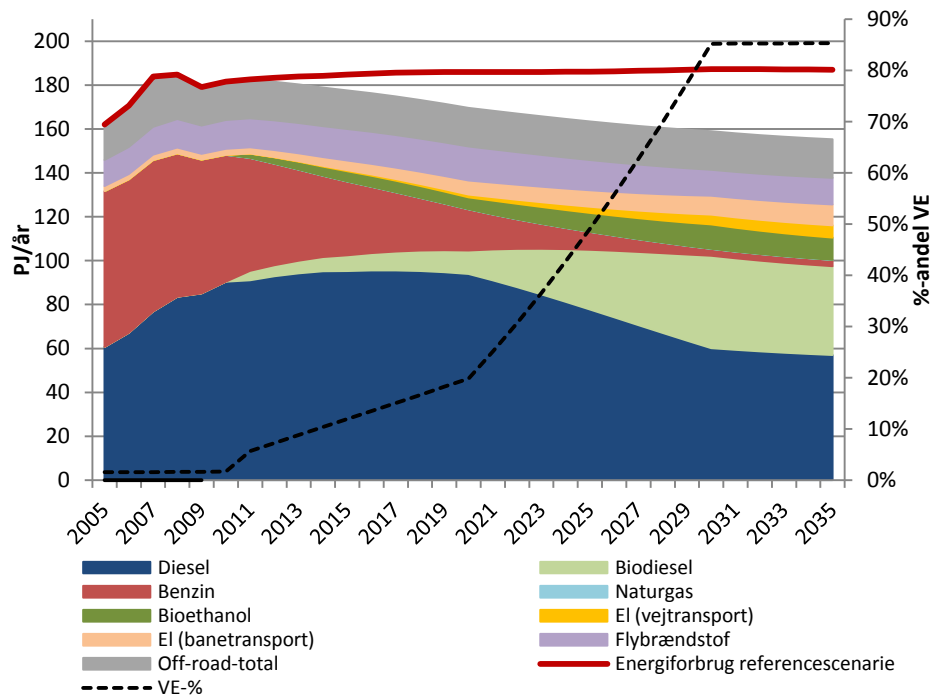
	Varebiler Diesel (g CO ₂ /km)	Lastbiler Diesel (g CO ₂ /km)
2010	222	740
2020	146	669
2030	132	605
2035	126	576

Tabel 16: Effektivitet for dieselvarebiler og diesellastbiler. For 2010 er der anvendt de samme forudsætninger som for de andre scenarier. Bemærk at der for varebiler i Klimakurscenariet tillægges en realitetsfaktor på 1,2, mens lastbilernes effektivitet er angivet som reel effektivitet.

For andre transportformer, såsom skibstransport og jernbanetransport, indgår der ligeledes forskellige tiltag i Klimakuren. Der er ikke i dette projekt ressourcer til at estimere samtlige tiltags betydning for effektiviteten, som derfor forudsættes at følge samme ambitiøse udvikling, som der er forudsat i kombiscenariet. For jernbane er der dog forudsat en overgang til 100 % elektrificering i 2030.

Energiforbrug

Figur 20 viser udviklingen af energiforbruget i transportsektoren i klimakurscenariet. Der fremgår et tydeligt fald i energiforbruget i forhold til referencescenariet, samtidig med en kraftig overgang til brug af biobrændsler. Således udfases konventionel benzin stort set frem mod 2030, hvilket skyldes den udbredte anvendelse af E85, samtidig med at dieselmotorer overtager en stadig større del af personbilmarkedet. Den viste VE-andel følger EU's opgørelsesmetode, hvor 2. generations biobrændstof tæller dobbelt, og VE-elektricitet tæller 250%. VE procenten stiger frem til 2030 til ca. 85 %, primært på grund af en markant indfasning af biobrændstoffer af 2. generation. Efter 2030 er der ikke antaget en yderligere udvikling af biobrændstofblandingen, og VE-andelen bliver derfor forholdsvis konstant.



Figur 20: Udvikling af energiforbruget i transportsektoren i Norge frem til 2035 i klimakurscenariet. % VE andele er efter beregningsmetode i EU.

7 Opsamling af scenarier

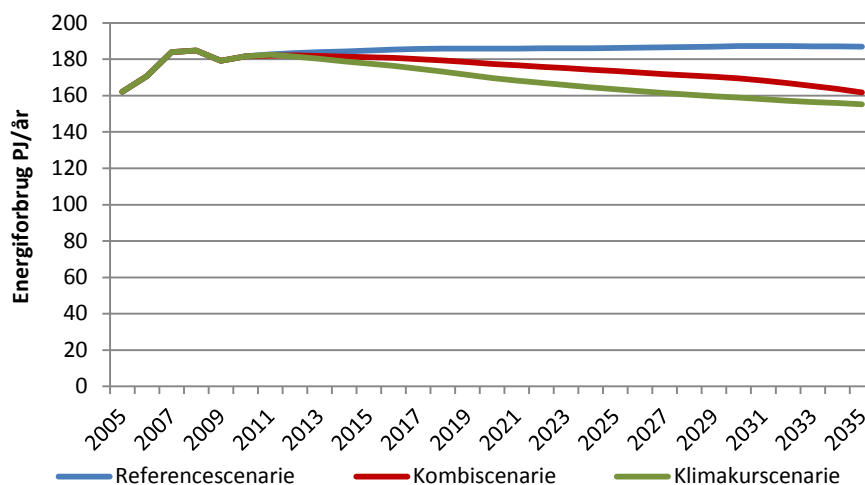
Energiforbrug

Figur 21 viser udviklingen i energiforbruget an køretøj i de forskellige scenarier. I referencen stiger transportsektoren energiforbrug meget svagt i forhold til i dag. Det skal ses på baggrund af den historiske vækst i sektoren energiforbrug og forudsætningen om en fortsat vækst i efterspørgslen på transporttjenester.

Det opstillede referencescenarie er således ikke udtryk for en "business-as-usual"- eller en "do-nothing"-udvikling, men forudsætter en fortsættelse af de senere års politiske fokus i EU på at nedbringe CO₂ emissionerne, også i transportsektoren.

I kombiscenariet reduceres energiforbruget fra ca. 182 PJ i dag til ca. 164 PJ i 2035 svarende til et fald på omtrent 11 %.

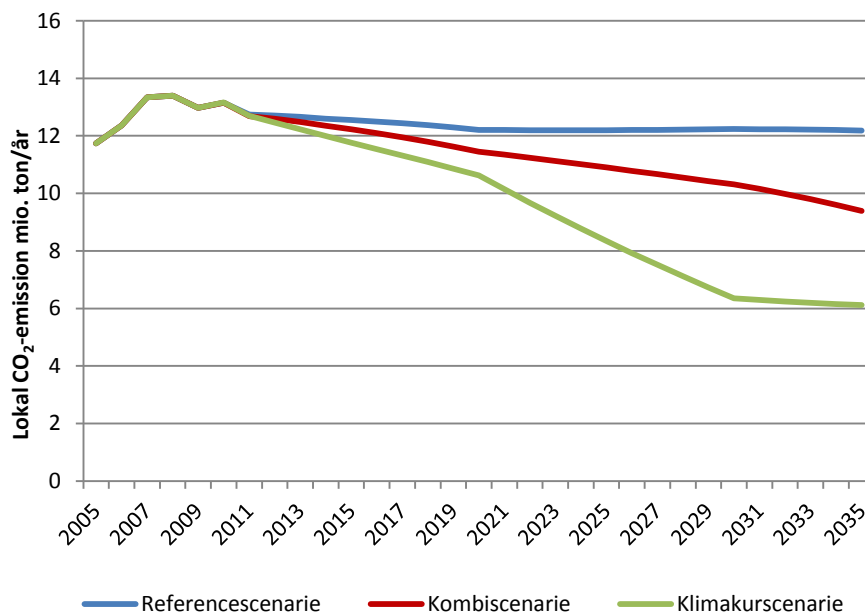
Klimakurscenariet viser den kraftigste reduktion i energiforbruget, og ligger i 2035 ca. 4 % under kombiscenariet og godt 17 % under referencescenariet. Det må understreges, at der i klimakurscenariet indgår fundamentalt andre typer tiltag end i kombiscenariet, idet scenariet ikke er et rent "teknologiscenarie", men også bygger på at forholdet imellem de forskellige transportformer forskydes, og efterspørgslen efter det samlede transportarbejde reduceres. Hovedårsagerne til reduktionen af energiforbruget er således de lavere vækstrater indenfor transportefterspørgslen samtidig med en forskydning fra vejtransport i personbiler, lastbiler og varebiler til transport med jernbane, busser og søtransport. Derudover er der forudsat en større effektivisering af især personbiler, varebiler og lastbiler, sammenlignet med referencescenariet. Disse forudsætninger adskiller sig dog ikke væsentligt fra kombiscenariet.



Figur 21: Energiforbruget an køretøj i transportsektoren i de tre forskellige scenarier.

CO₂-emission

Figur 22 viser den lokale CO₂-emission i de tre scenarier. Her er ikke indregnet CO₂-emission fra elproduktion til elforbrug i elbiler og ved tilvejebringelse af andre brændstoffer, herunder biobrændstoffer. I referencescenariet falder CO₂-emissionen svagt, mens den i kombiscenariet reduceres med knap 29 % fra ca. 13,2 Mt i 2010 til ca. 9,4 Mt i 2035.



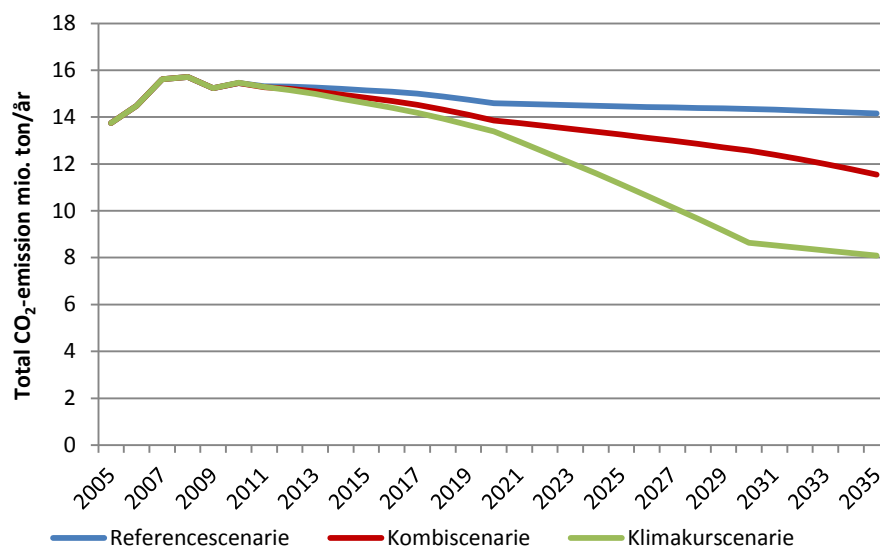
Figur 22: Lokal CO₂-emission i transportsektoren i de forskellige scenarier.

Tages der hensyn til opstrømsmissioner ved tilvejebringelse af de forskellige brændsler, øges CO₂-emissionen. Figur 23 viser CO₂-emissionen under anta-

gelse af 15 % opstrømstab ved fossile brændsler. Brændstoffer antages at give anledning til en besparelse på mellem 35 % i 2011, 60 % i 2020 og ca. 70 % i 2035 ift. de fossile brændsler, afhængigt af om der er tale om biodiesel eller bioethanol og første- eller andengenerations biobrændstof. Dette er baseret på angivelser i fornybarenergi direktivet, og metoden er nærmere beskrevet i bilagsrapporten. Beregningen tager ikke hensyn til ændret CO₂-emission pga. ændret jordanvendelse, som kan betyde en højere CO₂-emission ved tilvejebringelse af biobrændstoffer. For el benyttes CO₂-emissionen ved den marginale elproduktion. Denne vurderes til ca. 966 g/kWh (inkl. 15 % opstrømstab for brændsler an kraftværk) i 2010 faldende til 374 g/kWh i 2035. Disse vurderinger er nærmere beskrevet i bilagsrapporten. Den gennemsnitlige elproduktion i Norge har en væsentlig lavere CO₂-emission grundet den store vandkraftsandel. Norge er dog en fuldt integreret del af det internationale elmarked. Øget elforbrug i Norge vil derfor direkte reducere mulighederne for eksport af el, eller øge importen. Derfor får elforbruget i Norge direkte indflydelse på elproduktionen i nabolandene, og den marginale elproduktion er derfor tilnærmelses ens i alle de nordiske lande.

Den totale CO₂-emission falder svagt i referencen (ca. 8,5 %) og med godt 25 % i kombiscenariet i 2035.

I klimakurscenariet er den lokale CO₂-emission i 2030 reduceret med næsten 50 % ift. referencescenariet, mens reduktionen er lidt lavere på ca. 40 %, når der tages hensyn til opstrømsemmissioner. Hovedårsagen for den kraftige reduktion (også ift. kombiscenariet) er den massive indfasning af biobrændstoffer. Dertil kommer introduktion af elbiler, effektivisering af teknologierne samt omfordelingen imellem transportformerne. I 2020 er reduktionen af den lokale CO₂-emission i klimakurscenariet ca. 13 % ift. referencen. Dette skal ses ift. Klimakurens reduktionsberegninger, der angives til ca. 20 % i 2020 (3-4,5 mio. ton CO₂) og ca. 50 % i 2030 (mellem 8-12 mio. ton). Der fremgår således reduktioner i samme størrelsesorden i Klimakuren og klimakurscenariet i denne rapport. Forskellene især i 2020 skyldes at ikke alle analyserede tiltag fra Klimakuren er overført til beregningerne i denne rapport.



Figur 23: Total CO₂-emission i de forskellige scenarier under hensyntagen til opstrømstab ved tilvejebringelse af brændsler.

Opsamling

Scenarieberegningerne viser, at transportsektorens samlede energiforbrug kan forventes at forblive på det nuværende niveau eller falde på trods af fortsat vækst i transportydelse. Dette skyldes især forventningerne om fortsat fald i brændstofforbruget pr. kørt kilometer for nye biler. Skal denne udvikling skærpes, ud over hvad der er vist i referencescenariet, vil det sandsynligvis kræve en aktiv international indsats over for bilers brændstofforbrug, anvendelsen af brændstoffer og introduktionen af nye teknologier som elbiler og plugin-hybrider.

Fremskrivningerne forudsætter, at effektiviseringer af køretøjernes energiforbrug slår igennem på det faktiske brændselsforbrug og ikke bliver modsvaret af tungere biler, flere ekstrafunktioner eller andre faktorer, der hæver køretøjernes faktiske energiforbrug i forhold til det teoretisk mulige. Selvom der ikke modelmæssigt er lavet en kobling mellem brændstofpriser og energiforbrug, må det antages, at såfremt de senere års høje niveau for oliepriser fortsætter, vil forbrugernes fokus på brændstoføkonomi være vedvarende. I alt er der flere faktorer, der kunne påvirke bilernes praktiske brændstofforbrug i forhold til det angivne brændstofforbrug vha. testcyklusser. De vigtigste vurderes at være:

- Kørselsmønstre i form af bykørsel/køkkørsel, landevejskørsel og motorvejskørsel kan afvige fra testcyklussammensætningen.
- Bilerne er optimerede til en god brændstoføkonomi i netop de definerede testcyklusser.

- Testcyklusser tager ikke hensyn til ekstra forbrug ved fx aircondition og lignende.

Statistiske analyser viser nemlig, at reduktionen af det faktiske brændselsforbrug i køretøjerne op til i dag har været begrænset, selvom den teoretiske effektivitet er steget. Forskellen imellem teoretisk og praktisk brændselsforbrug i køretøjer er dermed øget over de sidste 20 år.

Biobrændstoffer har ingen direkte effekt på det samlede energiforbrug, men kan være med til at sænke CO₂-emissionen. Hvor stor en andel biobrændstoffer i transporten, der kan realiseres ud fra bæredygtigheds- og omkostningsaspekter, er dog ikke analyseret nærmere i denne rapport.

Endelig kan alternative teknologier bidrage til at sænke det samlede energiforbrug. Dette gælder især elbaserede køretøjer i form af batteridrevne elbiler eller plugin-hybrider. Effektiviteten af selve bilerne er markant højere i forhold til almindelige forbrændingsmotorer, men det totale primære energiforbrug til produktion af el og den derved forårsagede CO₂-emission samt omkostningsaspekter for elbiler er ikke nærmere analyseret her.

I en sammenligning mellem kombiscenariet og klimakurscenariet i 2035 ses det, at klimakurscenariet adskiller sig på fire væsentlige punkter. For det første er transportarbejdet lavere i klimakurscenariet lavere end i kombiscenariet. For det andet er mere end 20 % af personbiltransporten flyttet til især bane. For det tredje udgør biobrændstoffer næsten 40 % af energiforbruget i 2035, mens det i kombiscenariet er godt 15 %. Også vedrørende elektrificering er klimakurscenariet mere ambitiøst. Kun vedrørende de konventionelle bilers brændselseffektivitet er der nogenlunde sammenfald mellem de to scenarier.

8 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 erhvervs-livets 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 dieselkjøretøy, 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