



# Fossilfri Vejtransport 2050

Analyse nr. 10 – 2013 | 27. november 2013

## Resume

I dette notat er de teknologiske muligheder for at opnå en fossilfri vejtransport i 2050 i Danmark blevet analyseret. Følgende hovedkonklusioner kan uddrages af analysen:

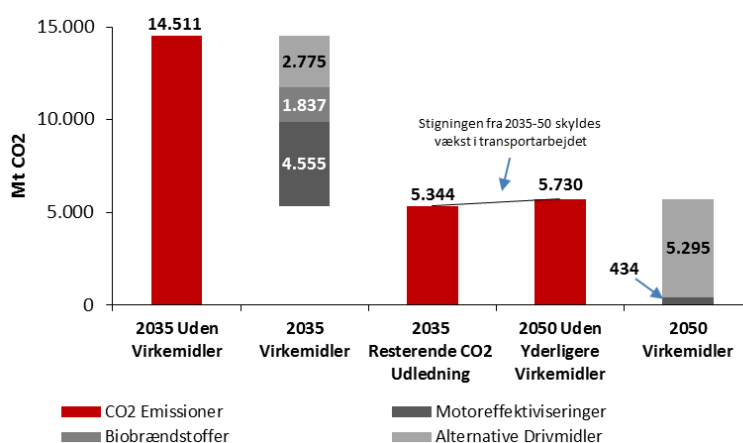
- Man kan opnå væsentlige CO<sub>2</sub> reduktioner i vejtransporten med energieffektiviseringer og iblanding af biobrændstoffer frem mod 2035.
- De sidste personbiler drevet på benzin eller diesel skal i princippet sælges i 2034, idet levetiden af personbiler er ca. 15 år.
- En analyse af indfasningen af de teknologiske muligheder viser, at der allerede i 2025 skal være ca. 158.000 personbiler med alternative drivmidler.
- Det betyder, at der allerede i perioden 2015-20 skal etableres en kritisk masse af nye teknologier med alternative drivmidler. Udebliver gennembruddet i 2015-20, skal der blandt personbilerne gennemføres et teknologiskifte i løbet af blot en enkelt køretøjsgeneration fra 2027-35.<sup>1</sup>

Analysen præsenterer et scenarie for indfasningen af de teknologiske virkemidler, der er nødvendige for at frigøre den danske vejtransport fra fossile brændstoffer. Formålet er at beskrive bidragene fra de forskellige teknologiske muligheder og få en bedre forståelse af den påkrævede hastighed af indfasningen af nye teknologier for at opnå målet om fossilfrihed i 2050.

De teknologiske muligheder er blevet opdelt i tre grupper:

- Effektiviseringer af konventionelle køretøjer bl.a. ved hjælp af mere effektive benzin- og dieselmotorer.
- Iblanding af biobrændstoffer i konventionelle brændsler, til brug i eksisterende motorteknologier.
- Introduktion – og udbredelse - af alternative drivmidler, dvs. el, naturgas, brint og høje iblandingsandele af biobrændstoffer.

Analysen viser, at biobrændstoffer og energieffektiviseringer kan bringe os et godt stykke på den korte bane. Det fremgår samtidig, at det fra 2035 hovedsageligt handler om nye alternative teknologier, hvis vi skal nå målet om en fossilfri transportsektor. Analysens hovedresultater er præsenteret i Figur 1.



Figur 1: CO<sub>2</sub>-reduktioner i vejtransporten fordelt på virkemidler i 2035 og 2050.

<sup>1</sup> En køretøjsgeneration regnes blandt bilproducenter, som at være ca. 8 år [11]

Analysen understreger, at der er behov for, at bilindustrien såvel som infrastrukturleverandører (el, naturgas, brint og biogas) baner vejen for, at forbrugerne får opbygget bekendtskab og tillid til de alternative drivmidler. Her har det politiske niveau en nøglerolle idet de sætter rammevilkårene for de innovative teknologier, der leverer løsninger til en fossilfri vejtransport. Politikerne har en række muligheder for, henholdsvis at forsinke eller accelerere udbredelsen gennem tiltag såsom justeringer af bilbeskatningen, effektivitetskrav til konventionelle biler, iblandingskrav og aktiv offentlig indkøbspolitik.

Resume .....	2
1. Indledning .....	5
2. Transportbehov og økonomisk udvikling .....	6
3. Vejtransportens nuværende CO2 udledninger .....	8
4. Virkemidler og udvikling .....	9
4.1. Energieffektiviseringer .....	10
4.2. Iblanding af biobrændstoffer .....	11
4.3. Alternative Drivmidler .....	12
4.4. Back-casting af indfasningsbehov.....	13
5. CO2 Reduktion mod 2050.....	14
5.1. Samlede CO2 reduktioner .....	14
5.2. Virkemidlernes potentialer og timing .....	15
6. Behovet for alternative drivmidler .....	16
7. Konklusion .....	17
Bibliografi.....	18

## 1. Indledning

Den grønne omstilling er undervejs i det danske samfund. I elsektoren er der allerede skabt store forandringer gennem høj-effektive kraftvarmeværker og en betydelig udbygning af vindkraft. I de kommende år forventes kul udskiftet med biomasse på nogle af de store kraftværker [1]. Den danske regering formulerede i *Vores Energi* i 2011 en energipolitisk målsætning om 100 procent vedvarende energi i el- og varmeforsyningen i 2035, og et lignende mål blev opstillet for vejtransportsektoren, der skal være fossilfri i 2050 [2].

Udfordringerne for vejtransportsektorens reduktion af CO<sub>2</sub> emissionerne afhænger af virkemidlet. Nogle virkemidler, såsom løbende energieffektiviseringer af konventionelle køretøjer, ændrer ikke på den transportservice som forbrugerne er vant til, og introduktionen af disse er derfor hovedsageligt et spørgsmål om økonomi.

Andre virkemidler såsom introduktion af el- og brintpersonbiler kræver opbygning af ny infrastruktur og forbrugerne skal gøres fortrolige med de nye teknologier. Struben og Sterman har udarbejdet et grundigt studie af dynamikken for indtrængning af alternative drivmidler [3]. De identificerer de barrierer i forbrugernes bilvalg, som spiller ind og forsinker optaget af f.eks. elbiler. De identificerede barrierer er bl.a. fortroligheden med ny teknologi i elbilens prisklasse, den sociale forankring og tilvænning til elbilen i bybilledet samt udviklingen af komplimenterende aktiver som almindelige og hurtige ladestander (se også side 8-9 i [4]). En hovedpointe i artiklen er, at markedsintroduktionen af biler med alternative drivmidler kræver tid for at de positive synergier mellem markedsmodning, teknologiudvikling og forbrugeraccept kan finde sted.

I dette analysenotat er det blevet analyseret, hvordan man ad teknologiske veje kan opnå en fossilfri vejtransportsektor i 2050. Analysen har ikke indregnet mulighederne for CO<sub>2</sub> reduktioner ved skift mellem transportformerne, f. eks. ved at flytte flere personer over i den kollektive transport og/eller tilskynde folk til at cykle eller gå mere, hvilket vil sænke behovet for trafikarbejdet med køretøjer [5]. Selvom disse adfærd ændringer slår igennem i et vist omfang i fremtiden, vil det dog ikke fjerne behovet for at få udviklet og markedsmodnet vejtransportteknologierne.

I analysens beregningsmodel tages der udgangspunkt i den danske vejtransport. Det vil sige, at der er udeladt delelementer af transportsektoren, herunder; tog, luftfart og skibsfart. Desuden er der kun tale om indenlandsk transport.

Der er i arbejdet ikke udarbejdet økonomisk konsekvensberegninger af de forskellige virkemidler, pga. udviklingen i det fremtidige omkostningsbillede, for især de alternative drivmidler, stadig er forbundet med høj usikkerhed.

Metoden, der er anvendt i analysen bygger på et simpelt og intuitivt princip udtrykt i Kaya-identiteten. Den udtrykker af vejtransportens CO<sub>2</sub> emissioner er et produkt af transportbehov, energieffektivitet og CO<sub>2</sub>-intensitet. I daglig tale kan det udtrykkes som:

- Hvor meget samfundet skal transportere personer og gods målt i personkilometer (psnkm) og godskilometer (tonkm).
- Hvor meget energi, der skal til at svare dette transportbehov, og

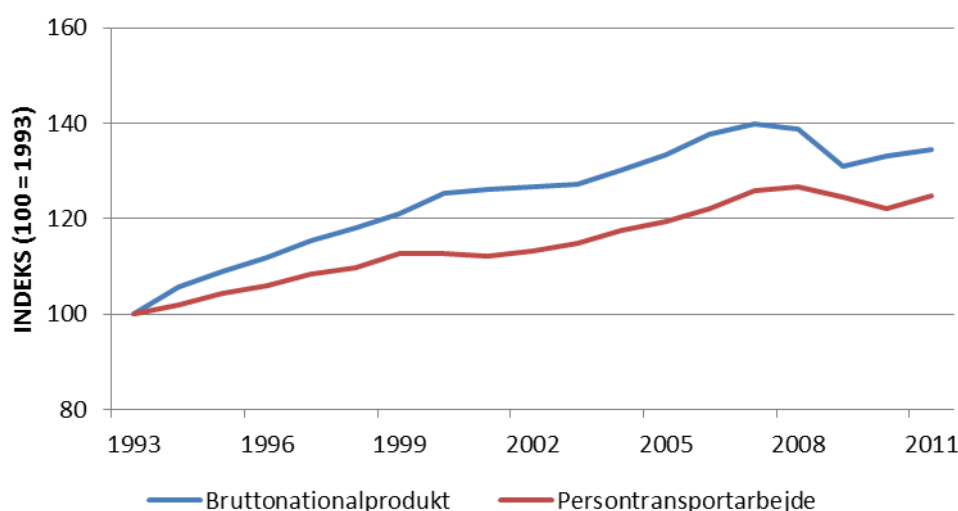
- CO<sub>2</sub> emissionerne fra de energikilder, der leverer drivmidlerne til transporten.

Analysen bygger videre på notatet ”CO<sub>2</sub> reduktioner på vej i transporten” [6], om mulighederne for at reducere vejtransportens CO<sub>2</sub>-emissioner frem mod 2020. Den væsentligste forskel i forhold til den analyse er, at der er anvendt en ny metode til fremskrivning af transportbehovet og de alternative drivmidler er indfaset ved at anvende back-castede indtrængningskurver (forklaret i afsnittet Alternative Drivmidler på side 12).

Det er hensigten med notatet, at bidrage til den nationale debat om det tekniske potentiale for reduktion af CO<sub>2</sub>-udledninger i vejtransportsektoren samt at illustrere behovet for timing i indfasning af diverse løsninger for en omstilling af vejtransportsektoren, der sikrer fossilfrihed i 2050.

## 2. Transportbehov og økonomisk udvikling

Økonomisk vækst og transport har i mange hundrede år gået pænt i spænd. Økonomisk vækst øger efterspørgslen efter transport, og øgede transportmuligheder skaber grobund for ny økonomisk vækst. Datagrundlaget for det danske trafikarbejde fra 1993 til 2011 viser tydeligt, at væksten i BNP og trafikarbejde har en stærk korrelation. Det er kun i nogle enkelte år, at der har været en markant forskel i udviklingen mellem BNP og trafikarbejde. Blandt andet skiller kriseårene 2007 – 2009 sig ud ved at have et kraftigt fald i BNP, men en mindre gennemslagskraft på trafikarbejdet.



Figur 2: Indeks for bruttonationalprodukt og persontrafikarbejde.

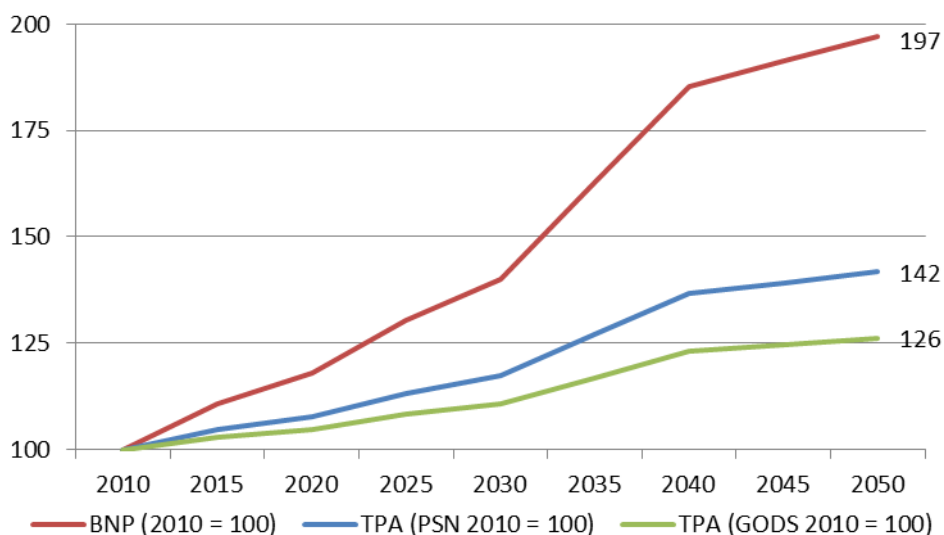
Note 1: Elasticiteten mellem indeks for BNP og Trafikarbejde er 0,43. Med en t-værdi på 14,9 og en kritisk værdi på 1,734 er den tydeligt signifikant. Kilder: Danmarks Statistik – BNP er taget fra NAT01 i faste priser og Trafikarbejdet er taget fra VEJ20 dækkende for samtlige køretøjstyper (lette og tunge).

På baggrund af forventninger til vækst i BNP og sammenhængen mellem BNP og Trafikarbejde, kan der estimeres en forventet vækst i Trafikarbejdet på de danske veje. På baggrund af udviklingen vist i Figur 2 kan persontrafikarbejdets BNP-elasticitet beregnes til 0,43. Dvs. hver gang BNP vokser med en procent, så

øges trafikarbejdet i gennemsnit med 0,43 procent. Det er et niveau, der genfindes i lignende analyser, bl.a. [7]. For godstransporten er elasticiteten beregnet til 0,26.

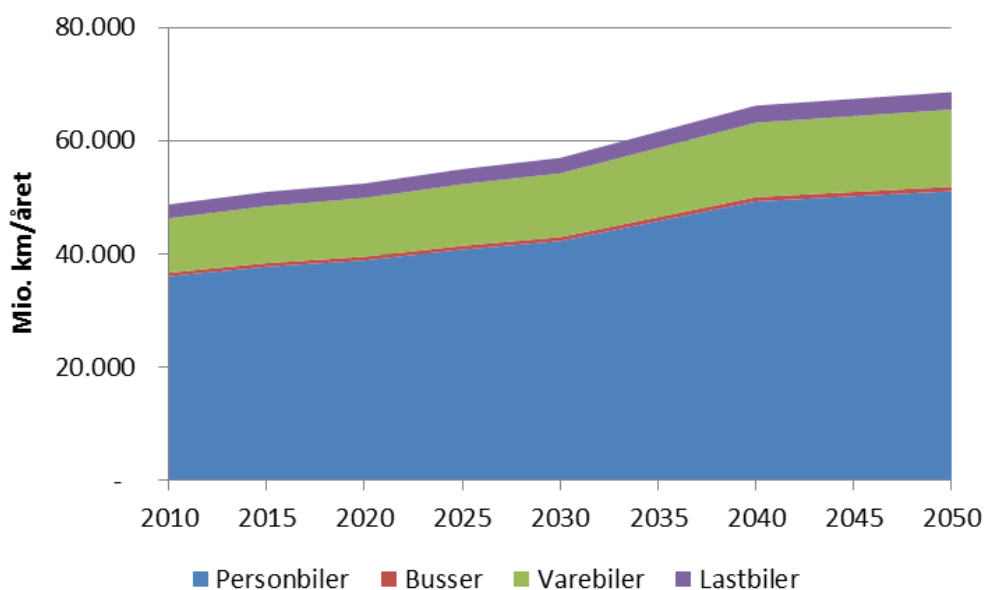
Med udgangspunkt i en langsigtet fremskrivning for BNP frem til 2050 foretaget i modellen DREAM [8], hvor BNP i 2050 stiger til indeks 197 i forhold til 2010, så vil persontrafikarbejdet ende på indeks 142 og godstransportarbejdet på indeks 126 i 2050, såfremt de historiske elasticiteter mellem BNP og transportbehov forudsættes gældende også i fremtiden. Dermed skabes der et kvalificeret bud på den langsigtede trend i trafikarbejdet, som vist i Figur 3.

I forhold til fremskrivningen af transportbehovet, skal der tages to forbehold. For det første kan der findes en række adfærsændrende initiativer sted, der flytter mere trafikarbejde over på kollektiv trafik og øger belægningsgraden (antal passagerer i et køretøj). Det vil naturligvis ændre fremskrivningen i nedadgående retning. For det andet kan der på sigt være tale om et mætningspunkt for trafikbehov, der delvist kobler udviklingen i trafikarbejde af udviklingen i den økonomiske vækst. Sammenlignet med andre langsigtede scenarier for vejtransporten [5], er der dog tale om et relativt konservativt forløb.



Figur 3: Vækst i BNP og trafikarbejde frem til 2050 [8].

Med udgangspunkt i det indeks, der blev dannet i Figur 3, kan der skabes et scenarie for udviklingen i trafikarbejdet for hver af de fire køretøjstyper som vist i Figur 4 nedenfor. Inddelingen i de fire køretøjstyper er valgt, fordi det flugter opgørelserne fra Danmarks Statistik. Kategorien Lastbiler inkluderer sættevognstrækkere. Fra 2010 til 2050 stiger det samlede trafikarbejde fra lige under 50.000 millioner km om året til næsten 69.000, svarende til en stigning på 38 procent.



Figur 4: Udvikling i trafikarbejdet i Danmark frem til 2050.

Siden 1990 har årskørslen for personbiler ligget lige over 17.000 km/år for personbiler [9]. Vi forudsætter at dette fortsætter i fremtiden og regner med en årskørsel på 17.000 km/år for personbiler i hele perioden til 2050 – et konservativt bud på årskørsel. Opgøres trafikarbejdet i køretøjer, så vokser bestanden af personbiler dermed fra 2,1 millioner til 3,0 millioner fra 2010 til 2050 – det dækker udviklingen i trafikarbejdet. Udviklingen i bestanden af køretøjer er vist i Tabel 1.

Tabel 1: Data for fremskrivning af antallet af køretøjer til 2050.

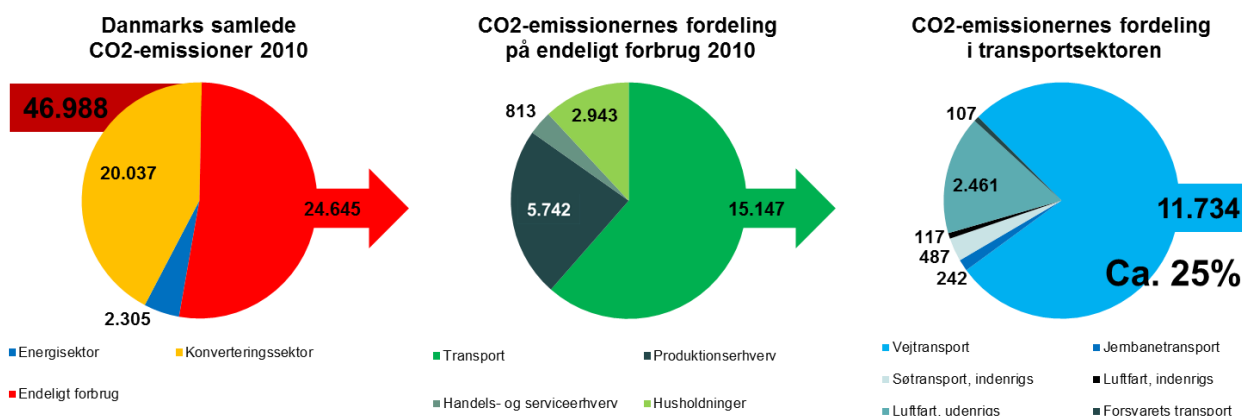
Køretøjstype	2010 <sup>1</sup>	2035 <sup>2</sup>	2050 <sup>2</sup>
Personbil	2.120.322	2.692.366	3.005.108
Bus	14.494	16.949	18.292
Varebil	462.539	587.099	655.296
Lastvogn(SVT)	42.300	49.466	53.383

Noter: 1 - Danmarks Statistik. 2 – Fremskrevet. SVT: Sættevognstrækkere.

### 3. Vejtransportens nuværende CO2 udledninger

Selvom man i Danmark allerede er nået et godt stykke i kampen for at reducere CO2 udledningerne, særligt i forsyningssektoren og industrien, er der stadig et godt stykke igen før man kan tale om decideret strukturelle forbedringer [10]. Vejtransporten udgjorde i 2010 med 11.734 Mt CO2, ca. 25 procent af Danmarks samlede CO2 udledninger. Foruden konverteringssektoren, udgør vejtransporten således en markant andel, se Figur 5.

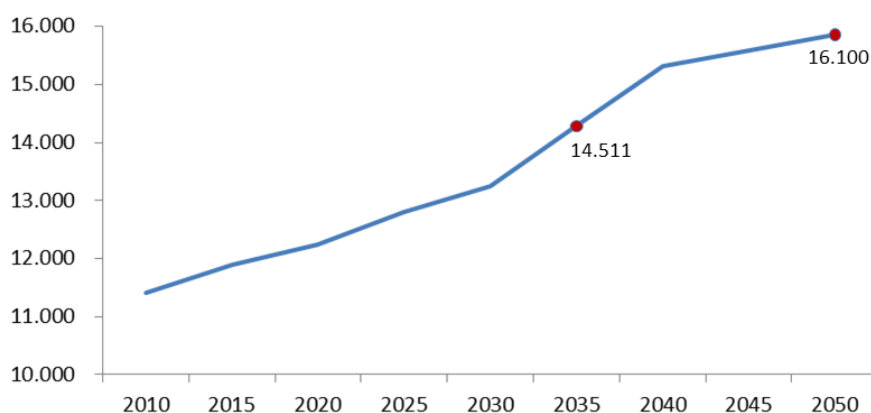




Figur 5: Danmarks CO2 Emissioner i 2010, fordelt på sektorer og aktiviteter.

Hvis der ikke foretages forbedringer ift., at teknologi, trafikvaner og trafikarbejdet udvikler sig i takt med den økonomiske vækst, vil der i 2050, ifølge vores models baseline beregninger udledes 16.100 Mt CO2 fra vejtransporten i Danmark. Det svarer til en vækst på 37 procent i forhold til 2010, se Figur 6.

Som det fremgår af Figur 6 starter modellen ikke ud i 11.734 Mt CO2, men i stedet 11.399 Mt CO2. Det er en relativt lille afvigelse på 2,9 procent, som der ikke er fundet grund til at kalibrere modellen ind efter.



Figur 6: Udvikling i CO2 emissioner hvis der ikke forekommer forbedringer i vejtransporten.

#### 4. Virkemidler og udvikling

Det står klart, at transportsektoren er et kritisk område i forhold til ambitionerne om at reducere udledningen af CO2 i Danmark på den korte bane, men også målet om at opnå fossilfrihed i Danmark på længere sigt. Med udgangspunkt i Figur 6, er det en opadgående kurve, der skal knækkes.

De teknologiske virkemidler, der kan tages fat på, kan man gruppere i tre kategorier af "stilleskruer". Man kan øge køretøjernes energieffektivitet, bl.a. ved downsizing af motorer, flytning til mindre køretøjer, vægtreduktioner ved brug af nye materialer, eller indfasning af hybridteknologi. Tiltag, der fører til, at man anvender mindre fossilt brændstof per kørt km, uden at der er tale om et markant teknologiskifte.

Brændstoffer kan fremstilles af biomasse og iblandes fossile brændstoffer. Ved anvendelse af biobrændstoffer tilføjes der ikke yderligere CO<sub>2</sub> i det globale økosystem end biomassen har optaget under vækst, og man regner dermed biobrændstoffer for CO<sub>2</sub>-neutrale i regneteknisk forstand. Endeligt er der i overgangen til alternative drivmidler, som flytter trafikarbejdet over på drivmidler, der kan fremstilles ud fra vedvarende energikilder.

I dette afsnit beskrives virkemidlerne, herunder de grundlæggende muligheder og barrierer samt det tekniske potentiale for hver af dem.

Det er i sagens natur ikke givet på forhånd, hvordan disse trends vil forløbe. Til grundlag for de vurderinger, der indgår som antagelser i denne analyse, er en ekspertgruppe af danske teknologiekspertter blevet konsulteret i forbindelse med en møderække i løbet af efteråret 2013<sup>2</sup>. Der er tale om et bud baseret på eksperterens forventning, støttet af faktuelle kilder. I det følgende gøres der eksplicit rede for centrale antagelsers vurderingsgrundlag og fastlæggelse.

Virkemidlernes effekt er indregnet således:

1. Det årlige antal køretøjskilometer, der er fremskrevet i relation til BNP estimeres.
2. Køretøjerne fordeles på konventionelle drivmidler på baggrund af statistisk data fra Danmark Statistik og de trends, der ligger deri mht. fordeling mellem benzin og diesel.
3. Energieffektiviseringens forløb lægges ind for konventionelle køretøjer og deres bidrag beregnes.
4. Iblandingskrav defineres, som en andel af transportarbejdet og bidraget beregnes.
5. Alternative drivmidler indfases, som en andel af de årlige nyregistrerede køretøjer og den akkumulerede mængde som en andel af bestanden. Det er et resultat af de back-castede forudsigelser om behovet for indtrængning.

#### 4.1. Energieffektiviseringer

Frem mod 2030 forventes der et væsentligt bidrag fra energieffektiviseringer. Øger man effektiviteten af køretøjerne, så anvendes der mindre brændstof til det samme trafikarbejde. Der er sket en hastig udvikling på dette område i de seneste år, og det forventes, at man på den korte bane kan hente et markant reduktionspotentiale inden for eksisterende motorteknologier. [11]

Personbilsparke i Danmark ligger gennemsnitligt foran de europæiske standarder for energieffektivitet. Man var således allerede i 2010 nede i omegnen af EU's 2015-målsætning om, at nå 130 gCO<sub>2</sub>/km i 2015, hvor de danske personbiler for benzin lå på 132 gCO<sub>2</sub>/km og for diesel lå på 128 gCO<sub>2</sub>/km [11]. Det antages, at man i Danmark når EU's 2020-målsætning om 95 gCO<sub>2</sub>/km i 2020.

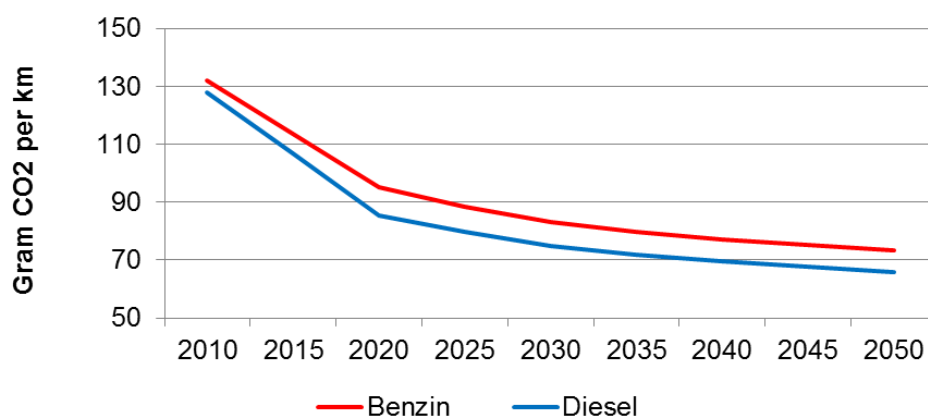
Barriererne for effektiviseringer ligger på den lidt længere bane, hvor det tekniske potentiale vil udtømmes, hvis ikke der er tale om et decideret teknologiskifte. Det vurderes således, at man efter at have opfyldt EU's 2020-mål, kan komme et stykke videre med effektiviseringer ved at indfase hybridbiler, der forventes at kunne nå ned omkring 70 gCO<sub>2</sub>/km i 2050 i gennemsnit for bestanden af biler. Forløbet er vist i Figur 7.

---

<sup>2</sup> Følgende aktører har været involveret i fokusgruppen: Dansk Elbil Alliance, Biorefining Alliance, Scandinavian Motor Companies.

VolksWagen AG har udmeldt en målsætning om at forbedre brændstofforbruget i deres køretøjer med 10-15 procent per generation (ca. 8 år) [12]. Det er en målsætning, der flugter med den trend, der er antaget i dette scenarie. Det forløb, der er valgt her, bygger på en forventning om, at der vil være en hurtigere udvikling på den korte bane. Det vil bl.a. ske ved introduktion af lavspændingshybridløsninger, der kan forbedre bilens ydeevne markant. Der er således tale om personbiler med en udledning helt nede på 65 gCO<sub>2</sub>/km allerede i 2020, men det vil være frontløberne og ikke mainstreammodellen. [13]

Der er et tilsvarende stort potentiale for effektivisering af tunge køretøjer, hvor fokus særligt har været på brændstoføkonomi pga. de mange tons der flyttes over lange strækninger. Det er således en fundamental drivkraft for logistikvirksomheders konkurrenceevne at minimere prisen per fragtet ton gods. Området er ikke helt lige så godt belyst, men branchens folk forventer store tiltag på den korte bane i form af ny software, rådgivning og forbedret motorteknologi [14]. Der er dog lagt et mere konservativt udviklingsforløb for tunge køretøjer ind, hvor energieffektiviteten forbedres med 1 procent om året.



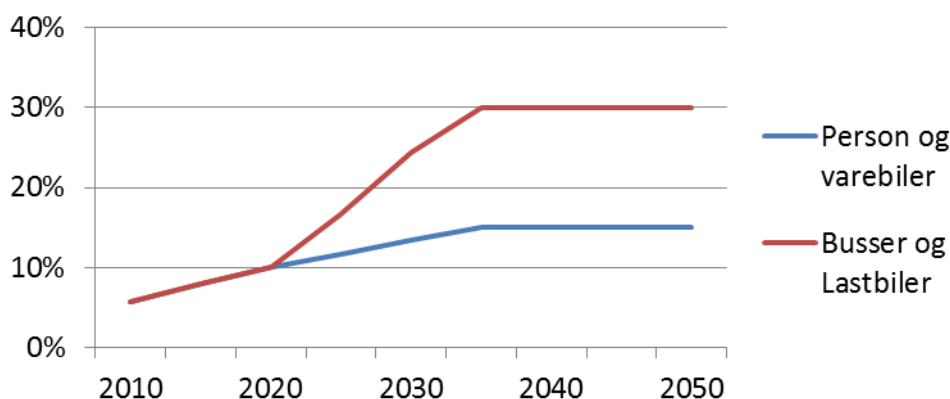
Figur 7: Effektiviseringer af personbiler baseret på konventionelle køretøjer.

#### 4.2. Iblanding af biobrændstoffer

Benzin kan erstattes af bioethanol og diesel kan erstattes af biodiesel. Iblanding af biobrændsel kan øges ved at stille krav til detalledet om at øge indholdet. I Danmark er der et lovkrav om, at der skal være iblandet 5,75 % biobrændstof i de brændstoffer, man køber på tankstationerne. Det er ikke ligeligt fordelt mellem drivmidlerne. Således er der udtrykt en forventning om, at oliebranchen opfylder kravet med E5 (svarende til en iblanding på 3,21 procent bioethanol i benzin) og B7 (svarende til 6,5 procent biodiesel) [15]. Ved det seneste energiforlig i 2012 – "Vores Energi" – blev det aftalt, at man vil sigte efter et iblandingskrav på 10 procent i 2020. Det må man forvente bliver opfyldt, selvom det endnu ikke er et lovkrav [15].

For person- og varebiler er der en begrænsning på, hvor meget biobrændstof motorer i de eksisterende køretøjer kan håndtere, f.eks. er grænsen for en dieselmotor i dag omkring 7 procent. Der er derfor kun forudsat en mindre stigning i iblandingen for personbiler ift. de 10 procent fra "Vores Energi" til 15 procent frem mod 2050. Der er naturligvis mulighed for deciderede biobrændstofbiler, som de E85 flexi-fuel biler man bl.a. ser i Sverige. Den rene biobrændstofbil er kategoriseret blandt de alternative drivmidler, da der er tale om en markant anderledes teknologi.

Til godstransport og i busser kan der iblandes større andele biobrændstoffer. Blandt de tunge køretøjer kan iblandingen af biobrændstoffer øges til og med 30 procent, uden modifikation af de eksisterende motorer. Indfasning af disse målsætninger vil dog ske løbende frem til 2035. Scenarier for iblanding er vist i Figur 8.



Figur 8: Scenarier for iblandingskrav fordelt på køretøjstyper

Rent praktisk er iblanding af biobrændstoffer et relativt ukompliceret virkemiddel, i den forstand, at infrastrukturen allerede eksisterer og eksisterende motorteknologier kan tilpasses til at kunne håndtere en højere iblanding.

De væsentligste barrierer for at øge iblandingskravet er spørgsmålet om hvor meget biobrændstof motorerne kan håndtere. Flere bilproducenter er eksempelvis tilbageholdende med at stille garanti for motorer, der skal kunne håndtere iblanding højere end 15 procent. Biomassen er en grundpille for hele den grønne omstilling, både i el-, varme- og transportsektorerne. Behovet for biomasse i el- og varmesektorerne er hovedsageligt baseret på træpiller og træflis, og konkurrerer på den korte bane ikke om biomasseressourcerne til biobrændstoffer.

### 4.3. Alternative Drivmidler

Et mere omfattende virkemiddel er en udskiftning af de konventionelle drivmidler, benzin og diesel, med CO<sub>2</sub>-neutrale alternativer. Ved at skifte til et fossilfrit drivmiddel elimineres CO<sub>2</sub>-emissionerne. Da den langsigtede målsætning sigter på at blive fossilfri, skal dette virkemiddel sættes i spil.

Effekten af tiltag, der adresserer introduktionen af alternative drivmidler, er mere træg end for energieffektiviseringer og iblandingskrav. Det skyldes, at de to førnævnte virkemidler kan implementeres med krav til en eksisterende infrastruktur, der påvirker enten samtlige nyregistrerede konventionelle køretøjer (effektiviseringer) eller hele den eksisterende bestand af konventionelle køretøjer (iblanding).

På nuværende tidspunkt er de alternative drivmidler først ved at blive introduceret på markedet og det endelige markedsgennembrud har endnu ikke fået fat. Forskere har påpeget, at bilisterne skal motiveres til at overveje at vælge et alternativt drivmiddel, der til samme eller lidt større investering kan tilbyde samme transportservice og funktionalitet [3]. Når økonomi, teknologi og infrastruktur tilsiger, at markedet begynder at tage de alternative drivmidler til sig, vil der stadig være et langt indfasningsforløb, hvor tilliden skal skabes og fæstnes, og den teknologiske udvikling understøtter en bredere markedssappel.

På den korte bane (frem til 2020) må man, udover indfasning af hybridbiler, forvente at der er tale om nichemarkeder for de tidlige alternative drivmidler, som elbilerne. På mellemlangt sigt (2020-2035) kan der både være tale om rene biobrændstofbiler og biogas<sup>3</sup> og elbilerne med en mere markant rolle på markedet. På den lidt længere bane (2035-2050), vil biogas og brint også spille en rolle.

Blandt busser og lastbiler er det primært bio-diesel og gas-baserede løsninger, der ventes at kunne vinde ind, men elbusser er også et alternativ, der allerede i dag vinder terræn. Primært blandt bybusdrift frem mod 2020, og på mellemlangt og langt sigt.

#### 4.4. Back-casting af indfasningsbehov

En personbil i Danmark har en gennemsnitlig levetid i omegnen af 15 år. Det betyder, at hvis vi skal indfri ønsket om en fossilfri transportsektor, skal den sidste fossile drevne personbil køre over forhandlerens kantsten i 2035 – det vil sige allerede om 22 år. Det kræver, at der skal være flere hundredetusinde biler på alternative drivmidler, som el, biogas, brint og biobrændstoffer allerede i 2030. Baseret på gennemsnitlige tal for nye registreringer i perioden 2008 til 2012 samt bestandstal, er det beregnet hvor hurtigt forskellige køretøjstyper udskiftes. I den ene ende, så har varebilerne en lang levetid, og i den anden skiftes lastbilerne ud ca. hvert femte år. Det er naturligvis helt afgørende for hvor hurtigt alternative drivmidler kan indføres, og derfor også hvor tidligt et marked skal stimuleres for at sikre sig en total udfasning af fossile drivmidler i 2050.

Tabel 2: Leveter og sidste salgsdato fordelt på køretøjstyper<sup>4</sup>.

Køretøjstype	Levetider <sup>1</sup>	Sidste fossile salg
Personbil	15 år	2035
Bus	18 år	2032
Varebil	25 år	2025
Lastvogn/SVT	5 år	2045

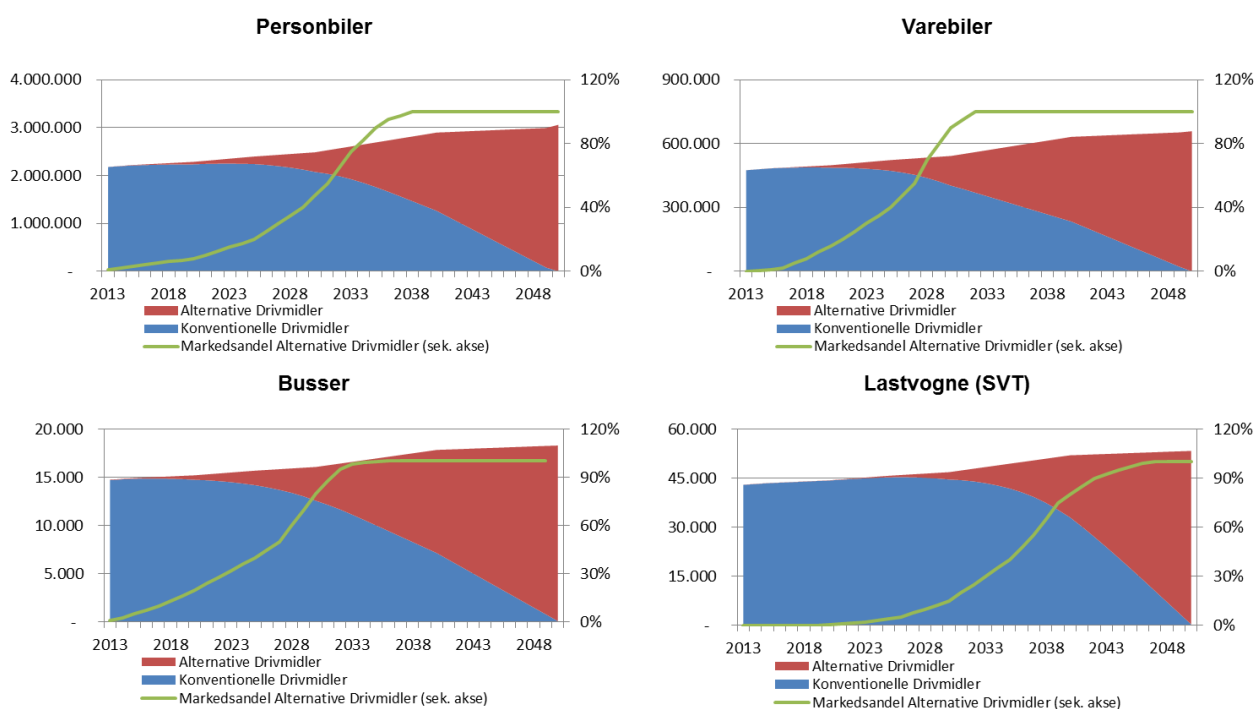
Udskiftning af konventionelle drivmidler, med alternative drivmidler vil i back-casting øvelsen foregå i meget forskelligt tempo. Det er dog bemærkelsesværdigt, at markederne for personbiler, varebiler og busser skal omstilles fuldstændigt til alternative drivmidler allerede i henholdsvis 2035, 2025 og 2032. Det vil under alle omstændigheder kræve nogle markante stigninger i markedsandel allerede i 2015 og 2020.

I Figur 9 er der opstillet et indtrængningsscenarie for de fire køretøjstyper. Der er tale om back-castede indtrængningskurver. Back casting betyder, at man går frem til en målsætning i 2050 og kigger baglæns på, hvordan et traditionelt s-kurveforløb for introduktion af ny teknologi kan lægges ind mellem udgangspunktet i 2013 og målet for udfasning af konventionelle drivmidler.

<sup>3</sup> Note: Det forventes at naturgassen vil agere brohoved biogassens indfasning. Biogassen regnes indfaset løbende fra år 2030.

<sup>4</sup> dst.dk: Danmark Statistik – Bestanden af køretøjer (BIL707), Nye registreringer (BIL5)

Forløbene kan naturligvis sagtens forløbe meget anderledes, men den fælles trend, der er forsøgt fanget med disse forløb er en relativt langsom indfasning i starten, hvorefter markedsindtrængningen tager kraftigt til når markedet drives af, at den nye teknologi er både funktionelt og økonomisk fordelagtigt. Til sidst sænkes indtrængningsvæksten igen inden markedet vil udgøres alene af alternative drivmidler. [4]



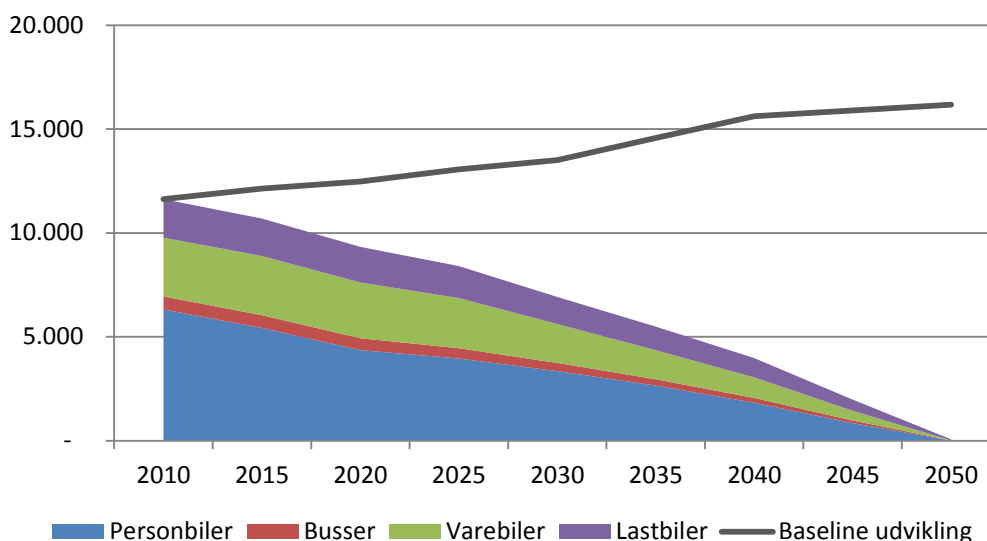
Figur 9: Back-castede indtrængningskurver fordelt på køretøjstyper.

## 5. CO2 Reduktion mod 2050

### 5.1. Samlede CO2 reduktioner

Den samlede effekt af scenarierne for de tre virkemidler medfører en total udfasning af fossile brændsler og dermed en vejtransportsektor uden CO2-emissioner i 2050, i overensstemmelse med den Danske Regerings målsætning [2].

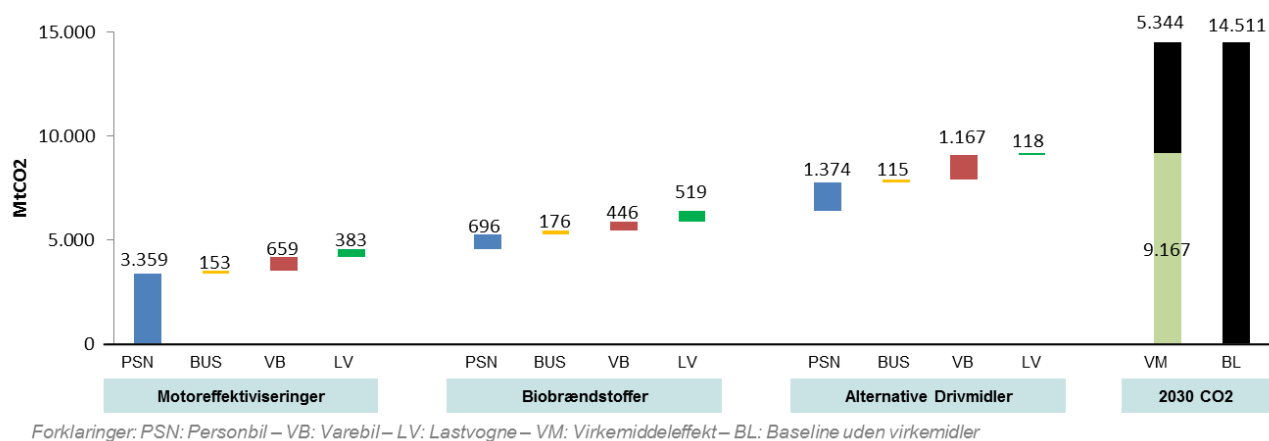
Forløbet frem imod 2050 er vist i Figur 10. Som det fremgår her, er der reduktioner i CO2-emissionerne fra starten, hvor det særligt er blandt personbilerne, at reduktionerne forekommer. Reduktionerne tager rigtig til efter 2025 med indvirkning blandt samtlige køretøjstyper. Med det viste scenarie kommer man i 2050 helt af med fossile brændsler i vejtransporten, primært drevet af et fundamentalt teknologiskifte til alternative drivmidler.



Figur 10: CO2 emissioner i scenariet frem til 2050.

## 5.2. Virkemidlernes potentialer og timing

Ved at anvende en bred palette af virkemidler, kan der selv på den korte bane opnås reduktioner i vejtransportens CO<sub>2</sub>-emissioner. Effektivisering af motorer og indfasning af biobrændstoffer kan skære personbilernes CO<sub>2</sub>-udslip med 44 procent i perioden frem mod 2035, mens alternative drivmidler vil levere næsten 19 procent (2.774 millioner tons CO<sub>2</sub>). Man vil således kunne begå et signifikant indhug i udledningerne frem mod 2035, svarende til ca. 63 procent af de emissioner, der vil blive udledt i 2035, hvis der ikke foretages yderligere forbedringer i vejtransporten.



Figur 11: Fordeling af reduktionsbidrag på virkemidler 2020-2035.

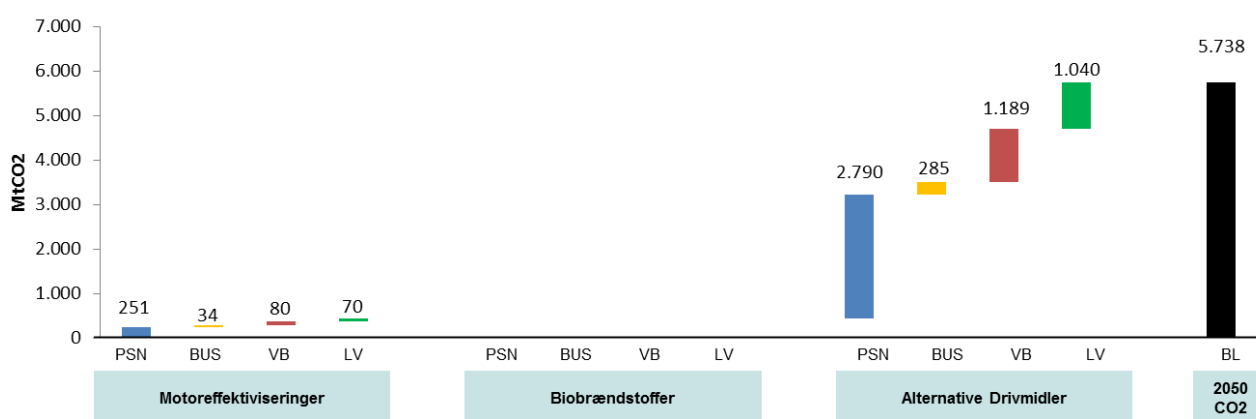
Bliver der ikke gjort yderligere i forhold til virkemiddelniveauerne i 2035, vil væksten i trafikarbejdet føre til, at vejtransportens CO<sub>2</sub>-emissioner stiger fra 5.344 Mt CO<sub>2</sub> til 5.738 Mt CO<sub>2</sub> i 2050.

I 2035 vil bidragspotentialet fra energieffektiviseringer og iblanding af biobrændstoffer være så godt som udtømt. Teknisk set bliver det sværere og dyrere at øge effektiviteten yderligere i de motorer, som vi

kender i dag eller at indfase motorer i personbilerne, der kan håndtere markant mere end 15 procent biobrændstof. Derfor vil iblanding af biobrændstoffer ikke levere yderligere bidrag efter 2035, mens energieffektiviseringer vil levere næsten otte procent (435 millioner tons CO<sub>2</sub>). Det betyder, at størstedelen af bidraget herefter skal komme ved udskiftning af drivmidler.

Det er tydeligt, at de alternative drivmidler er helt nødvendige for at indfri ambitionen om fossilfrihed i transportsektoren i 2050. Det er blandt personbilerne, at de mange konventionelle drivmidler stadig befinder sig i 2035. Den indsats, der skal til fra 2035 til 2050 er baseret på, at 92 procent af udledningerne elimineres ved at introducere alternative drivmidler.

Det ligger implicit i back casting tilgangen til alternative drivmidler, at der inden for personbilerne fra 2035 kun sælges alternative drivmidler, og at det således fra 2035 kun er et spørgsmål om at få udfaset de sidste konventionelle drivmidler fra bestanden.



Forklaringer: PSN: Personbil – VB: Varebil – LV: Lastvogne – VM: Virkemiddeleffekt – BL: Baseline uden virkemidler

Figur 12: Fordeling af reduktionsbidrag på virkemidler 2035-2050.

## 6. Behovet for alternative drivmidler

Betragter man, hvor markedet befinder sig i dag og tilpasser en typisk indtrængningskurve for ny teknologi med en træg start og mod målet om, at tre millioner person- og varebiler er udskiftet i 2050, så vil markedet akkumuleret set skulle ende på 210.000 i 2025 og 550.000 i 2030. Tallene for de akkumulerede antal alternative drivmidler i de anvendte indtrængningsscenarier i vist Tabel 3.

Den helt afgørende periode i dette udviklingsforløb ligger i gennembrudsperioden. Det er afgørende for det videre forløb, at markedet opnår en kritisk masse, der selv holder markedet i gang frem mod et teknologiskifte. For personbilernes vedkommende er der tale om perioden fra 2015 til 2020, hvor man går fra ca. 8.000 til 63.000 biler på alternative drivmidler. Det er således vigtigt, at få skabt momentum bag et teknologigennembrud, der sikrer at markedet når at opbygge tillid til nye alternative teknologier, der derefter kan finde fæste på et kommercielt marked, hvis man skal nå målsætningen i 2050.



Tabel 3: Indtrængningsforløb for alternative drivmidler i bestanden af køretøjer – akkumulerede tal.

Indtrængningsforløb frem mod 2050								
	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>Personbiler</b>	8	51	158	411	935	1.636	2.349	3.061
<b>Varebiler</b>	0	12	51	140	268	398	528	658
<b>Busser</b>	0	0	2	4	7	11	14	18
<b>Lastvogne</b>	0	0	0	2	8	19	35	53

*Antal 1.000 stk. biler, der indgår i et teknologidrevet fossilfrit scenarie*

## 7. Konklusion

Alt imens trafikarbejdet vokser, sættes der politiske fokus på at fastholde et højteffektivt transportsystem på bæredygtig vis. Man kan flytte flere personer og mere gods på de samme køretøjskilometer, men køretøjerne og transporten er en grundlæggende forudsætning for en moderne økonomi. Danmark står således over for en række teknologiske og politiske valg, der sikrer fremdriften til en fossilfri transportsektor i 2050. Analysen her bidrager til debatten, om hvad de teknologiske stilleskruer kan levere, og hvornår de skal sættes i spil for en rettidig omstilling af Danmarks vejtransport til en fremtid fri for fossile drivmidler.

## Bibliografi

- [1] Dong Energy, Fremtidens energiforsyning - et udviklingsperspektiv, <http://www.tinv.dk/public/dokumenter/tinv/Konferencer%20og%20arrangementer/Afholdte%20arrangementer/A6%20CSR/Milj%F8%20til%20million/Fremtidens%20energiforsyning%20-%20et%20udviklingsperspektiv%20Lykke%20Mulvad.pdf>, 2012.
- [2] Regeringen, Vores Energi, <http://www.kebmin.dk/sites/kebmin.dk/files/nyheder/regeringen-saadan-fremtidssikrer-danmark/vores%20energi%20-%20web.pdf>, 2011.
- [3] J. S. Jeroen Struben, Transition challenges for alternative fuel vehicles and transportation systems, *Environment and Planning B: Planning and design* 2008, vol. 35, pages 1070-1097, 2008.
- [4] Dansk Energi, Scenarier for udrulning af elbiler i Danmark, 2013.
- [5] Teknologirådet, Dansk transport uden kul og olie - hvordan?, 2012.
- [6] Dansk Energi, CO2 reduktioner på vej i transporten, 2012.
- [7] IT og Telestyrelsen, Langsigtet fremskrivning af vejtrafik, <http://www.trm.dk/graphics/Synkron-Library/ISK/PDF/Langsigtet%20fremskrivning%20af%20vejtrafik.%20Baggrundsrapport.pdf>, 2007.
- [8] DREAM, Langsigtet økonomisk fremskrivning 2011, [http://www.dreammodel.dk/pdf/Langsigtet\\_fremskrivning\\_2011.pdf](http://www.dreammodel.dk/pdf/Langsigtet_fremskrivning_2011.pdf), 2011.
- [9] M. Fosgerau, Tidsseriemodeller for bilpark og årskørsel per bil, 2004.
- [10] Danmarks Statistik, NYT: Fald i udslippet af CO2 fra dansk økonomi i 2011, <http://www.dst.dk/pukora/epub/Nyt/2013/NR532.pdf>, 2013.
- [11] Trafikstyrelsen, Udvikling i danske personbilers brændstofforbrug, 2011.
- [12] Volkswagen, Efficient Vehicles, <http://nachhaltigkeitsbericht2012.volkswagenag.com/en/environment/efficient-vehicles.html>, 2013.
- [13] FDM, Hvor langt på literen i 2020 og i 2035, Præsentation ved ENS konference om køretøjsteknologier 11/11 2013, 2013.
- [14] Scania, De tunge transportere - præsenteret ved IDA af Anton Freisleben (Markedschef, Scania), 2013.
- [15] Energistyrelsen, Iblandingskrav for 2. g. bioethanol, Notat af 22. juni: <http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/politik/dansk-klima-energipolitik/politiske-aftaler-paa-energiomraadet/energiaftalen-22-marts-2012/Muligheder%20og%20omkostninger%20ved%20at%20iblandingskrav%20for%20biobr%C3%A6n>

dstoffer%20indeholder, 2011.

- [16] Energi og Olie Forum, Scenarier for transportsektorens energiforbrug i Danmark, 2011.
- [17] Klimakommissionen, Grøn Energi - vejen mod et dansk energisystem uden fossile brændsler, 2010.
- [18] Energistyrelsen, Energiaftalens analyser - en midtvejsstatus, Præsentation:  
[http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/politik/dansk-klima-energipolitik/regeringens-klima-energipolitik/midtvejsstatus\\_for\\_energiforlignanalyserne\\_230813\\_samlede\\_oplaeg.pdf](http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/politik/dansk-klima-energipolitik/regeringens-klima-energipolitik/midtvejsstatus_for_energiforlignanalyserne_230813_samlede_oplaeg.pdf), 2013.
- [19] KEBMIN, Iblandingskrav for 2. g. bioethanol, 2012.