

# Teknologivurdering af alternative drivmidler til transportsektoren

Henrik Duer, [hdu@cowi.dk](mailto:hdu@cowi.dk)  
Mads Paabøl Jensen, [mpn@cowi.dk](mailto:mpn@cowi.dk)  
Afdelingen for Miljøøkonomi og Velfærd, COWI A/S  
Parallelvej 2, 2800 Lyngby

## Resumé

*I dette projekt er der udviklet en metode til konsistent at kunne vurdere hvilke alternative drivmidler til transport, der har de største teknologiske og økonomiske potentialer. Der er desuden udviklet og opstillet et struktureret, brugervenligt og gennemsigtigt regnearksværkstøj med beregninger af omkostninger, energieffektivitet og miljøbelastning. Tilgangen i analysen er at se på hele teknologispør, således at vurderingen af drivmidlerne omfatter hele produktionskæden fra frembringelse af råstoffet over konvertering til brændstof og distribution heraf frem til leveringen af den mekaniske energi i køretøjet. Der er udvalgt 10 alternative teknologispør samt to referencespør, benzin og diesel, som belyses. Resultaterne af beregningerne er behæftet med en væsentlig usikkerhed. Der er ganske stor usikkerhed om en række væsentlige inddata, f.eks. opstrøms-energiforbrug for råvarer, emissioner, prisudvikling osv. Endvidere hersker der stor usikkerhed om den teknologiske udvikling på længere sigt, især for de nye teknologier såsom 2. generation bioethanol og brændselsceller, og både med hensyn til tekniske forhold og til omkostningsudvikling. Resultaterne af beregningerne skal derfor tages med forbehold, ligesom der ligger en opgave i løbende at forbedre datagrundlag og forudsætninger.*

## Indledning

Dette notat sammenfatter en analyse, som har haft til formål at vurdere teknologier i forbindelse med alternative drivmidler til transportsektoren. Notatet er baseret på rapporten "Teknologivurdering af alternative drivmidler til transportsektoren", maj 2007. Rapporten er udarbejdet af COWI A/S på opdrag fra Energistyrelsen.

## Baggrund

Energistyrelsen er blevet bedt om at foretage en vurdering af hvilke teknologiløsninger for drivmidler (alternativer til produkter fra fossil olie) til transportsektoren, der kan forventes og evt. fremmes på mellemlang og lang sigt. Som følge heraf har Energistyrelsen igangsat et strategiarbejde under overskriften "Alternative drivmidler til transportsektoren". I forbindelse med dette arbejde har Energistyrelsen anmodet COWI om assistance til frembringelse og strukturering af eksisterende viden samt supplerende analyser på området.

## Formål

Det overordnede formål med projektet har været at tilvejebringe et grundlag for at kunne vurdere hvilke alternative drivmidler til transport, der synes at have de største teknologiske og økonomiske potentialer på langt sigt.

I denne forbindelse skal der udarbejdes en bruttoliste over potentielle teknologier og de enkelte teknologi-elementer skal beskrives bl.a. med hensyn til teknologiens stadie, teknisk potentiale, miljø og økonomi (fakta-ark).

I forbindelse med opgaveløsningen skal der desuden udvikles en regnearksmodel, som præsenterer de indsamlede data og som anvendes til systemberegninger af økonomi, energieffektivitet og miljøbelastning for de forskellige teknologi-spor.

## Definitioner og terminologi

Et *alternativ drivmiddel til transport*, beskrives ud fra et *teknologi-spor*, som består af en række *teknologi-elementer*, der giver en samlet løsning fra energiproduktion til slutanvendelse i et transportmiddel. Et *teknologi-element* er en teknologi til konvertering af energi fra en form til en anden, eller overførsel/akkumulering af energi. Et *teknologi-spor* består af et eller flere teknologielementer, der samlet fører fra en råvare til et slutforbrug i en energitjeneste.

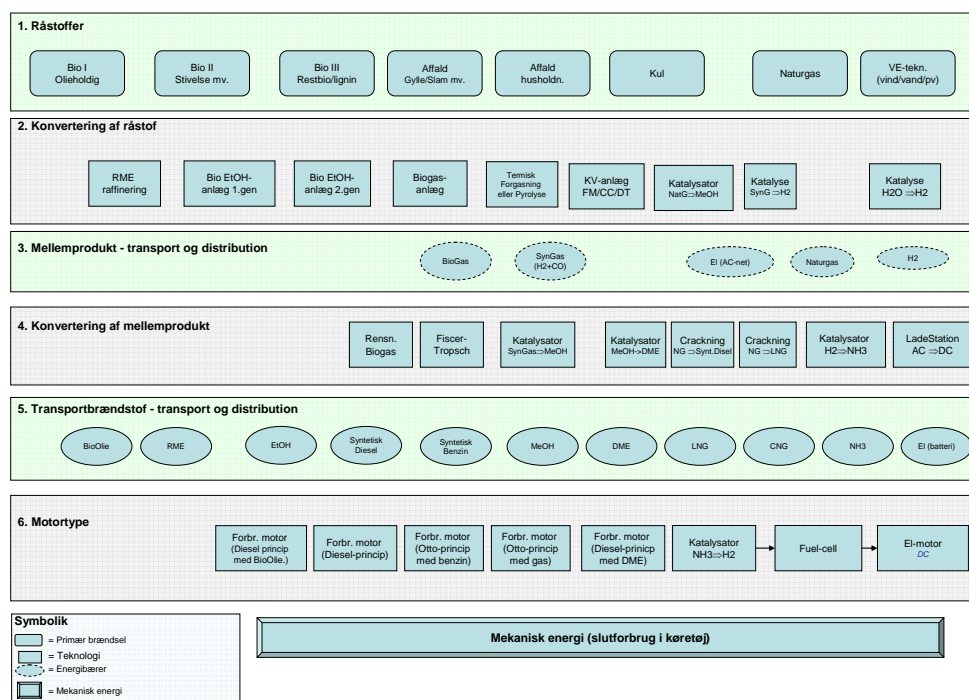
## Udvælgelse af teknologisor

Der findes allerede i dag en række energiteknologier til forsyning af transport-sektoren som alternativ til olie og disse forventes videreudviklet over de næste 10-20 år.

På basis af en gennemgang af den seneste litteratur på området er der opstillet en struktureret oversigt over de teknologi-elementer, der er i spil, eller forventes bragt i spil i løbet af de næste 10-20 år, i forhold til energi fra en råvare over distribution og konvertering til et slutforbrug i en energitjeneste i et køretøj.

Figuren nedenfor indeholder en bruttofortegnelse over energiteknologier til forsyning af transportsektoren.

**Figur 1** Oversigt over energiteknologier til forsyning af transportsektoren



Figen illustrerer at et teknologispør består af 6 led, som involverer selve råstoffet, distribution/transmission samt konverteringer. De 6 led er:

- 1 Råstof
- 2 Konvertering af råstof
- 3 Mellemprodukt - transport/distribution
- 4 Konvertering af mellemprodukt
- 5 Transportbrændstof - transport/distribution
- 6 Motortype

De forskellige led i kæden er aktiviteter, der kan karakteriseres ud fra tekniske og økonomiske data.

Råstofferne (f.eks. hvede) er beskrevet ud fra oplysninger om pris, energiindhold og opstrøms-energiforbrug.

Konverteringen af råstoffer (samt konverteringen af mellemprodukt) er beskrevet ud fra et fakta-ark samt en kort beskrivelse af teknologien (kort teknologi-beskrivelse, input, output, fordele og ulemper (herunder miljø) og eksempler på Best Available Technology). Fakta-arket indeholder oplysninger opdelt på overordnede tekniske data (udbytte, kapacitet, levetid), output, energi (energi-indhold i input og output samt virkningsgrad), økonomi og miljø.

Transportbrændstof - transport/distribution (samt Mellemprodukt - transport/distribution) vedrører transport af brændstoffer fra raffinaderier/fabrikker til tankstationer samt distributionen af naturgas og el. Disse er beskrevet ud fra oplysninger om pris, energiforbrug og distributionstab.

Motortype er beskrevet ud fra et fakta-ark samt en kort beskrivelse af motor-teknologien . Fakta-arket indeholder oplysninger opdelt på overordnede energi/tekniske data (virkningsgrad, levetid, ydelse), økonomi og miljø.

### ***De 10 udvalgte teknologi-spor***

Med udgangspunkt i den opstillede oversigt over teknologi-elementer samt en screening af den indsamlede information er der identificeret en række teknologi-spor.

For hvert teknologi-element er der ofte en hel række alternative teknologier som resulterer i samme produkt. De specifikke teknologi-elementer som indgår i teknologi-sporene er udvalgt ud fra en overordnet vurdering af potentiale og med baggrund i et kriterium om at dække bredt de teknologier som findes i dag og forventes i løbet af de næste 10-20 år. Udvælgelsen er foretaget i samarbejde med Energistyrelsen.

Der er udvalgt i alt 10 teknologi-spor baseret på andet end olie samt et spor for konventionel benzin og diesel, således at der i alt er udvalgt 12 spor. De 10 alternative teknologispør er:

- 1 Bioethanol (1. generation)
- 2 Bioethanol (2. generation)
- 3 Bio diesel (RME)

- 4 Bio-olie
- 5 Naturgas
- 6 Methanol fra biomasse
- 7 Brint
- 8 Elbiler
- 9 Diesel fra kul
- 10 Diesel fra biomasse

De 10 teknologier dækker både de såkaldte 1. generations teknologier som bio-diesel produceret på raps samt bio-ethanol produceret på hvede samt 2. generations teknologier i form af bio-ethanol produceret på halm. Desuden dækkes forgasning af biomasse med efterfølgende katalysator-proces til diesel eller methanol. Denne teknologi betegnes også for 3. generationsteknologi.

De 10 teknologier er undersøgt med hensyn til energieffektivitet, emissioner, økonomi og ressourcepotentiale.

## **Tilgang og metode**

Der er anvendt en *struktureret og systematisk* tilgang for at afdække hvilke af de udvalgte alternative drivmidler til transport, der synes at have de største potentialer ud fra en vurdering af økonomi, teknik/energiforbrug og miljøbelastning.

### ***Overordnet tilgang***

Der er indledningsvist tilvejebragt en bruttoliste over potentielle teknologier og teknologiveje til indførelse af alternative drivmidler i transportsektoren med en tidshorisont på 5-20 år. Med udgangspunkt i den opstillede oversigt over teknologi-elementer samt en screening af den indsamlede information er der udvalgt en række teknologi-spor til nærmere analyse.

Det næste led omhandlede de enkelte teknologielementer, som blev beskrevet med hensyn til deres teknologiske stadie, teknisk potentiale, miljø og økonomi mm. Beskrivelserne er opbygget som en slags fakta-ark inspireret af formatet fra Energistyrelsens teknologikatalog ([www.ens.dk/teknologikatalog](http://www.ens.dk/teknologikatalog)).

På basis af informationerne og dataene for de enkelte teknologi-elementer er der herefter gennemført en samlet analyse og vurdering (systemberegninger) af teknologi-sporenes samfundsøkonomi, energieffektivitet og miljøbelastning.

De forskellige teknologispør perspektiver og potentiale er endvidere belyst ud fra en vurdering af produktionskapaciteten for biomasse og en vurdering af fossile energiressourcer (olie/oliesand, naturgas og kul) på kort og langt sigt.

Endelig er det foretaget en samlet vurdering af hvilke teknologispør, der synes at have det største teknologiske og økonomiske potentiale på langt sigt, samt hvor danske forskningsinstitutioner og virksomheder bedst vil kunne bidrage til den internationale teknologiske udvikling.

## ***Systemberegninger for teknologi-spor***

Til brug for den samlede vurdering af det langsigtede potentiale er der for hvert teknologi-spor, udover en samfundsøkonomisk vurdering, gennemført en beregning af energieffektivitet og miljøbelastning i form af luftemissioner. For hvert teknologi-spor er der således gennemført en systematisk analyse af:

- **De samlede omkostninger** - hvad er de samlede omkostninger pr. GJ mekanisk energi (ved hjulet)? Ekskl. og inkl. værdien af emissioner.
- **Energieffektivitet** - hvad er den samlede systemvirkningsgrad? To nøgletal præsenteres - samlet systemvirkningsgrad beregnet som produktet af virkningsgraderne i hvert led i teknologi-sport samt den mekaniske energi i forhold til energiindhold i alle input
- **Miljøpåvirkning** - hvad er emissionerne pr. energienhed? For CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og partikler.

Beregningerne er opbygget ud fra et ensartet og systematisk koncept, som anvendes for alle sporene. Konceptet eller tilgangen er udarbejdet på baggrund af erfaringer fra projekterne Well-to-Wheels og VIEWLS samt EU-projektet REFUEL, hvor COWI deltager.

Der er indsamlet information og estimeret data for dagens situation (kaldet "2006") samt situationen på langt sigt (kaldet "2025"). Data for "2006" er således estimeret med henblik på at afspejle det nutidige teknologiske stadie samt økonomiske forhold. Data for 2006 behøver derfor ikke nødvendigvis at afspejle data for eksisterende faciliteter som allerede anvendes.

## ***Metode***

Analysen er gennemført med udgangspunkt i metoden beskrevet i Energistyrelsens *vejledning i samfundsøkonomiske analyser på energiområdet*, ligesom Energistyrelsens samfundsøkonomiske brændselsprisforudsætninger er anvendt<sup>1</sup>.

Det omkostningsbegreb som er anvendt i analyserne er baseret på det velfærdsøkonomiske metodegrundlag. Det betyder at omkostningerne afspejler det samfundsøkonomiske ressourceforbrug, hvor målestokken er en opgørelse af velfærdsændringer opgjort i økonomiske termer. Det betyder konkret at miljøeffekter, i det omfang det har været muligt, er kvantificeret og monetariseret og medtaget i den samfundsøkonomiske analyse sammen med de øvrige omkostninger.

Alle omkostninger er som udgangspunkt opgjort i faktorpriser<sup>2</sup> og ikke i markedspriser. En opgørelse i faktorpriser giver den mest enkle fortolkning af resultaterne i denne situation, hvor der ikke er tale om vurdering af konkrete virkemidler eller tiltag.

Alle priser er udtrykt i faste 2005-priser. Der er anvendt en diskonteringsfaktor på 6% realt.

---

<sup>1</sup> Analysen følger desuden de retningslinjer for samfundsøkonomiske analyser, der er udstukket i Finansministeriet samt Transport- og Energiministeriet vejledninger.

<sup>2</sup> Faktorprisen er markedsprisen ekskl. alle afgifter.

### *Samproduktion og allokering*

Ved produktion af en række af de alternative brændsler fremkommer et eller flere biprodukter. For bio-olie fra raps fremkommer eksempelvis rapskage, der kan anvendes som foder. Indtægter fra biprodukter spiller en vigtig rolle for den samfundsøkonomiske omkostning ved bio-olie produktionen.

På grund af samproduktionen er man nødt til at forholde sig til, hvordan man allokerer omkostninger samt CO<sub>2</sub> og de øvrige luftemissioner på hhv. hovedproduktet (bio-olie) og biprodukterne. I denne analyse er det princip, der som oftest anvendes, nemlig af det primære output tildeles alle omkostningerne fratrukket provenuet fra salg af biprodukter. Indtægterne fra biprodukterne er fastsættes med udgangspunkt i observerede priser.

Emissionerne fordeles her mellem det primære output og biprodukterne i henhold til den samfundsøkonomiske omkostning for det primære output og den samfundsøkonomiske værdi for biproduktet.

### ***Det empiriske grundlag***

Energistyrelsen forudsætninger for samfundsøkonomiske analyser har været en meget central kilde i forhold til priser (på fossile brændsler), omkostninger til transport og distribution samt til emissionsfaktorer.

Det EU finansierede studie Well-to-Wheels (W-t-W) har været en central kilde for udarbejdelse af fakta-arkene for konverteringen af råstof samt konverteringen af mellemprodukter. Formålet med W-t-W var at estimere udledningen af drivhusgasser, energieffektiviteten og omkostningerne for alle betydelige drivmidler og drivmiddel-kæder (teknologi-spor) i Europa efter år 2010. Projektet blev gennemført af Institute of Environment and Sustainability (under European Commission, Joint Research Centre) i samarbejde med EUCAR (The European Council for Automotive R & D) og CONCAWE (Olieindustriens interesseorganisation for miljø, sundhed og sikkerhed). Studiet har anvendt en transparent og systematisk tilgang og metode til belysning af drivmidlerne og det indeholder mange data om energieffektivitet, miljøbelastning og økonomi. Mange af W-t-W dataene er anvendt direkte i dette studie eller er anvendt til validering af data fra andre kilder.

Teknologi-sporene er gennemregnet med anvendelse af en forudsætning om en "standard"-bil. Der er valgt en mindre middelklasse-bil. For alle spor er køretøjets teknisk, energi, økonomi og miljødata forsøgt skønnet med henblik på at bilen har en ydelse og komfort som svarer til dette niveau. Kaj Jørgensen fra Risø har leveret disse data.

Endelig har VIEWLS været central, dog primært i forhold til at tjene som inspiration i forhold til det anvendte koncept for systemberegningerne.

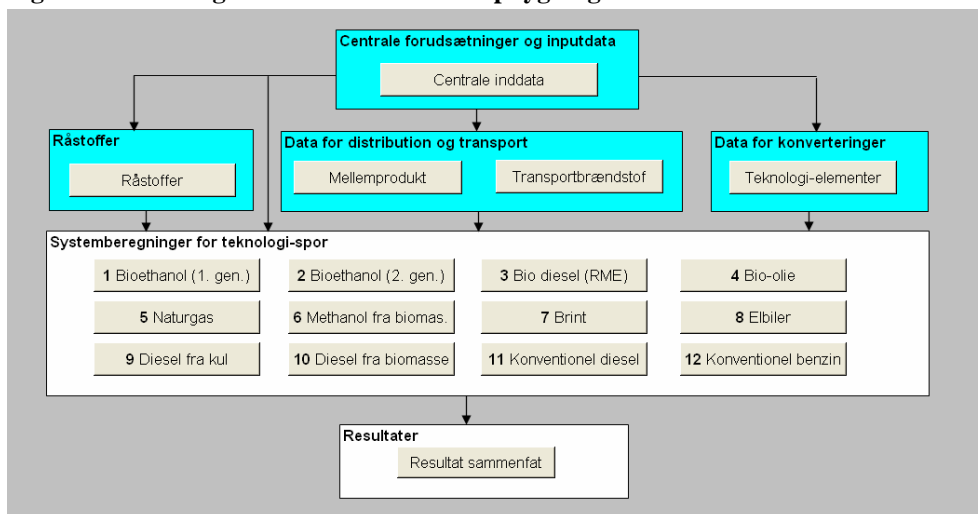
Det skal i denne forbindelse bemærkes, at der er foretaget en intern kvalitetskontrol af modellens input og resultater. Modellens input er desuden underkastet endnu en kvalitetskontrol i form af en kort høring blandt relevante eksperter.

### ***Regnearkmodellen***

Der er opbygget en model til beregning af omkostninger, energieffektivitet og miljøbelastning er opbygget i et Excel regneark. Regnearket består af en række selvstændige ark som udover

en oversigt og en vejledning (indhold) indeholder data for teknologi-elementerne, systemberegninger for teknologisporene og en samlet præsentation af resultaterne.

**Figur 2 Regnearkets overordnede opbygning**



## Resultater og samlet vurdering

Der er udviklet en metode til konsistent at kunne vurdere hvilke alternative drivmidler til transport, der har de største *teknologiske* og *økonomiske* potentialer. Der er desuden udviklet og opstillet et struktureret, brugervenligt og gennemsigtigt regnearksværkstøj med beregninger af omkostninger, energieffektivitet og miljøbelastning.

Resultaterne af beregningerne er behæftet med en væsentlig usikkerhed. Der er ganske stor usikkerhed om en række væsentlige inddata, f.eks. opstrøms-energiforbrug for råvarer, emissioner, prisudvikling osv. Endvidere hersker der stor usikkerhed om den teknologiske udvikling på længere sigt, især for de nye teknologier såsom 2. generation bioethanol og brændselsceller, og både med hensyn til tekniske forhold og til omkostningsudvikling. Resultaterne af beregningerne skal derfor tages med forbehold, ligesom der ligger en opgave i løbende at forbedre datagrundlag og forudsætninger.

Resultaterne af beregningerne fremgår af tabellerne nedenfor.

**Tabel 1 Sammenfatning af de centrale resultater, økonomi**

Økonomi	2006		2025	
	Samfundsøkon. omk. DKK/GJ mek	<i>heraf brændstof</i> <i>DKK/GJ mek</i>	Samfundsøkon. omk. DKK/GJ mek	<i>Heraf brændstof</i> <i>DKK/GJ mek</i>
Konventionel diesel	2.994	439	2.874	369
Konventionel benzin	3.029	618	2.889	494
Bioethanol (1. gen.)*	3.380	964	3.166	774
Bioethanol (2. gen.)**	n.a.	n.a.	3.121	734
Bio diesel (RME)	3.129	601	2.987	506
Bio-olie	3.278	544	3.161	458
Naturgas	3.056	482	2.771	389
Methanol fra biomas.	16.008	498	3.111	370
Brint	16.062	425	3.184	380
Elbiler	4.026	173	3.102	192
Diesel fra kul	3.103	523	2.962	440
Diesel fra biomasse	3.823	925	3.577	731

Note: Resultaterne er vist med elprisen ekskl. CO<sub>2</sub>-kvoternes forventede indvirkning. Værdien af CO<sub>2</sub>-emissionerne fra elsystemet er værdisat og medtaget i det samlede samfundsøkonomiske resultat.

De meget høje udgifter forbundet med methanol fra biomasse og fra brint i 2006 skyldes, at der er forudsat anvendt brændselsceller i bilerne. Disse er i dag meget dyre, men forventes i de kommende år at komme væsentlig ned i pris. \* produceret på hvede, \*\* produceret på halm

Konventionel diesel og benzin fremstår på kort sigt som de samfundsøkonomisk mest attraktive drivmidler.

På kort sigt ser naturgas, bio-olie og bio-diesel (produceret på raps) endvidere ud til at være økonomisk de mest attraktive alternativer til benzin og diesel. For bio-olie og bio-diesels vedkommende skyldes dette at teknologien er veludviklet, og de væsentligste økonomiske parametre er hhv. verdensmarkedsprisen på rapsfrø versus verdensmarkedsprisen på fossil diesel. For naturgas skal forklaringen bl.a. findes i at naturgassen som udgangspunkt er billigere end benzin.

Omkostningerne ved produktion af syntetisk diesel ud fra kul ligger i beregningerne forholdsvis tæt ved omkostningerne ved almindelig diesel. Det skyldes prisrelationen mellem råolie (51,5 DKK/GJ eller ca. 50 \$/tdr) og kul (15 DKK/GJ).

Omkostningerne til produktion af bio-ethanol ud fra 1. generationsteknologien er høj, hvilket først og fremmest skal tilskrives en relativt høj pris på hvede, men også betydelige omkostninger til konverteringen til ethanol. I år 2025 forventes 2. generations bioethanol at kunne produceres billigere end 1. generations bioethanol. For 2. generations bioethanol er omkostningerne ved selve konverteringen meget højere end for 1. generations. Til gengæld er råstofprisen på halm langt mindre end råstofprisen på hvede, hvilket mere end opvejer de ekstra omkostninger til konverteringen.

På længere sigt er der en række af de alternative drivmidler som bliver mere interessante ud fra et økonomisk perspektiv. Først og fremmest bliver brint og metanol til brug i biler med



brændselsceller væsentlig mere attraktive som følge af den forventede teknologiske udvikling især i brændselscelleteknologien. En væsentlig fordel ved disse teknologier er de meget små emissioner fra hele sporet og især fra køretøjet.

Der forventes udviklet mere effektive og holdbare batterier, mens der regnes med uændrede omkostninger til selve køretøjet. Samlet set betyder dette imidlertid at elbiler forventes at udgøre et rimeligt attraktivt alternativ i fremtiden. Det skal samtidig bemærkes, at der her er regnet med gennemsnitlig "blandingsel", og ikke med en optimeret anvendelse af elsystemet til brug for opladning af biler. Dette ville kunne reducere de samfundsøkonomiske omkostninger ved elforsyningen af bilerne. Det skal ligeledes fremhæves at der hersker betydelig usikkerhed i forhold til de fremtidige omkostninger til batterier i elbiler.

Tabellen nedenfor viser de beregnede virkningsgrader for hhv. 2006 og 2025.

**Table 2** Sammenfatning af de centrale resultater, virkningsgrad

År 2025	Virkningsgrad 2006		Virkningsgrad 2025	
	Systemvirkningsgrad GJ/GJ	Output mek/input GJ mek/GJ input	Systemvirkningsgrad GJ/GJ	Output mek/input GJ mek/GJ input
Konventionel diesel	19%	8%	22%	10%
Konventionel benzin	14%	5%	18%	6%
Bioethanol (1. gen.)	12%	7%	15%	8%
Bioethanol (2. gen.)	n.a.	n.a.	15%	6%
Bio diesel (RME)	10%	9%	12%	11%
Bio-olie	11%	10%	13%	12%
Naturgas	15%	15%	18%	18%
Methanol fra biomas.	19%	19%	24%	24%
Brint	10%	8%	18%	15%
Elbiler	30%	30%	37%	37%
Diesel fra kul	13%	13%	16%	16%
Diesel fra biomasse	11%	11%	13%	13%

Den samlede systemvirkningsgrad (beregnet som produktet af virkningsgraderne i hvert led i kæden) for de konventionelle brændstoffer (diesel og benzin) er hhv. 19% og 14% for diesel og benzin. Forskellen i virkningsgraden mellem de to skyldes de forskellige motorvirkningsgrader som er hhv. 21% og 16% for diesel og benzin. Systemvirkningsgraden for diesel er relativt høj - kun elbiler har højere systemvirkningsgrad. Omvendt viser beregningerne at bio-olie og brint relativt set har de ringeste systemvirkningsgrader.

Virkningsgraderne, målt som mekanisk energi i forhold til input er relativt høje for elbiler, methanol fra biomasse og naturgas. For elbiler og methanol fra biomasse skal forklaringen findes i forklaringen i de relativt høje virkningsgrader i motoren. For naturgas skal forklaringen findes i det beskedne energiforbrug til distribution og komprimering af naturgas. For diesel og benzin er disse virkningsgrader små, hvilket skal ses i lyset af at raffineringen

resultater i betydelige biprodukter, som ikke tillægges nogen vægt i beregningen af virkningsgraden som udtrykker den mekaniske energi i forhold til de samlede energiinput.

I nedenstående tabel er angivet emissionen af CO<sub>2</sub>-ækvivalenter fra teknologisporene. Det skal bemærkes at der forventes en generel effektivitetsforbedring af alle benzin og diesel motorer gennem perioden, hvilket generelt reducerer CO<sub>2</sub>-emissionerne. CO<sub>2</sub>-emissioner forbundet med elforbrug er medtaget selvom elsektoren er underlagt kvote-ordningen.

**Tabel 3 Sammenfatning af de centrale resultater, CO<sub>2</sub>eq-emissioner**

CO <sub>2</sub> -eq emission	2006	2025
Teknologi-spor	kg/GJ mek	kg/GJ mek
Konventionel diesel	398	333
Konventionel benzin	517	414
Bioethanol (1. gen.)	454	344
Bioethanol (2. gen.)	n.a.	330
Bio diesel (RME)	169	138
Bio-olie	168	138
Naturgas	451	344
Methanol fra biomas.	91	63
Brint	678	402
Elbiler	252	185
Diesel fra kul	519	424
Diesel fra biomasse	164	120

Note: Tabellen viser de samlede CO<sub>2</sub>eq-emissioner for de forskellige teknologi-spor inkl. CO<sub>2</sub>-emissionerne fra elproduktion.

Med undtagelse af diesel produceret på kul og brint er alle de alternative drivmidler forbundet med et CO<sub>2</sub>-reduktionspotentialet. Det er således muligt at reducere CO<sub>2</sub>-udslippet gennem introduktion af alternative drivmidler. Potentialet er størst for methanol på biomasse, diesel fra biomasse, elbiler, bio diesel, mens det er mindst for naturgas og bio-ethanol.

Reduktion af CO<sub>2</sub> gennem substitution af benzin og diesel med alternative drivmidler vil imidlertid i dag være forbundet med betydelige meromkostninger. Der findes ikke noget teknologi-spor, som på kort sigt vil kunne anvendes til at opnå betydelige CO<sub>2</sub>-reduktioner. Anvendelse af biomasse kan give betydelige reduktioner i transportsektoren isoleret, men disse reduktioner vil også kunne opnås hvis biomassen alternativt anvendes til produktion af kraftvarme.

Bio-ethanol kan kun fortrænge beskedne mængder af CO<sub>2</sub>, og energieffektiviteten ved produktion af såvel 1. generations som 2. generations bio-ethanol er relativt beskedent. Potentialet for fremstilling af bio-ethanol er desuden begrænset. Disse resultater er dog meget afhængige dels af den valgte afgrøde til brug for produktionen, dels af den specifikke udformning af produktionsanlægget for bio-ethanol. Højere samlede udbytter og virkningsgrader forventes at kunne opnås bl.a. gennem tættere samspil med kraftvarmeværker.

Der kan produceres store mængder ikke konventionelle olie-produkter og syntetisk brændsler fra forgasning og katalysator-processer (i denne analyse er der regnet på 3 af mulighederne (diesel fra biomasse, diesel fra kul og methanol fra biomasse) - men der findes mange andre muligheder - f.eks. kan naturgas anvendes direkte). Processerne har begrænsede virkningsgrader og er enten forbundet med betydelige meromkostninger sammenlignet med konventionel diesel og benzin (methanol) eller giver anledning til større udledning af CO<sub>2</sub> og øvrige emissioner (diesel fra kul).

Infrastrukturen har stor betydning for hvor hurtigt en teknologi rent praktisk kan indpasses i den danske energiforsyning. Nogle drivmidler, f.eks. bio-diesel (RME) kan anvendes direkte i eksisterende dieselmotorer og distribueres gennem eksisterende tankstationer, mens bioethanol, kan iblandes benzin i andele op til 10% og anvendes som almindelig benzin. Andre, f.eks. benzin med højt indhold af ethanol (f.eks. 85%), rapsolie, komprimeret naturgas og DME fra biomasse kan anvendes i modificerede benzin og dieselmotorer og distribueres som separate brændstoffer til tankstationer. Endelig forudsætter drivmidlet brint etablering af ny infrastruktur til produktion og distribution af brint ligesom teknologien kræver udskiftning af bilerne.

Det skal i denne forbindelse bemærkes, at det i analysen er søgt at afspejle de langsigtede omkostninger. Det betyder at der ikke er medregnet ekstra omkostninger som følge af afholdelse af investeringer i ny infrastruktur for de alternative teknologi-spor. Der er således ikke taget hensyn til forskellene i kravene til infrastrukturen. Endvidere er udviklingsomkostningerne for de forskellige teknologier ikke medtaget.

Resultaternes følsomhed i forhold til centrale antagelser er ikke afrapporteret eksplicit i denne dokumentation. Antallet af antagelser er så omfattende at det vil være umuligt at præsentere følsomhedsanalyser for dem alle. En præsentation af partielle følsomhedsanalyser for udvalgte parametre vil meget nemt komme til at prætendere en præcision i beregningerne som der ikke er belæg for. Dette betyder dog ikke at følsomhedsanalyser af resultaterne ikke er vigtige og centrale i forhold til fortolkning af resultaterne. Modellen er velegnet til at afdække betydningen af de enkelte parametre, idet man ved ændringer i udvalgte parametre enkelt kan afdække betydningen for resultatet. Modellen har netop været flittigt anvendt i denne forbindelse og i forhold til kvalitetssikring, fortolkning af resultaterne og den samlede vurdering.

## Referencer

Energistyrelsen, 2007: Teknologivurdering af alternative drivmidler til transportsektoren, COWI for Energistyrelsen, maj 2007.

Energistyrelsen, 2007: Alternative drivmidler i transportsektoren, udkast til rapport, juni 2007.

COWI, 2007: Beregningsmodel for alternative drivmidler.

<http://www.ens.dk/graphics/Lovstof/hoeringer/COWIrapport%20Alt%20drivmidler.pdf>