

# TEKNOLOGI-RÅDET

## BILEN & BENZINEN



SITUATIONSRAPPORT

JANUAR 2000

<b>Indledning</b> .....	<b>2</b>
<b>1</b>	<b>Teknologier</b> .....
1.1	Elbiler .....
1.2	Hybridbiler .....
1.3	Brug af brændselceller .....
1.4	Forbedring af konventionelle teknologier .....
1.4.1	Motorkonstruktioner .....
1.4.2	Materialevalg .....
1.5	Andre .....
1.5.1	Lagring af energi i svinghjul .....
1.5.2	Luftdrevne biler .....
1.5.3	Hyperbil .....
<b>2</b>	<b>Status og fremtid</b> .....
2.1	USA .....
2.1.1	PNGV .....
2.1.2	De Californiske standarder .....
2.1.3	Clean Cities program .....
2.1.4	Statslige tilskud .....
2.2	Europa .....
2.2.1	FANTASIE - et fælleseuropæisk foresight-studie .....
2.2.2	Elbiler i Schweiz .....
2.2.3	Miljøbiler i Sverige .....
2.3	Asien .....
2.3.1	Generel udvikling af bilteknologi .....
2.3.2	Et foresight studie .....
<b>3</b>	<b>Barrierer og problemstillinger</b> .....
3.1	Generelle problemstillinger .....
3.2	Konkrete barrierer .....
3.3	Nedbrydning af barrierer .....
<b>Appendiks A</b>	<b>Mest anvendte forkortelser</b> .....
<b>Appendiks B</b>	<b>Afgiftssatser efter brændstofforbrug</b> .....

# Indledning

Denne situationsrapport er først og fremmest ment som et oplæg og en inspirationskilde til visionsgruppen bag fremsynsprojektet "Bilen & Benzinen". Rapporten er derfor på ingen måde ment som en komplet redegørelse for alle de teknologier, der kan få betydning for udbredelsen af mere miljø-rigtige biler. Derimod har vi bestræbt os på at få de mest lovende teknologier med, samt at give et billede af deres udviklingsmuligheder og tidshorisonter. For visse af teknologierne er det svært at give en helt up-to-date beskrivelse, særlig af hybridbiler, da udviklingen af disse netop nu går hurtigt, og stadig flere mærker dukker op med deres bud på, hvordan en energi-effektiv hybridbil skal se ud.

I projektbeskrivelsen hedder det bl.a.: "Vi har kun set meget få af dem i Danmark, men de findes faktisk: helt nye typer af biler, som enten har et meget lavt benzinförbruk eller kører på andre drivmidler...". Spørgsmålet er, hvorfor vi ikke ser flere af dem i Danmark. Situationsrapporten giver nogle bud på, hvilke barrierer de nye teknologier støder på, når de skal kommerialiseres, og hvilke mulige løsningsmuligheder, der er.

Første kapitel giver en beskrivelse af de teknologier, der eksisterer i dag, eller er lige på trapperne.

Andet kapitel opsummerer hvad status er på teknologierne, samt hvor udbredte de er, og hvad der bliver gjort for at udbrede dem. Kapitlet er opdelt i tre dele: USA, Europa samt Asien.

Tredje kapitel giver en beskrivelse af de vigtigste barrierer, samt nogle forslag til deres nedbrydning.

Endelig er der to appendikser: appendiks A giver en oversigt over de mest anvendte forkortelser i denne rapport. Det skulle gerne være med til at hjælpe læseren ubesværet igennem. Appendiks B oplister taksterne for de danske køreafgifter: vægtafgift og afgift efter brændstofförbruk. Dette appendiks skulle gerne give en idé om, hvad den nuværende afgiftsdifferentiering betyder økonomisk set for den enkelte bilist.

# 1 Teknologier

Dette kapitel giver en oversigt over de teknologier, der eksisterer, men som ikke nødvendigvis er nået frem til et stade, hvor en kommerciel udnyttelse er aktuel. Flere af teknologierne er i en R&D (**R**esearch & **D**evelopment) fase, hvor barriererne for kommercialisering fortrinsvist er af teknisk art.

## 1.1 Elbiler

Den form for alternativ drivmiddel, vi har størst erfaring med, er uden tvivl elektricitet. Faktisk har der eksisteret elbiler siden 1830'erne, i mere eller mindre udbredt grad. Egentlig kommerciel brug af elbiler startede dog først i 1910'erne. Alligevel må man i dag konstatere at udbredelsen er højest begrænset. Størstedelen af de elbiler, der i dag kører omkring på vejene, såvel herhjemme som i udlandet, indgår i "flåder". En flåde er en samling af biler, der ejes af en virksomhed, offentlig myndighed eller et biludlejningsfirma. I de fleste tilfælde er inkluderingen af elbiler i flåder opbygget på forsøgsbasis. Betegnelsen "elbil" vil herefter blive brugt om en bil, der som eneste energikilde anvender el tappet fra interne akkumulatører. Hele konstruktionen er meget simpel: Akkumulatørene leverer strøm til en elmotor, som via en udveksling trækker et vist antal hjul. Der findes dog flere muligheder: motoren kan køre på jævnstrøm eller vekselstrøm. Der kan være flere motorer, idet motorerne så er placeret direkte på drivhjulene. Der er endvidere blevet udviklet flere typer af batterier, ja endog meget store kapacitorer af samme type som anvendes til svagstrøms-elektronik.

**Motorer.** Batterier genererer jævnstrøm (DC). Derfor har det i mange år været det mest naturlige, at motorerne ligeledes anvender jævnstrøm. Imidlertid stiller det en del krav til motorkonstruktionen - den er forholdsvis stor og dermed tung, og har lavere effektivitet end motorer, der anvender vekselstrøm (AC). Derfor er udviklingen nu gået mere over til brugen af AC-motorer. Det kræver imidlertid, at der er tilkoblet en DC-AC konverter mellem batteri og motor, men da udviklingen af elektronik har reduceret konverternes vægt og størrelse er der stadig fordele ved at vælge denne kombination.

Endelig er der også spørgsmålet om motorplacering og antal. Det mest almindelige synes at være den centrale motorplacering, dog med en fast udveksling til forhjulene, d.v.s. uden gearkasse. Eksempler på denne konstellation er Citroën's *Berlingo CityVan Electrique* og *Saxo Electrique* (fig. 1). Der synes imidlertid at være nogle fordele ved at anvende en motor på hvert hjul. Den største er, at det er muligt at bremse bilen op ved at bruge motorerne som generatorer. Den derved producerede strøm ledes så til batteriet. Derved er det muligt at strække rækkevidden på en opladning noget.



Figur 3. Citroën Saxo Electrique.

**Batterier.** De allerførste elbiler benyttede batterier, der ikke kunne lades op. Opladningsteknologien blev udviklet i slutningen af forrige århundrede. Der foregår imidlertid stadig en del forskning på netop dette område. En af de helt store problemer med elbiler er netop, at den oplagrede energitæthed i batteriet er meget lille sammenlignet med energitætheden i fossile brændstoffer. Det betyder, at der skal mange eller/og store batterier til for at man kan lagre den samme energi, som findes i nogle få liter benzin. Da der er en fysisk grænse for hvor meget plads batterier kan optage i en bil, er

resultatet at en elbil hurtigere får opbrugt den mængde energi, der er til rådighed, og derfor har en kortere rækkevidde end en benzin-drevet bil.

Forskningen har udviklet flere typer af batterier. Den klassiske er *bly-syre* batteriet, der f.eks. anvendes i GM's *EVI*. Ulempen ved denne type batteri er lav energitæthed og kort holdbarhed. Typen er imidlertid ikke opgivet, idet den fortsat videreudvikles. Af andre typer er der *Li-ion* batteriet, som ser ud til at være det, der

har den største energitæthed, og dermed det der på længere sigt er det mest lovende. Imidlertid er der visse udviklingsproblemer (det bryder let i brand), og derfor synes vejen til kommerciel udnyttelse at være lang. *NiMH* (*Nikkel-metal hydrid*) batteriet har været anvendt i såvel Toyota's som Honda's el-biler, og har betragtelig større energitæthed end bly-syre batteriet. Udover de nævnte typer, eksperimenteres der med forskellige Li-baserede batterier, samt NiCd batterier.

Forskning i ny batteriteknologi tager udgangspunkt i følgende krav:

- Høj energitæthed, d.v.s. højt energi/vægt forhold. Dette krav sikrer en stor rækkevidde.
- Høj effekttæthed for at få en konkurrencedygtig acceleration.
- Lang levetid og billig i anskaffelse.

Sidste punkt er vigtigt for at få folk til at investere i en elbil. En *EVI* anvender f.eks. 26 bly-syre batterier, og en *Saxo* bruger 20 NiCd batterier. Under normal brug skal batterierne skiftes ud hvert 3. - 5. år. Derfor er udskiftningen af batterier p.t. den største vedligeholdelsesudgift på en elbil. Ifølge publikationen "Elbilen på vej ud i det danske samfund" fra Videnscentret for elbiler (VCE) koster en komplet udskiftning af batterierne i en *Saxo* 57.700,- ekskl. moms, og tilsvarende 75.700,- for *Berlingo*.

For at opsummere findes der for elbilers vedkommende følgende fordele og ulemper:

#### **Fordele:**

- Zero Emission Vehicle, hvilket blot betyder, at der ikke udsendes udstødningsgasser. Ganske vist benyttes elektricitet, der er tappet fra el-nettet, men CO<sub>2</sub>-udslippet er centralt (fra elkraftværkerne) og nemmere at kontrollere. Hvis elektriciteten produceres med vindmøller er der imidlertid slet intet udslip.
- Næsten vedligeholdelsesfri (når der ses bort fra udskiftningen af batterierne, da antallet af sliddele er stærkt reduceret sammenlignet med en konventionel brændstofdrevet bil.
- Stort set støjfri

#### **Ulemper:**

- Kort rækkevidde på en opladning. Endvidere lang opladningstid - der fås hurtigopladere, men de er endnu meget dyre.
- Begrænset batteri-holdbarhed. Det er dyrt at udskifte batterierne.
- Der skal opbygges en ny infrastruktur med ladestationer.
- Begrænset accelerationsevne - undtagen ved lave hastigheder, grundet elmotorernes høje kraftmoment ved lave omdrejningstal.
- Batterier indeholder store mængder tungmetaller, som udgør en potentiel sundhedsrisiko

Ulemperne har gjort at flere bilvirksomheder, f.eks. Chrysler og Honda, i dag har valgt at nedprioritere udvikling af elbiler til fordel for andre teknologier, først og fremmest hybridbiler.

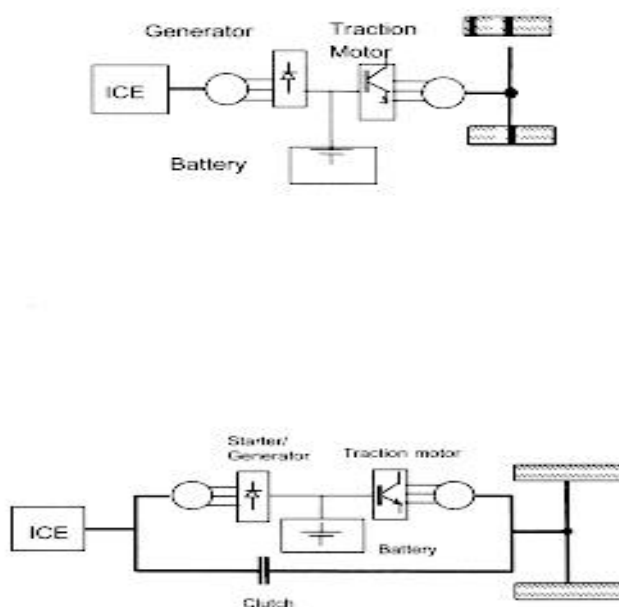
## **1.2 Hybridbiler**

Hybridbilen kan opfattes som en elbil med eget indre kraftværk. Kraftværket er som oftest en brændstofmotor - med diesel, benzin eller et alternativt brændstof. De grundlæggende teknologier findes allerede nu, og flere modeller er gået ind i en egentlig produktion eller forventes at gøre det indenfor de næste par år. Udbredelsen endnu ret begrænset, men da flere store bilproducenter satser på at udvikle hybridbiler forventes en ret kort udviklingshorisont. Der er tre overordnede typer: Parallel hybrid, serie hybrid og endelig mixed hybrid.

**Parallel hybrid.** Ved en parallel konfiguration virker brændstofmotoren på drivhjulene gennem en konventionel gearkasse, samtidig med at den via en generator holder et sæt batterier opladet. Når der er behov for det, d.v.s. under accelerationer eller kørsel op ad bakker aktiveres en (eller flere) elmotor, fødet med strøm fra batterierne, som så trækker direkte på drivhjulene. Dette muliggør en down-sizing af

brændstofmotoren sammenlignet med en konventionel bil, da den kun skal yde en effekt svarende til gennemsnits-kørselsforhold. Dette er den billigste af hybrid-teknologierne, da systemet rimelig nemt bygges ind i en konventionel bil. Et eksempel er *Honda Insight*, som forventes at gå i serieproduktion november 99. Brændstofforbruget er meget lille (gns. 29,4 km/l europæisk standard) da bilen samtidigt er bygget af meget lette materialer (kulstof karosseri).

**Serie hybrid.** I dette system er det kun elmotoren, der trækker direkte på drivhjulene. Brændstofmotoren trækker en generator, der leverer strøm til såvel batteri som elmotor. Denne konfiguration stiller dermed store krav til batteri og elmotor, idet det er elkraften der, ligesom i en "ren" elbil, skal levere den fulde effekt - også ved spidsbelastninger. Dermed er der også færre krav til brændstofmotoren, som strengt taget kun behøver at køre med én omdrejningshastighed, hvilket gør det muligt at effektivisere motorens ydeevne betragteligt, samt at introducere nye motortyper, som hidtil har været uegnede til benyttelse i biler, f.eks. turbine motorer (er kun nået til R&D-fasen, selvom typen tidligere har været forsøgt, bl.a. af Chrysler), eller motorer, der kører på alternative brændstoffer. Der er derfor mulighed for en bedre energiudnyttelse ved serie-konfiguration end for parallel.



**Figur 4.** Øverst: Seriehybrid. Nederst: Mixed hybrid. Når koblingen (clutch) er aktiveret trækker brændstofmotoren (ICE) direkte på hjulene, dog med hjælp fra elmotoren (parallel konfiguration). Er den slået fra, er det kun elmotoren, der trækker (serie konfiguration).

**Mixed hybrid.** Dette er betegnelsen for et system, der er en kombination af de to ovennævnte konfigurationer. I praksis fungerer systemet på den måde, at bilen virker som en serie hybrid, når den kører langsomt og som parallel hybrid, når hastigheden når op over en vis tærskelværdi. Omskiftningen sker automatisk ved en hastigheds-aktiveret kobling. Derfor udnyttes de fordele, der er ved de to systemer, optimalt med en mixed hybrid: I byområder forurenes der kun meget lidt, da brændstofmotoren kan køre med konstant omdrejningstal eller slås helt fra (serie), og udenfor byen kan bilen omtrent præstere det samme som en konventionel bil, men med et lavere brændstofforbrug, eftersom elmotoren tager sig af spidsbelastningerne (parallel). *Toyota Prius* er et eksempel på en mixed hybrid (fig. 3).



**Figur 5.** Toyota Prius

#### **Fordele:**

- Det er nemmere at effektivisere brændstofmotoren i en hybridbil (særlig i serie-konfiguration) end i en konventionel bil, da motoren ikke udsættes for spidsbelastninger.
- Det eksisterende net af tankstationer kan anvendes direkte, så det ikke er nødvendigt at opbygge en helt ny struktur. At bilisten kan køre ind på en tankstation og tanke ny brændstof på giver en fornemmelse af “uendelig rækkevidde”, som det er tilfældet med en konventionel bil.
- En stor del af den involverede teknologi kan blive/er blevet udviklet af de producenter, der er veletablerede på det eksisterende marked.
- Som i en elbil, kan man lade elmotoren virke som bremse ved at bruge den som generator, og dermed oplagre bremseenergi på batteriet.

#### **Ulemper:**

- Hybridbiler er ikke emissions-frie.
- Som det er tilfældet med elbiler, sætter akkumulator-teknologien en grænse for bilernes præstationer, ligesom akkumulatorene er tunge og giver store udgifter i forbindelse med udskiftning.
- Batterier indeholder tungmetaller.
- Begrænset ydeevne for seriehybrid.

### **1.3 Brug af brændselceller**

Kombinationen brændstofmotor+generator i en hybridbil omdanner den kemiske energi i brændstoffet til elektrisk energi. En anden måde at gøre det på er ved hjælp af *brændselceller*. Ideen i en brændselcelle er, at hydrogen og oxygen bliver kombineret til at danne vand, hvorved frigivne elektroner giver en elektrisk strøm over to elektroder. Den afgivne strøm afhænger af reaktionshastighed og arealet af elektroderne. Elektroderne er adskilt med en elektrolyt til at føre strømmen med. De forsøg, der bliver lavet, koncentrerer i høj grad om at udvikle en elektrolyt med de rigtige egenskaber, d.v.s. høj effektæthed og tilpas arbejdstemperatur. Et eksempel er en PEM (Polymer Elektrode Membran, se fig. 4), som giver maksimal elproduktion (ca.10 kW/m<sup>2</sup>) ved 90EC.

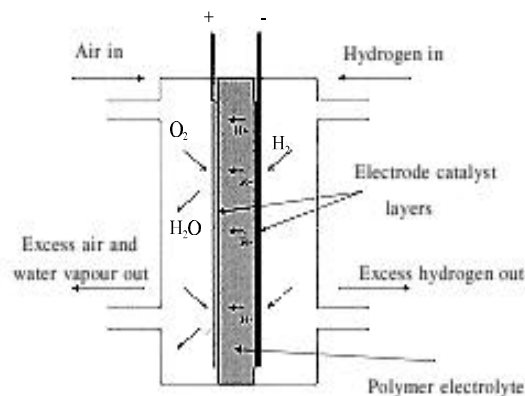
Desværre er det ikke praktisk muligt at anvende ren hydrogen, da det fylder meget og skal opbevares ved en meget lav temperatur for at være flydende. Derfor er man nødt til at anvende et andet brændstof, hvori hydrogen indgår, og udtrække det i en omformer inden det ledes ind i brændselcellen. De brændstoffer, der foreslås er komprimeret naturgas, methanol (træsprit), ethanol (sprit), og benzin. Brændstoffet skal varmes op til mindst 400EC før hydrogen kan udtrækkes, mindst for methanol og mest for benzin. Selvom der findes enkelte køreklare prototyper, må man nok sige at teknologien stadig befinder sig i R&D stadiet, og at der stadig er behov for en del videreudvikling før en kommercialisering er mulig.

### Fordele:

- Meget støjsvag.
- Udnytter omkring 60% af brændstoffets kemiske energi (den tilsvarende effektivitet for en dieselmotor er omkring 45%), hvilket fortrinsvist skyldes, at omdannelsen fra kemisk til elektrisk energi ikke indeholder mekaniske komponenter.
- I princippet emissions-fri, men der vil frigives CO<sub>2</sub> ved udtrækning af hydrogen, med mindre der anvendes ren hydrogen som brændstof. Niveaueet svarer stort set til det halve af emissionen fra en konventionel bil. Samtidig er emissionen af NO<sub>x</sub>, CO og SO<sub>2</sub> forsvindende lille.
- Stor effekttæthed sammenlignet med en akkumulator, hvilket giver god acceleration.

### Ulemper:

- Afhængigt af hvilket brændstof, man vælger at benytte, skal der opbygges nyt distribueringsnet. Det nemmeste i denne forbindelse er selvfølgelig, hvis man vælger at satse på benzin, men ulemper ved benzin er at det skal varmes op til omkring 700EC inden hydrogen kan udskilles.
- Det tager et stykke tid at varme brændstoffet op, hvilket indebærer at bilen skal forvarmes.
- Opvarmningen af brændstoffet kræver energi fra en lille brænder, som dermed giver en vis emission.
- Prisen. En celle er opbygget af sofistikerede, og dermed dyre, materialer.
- Celler, brændstof-omformer og tank er meget pladskrævende.



**Figur 6.** Skematisk fremstilling af en PEM brændselscelle. Hydrogen kommer ind fra højre og luft fra venstre. Dermed fremkommer en spændingsforskel over elektrolytten i midten. Eneste affaldsprodukt er vand-damp.

## 1.4 Forbedring af konventionelle teknologier

Det der umiddelbart er hurtigst at få på markedet er ændringer af eksisterende teknologier i forbindelse med motoropbygning og materialevalg til chassis og karosseri. Det skal dog lige nævnes, at en videreudvikling af konventionelle teknologier udmærket kan anvendes til alternative biltyper. En hybridbil anvender stadig en brændstofmotor, som det er relevant at få effektiviseret, og en vægtminimering af karosseriet er interessant for alle konstruktioner.



### 1.4.1 Motorkonstruktioner

Først lidt motorlære. En to-takters motor udfører følgende: **1.** Stemplet bevæger sig op fra nedre dødpunkt og presser dermed brændstof-luft blandingen (herefter slet og ret "blanding") sammen omkring tændrøret. Samtidigt skabes et vacuum i krumtaphuset bag stemplet, som suger en ny portion blanding ind i krumtaphuset. **2.** Tændrøret slår en gnist og antænder den gamle blanding, der udvider sig og presser stemplet i bund. Dermed presses den nye blanding ud af krumtaphuset gennem en skyl-kanal og op foran stemplet, samtidig med at den gamle blanding ledes ud gennem udstødningsporten. Herefter gentages 1.takt igen. En 4-takters motor har følgende takter: **1.** Stemplet bevæger sig ned og der føres brændstof ind gennem en ventil, der er placeret i topstykket. Blandingen antændes endnu ikke. **2.** Ventilen lukkes og stemplet bevæger sig op, hvorved blandingen presses sammen. **3.** Tændrøret slår en gnist, blandingen antændes og presser stemplet i bund. **4.** Udstødningsventilen i topstykket åbnes og udstødningsgasserne føres ud og "suger" stemplet med op. Herefter udføres 1. Takt igen.

De tiltag der p.t. findes på effektiviseringen af motorer (for det meste 4-takts motorer) er dels koncentreret om at få motorerne til at arbejde på en mere mager blanding (nedsætte benzin/luft-forholdet), dels at koordinere indsprøjtningstidspunkt / tændingstidspunkt / udsugningstidspunkt bedre.

Da diesel er lettere at antænde end benzin er det ikke nødvendigt at bruge tændrør til at antænde blandingen med i en dieselmotor - kombinationen af varme i cylindergangen og komprimeringen ved stemplernes opadgående bevægelse er tilstrækkeligt. I benzinmotorer er det nødvendigt først at blande luft ind i benzinen i et meget nøjagtigt blandingsforhold i en karburator, for derefter at antænde blandingen med et tændrør. Dermed forbrændes benzinen bedst ved tændrøret og dårligere langs cylindervæggen. Derfor udnytter dieselmotorer brændstoffet bedre end benzinmotorer. I Mitsubishi's *GDI* (**G**asoline **D**irect **I**njection) system er problemet reduceret ved at udelade karburatoren og sprøjte benzinen direkte op i topstykket, hvor tændrøret sidder. Dermed får man en bedre udnyttelse af benzinen. Man sparer ca. 25% brændstof i gennemsnit, ifølge Mitsubishi's egne oplysninger. Denne teknologi er allerede nu i serieproduktion og er også introduceret i Danmark.

Andre systemer søger i højere grad at efterligne dieselmotorene. F.eks. arbejdes der i USA (et stort anlagt samarbejde mellem myndigheder, forskningsinstitutioner og bilfabrikker, se senere) med en *CIDI* (**C**ompression **I**gnition **D**irect **I**njection) konstellation som ikke benytter tændrør men udelukkende udnytter kompressionen fra de opadgående stempler til at tænde blandingen med. Dette system er imidlertid kun nået til R&D fasen. Som for GDI bruger CIDI en meget mager blanding, d.v.s. lille benzin/luft forhold, hvilket giver lavere brændstofforbrug.

Begge de ovennævnte eksempler, samt en del andre motorer, bruger en øget styring af udsugningstidspunktet til at føre en del af udstødningsgasserne tilbage i forbrændingskammeret, for dermed at udnytte en større del af den energi, der er i benzinen.

Langt de fleste eksisterende bilmotorer (og motorer under udvikling) er 4-takters motorer. Det skyldes først og fremmest en rolig motorgang og god brændstoføkonomi. Imidlertid åbner introduktionen af direkte indsprøjtning og kontrolleret udstødning op for at forbedre brændstoføkonomien betragteligt på 2-takts motorer. Fordelene ved en 2-takts motor er god accelerationsevne, kompakt og enkel opbygning, få komponenter, lav vægt og billig i fremstilling. Et af de firmaer, der eksperimenterer med 2-takt motorer, er det australske *Orbital*.

### 1.4.2 Materialevalg

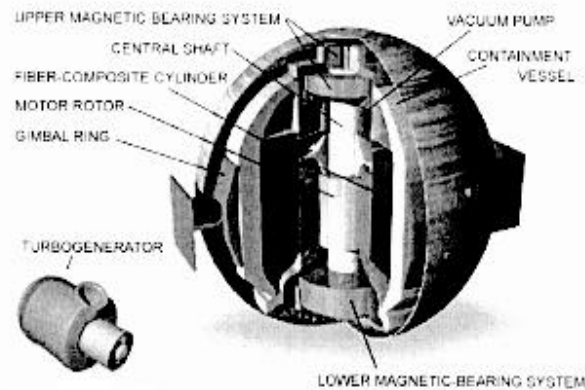
Materialevalget er vigtigt set i det lys, at det gælder om at begrænse bilers inertie, d.v.s. deres modstand mod at blive accelereret. Vægtreducing af bilen og forbedring af dens aerodynamik er dermed vigtige emner at behandle, når brændstofforbruget skal reduceres. De mest benyttede materialer i dag er glas, stål og aluminium. De materialer, der er blevet foreslået som stålets afløser er kulfiber (til karosseri), magnesium (til karosseri eller chassis) og titanium (til chassis). Problemet er i alle tilfælde prisen af råmaterialet. Desuden udgør trafikikkerheden et stort problem. Materialet skal kunne klare et sammenstød uden at sprænges. Kulfiber ser umiddelbart ud til at være det materiale, der bedst kan opfylde kravene.

Hvad angår prisen, hævder RMI (The Rocky Mountain Institute) at brugen af kulfiber vil komme til at koste det samme eller være billigere end brugen af stål, selvom prisen af kulfiber pr. kg er omkring 40 gange højere end den tilsvarende pris for stål. Det er nemlig dyrere at behandle stål (bukning af plader, rustbeskyttelse, lakering o.s.v.) end formstøbning af kulfibre.

Til ruderne anvendes normalt glas. Af alternativer er der polycarbonat, som er noget lettere end glas. Dette materiale er f.eks. blevet anvendt til Fiat's nye konceptbil *Ecobasic*.

## 1.5 Andre

Visse teknologier står lidt udenfor, enten fordi deres udviklingshorisont ligger så langt ude i fremtiden, at frugten af investeringerne ikke umiddelbart kan høstes, eller fordi de er så anderledes fra eksisterende teknologier, at de bliver opfattet som science-fiction. Alligevel viser flere af initiativerne en så høj grad af seriøsitet, at de bør medbringes her.



**Figur 7.** Et eksempel på et svinghjul med generator.

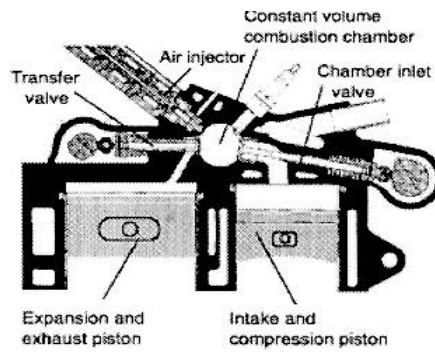
### 1.5.1 Lagring af energi i svinghjul

Egentlig er brugen af svinghjul blevet beskrevet mange steder, og dets egenskaber blevet grundigt undersøgt. Alligevel er teknologien stadig i R&D stadiet. Som det fremgår flere steder ovenfor, er det især ved accelerationer, at en motor tvinges til at bruge meget brændstof. Ved jævn hastighed på lige vej er det noget nemmere at effektivisere motoren. Under beskrivelsen af parallel-hybridbilen var det elmotoren, der tog sig af det ekstra effektbehov ved accelerationer. Svinghjulet kan netop anvendes på hybridbiler og elbiler, som assistance for batterierne. Under alm. kørsel "lades" svinghjulet op, d.v.s. det bringes til at rotere. Det kan også tilsluttes bremserne, så det roterer ved opbremsning. Energien bliver så frigivet når behovet opstår, hvorved svinghjulets rotation føder elmotoren via en generator.

Helt konkret er svinghjulet opbygget af en roterende kerne som er ophængt i magnetiske lejer (der er dog et par sikkerhedslejer, hvis magnetlejerne svigter). Kernen er indesluttet i en tætluftet kapsel som er pumpet fri for luft for at mindske gnidningsmodstanden. Det er vigtigt at materialet i kernen har en høj massetæthed for at minimere størrelsen af svinghjulet, samtidig med at momentet af kernen er så høj som mulig. Af mulige materialer kan nævnes stål, titanium-legeringer eller fibre af forskellig art (kul, glas,...). Det er samtidigt vigtigt af sikkerhedsmæssige grunde, at materialet har en stor brudstyrke og ikke kan sprænge, da et svinghjul indeholder en stor mængde rotationsenergi.

### 1.5.2 Luftdrevne biler

Dette er en teknologi som de fleste nok vil betegne som science-fiction. Opfinderen bag konceptet er franskmænden Guy Negre, som er tidligere Formel 1 designer. Egentlig er motoren en brændstofmotor, hvor der er to cylindre og ét kammer. Brændstoffet bliver komprimeret i én cylinder med et stempel, som i en konventionel motor, presses op i et kugle-formet kammer hvor blandingen antændes med et tændrør,



**Figur 8.** Kombineret brændstof/luft motor, designet af Guy Negre.

hvorfra det ekspanderer ned i den anden cylinder, og dermed trykker et stempel i bund. Systemet muliggør en total kontrol med ind sugning og udsugning, hvilket giver en bedre forbrænding. Det helt usædvanlige er, at motoren også kan køre på komprimeret luft, som befinder sig i 300 L's tanke under vognen. Det rækker til en køretur på ca. 200 km. (10 timer). Ved at anvende en kompressor, som dem der anvendes på tankstationer til oppumpning af dæk, tager det 3 min. at fylde tanken op med luft. Da der er inkluderet et kulstof-filter i motoren er CO<sub>2</sub> indholdet i udstødningsluften mindre end i luftindtaget! Bilerne er blevet fremstillet i tre versioner: en taxi, en pickup og en lille varevogn (fig. 6), og er ved at blive prøvekørt i Frankrig. Det forventes at den første bil er klar til salg i løbet af 2000. En nærmere beskrivelse, samt diverse billeder kan ses på <http://www.zeropollution.com>



**Figur 9.** Serien af biler, der kan køre på komprimeret luft.

### 1.5.3 Hyperbil

Det der forstås ved en "hyperbil" er en bil der på alle områder er effektiviseret med hensyn til brændstof-forbrug. Det er amerikanske RMI, der har lanceret konceptet, som endnu befinder sig i R&D stadiet. Al den indgående teknologi er sådan set allerede beskrevet ovenfor. Kort sagt er det en hybridbil med høj-effektiv brændstofmotor, som er pakket ind i et ultra-let, aerodynamisk formet karosseri og chassis. Den samlede løsning skulle ifølge RMI kunne gøre biler 10 gange mere energi-effektive. Hvis man ønsker at vide mere om hypercars, kan man gå ind på hjemmesiden <http://www.rmi.org/hypercars/>.

## 2 Status og fremtid

Der er efterhånden en del projekter i gang, der udvikler teknologierne op til et niveau, hvor de kan blive benyttet i en masseproduktion. I dette kapitel undersøger vi, hvor langt man er nået, set fra et teknologisk og udviklingsmæssigt perspektiv. For at gøre det hele lidt mere overskueligt har vi valgt at dele beskrivelserne op i verdensdele.

### 2.1 USA

USA er et af de lande, der har længst tradition for bilproduktion. Måske netop derfor har USA siden 1993 satset voldsomt på udviklingen af mere energi-rigtige biler. Oliepriserne er historisk lave i USA netop nu (når der tages højde for prisudviklingen). Det giver umiddelbart ikke den bedste baggrund for at investere i energi-rigtige biler. Derfor er oprettelsen af **PNGV** (**P**artnership for a **N**ew **G**eneration of **V**ehicles) i 1993 fortrinsvist sket i erkendelse af, at USA risikerer at miste terræn i forhold til Japan's og Europa's bilproduktioner. Her vil vi fortrinsvist koncentrere os om to vigtige initiativer, PNGV og det californiske pilotprojekt, men andre initiativer vil også blive omtalt.

#### 2.1.1 PNGV

I 1993 startede samarbejdet mellem den amerikanske regering, *United States Council for Automotive Research* (USCAR), som repræsenterer de tre store bilkoncerner GM, Ford og DaimlerChrysler, samt en del statslige forskningsinstitutioner og universiteter. Den følgende beskrivelse af status og mål stammer fra "Review of the Research program of the Partnership for a New Generation of Vehicles - Fifth Report" fra National Research Council (1999).

PNGV satte sig fra starten tre mål:

- 1 At forbedre USA's konkurrencedygtighed i at producere fremtidens biler. Herunder hører også en mere miljøvenlig produktion.
- 2 Implementation af kommercielt mulige innovationer af igangværende forskning på konventionelle biler.
- 3 Udvikle biler, der skal være op til tre gange mere effektive i udnyttelsen af brændstoffet end en sammenlignelig konventionel sedan. Det betyder at bilerne skal kunne køre 34 km/L, men have den samme ydeevne, anvendelighed og pris i anskaffelse og drift som den konventionelle sedan. Derudover er det også et krav, at sikkerheden ikke må forringes.

Såvel staten som USCAR har skudt penge i projektet. Pengene fra staten anvendes først og fremmest til udviklingen af økonomisk risikable teknologier, d.v.s. teknologier, der har en lang udviklingshorisont. Pengene fra USCAR bruges til at udvikle teknologier der er tæt på at kunne blive kommercialiseret, samt til produktion af konceptbiler. Baseret på de erfaringer projektet høstede gennem de første år, har PNGV i 1997 udvalgt et antal teknologier, som virker lovende. På denne baggrund er følgende teknologier blevet opgivet: gas turbiner, Stirling motorer (en termodynamisk virkende motor), kapacitorer til opbevaring af strøm samt svinghjul. Istedet har man valgt at satse på:

**Forbedring af batteriteknologien** Der er to slags batterier, der skiller sig ud: Li-ion og NiMH batterierne. Li-ion batteriet har, som nævnt i forrige kapitel, opnået en høj udnyttelse af den oplagrede energi (93%), men har desværre en kort levetid og en tendens til at bryde i brand. NiMH batterierne udnytter ikke energien nær så godt og er dyre at producere, men har til gengæld en længere levetid.

**4-tacters motor med direkte indsprøjtning.** Motoren udvikles med henblik på at indgå i en parallel eller mixed hybrid konfiguration. CIDI motoren ser ud til at have den bedste brændstof økonomi. Til gengæld har den for store emissioner af NO<sub>x</sub>, og det er svært at udnytte udstødningsgasserne. Her ser GDI modellen ud til at have større succes, men den kan ikke opfylde mål nr. 3 m.h.t. udnyttelse af brændstoffet. Samlet regner PNGV med at CIDI er den mest sandsynlige kandidat til fremtidens motor.

**Alternative materialer.** PNGV har besluttet at konceptbilens samlede masse skal reduceres med 40% i forhold til den konventionelle bils (sat til 1470 kg). Det er ikke kun chassis og karosseri, der skal være lettere - også motor, batterier og træk skal tænkes i nye lettere materialer. Status er at man ved hjælp af tynde aluminiumsplader eller formstøbt kulfiber til karosseri kan opnå de ønskede mål. Det største problem, især for kulfiber løsningen, er prisen.

**Brændselsceller.** Det største problem udgøres af at konstruere en omformer, der kan trække H-atomerne ud af brændstoffet, og det er derfor denne del af brændselscelle-teknologien, som PNGV anvender flest ressourcer på. En omformer er dyr at fremstille, og det tager for lang tid ved opstart inden omformeren virker. Et andet problem er valget af brændstof. Træsprit ser mest lovende ud på længere sigt. Alligevel satser PNGV på benzin på kort sigt. Dette skyldes fortrinsvist at distributionsnettet er tilstede for benzin, hvor man skal starte helt op fra bunden ved brug af træsprit (eller ren hydrogen).

Arbejdet med de forskellige teknologier er rettet mod brug af hybridbils-konceptet. Nærmere bestemt er målet at have konstrueret en konceptbil, der opfylder ovennævnte krav senest år 2000, samt at have en prototype parat senest 2004. Det er ret ambitiøse mål, og det må siges at være meget tvivlsomt, om det kan lade sig gøre. Da nogle af teknologierne er nærmere en realisation vil det være nødvendigt at prioritere yderligere mellem de forskellige muligheder. F.eks. er brændselscelle-projektet flere år bagud i forhold til PNGV's tidsplan, og man regner først med at have et tilfredsstillende system parat tidligst 2004. Derfor vil PNGV sandsynligvis vælge at satse mere på en brændstofmotor (CIDI eller GDI) end brændselsceller til koncept-hybridbilen.

### 2.1.2 De Californiske standarder

Californien er på mange måder et foregangsland, hvad angår indførelsen af biler på alternativt brændstof. Det skal selvfølgelig ses i forhold til de forureningsproblemer der er i de store Californiske byer, f.eks. Los Angeles, San Francisco og Las Vegas.

Allerede i 1978 startede "California Energy Commission" et program for køretøjer, der anvender alternative brændstoffer, hvilket gennem 80erne først og fremmest var træsprit og sprit. Imidlertid var 1990 det skelsættende år: den amerikanske kongres vedtog den såkaldte "Clean Air Act" som oprettede et pilotprojekt i Californien for biler på "clean" brændstof, herunder hører også reformuleret benzin - altså benzin, hvor der er fjernet nogle forskellige forbindelser, særligt svovlforbindelser. Loven tillod også at andre stater kunne vælge at benytte Californien's standarder for biler med lav emission (se skemaet nedenfor).

I forbindelse med pilotprojektet vedtog "California Air Resources Board" (CARB) i september 1990 et sæt regler for emissionsfrie biler (herefter ZEV - Zero Emission Vehicle). Disse regler gik ud på at bilproducenterne i perioden 1998-2000 skal sørge for at mindst 2% af det samlede salg skal være ZEV. I perioden 2001-2003 skal det samme tal være 5%, og fra 2003 og fremover skal det være 10% af samlet salg. Det eneste køretøj, der i dag kan opnå betegnelsen ZEV er en ren elbil. Det har vist sig at være urealistiske krav, og derfor blev reglerne ændret i 1996, så producenterne indtil 2003 selv må fastsætte det solgte antal ZEV, men fra 2003 er kravet stadig 10% ZEV, og bliver det ikke overholdt bliver der givet bøder.

Sideløbende med disse krav, er der opstillet retningslinier for produktionen af bilmodeller med forskellige emissions-niveauer. Disse kan fabrikkerne så vælge at rette sig efter eller lade være. Der er dog krav om at den gennemsnitlige emission holdes under et vist niveau. Håbet med denne fremgangsmåde er, at fabrikkerne selv sætter nogle initiativer i gang. Problemet er, at oliepriserne er meget lave. Det vil derfor være svært for producenterne at bruge emissionsmålene som konkurrenceparameter - efterspørgselen går mere på ydeevne og komfort.

Model år	Konventionel	LEV	ULEV	ZEV
1997	73%	25%	2%	
1998	48%	48%	2%	
1999	23%	73%	2%	
2000		96%	2%	
2001		90%	5%	
2002		85%	10%	
2003		75%	15%	10%

**LEV: Low Emission Vehicle, ULEV: Ultra-low Emission Vehicle, ZEV: Zero Emission Vehicle**  
*Fra PNGV's fifth Report (1999)*

Til hver betegnelse (LEV, ULEV, og ZEV) hører nogle grænseværdier for emission af organiske udstødningsgasser (÷methan), CO og NO<sub>x</sub>, idet der tages højde for hvor langt bilen har kørt sammenlagt. Grænseværdierne er derfor en smule højere for en bil, der har kørt 150.000 miles end en, som har kørt 50.000 miles. Der er siden hen lavet en ny betegnelse **SULEV (Super Ultra-low Emission Vehicle)** med endnu mere restriktive grænseværdier for emission.

Kravene m.h.t. ZEV har været kilde til en del debat - ikke mindst fordi elbiler har en del begrænsninger i forhold til ydeevne og rækkevidde. Endvidere er der siden 1990 dukket nye alternative teknologier op, som f.eks. brændselsceller og hybridbiler. Det har CARB taget til efterretning, og har nu vedtaget et "delvis ZEV" koncept. "Delvis" skal tages helt bogstaveligt, idet en bil kan være mellem 0.2 og en hel ZEV! Den endelige faktor beregnes som en sum af fire satse:

- En grundsats. Der knytter sig en række krav der alle skal være opfyldt for at bilen overhovedet kan tælle med i regnskabet for producerede ZEV. I korte træk drejer det sig om at bilen skal have en så lav emission, at den svarer til en SULEV, der har kørt 150.000 miles. Den skal have nul fordampnings emission (emission fra lak, dæk, motordele o.s.v.). Endelig er der specifikke krav til defekt-garanti. Grundsatsen giver 0.2 ZEV
- Sats beregnet på baggrund af den distance, bilen kan køre (i bykørsel) uden emission. Hvis det er mindre end 20 miles, er satsen nul. Den maksimale sats er 0.6 ZEV, hvis distancen er mere end 100 miles. Alternativt kan satsen beregnes ud fra forholdet mellem emissions-fri bykørsel og total gennemsnitlig rækkevidde. Under alle omstændigheder kan faktoren højst give 0.6 ZEV.
- Hvis satsen ovenfor bliver 0 for en bilmodel, men bilen indeholder avancerede ZEV elementer, f.eks. en elmotor, der er med til at drive bilen frem, kan den få 0.1 ZEV.
- Hvis en bilmodel anvender en type brændstof, der giver en lav emission ved brug, kan den blive tildelt maksimalt 0.2 ZEV, afhængig af om den kører på dette brændstof hele tiden, eller skifter over til et parallelt system under kørslen.

Hvis vi f.eks. fremstiller en hybridbil, der ved summering af de 4 satser giver 0.5 ZEV, svarer det til at 2 hybridbiler tæller lige så meget med i ZEV regnskabet som 1 ZEV. Det bliver vigtigt fra 2003 og fremover, hvor mindst 10% af alle producerede biler skal være ZEV eller "delvis ZEV". Dog skal mindst 40% af produktionen bestå af rigtige ZEV eller/og biler der har en sats på 1 ZEV. De nye love trådte i kraft d. 27. November 1999.

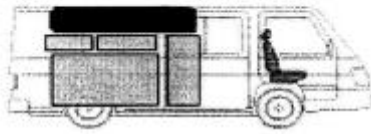


**Figur 10.** Fordelingen af methanol-tankstationer i Californien (sorte prikker).

Pilotprojektet i Californien har også betydet, at der er startet en række forsøg op med opbygning af infrastruktur til forskellige alternative brændstoffer, primært komprimeret naturgas og methanol. Ved at samarbejde med forskellige oliefirmar, er det lykkedes at få lidt over 60 tankstationer til at forhandle methanol. De er fordelt rundt omkring i Californien, men er koncentrerede omkring storbyerne, se fig. 8. Fordelen ved methanol er dels, at det har et større oktan-tal end benzin, og dermed en større energitæthed, dels at det ikke indeholder kræftfremkaldende stoffer som benzen. Brændstoffet kan dog ikke anvendes i alm. benzin-biler. Til gengæld er det muligt at tanke en methanol-bil op med benzin, hvilket eliminerer problemet med manglende udbredelse af methanol-stationer udenfor storbyer. Man må heller ikke glemme, at methanol også kan anvendes i brændselsceller. Det vil derfor være en fordel for udbredelsen af brændselsceller, at man allerede nu bygger en infrastruktur op. Der er en del flere oplysninger at hente på <http://www.energy.ca.gov/afvs/> bl.a. en guide om biler, der kører på alternative energi: "ABC of AFVs".

At PNGV ikke ser brændselsceller som en realistisk teknologi på kort sigt betyder ikke, at der ikke sker noget udviklingsarbejde på området. I Californien har CARB et samarbejde med bilproducenterne DaimlerChrysler, Ford, Honda og VW, olieselskaberne ARCO, Shell og Texaco samt brændselscelleproducenten Ballard om at udbrede brændselscelle-teknologien i Californien. Sammen prøver de at nedbryde de barrierer, der er for en kommercialisering, fortrinsvist opbygning af infrastruktur. De konstaterer at teknologien har nået et stade, hvor adskillige prototyper og konceptbiler allerede er fremstillet. Honda, som er med i samarbejdet, forventer således at masseproducere en bil, der kører på brændselsceller i 2003. Ballard er dermed det førende firma indenfor udviklingen af brændselsceller. Af kunder udover samarbejdspartnerne kan nævnes GM, Nissan, Hyundai, VW og Yamaha, som alle anvender cellerne til R&D. Sammen med DaimlerBenz (som har opkøbt en stor del af aktierne i Ballard) arbejder firmaet på at få reduceret størrelsen af brændselscellerne, så de passer bedre ind i almindelige personbiler eller varevogne. De enkelte udviklingsfaser er vist på næste side. Man er for øjeblikket godt i gang med fase 3. Konsortiet, som nu også inkluderer Ford, forventer kommercialisering fra 2004.

### Phase 1 Proof of Concept



Fuel storage

▨ Fuel cell engine

1st generation hydrogen fuel cell

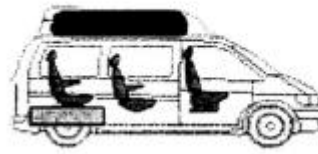
Mercedes-Benz 190 Van

Power 50 kW

12 fuel cell stacks with 167 W/L  
power density

Hydrogen fueled

### Phase 2 Hydrogen Prototype



Improved fuel cell system

Mercedes-Benz V-class MPV

Power 50 kW

Hydrogen fueled

### Phase 3 Methanol Prototype



1st generation methanol fuel cell

Mercedes Benz A class

Power 50 kW

2 compact fuel cell stacks of 1000 W/L

Methanol fueled

### Phase 4 Prototype Car/Fleet Demonstrations



Pre-commercial fuel cell

Small passenger vehicle

Power 50 kW

Methanol and hydrogen fueled

### Phase 5

### Commercial Production





### 2.1.3 Clean Cities program

Ideen i det statslige projekt Clean Cities er, at overgangen til mere miljøvenlige biler ikke sker som følge af statslige foranstaltninger, men som lokale tiltag. Derfor lægges der op til at lokale myndigheder, virksomheder og befolkning sammen skal opstille en handlingsplan, dog med råd og vejledning fra det amerikanske energiministerium. Overgangen til en mere bæredygtig trafik udlægges altså til "græsrodderne" i stedet for den normale top-down politik. Programmet må betegnes som en succes, da der i 1996 var 48 lokalsamfund repræsenteret med i alt 30.000 køretøjer på alternativt brændstof.

### 2.1.4 Statslige tilskud

I 1992 vedtog den amerikanske regering "The National Energy Policy Act" som bl.a. indeholder afgiftslettelser ved anskaffelser af køretøjer, der kører på el, sprit, træsprit, naturgas eller flydende petroleums-gas. Køretøjerne skal være taget i anvendelse mellem juni 1993 og januar 2005, hvorefter ordningen bortfalder. Afgiftslettelsen beregnes af forskellen mellem køretøjets pris og den pris det har/ville have, hvis det kører på benzin, men kan maksimalt være:

Køretøjer op til 5.000 kg	2.000\$
Køretøjer mellem 5.000 og 13.000 kg	5.000\$
Lastbiler/varevogne over 13.000 kg	50.000\$
Busser med plads til min. 20 pers.	50.000\$
Elbiler	10% dog max. 4.000\$
Optankningssted / Opladningssted	100.000\$

Afgiftslettelserne falder gradvist hen mod 2005.

## 2.2 Europa

Der er flere projekter i gang i de enkelte lande, både R&D projekter og foresight-studier. Vi vil her fokusere på nogle af disse projekter.

### 2.2.1 FANTASIE - et fælleseuropæisk foresight-studie

FANTASIE (Forecasting and Assessment of New Technologies and Transport Systems and their Impact on the Environment) er et samarbejde mellem forskningsorganisationer i Tyskland, Storbritannien, Italien, Sverige, Holland, Spanien og Belgien, i tilslutning til EU kommissionens DGVII - forskningsprogrammet om strategisk transport. Studiet indeholder flere arbejdsstadier:

- Identifikation og vurdering af nye teknologier, såvel forbedring af konventionelle (f.eks. GDI) som nye "springende" teknologier. Det er mundet ud i et par arbejdsrapporter som er blevet / vil blive offentliggjort.
- Udarbejdelse af metoder til teknologivurdering og forecasting.
- Workshops. De ovenfor nævnte arbejdsrapporter er blevet anvendt som input til 5 workshops, der blev afholdt i 1998. Arbejdet mandede ud i en række mulige koncepter og systemer på grundlag af forskellige scenarier. Under arbejdet blev der taget hensyn til indkomstniveau, omkostninger ved trafik, social struktur, energipriser, byudvikling, teknologisk udvikling og regeringsindgreb. De mest sandsynlige koncepter blev fundet ved afstemning blandt workshoppernes deltagere, som var regeringsrepræsentanter fra de respektive lande, forbrugere og repræsentanter fra transportsektoren.

Der har under hele forløbet været en tæt kontakt til bilindustrien, for at analyserne skulle være up-to-date.

Nedenfor har vi samlet en vurdering af de mest lovende teknologier, hentet fra FANTASIE's arbejdsrapport nr. 9 (kan nedhentes fra <http://www.etsu.com/fantasie/public>).

**Elbiler og hybridbiler** FANTASIE spår at såvel elbiler som hybridbiler vil have en begrænset udbredelse som niche-køretøj (biludlejning, bybude og lign.) i 2010 med 3% af alle biler og have fuldt markeds-gennemslag i 2020 - 2030. Det forventes at at 7.5 - 20 % af alle solgte biler i 2020 vil være elbiler, hvor det tilsvarende tal for hybridbiler vil være 10 - 15 %. Imidlertid vil de to markeder overlape hinanden, så det forventes ikke at den samlede markedsandel vil være meget større end 20%. De vigtigste usikkerhedsmomenter i udbredelsen er oliepriser, afgiftsregler, fremstillingsprisen og i særdeleshed, hvor hurtigt R&D kan udvikle lettere og mere effektive batterier. Det vurderes i arbejdsrapporten, at prisen for en elbil/hybridbil i gennemsnit er 2 - 2.5 gange højere end prisen for en tilsvarende konventionel bil. Hybridbiler er lidt dyrere end rene elbiler, da de har to fremdriftssystemer. Prisforskellen forventes først at falde, når en egentlig masseproduktion er etableret. I det hele taget lægges der meget vægt på at politisk velvilje og investering er en vigtig faktor for udbredelsen.

**Brændselsceller og andre alternative brændstoffer.** Listen af de alternative brændstoffer, der i dag kan anvendes i biler omfatter komprimeret naturgas, flydende petroleumsgas og brændstof til brug i brændselsceller (FANTASIE har ikke behandlet bio-brændstoffer som raps- eller majsolie). For de nævnte brændstoffer er der stor lokal nedsættelse i emissionen af CO, NO<sub>x</sub> og HC forbindelser, men på global basis er der ikke tale om en stor nedsættelse, f.eks. af CO<sub>2</sub>, undtagen for brændselsceller, der anvender hydrogen som brændstof. Arbejdsrapporten forventer at brændselsceller først vil komme ind på markedet som niche (bybusser eller lign.) omkring 2005 (2015, hvis der anvendes hydrogen som brændstof), men først slår igennem efter 2020, hvor de tilsvarende gennembrud for de andre brændstoffer kun er lidt hurtigere. Da brændselsceller er mere attraktive hvad angår nedsættelsen af emissioner, og der ikke er større forskel på udviklingshorisonten, er det tvivlsomt om det kan betale sig at opbygge en infrastruktur til naturgas eller petroleumsgas.

### **Forbedring af konventionelle teknologier**

I denne forbindelse er det interessante opbygningen af motor+udstødning. Der er her ikke tale om radikale ændringer, til gengæld er teknologierne inden for rækkevidde. De motorændringer, der er tale om er blevet beskrevet i forrige kapitel. Status er, at teknologier som GDI, styring af udstødning og ind sugning er på et niveau, hvor implementering i eksisterende bilmodeller er muligt, men et egentligt gennembrud forventes ifølge FANTASIE først mellem 2005 og 2015.

Renault har i 1999 svaret igen overfor Mitsubishi ved at benytte et GDI system (kaldet IDE hos Renault) i de nye Megane-modeller. Imidlertid er der tale om en motor med stor effekt og derfor højt brændstof forbrug (normforbrug 13,2 km/l). Der er derfor ingen miljømæssig gevinst.

Det pointeres i arbejdsrapporten, at det svage punkt er at få motorerne til at anvende en mager blanding. Problemet er at temperaturen bliver meget høj i cylindrene, hvilket stiller store krav til de materialer, der indgår i motorens opbygning. Det er derfor afgørende, at der foretages mere forskning i materialevalg. Et andet problem er at en forbrænding af en mager blanding giver betragtelig større emissioner af NO<sub>x</sub>, som skal opfanges af katalysatorer i udstødningssystemet. Det kræver nye standarder for katalysatorer, som derfor også skal effektiviseres. Tillige forstærkes affaldsproblemet med udtjente katalysatorer, der kan udgøre en sundhedsrisiko. Det skal dog lige nævnes, at såvel Mitsubishi som Orbital hævder, at deres direkte indsprøjtningmotorer, som netop anvender magre blandinger, har en formindsket emission af NO<sub>x</sub>.

### **2.2.2 Elbiler i Schweiz**

Det anslås at ca. en tredjedel af alle elbiler (ca. 2000) skal findes i Schweiz. Blandt disse skal bl.a. findes den danske Ellert. I 1995 startede et stort forsøg i kommunen Mendrisio i kantonen Tessin kaldet LEV (Light Electric Vehicle). Målet er at 8% af alle biler i kommunen skal være eldrevne i 2001 (omkring 350 biler), men på længere sigt, håber man at kunne forstørre projektet op, så 8% af alle biler i Schweiz i 2010 skal

være elbiler. Det svarer til omkring 200.000 biler.

Projektet omfatter opbygning af infrastruktur (ladestationer), forskning og løbende evaluering, og sker med økonomisk støtte fra forbundsregeringen, kantonen, kommunen, samt virksomheder i flere lande. For at gøre elbilerne konkurrencedygtige, betaler staten 27% af salgsprisen, kantonen betaler 13% og bilproducenterne giver en rabat på 10%.

Som situationen er nu (december 1999) er der blevet solgt over 200 biler. Særlig indenfor de sidste måneder er salget steget. Det skyldes først og fremmest, at der er blevet lavet en speciel ordning med Peugeot (som har leveret størstedelen af de solgte biler) om, at man kan købe elbilerne uden batterier, hvorved prisen sænkes med over 30%. Til gengæld lejer Peugeot batterierne ud, idet det så er bilvirksomheden, der står for vedligeholdelse og udskiftning af udtjente batterier. Dermed udgør udgifterne til anskaffelse/udskiftning af batterier ikke én-gangs udgifter, men derimod en løbende udgift, som er nemmere at overkomme for den enkelte forbruger.

En følge af projektet har været, at en virksomhed i Tessin-kantonen har besluttet at opføre en fabrik i Mendrisio's omegn, som skal producere batterier til elbiler. Det vil betyde omkring 400 nye arbejdspladser.

### 2.2.3 Miljøbiler i Sverige

Sverige har som et bil-producerende land haft flere initiativer i gang for at fremme udbredelsen af mere miljøvenlige brændstoffer og køretøjer. I 1994 blev der indført en afgiftsdifferens mellem reformuleret blyfri benzin (d.v.s. benzin hvorfra der er fjernet forskellige stoffer, samt svovl) og alm. blyfri benzin, så afgiften på sidstnævnte blev 0.06 SEK højere per liter. Selvom afgiftsforskellen ikke er højere, har det alligevel betydet at den reformulerede benzin har overtaget hele markedet. For diesel blev der vedtaget en lignende afgiftsdifferentiation i 1991, idet dieselen blev opdelt i klasser, alt efter svovlindholdet. Den fineste klasse, klasse I, har en afgift, der er 0,47 SEK mindre per liter end den for standardklassen. Stort set al den diesel, der bliver solgt i dag er af klasse I.

Endvidere har Sverige indført afgiftsdifferentiering mellem tre miljøkategorier for biler samt lette og tunge lastbiler. Standardkategorien svarer stort set til EU's gældende normer, klasse II til de nye EU normer og klasse I indeholder endnu strengere krav. Oprindeligt lå afgiftsdifferencen i registreringsafgiften, men nu er den blevet flyttet over på vægtafgiften.

I øjeblikket findes der omkring 600 el- og hybridbiler i Sverige, hvoraf 14% ejes af enkeltpersoner, 62% tilhører virksomheder og 24% tilhører staten. En del af disse indgår som et led i et projekt ledet af **KFB** (**K**ommunikations**F**orsknings**B**eredningen) som er en statslig myndighed der samordner og støtter forskning indenfor transport og kommunikation. Den svenske stat har skudt 120 millioner SEK ind i projektet, der har til formål at udføre forskning og udvikling af el- og hybridbiler. Endvidere skal det fremme udbredelsen af disse energirigtige biler, og kortlægge brugernes reaktioner overfor den daglige brug.

Bilerne bliver udstyret med forskellige måleapparater som følger batteriernes spænding, strøm, ladningstid, temperatur o.s.v. Disse data sammenholdt med hastighedsmåling, køretid og kørestrækning giver en omfattende information om el- og hybridbilernes ydeevner og ladeforhold.

Alle informationer, samt meningsundersøgelser blandt brugerne, er blevet lagret i en database, administreret af Lunds Tekniske Højskole. En række interviews blandt 31 projektdeltagere (såvel private som virksomheder) viste, at bilerne først og fremmest blev brugt til ærindekørsel. Det fremgik af besvarelserne at elbilen blev opfattet som et supplement til den konventionelle bil, og altså ikke som erstatning, grundet elbilens korte rækkevidde. Alligevel var der tilfredshed med bilerne, bortset fra en del irritation over, at batterierne ofte skulle fyldes efter med vand.

Under projektets forløb er der blevet samarbejdet med såvel kommuner som private virksomheder og interessenter inden for energibranchen. Her skal vi blot nævne et par af de vigtigste delprojekter.

**Elbiler i Göteborg.** Göteborg startede allerede op med et projekt på området i 1991. Oprindeligt var det målet, at der skulle være 1000 elbiler på Göteborgs gader i midten af 1990'erne. Det har ikke været muligt

at opfylde - faktisk var der i slutningen af 1998 kun omkring 100 elbiler, iberegnet hybrid-fragt-biler.

**Elbiler i Skåne.** Dette projekt startede i 1995 som et samarbejde mellem Malmö kommune, Sydkraft AB og KFB. Som i Göteborg var der ved slutningen af 1998 omkring 100 elbiler inkluderet i projektet. I Malmö er der blevet opbygget en komplet infrastruktur til opladning af elbiler.

Hele projektet afsluttes med udgangen af 1999, hvorefter der kommer en endelig evaluering.

## 2.3 Asien

Biludviklingen i Asien er fortrinsvist præget af de store japanske bilproducenter Honda, Mitsubishi, Toyota og Nissan. Specielt hvad angår udviklingen af energieffektive brændstofmotorer har det australske firma *Orbital* vist lovende fremskridt. Asien kan fremvise flere storbyer med meget forurening grundet en omfattende trafik. Derfor har APEC (**A**sia-**P**acific **E**conomic **C**ooperation) startet et foresight projekt om bæredygtig transport i storbyer. Det er disse tiltag, vi vil se lidt nærmere på her.

### 2.3.1 Generel udvikling af bilteknologi

Det bemærkelsesværdige er, at de fleste af de japanske producenter har placeret udviklingsarbejdet for de mere miljøvenlige teknologier i deres amerikanske afdelinger, og at afprøvningen ligeledes foregår i USA - særlig i Californien. En af grundene til at det forholder sig sådan kunne tænkes at være at USA og specielt Californien satser så stort på miljørigtige biler. Dels kan emissionsbetegnelserne (LEV, ULEV og SULEV) bruges som blikfang i markedsføringen, dels er opbygningen af infrastruktur til naturgas og methanol godt i gang, hvilket giver gode betingelser for afprøvning af de nye teknologier.

*Toyota* har med Prius-modellen startet den første masseproduktion af hybridbiler. Som det blev nævnt i kapitel 1, er Prius af typen mixed hybrid. Kombineres effekten fra elmotoren og benzinmotoren opnås en samlet effekt på 101 hk. Desuden har den en tophastighed på 160 km/t og et gennemsnitligt brændstofforbrug på 25 km/l. Modellen har solgt godt i Japan og blive introduceret i såvel USA som Europa i løbet af 2000. Imidlertid er der ingen planer om at få Prius til Danmark, da dens pris ikke vil blive konkurrencedygtig med konventionelle biler. I USA bliver der for tiden foretaget prøveførsler af bilen, idet Toyota har inviteret amerikanske familier til at deltage. Forsøgene er fordelt over det meste af kontinentet, for at give et billede af, hvordan bilen opfører sig under forskellige klimaforhold.

Toyota markedsfører også en elbil *RA4V EV*, men kun i USA, samt en *Camry*, der kører på komprimeret naturgas. Denne bil markedsføres også kun i USA. Endelig forsøger fabrikken også i brugen af brændselsceller, koncentreret om brugen af methanol som brændstof.



**Figur 16.** Honda Insight.

*Honda* har sat en sporty parallel-hybridbil Insight (fig. 9) i produktion. Da karrosseriet er 40% lettere end et tilsvarende konventionelt karrosseri, fordi det er bygget af kulstof, har det været tilstrækkeligt at udstyre bilen med en 3 cyl. 1,0 l motor og dermed opnå et brændstofforbrug på 30 km/l ved landevejskørsel. Salgsprisen i USA er \$18.880, hvilket svarer til omkring 133.000 DKR. Bilen har i Californien fået tildelt betegnelsen ULEV. Endnu en hybridbil er på vej fra Honda, nemlig *Spocket*, som har 4-hjulstræk, idet kombinationen brændstofmotor/elmotor trækker på forhjulene, mens der sidder en elmotor på hvert baghjul. Der er ikke sluppet

andre detaljer ud endnu, men bilen forventes at blive præsenteret på en biludstilling i Los Angeles i januar 2000.

En konventionel Honda benzin-drevet bil *2000 Accord EX* bliver markedsført i USA fra januar 2000. Det specielle ved den er, at den er den første benzin-drevne bil, der har fået tildelt betegnelsen SULEV (Super Ultra Low Emission Vehicle) i Californien.

Endelig har Honda også en naturgas-drevet bil på det amerikanske marked, nemlig *CNG Civic GX*.

Det australske firma *Orbital* har opnået lovende resultater med såvel 2-takts som 4-takts motorer. Deres 4-takts motorer er blevet gennemmålt i Tyskland i løbet af efteråret 1999 med resultater, der viser at EU's emissionsnormer for 2005 er opfyldt. Princippet i motoren er, at en meget mager benzinblanding bliver sprøjtet direkte ind i cylindrene. Selve indsprøjtning-mekanismen er dog anderledes end for Mitsubishi's GDI-system. Orbital synes med dette system at have løst problemerne omkring forhøjet emission af NO<sub>x</sub> ved en mager blanding. Et forsøg i Australien med Orbital's 2-takts motorer bygget ind i 100 biler, der anvendes til udlejning, alm. privatkørsel og kørsel i offentligt regi, har ført til, at motorlicensen foreløbig er blevet solgt til f.eks. GM, Ford, Fiat og Piaggio.

### **2.3.2 Et foresight studie**

APEC har startet et foresight projekt om bæredygtig transport. De involverede institutioner er APEC centre for Technology Foresight (Thailand) og Centre for Strategic Economic Studies (Victoria University of Technology i Melbourne, Australien). Sidstnævnte stod for udarbejdelsen af en oplægsrapport (publiceret i april 1999 - kan læses på [http://nstda.or.th/apec/html/body\\_sustainable\\_transport.html](http://nstda.or.th/apec/html/body_sustainable_transport.html)), som er blevet brugt som input til en konference i Melbourne i juli 1999. Konferencen har til formål at udvikle en række scenarier, som omhandler transport generelt, og altså ikke kun biltrafik. Den endelige rapport forventes at blive færdig omkring marts 2000.

### 3 Barrierer og problemstillinger

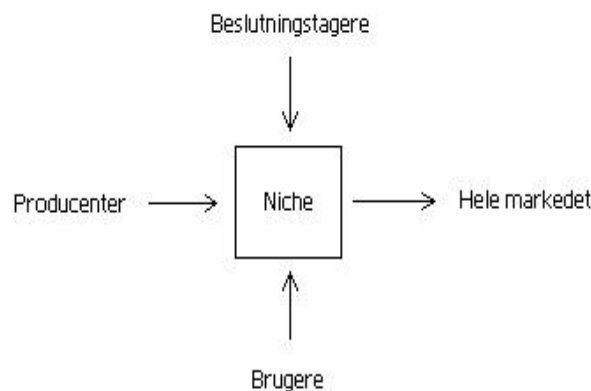
Dette kapitel indeholder en beskrivelse af de ikke-tekniske problemstillinger vedrørende introduktionen af mere miljørigtige biltyper, samt en gennemgang af en række af de områder, hvor der kan være mulighed for at opnå effekter i forhold til emissioner af bl.a. CO<sub>2</sub>.

Det påpeges fra forskelligt hold, at det ikke er tilstrækkeligt alene at satse på teknologisk nytænkning for at få vendt CO<sub>2</sub> kurven for transportområdet. Der skal også holdningsændringer til blandt bilister, producenter og politikere. Dette skal ses i forhold til, at der er tale om en begrænset tidshorisont, før end kravene i klimakonventionerne skal være opfyldt. Hertil kommer at et stadigt stigende bilsalg gør opgaven endnu vanskeligere.

#### 3.1 Generelle problemstillinger

På trods af at der inden for de sidste ti år er blevet udviklet lovende nye teknologier og koncepter, der fremmer bæredygtighed inden for transportområdet, så er introduktionen på markedet af disse teknologier foregået i et meget langsomt tempo, hvilket skyldes at nye alternative teknologier ofte møder en række barrierer af både økonomisk, social, institutionel og teknisk karakter.

**Strategic Niche Management.** I forsøget på at implementere nye bilteknologier er det i sig selv ikke tilstrækkeligt, at en given teknologi er tilstede. En række andre forhold har også betydning for, hvorvidt en teknologi vil blive udbredt på markedet. I EU's bestræbelser på at opfylde målsætningerne fra klimakonventionerne arbejdes der blandt andet med såkaldt *Strategic Niche Management*. Et forskningsprogram, der sigter mod, at der udvikles et bæredygtigt transportsystem er igangsat med universiteter og forskningsinstitutioner i Holland, Sverige, Tyskland, Schweiz og Spanien som deltagere. Information om programmet og Strategic Niche Management kan findes på deres hjemmeside: <http://www.jrc.es/projects/snm/>. Med dette program som udgangspunkt gennemgås nogle af de mere generelle problemstillinger, der er forbundet med udbredelsen af nye alternative teknologier.



**Figur 17.** Princippet i Strategic Niche Management. En ny teknologi bliver indført som en niche (det kan være et geografisk område, eller en bestemt bilflåde), som bliver defineret og styret i et samarbejde mellem producenter, brugere og beslutningstagere (f.eks. lokalpolitikere).

Det kan konstateres, at der er en tendens til at traditionelle teknologiorienterede policy tiltag rettes mod forskning og udvikling, mens spørgsmålet om introduktion af nye teknologier i et komplekst transportsystem negligeres. Erfaringer tyder samtidig på, at der er en manglende indsigt hos producenterne af nye teknologier i forhold til, hvilke præferencer de involverede interessenter og brugere har. Som producent eller udbyder er det vigtigt ikke kun at anlægge en top-down synsvinkel på udviklingen af teknologierne. Hertil kommer, at mange udviklingsforsøg med alternative teknologier ender som isolerede eksempler, da de ikke sammenkædes med en strategi for introduktion til markedet.

Strategic Niche Management tager udgangspunkt i erfaringer, der tyder på, at innovationer har en større sandsynlighed for at slå igennem på markedet, hvis de i første omgang har fået mulighed for at kunne sætte sig fast på en mindre niche af markedet. Herved forstås beskyttede nicher, hvor teknologierne løbende kan udvikles, således at de tilpasses brugerne og transportsektoren. Dette er en væsentlig forudsætning i forhold til, hvilke muligheder det giver for på et senere tidspunkt at kunne opnå succes på markedet som helhed. Dertil kommer, at der lægges vægt på i højere grad at inddrage interessenter og brugere i udviklingsarbejdet, for dermed at sikre en øget accept af teknologierne.

Sammenfattende rejser forskningsprogrammet en række overvejelser af overordnet karakter, der handler om at foretage afvejninger, som kan sikre den mest optimale implementering af alternative teknologier. Overvejelserne er samlet i følgende punkter:

- ! Grad af protektionisme i forhold til fri konkurrence.
- ! Inddragelse af både top-down og bottom-up perspektiverne som led i en styring af udviklingsprocessen.
- ! Inkrementelle versus radikale innovationer.
- ! Balance imellem R&D og den økonomiske støtte til introduktion på markedet.

Der har vist sig en tendens til, at der ofte foretages en forkert vægtning af de ovenstående forhold, hvilket kan have været en medvirkende faktor til, at et projekt ikke har haft gennemslagskraft.

I et tidligere projekt fra Teknologirådet om energi, trafik og miljø understreges betydningen af disse og lignende forhold.

I projektet fra Teknologirådet diskuteres det blandt andet, hvordan man kan foretage en styring af transportsektoren, således at det er muligt at nå de miljømæssige målsætninger. Udgangspunktet er her tilsvarende, at der eksisterer en række samfundsmæssige blokeringer, som har betydning for teknologiudbredelsen.

Et problem er, at de styringsstrategiske overvejelser på trafikområdet ofte benytter som forudsætning, at brugerne handler økonomisk rationelt, hvilket der imidlertid kan stilles et spørgsmålstejn ved. Konsekvensen heraf er, at man risikerer at de opstillede handlingsstrategier ikke opnår den tiltænkte effekt. Der er på trafikområdet en række andre forhold, som også har betydning for brugernes handlinger og præferencer:

- ! Samfundets strukturelle rammer har en væsentlig betydning. Den nuværende samfundsindretning vægter i udstrakt grad mobilitet og effektivitet. Forhold som netop favoriserer privatbilismen. Et eksempel på noget, der yderligere hjælper denne udvikling på vej er den stadige udbygning af store indkøbscentre udenfor byerne og samfundets favorisering af pendlere gennem kørselsfradragsordningerne.
- ! Eksistensen af subjektive barrierer. Disse subjektive barrierer knytter sig til den enkeltes holdninger, vaner og værdier. Forestillingen om bilen som et statussymbol er et godt eksempel herpå. I de trafikpolitiske styringsstrategier er det af betydning at også disse forhold medtages, da der ellers kan være en risiko for, at der opstår en generel modvilje mod en omstilling.

Ovenstående peger tilsvarende på betydningen af, at man i valg af strategi ikke kun udtænker strategier baseret på snævre forudsætninger. Overvejelser omkring samfundsstrukturer og inddragelse af interessenter og brugere i dette arbejde kan have en stor betydning for, om en strategi kan føre til forandringer.

### **3.2 Konkrete barrierer**

I det følgende kommer vi ind på nogle af de vigtigste ikke-tekniske barrierer for en større udbredelse af miljørigtige biler. I næste afsnit vil vi så give nogle bud på, hvordan barriererne kan nedbrydes.

#### **EU-koordinering.**

Transportrådet har beskæftiget sig med de konkrete barrierer på transportområdet.

Som udgangspunkt konstateres det bl.a., at Danmark har ringe mulighed for direkte at kunne påvirke producenterne. Dette kommer af, at bilmarkedet i Danmark har en beskedent størrelse internationalt set, samt at der ikke findes en egentlig bilproduktion i Danmark.

Endvidere kan det være et problem at føre en national transportpolitik, der bryder radikalt med de omgivende landes. Det er derfor vigtigt, at udvikling og opbygningen af et bæredygtigt transportsystem sker i EU-regi. Imidlertid befinder en samlet europæisk strategi sig stadig i støbeskeen. Det var netop det tidligere nævnte samarbejde FANTASIE's opgave, at lægge op til hvor og hvordan EU kan gøre noget.

#### **Produktionsrisici.**

Udvikling og markedsføring af radikalt nye bilteknologier kan møde modstand i bilindustrien, hvilket dels skyldes et manglende incitament for bilindustrien til at indføre radikale ændringer, dels de store økonomiske risici, der er forbundet med udvikling og produktion af helt nye biltyper. Lægges der eksempelvis store ressourcer i udviklingen af en elbil, ville der på trods af et succesfuldt udviklingsarbejde ikke være en garanti for, at brugerne ville købe en sådanne bil. Hertil kommer, at opbygningen af transportsystemet gør, at nye teknologier kan have vanskeligt ved at blive accepteret af andre vigtige aktører på transportområdet. Det vil især sige olieselskaberne, transportindustrien og de tilhørende faglige organisationer. Disse skønnes ifølge Transportrådet på nuværende tidspunkt at udgøre en væsentlig hindring for en udvikling i retning af bæredygtig trafik.

Samlet betyder det altså, at de nye teknologier, grundet de frie markeds kræfter, vil være dyrere end de tilsvarende konventionelle, med mindre samfundet reducerer markeds kræfterne ved at give "fødselshjælp".

#### **Infrastruktur.**

En omskiftning til ikke-fossile brændselstyper kan støde på en barriere i form af, at integrationen af ny teknologi i en samfundsmæssig kontekst, generelt har vist sig at være en kompliceret proces. Eksisterende teknologiske systemer påvirker ofte valget af teknologi. Hermed prioriteres konservative løsninger, der har en sammenhæng med det eksisterende frem for mere radikale teknologivalg, der eksempelvis helt bryder med den allerede opbyggede teknologi. Endvidere kræver opbygningen af en ny infrastruktur, at et større antal aktører bliver inddraget. Derfor vil det være en omfattende opgave at ændre på den nuværende infrastruktur med et udbygget vejnet og et tilsvarende stort antal tankstationer.

#### **Brugervaner.**

Endelig udgør brugerne selv også en hindring. Folk er ikke altid villige til at integrere de skræmmende, men overordnede perspektiver om eksempelvis global opvarmning med de mere dagligdags og nærværende forhold. Det kan således ikke forventes, at folk medtager miljøovervejelser, når der skal investeres i ny bil. Dette kan illustreres ved, at der i de senere år ganske vist er sket en løbende forbedring vedrørende bilernes energieffektivitet - hvilket forventes at fortsætte inden for de næste år, men samtidig bliver gevinsterne reduceret væsentligt af væksten i bilernes gennemsnitsstørrelse og motoreffekt. Et problem, der netop kan relateres til brugernes præferencer om status, ydeevner og komfort.



### 3.3 Nedbrydning af barrierer

#### **Afgiftsområdet.**

Afgiftstilpasninger og omlægning af det eksisterende afgiftssystem skønnes at være et vigtigt virkemiddel til at fremme miljøforbedringsudviklingen. Det nuværende danske afgiftssystem giver ikke mulighed for at foretage en favorisering af mere miljørigtige biler, når der skal indregistreres en ny bil. Men det er netop denne afgiftsdifferentiering, der er vigtig, hvis priserne på de nye biler, f.eks. hybridbiler, skal være konkurrencedygtige med priserne på tilsvarende konventionelle biler.

I Danmark er der tre typer af afgifter (når der ses bort fra benzinafgifter og afgifter på bilforsikringer): registreringsafgift, vægtafgift og afgift efter brændstofforbrug. Hovedreglen er, at der skal betales registreringsafgift, når en hvilken som helst bil skal indregistreres. Derefter skal der svares en halvårlig afgift, som enten er en vægtafgift eller afgift efter brændstofforbrug, afhængig af bilens alder.

#### Registreringsafgift

Fritaget for afgift er eldrevne motorkøretøjer med totalvægt mindre end 2 tons, og som er indregistreret inden 31/12-2000.

For ALLE andre køretøjer (÷motorcykler) beregnes afgiften af køretøjets pris som:

**105% af 50.800 kr. og 180% af resten**

Denne afgift tager altså ingen hensyn til bilens emissions-niveau. Da de nye teknologier er dyre ved introduktionen på markedet, kan de slet ikke konkurrere med de etablerede teknologier. F.eks. kommer Toyota Prius til at koste omkring 100.000 kr. mere end en tilsvarende konventionel bil. Dette opgives af Toyota Danmark A/S til at være grunden til, at bilen ikke vil blive introduceret i Danmark, selv om den vil blive eksporteret til Europa og USA i løbet af 2000.

#### Afgift efter brændstofforbrug

Gælder for køretøjer, der er indregistreret efter 30/1-1997. For afgiftssatser, se Appendiks B. For elbiler bruges skemaet for benzindrevne biler med et imaginært brændstofforbrug, der beregnes som:

**$L/100 \text{ km} = 3 L/100 \text{ km} + 0.5\% \cdot \text{bilens egenvægt (kg)}$ ,**

dog er rene elbiler, der er indregistreret inden 31/12-2000 fritaget for afgiften.

Hvis en bil hverken er benzin-, diesel- eller eldrevet bruges skemaet for dieslbiler med imaginært brændstofforbrug der beregnes som  $L/100 \text{ km}$  som beregnet for en tilsvarende elbil ÷12.5%

Derfor tager afgiften efter brændstofforbrug til en vis grad hensyn til mere miljørigtige biler, men reglerne er blevet kritiseret for ikke at være vidtgående nok.

#### Vægtafgift

For biler, der er indregistreret (første gang) før 30/-1997. Der betales halvårligt med takster, som afhænger af bilens vægt - jo større vægt, desto større afgift. Hvis "anden drivkraft end benzin" anvendes, tillægges der en såkaldt udligningsafgift.

Det er de gældende regler, men skatteministeren har just fremsat to lovforslag, som i langt højere grad skal tage hensyn til biler med meget lille brændstofforbrug. Det drejer sig om såvel registreringsafgift som kørselsafgift. Lovforslagene vil blive behandlet i indeværende folketingsamling.

Udover de ovennævnte afgiftsregler findes der specielle afgifter rettet mod erhvervsbrug. Det drejer sig f.eks. om beskatning af vare- og firmabiler. Denne favoriserer faktisk køb af store varebiler, hvilket dermed

kan betyde et øget ressource- og energiforbrug. Afgiftssystemet er dermed favorabelt for køb af firmabiler i forhold til anskaffelsen af en privat bil. Anskaffelsen af firmabiler har de seneste år udgjort ca 25% af de nyregistrerede biler. Disse biler er imidlertid i gennemsnit større end private biler. En anbefaling fra Transportrådet har derfor været, at beskatningen af firmabiler ændres således, at der fokuseres på miljø og energiforbrug, samt at der er et incitament for firmaerne til at beholde bilerne i længere tid.

Øget incitament v.h.a. afgiftssystemet til down-sizing kan give forholdsvis gode resultater. Et eksempel på effekten af at vælge en mindre bil kan illustreres ved at tage udgangspunkt i en Opel Astra 1,8. Ved at skifte til en Opel Astra 1,4 kan der spares 9,5% på energiforbruget. Skiftes, der igen til en Corsa 1,4 spares yderligere 5%. Foretages der endeligt et skift til en Corsa 1,2 spares her 12%, hvilket giver en samlet besparelse på energiforbruget på over 25%. En besparelse, der kan have stor betydning i forhold til emissionerne af drivhusgasser.

Hvis bilafgifterne skal være provenu neutrale, d.v.s. indbringe staten en uforandret afgifts-indtægt efter en ændring af reglerne, tyder det på, at det kan være vanskeligt at opfylde intentionerne om forbedringer. For at opnå effekter er det eksempelvis væsentligt at afgifterne på store energiforbrugende biler forøges mærkbart, men samtidig bør prisen på de billigste biler ikke reduceres væsentligt. Dette er en problemstilling, der også kan relateres til graden af progression for de grønne ejerafgifter.

### **Roadpricing**

Satellitteknologien kan i løbet af de kommende år få afgørende betydning for regulering af bilismen. Nøglen til denne regulering hedder Global Positioning System, hvilket er et næsten verdensomspændende net af satellitter. En GPS modtager registrerer løbende bilens nøjagtige position og dermed, hvilken betalingszone bilen befinder sig i. Der kan desuden ske en prisdifferentiation alt afhængig af, hvilket tidspunkt på døgnet, der køres.

Perspektiverne for roadpricing virker derfor lovende, da det både kan være medvirkende til at reducere det kørte antal kilometer, samt betyde en bedre afvikling af trafikken og herigennem medvirke til en reduktion af drivhusgasserne.

Endnu er der dog uløste problemer forbundet med roadpricing. Systemet har først og fremmest været mødt med skepsis fordi roadpricing kædes sammen med overvågning. Dernæst er der usikkerheder omkring afgiftsstrukturen og afgiftsniveauet. Problemet er, at det er uklart, hvordan folk vil reagere rent kørselsmæssigt på indførelsen af systemet, og det har følgelig vist sig vanskeligt at bestemme den pris, der skal til før end bilisterne ændrer adfærd.

### **Myndighedsindsats**

I forsøget på at få skabt forandringer har man blandt andet indgået en række aftaler med bilindustrien. Eksempelvis har EU og bilindustrien indgået aftale om forbedring af energieffektiviteten, således at bilproducenterne skal kunne tilbyde bilmodeller, der maksimalt må udlede 140 g CO<sub>2</sub> pr km, hvilket svarer til 17,7 km/l for benzinbiler. I år 2000 skal det være muligt at købe biler, der ikke udleder mere end 120 g CO<sub>2</sub> pr km. Man har tilsvarende i forbindelse med USA's PNGV program, samt i det californiske pilotprojekt, etableret et samarbejde mellem myndigheder og industrien.

Eksemplerne illustrerer under alle omstændigheder, at myndighederne forsøger at stimulere industrien til at sætte et udviklingsarbejde i gang. I USA's tilfælde må man nok sige, at samarbejdet har været en succes, selvom der har været visse vanskeligheder undervejs med at få opfyldt de satte mål. Det vigtigste er nok, at der er blevet sat noget i gang.

De californiske regler om, at 10% af bilparken i fremtiden skal bestå af ZEV-biler har betydet en stigende fokus på, hvordan denne målsætning kan nås. Som allerede beskrevet har det været problematisk at nå målet ved anvendelse af elbiler alene, og det er derfor besluttet, at hybridbiler kan tælle med, som det blev beskrevet ovenfor. At det faktisk ikke er helt skidt, set med miljøbrillerne på, kan ses ved at sammenligne den miljømæssige belastning af en hybridbil sammenlignet med en elbil. En undersøgelse har vist at to

hybridbiler giver en større gevinst end en elbil (med rækkevidde på 100 miles). Baggrunden er elbilernes korte rækkevidde, som betyder at den vil få en status som "bil nr. 2". Endvidere kan hybridbilerne fungere som ZEV i byområder, hvilket altså giver de samme lokale miljøfordele som en elbil.

Regulering gennem lovgivning kan dermed vise sig at have en positiv effekt. Uanset karakteren af myndighedernes indsats gælder det imidlertid, at en forøget udvikling og udbredelse af mere miljørigtige biler stiller store krav både til myndigheder og producenter, hvis der ønskes en reel effekt.

Et andet felt hvorpå myndighederne kan spille en aktiv rolle er ved offentlig indkøbspolitik rettet mod de mindst energiforbrugende biler. I Danmark alene er der ifølge Transportrådet henved 150.000 køretøjer i offentlig tjeneste, hvor skønsmæssigt 50.000 er personbiler og små varebiler. På trods af at der er tale om et begrænset antal i forhold til det samlede antal personbiler, kan en offentlig indkøbspolitik, der vægter miljø, have en signalværdi både overfor de øvrige brugere og i forhold til forhandlere og producenter.

### **Mærkningsordninger**

Gennem mærkningsordninger er der mulighed for at tilskynde folk til at vælge de mindst forurenende biltyper, og samtidig skabe en højere grad af synlighed omkring forureningsproblemet. Det kan eksempelvis konstateres, at der på nuværende tidspunkt er et betydeligt spænd mellem forskellige biltypers energiforbrug og miljøbelastning. Selv inden for biler af samme klasse ses forskelle i energiforbrug på op til 15%.

I takt med at man har udviklet bedre metoder til at opgøre bilers energiforbrug, har man fået et mere ensartet grundlag til at kunne sammenligne de enkelte biltyper på. Beskrivelsen af bilers energieffektivitet har betydet, at det er nemt at foretage en energimærkning af nye biler. En sådan mærkningsordning er blevet indført i Sverige, hvor forhandlerne skal sørge for, at nye biler på salgsstedet skal være forsynet med klare deklARATIONER af forbruget af brændstof samt en oversigt over de konkurrerende modellens forbrug af brændstof. Derudover kan en mærkningsordning også omfatte en beskrivelse af de samlede årlige brændstofomkostninger ved et normalt kørselsomfang. Noget der tilsvarende kendes fra energimærkning af hårde hvidevare.

Herhjemme har Trafikministeriet skønnet at anvendelsen af miljømærkning af nye personbiler kan betyde reduktioner af transportsektorens samlede CO<sub>2</sub>-emissioner på mellem 0,1% og 1%. Virkningen af en sådan ordning må derfor foreløbigt betegnes som begrænset.

## **Appendiks A      Mest anvendte forkortelser**

---

<b>CARB</b>	<b>California Air Resources Board</b>
<b>CIDI</b>	<b>Compression Ignited Direct Injection</b>
<b>GDI</b>	<b>Gasoline Direct Injection, direkte indsprøjtning af brændstofblanding i cylindrene - altså uden brug af karburator</b>
<b>GM</b>	<b>General Motors</b>
<b>ICE</b>	<b>Internal Combustion Engine</b>
<b>LEV</b>	<b>Low Emission Vehicle</b>
<b>PNGV</b>	<b>Partnership for a New Generation of Vehicles, et omfattende amerikansk samarbejde mellem myndigheder, forskningsinstitutioner og bilproducenter</b>
<b>R&amp;D</b>	<b>Research and Development</b>
<b>RMI</b>	<b>Rocky Mountain Institute</b>
<b>SULEV</b>	<b>Super Ultra-Low Emission Vehicle</b>
<b>ULEV</b>	<b>Ultra-Low Emission Vehicle</b>
<b>ZEV</b>	<b>Zero Emission Vehicle</b>

## Appendiks B      Afgiftssatser efter brændstofforbrug

### *Benzindrevne personbiler m.v.*

				Afgift pr. halvår i kr. pr. personbil
Kilometer pr. liter mindst			20,0	220
Under	20,0	men ikke under	18,2	440
Under	18,2	men ikke under	16,7	660
Under	16,7	men ikke under	15,4	880
Under	15,4	men ikke under	14,3	1.100
Under	14,3	men ikke under	13,3	1.320
Under	13,3	men ikke under	12,5	1.530
Under	12,5	men ikke under	11,8	1.750
Under	11,8	men ikke under	11,1	1.970
Under	11,1	men ikke under	10,5	2.190
Under	10,5	men ikke under	10,0	2.410
Under	10,0	men ikke under	9,1	2.830
Under	9,1	men ikke under	8,3	3.270
Under	8,3	men ikke under	7,7	3.710
...				
...				
...				
Under	4,8	men ikke under	4,5	7.630
Under	4,5			8.060

### *Dieseldrevne personbiler m.v.*

				Afgift pr. halvår i kr. pr. personbil	
				Forbrug	Udligning
Kilometer pr. liter mindst			22,5	220	760
Under	22,5	men ikke under	20,5	440	830
Under	20,5	men ikke under	18,8	660	890
Under	18,8	men ikke under	17,3	880	970
Under	17,3	men ikke under	16,1	1.100	1.040
Under	16,1	men ikke under	15,0	1.320	1.110
Under	15,0	men ikke under	14,1	1.530	1.200
Under	14,1	men ikke under	13,2	1.750	1.270
Under	13,2	men ikke under	12,5	1.970	1.360
Under	12,5	men ikke under	11,9	2.190	1.430
Under	11,9	men ikke under	11,3	2.410	1.490
Under	11,3	men ikke under	10,2	2.830	1.650
Under	10,2	men ikke under	9,4	3.270	1.800
...					
...					
Under	5,4	men ikke under	5,1	7.630	3.320
Under	5,1			8.060	3.470