

UNIVERZA V LJUBLJANI  
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

**VPLIV CEN NAFTE IN NJENIH DERIVATOV NA RAZVOJ  
ALTERNATIVNIH TEHNOLOGIJ POGONA PRI VOZILIH**

Ljubljana, avgust 2007

JAKA JAPELJ

## **IZJAVA**

Študent JAKA JAPELJ izjavljam, da sem avtor tega magistrskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom prof. dr. MIROSLAVA GLASA in skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorskih in sorodnih pravicah dovolim objavo magistrskega dela na fakultetnih spletnih straneh.

V Ljubljani, dne 27.8.2007

Podpis:

# KAZALO

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. ENERGIJA IN POGON MOTORNIH VOZIL</b> .....	<b>5</b>
2.1. RAZVOJ ENERGETSKIH VIROV V ČLOVEŠKI ZGODOVINI.....	6
2.2. MOTORNA VOZILA TER TEHNOLOŠKE IN DRUŽBENE SPREMEMBE .....	7
2.3. DILEME NAFTE KOT POGONSKEGA ENERGENTA .....	9
2.3.1. <i>Razpoložljivost nafte in dogajanje na njenem trgu</i> .....	9
2.3.2. <i>Organizacija OPEC in nadzor nad ceno naftnih derivatov</i> .....	11
2.3.3. <i>Globalizacija in problemi preskrbe z nafto</i> .....	13
2.3.4. <i>Nafta in okoljski vidik</i> .....	14
2.4. SMERI ISKANJA NOVIH MOŽNOSTI.....	15
<b>3. NOVE TEHNOLOŠKE MOŽNOSTI PRI POGONU VOZIL</b> .....	<b>16</b>
3.1. TOYOTA PRIUS .....	16
3.1.1. <i>Vrste hibridov</i> .....	17
3.1.2. <i>Prednosti in slabosti Priusa</i> .....	18
3.1.3. <i>Iz nišnega proizvoda v »mainstream«</i> .....	19
3.2. SAAB BIOPOWER.....	20
3.2.1. <i>Ekonomika: BioPower</i> .....	22
3.2.2. <i>Evolucija: Saab BioPower Hybrid konceptno vozilo</i> .....	23
3.3. SUBARU BI-FUEL .....	23
3.3.1. <i>Ekonomika Subarujeve rešitve</i> .....	24
3.3.2. <i>Prednosti in slabosti Bi-Fuel tehnologije</i> .....	25
3.3.3. <i>Utekočinen naftni plin (UNP ali LPG) in dobavljivost</i> .....	26
3.4. BMW CLEANENERGY (HYDROGEN 7) .....	27
3.4.1. <i>Prednosti in slabosti naprednih motorjev z notranjim izgorevanjem na vodik</i> .....	28
3.4.2. <i>Ekonomika vozila Hydrogen 7</i> .....	31
3.5. DAIMLERCHRYSLER IN GORIVNE CELICE.....	31
3.5.1. <i>Vrste gorivnih celic</i> .....	32
3.5.2. <i>Začetki razvoja gorivnih celic</i> .....	33
3.5.3. <i>Začetki uvajanja gorivnih celic</i> .....	34
3.5.4. <i>Prednosti in slabosti gorivnih celic</i> .....	36
3.5.5. <i>Ekonomika</i> .....	37
<b>4. ANALIZA GORIV</b> .....	<b>39</b>
4.1. SMERI ISKANJA NOVIH GORIV .....	39
4.2. BIOETANOL .....	40
4.2.1. <i>Proizvodni proces bioetanola</i> .....	40
4.2.2. <i>Bioetanol kot gorivo, njegove prednosti in slabosti</i> .....	42
4.2.3. <i>Proizvodnja bioetanola v EU</i> .....	45
4.2.4. <i>Bioetanol v Sloveniji</i> .....	47
4.2.5. <i>Uporaba bioetanola</i> .....	47
4.2.6. <i>Ekonomika proizvodnje bioetanola</i> .....	48
4.3. VODIK .....	49
4.3.1. <i>Proizvodnja in distribucija vodika</i> .....	49
4.3.2. <i>Stroški proizvodnje in distribucije</i> .....	50
4.3.3. <i>Stroški vožnje na vodik</i> .....	52
<b>5. KOMPROMIS MED VARSTVOM OKOLJA IN EKONOMIKO</b> .....	<b>53</b>
5.1. POLITIČNI KONSENZ ZA ZNIŽEVANJE EMISIJ .....	55
5.2. VLOGA DRŽAVE IN DAVČNE OLAJŠAVE.....	55
5.3. STROŠKI DRUŽBE ZARADI OBOLEVANJA .....	56
5.4. ZAJEZITEV CO <sub>2</sub> .....	58
5.4.1. <i>Potrebne dodelave za zajezitev CO<sub>2</sub> in njihovi stroški</i> .....	59
5.4.2. <i>Radikalne rešitve</i> .....	62
<b>6. SKLEPI IN PRIPOROČILA</b> .....	<b>64</b>

LITERATURA.....	68
VIRI.....	70

# 1. UVOD

Razprave o vplivu industrije in transporta na okolje, o izpustih toplogrednih plinov in zato o naravnih katastrofah, kot so hude suše, taljenje ledenikov, dvigovanje morske gladine, neurja in poplave, so postale vsakdan. Nove analize teh problemov so razprave še aktualizirale in zato obstajajo vse večji pritiski na vlade, da sprejmejo ustrezne ukrepe. Razloga za to sta dva. Prvič, vpliva na okolje se dokončno ne da več zanikati, poleg tega so spremembe vedno bolj hitre in očitne. Zadnje ugotovitve znanstvenikov nakazujejo, da gre za nepovraten proces, ki ga ne moremo ustaviti, tudi če takoj prenehamo z vsakim onesnaževanjem (Walker and agencies, 2007). Za to bo potreben čas. In drugič, pomemben del onesnaževanja prispeva cestni promet, ki uporablja naftne derivate. V zadnjih petih, šestih letih smo zaradi sočasnega učinka več dejavnikov zabeležili močan porast cen nafte do ravni, ko postajata snovanje in razvijanje alternativnih tehnologij pogona pri vozilih ekonomsko upravičena.

Avtomobilska industrija je danes ena ključnih industrijskih panog. V ZDA so v letu 2006 prodali 16,5 milijona avtomobilov in lahkih tovornjakov. V ZDA so proizvedli 11,8 milijona vozil, v Kanadi 2,6 milijona in v Mehiki 2 milijona. V svetovnem merilu je bilo v letu 2006 prodanih 49 milijonov novih avtomobilov. V letu 2006 je bilo po svetu v uporabi 800 milijonov avtomobilov in lahkih tovornjakov, v ZDA 240 milijonov. Svetovna številka naj bi do leta 2020 dosegla milijardo vozil. Trenutno vozila, ki so v uporabi, letno porabijo približno 945 milijard litrov goriva. Samo v ZDA panoga vključuje okoli 21.500 prodajnih salonov, 1,7 milijona proizvodnih delavcev in 1,7 milijona prodajalcev. Prodaja pri prodajalcih novih vozil presega 700 milijard USD (Plunkett Research Ltd., spletna stran, 2007).

V avtomobilski industriji oziroma pri povpraševanju voznikov lahko opazimo precejšnjo polarizacijo. Na eni strani je veliko povpraševanje po majhnih, varčnih avtomobilih, na drugi strani so tisti, ki jim denar ni omejitev in povprašujejo po (pre)močnih avtomobilih, v zadnjem času predvsem po športnih terencih, ki so postali nekakšen statusni simbol. Pri slednjih je običajna poraba 15 ali 20 litrov bencina na sto prevoženih kilometrov. Očitno je prisoten paradoks: kupci z manj denarja si dražjega okolju prijaznejšega avtomobila ne morejo privoščiti, tisti z več denarja pa ga ne želijo in raje kupijo močan avto, ki jim nudi prestiž. Podobno se dogaja z avtomobili z dizelskimi motorji. Ljudje raje kupujejo dizelsko gnane avtomobile zaradi nižje porabe in nižje cene goriva, torej jih kilometer prevožene poti stane manj. Zavarovanje se obračunava glede na moč motorja, kar pomeni, da je znesek enak kot pri enako močnem bencinskem motorju, na škodo družbe ne pomisli nihče, kljub dejstvu, da dizli onesnažujejo bolj. Očitno o tem ne razmišlja niti država, saj ni uvedla nobenih ekoloških taks ali podobnih sredstev »uravnovešanja«. Nasprotno, v večini evropskih držav so davki za takšna vozila nižji kot za vozila z bencinskim motorjem. S takšno situacijo na trgu so zadovoljni tudi avtomobilski proizvajalci, ki s prodajo vozil z dizelskimi motorji po nekaterih podatkih zaslužijo kar 75 odstotkov vsega dobička (Petrovčič, 2006, str. 14).

Avtomobilski proizvajalci drug za drugim predstavljajo različne pogonske rešitve, ki naj bi postale alternativa klasičnim motorjem z notranjim izgorevanjem. Nekatere so že na trgu, druge bodo kmalu, nekatere so ekonomsko povsem izvedljive in tudi nimajo večjih logističnih preprek. Druge rešitve so izjemno drage, ker hkrati zahtevajo visoke investicije v infrastrukturo, a je mogoče, da bi stroški zaradi krivulje učenja v nekaj letih občutno padli.

V zadnjih nekaj letih dobiva okoljevarstveni vidik vse večjo težo, kar je verjetno posledica ugotovitve, da je za podnebne spremembe kriv človek. Dober sistem pogona, ki bo nadomestil trenutno tehnologijo, ne bo nujno najcenejši, potreben bo namreč kompromis med prijaznostjo do okolja in stroški razvijanja nove tehnologije, izdelave avtomobilov in njihovih pogonskih sistemov, vzdrževanja ter goriva.

Namen magistrskega dela je analizirati trenutno najboljše kratko-, srednje- in dolgoročne rešitve v osebem avtomobilskem prevozu, njihove prednosti in slabosti. Na osebna vozila se bom osredotočil predvsem zato, ker predstavljajo največji delež v vseh prevoženih kilometrih v enem letu, predvsem zaradi svoje številnosti. Iz istega razloga osebna vozila porabijo tudi največ goriva, kar prikazuje tabela v Prilogi 1. Tako bom podrobneje predstavil Toyotin hibridni model Prius, Subarujevo tehnologijo na utekočinjen naftni plin, Saabove motorje BioPower na bioetanol, BMW-jev motor z notranjim izgorevanjem na vodik in gorivne celice, pri razvoju katerih prevladuje Mercedes-Benz. Analiza bo poleg ekonomskega aspekta zajela tudi druge dejavnike, na primer izpust CO<sub>2</sub>, oceno, kako okolju prijazna je posamezna tehnologija, kako uspešno rešuje problem odvisnosti od nafte in njenih derivatov, ter analizo goriva in morebitnih težav s proizvodnjo in distribucijo alternativnega goriva. Možno je namreč, da okoljska škoda, ki nastane pri proizvodnji alternativnega goriva, preseže koristi vožnje s tem gorivom.

Cilj magistrskega dela je ekonomska analiza in ocena potenciala tistih tehnologij, ki se razvijajo zaradi želje po zmanjševanju odvisnosti od fosilnih goriv, za katere ocenjujem, da imajo določene prednosti pred konkurenti. Izbira ne bo temeljila samo na ekonomskih dejavnikih, kot so na primer stroški razvoja pridobivanja goriva in oskrbe črpalk, zato sem v analizo vključil tudi okoljevarstveni vidik in na podlagi dognanj izbral najboljšo kratko-, srednje- in dolgoročno rešitev.

V tem trenutku se kot najboljša kratko- in srednjeročna rešitev kaže optimizacija klasičnih motorjev z notranjim izgorevanjem (ICE) za delovanje na bioetanol. Rešitev, pri razvoju katere prednjači Saab, rešuje problem odvisnosti od fosilnih goriv, omogoča precejšnja zmanjšanja emisij toplogrednih plinov (CO<sub>2</sub> se pri delovanju motorja še vedno sprošča, a se hkrati porablja za rast posevkov, potrebnih za proizvodnjo bioetanola), večje investicije za distribucijo ne bodo potrebne, saj je zaradi lastnosti goriva v ta namen možno uporabljati obstoječo infrastrukturo. Hkrati se povečata moč in navor motorja, tako da tehnologija od uporabnika ne zahteva odrekanih. Bioetanol je cenejši kot nafta, stroški se lahko v bližnji

prihodnosti z razvojem tehnologije proizvodnje iz lignocelulozne biomase še znižajo. Takšna tehnologija je že operativna in se že uporablja v Braziliji in na Švedskem, zato se lahko sorazmerno hitro razširi tudi v druge države.

Kot najbolj obetavna dolgoročna rešitev pogona pri vozilih se kažejo gorivne celice. Te imajo tudi največji potencial za nadaljnji razvoj, vendar obstaja pri njih še vrsta nejasnosti. V primeru, da krivulja učenja ne bo takšna kot se predvideva, se lahko njihova komercialna uporaba, ki je že tako postavljena precej v prihodnost, še zavleče. Poleg hitrosti razvoja gorivnih celic, ki je trenutno usmerjen v raziskave materialov, ki bi znižali njihove stroške, bo uveljavitev gorivnih celic močno odvisna od dodatnih investicij v elektrarne. Te bodo potrebne za zagotovitev zadostne količine elektrike za postopke proizvodnje vodika in zaradi znižanja učinkovitosti elektrarn zaradi procesa zajezitve ogljikovega dioksida, ki je potreben, da je proizvodnja vodika ekološko sprejemljiva.

Obe tehnologiji bi lahko pomagali upočasniti okoljske spremembe. Pri tehnologiji bioetanol se zdi, da glavni cilj ni toliko znižanje stroškov na prevoženi kilometer, temveč bolj skrb za okolje in manjšo odvisnost od nestabilnih držav proizvajalk nafte. Drugače je z gorivnimi celicami, ki bodo poleg okoljskih prednosti pomenile tudi velik skok v produktivnosti, zaradi česar bodo stroški vožnje lahko nižji (ob predpostavki, da proizvodnja vodika ne bo predraga). Poleg tega bo njihova uveljavitev pomenila, da bo nafto možno dlje časa uporabljati v drugih panogah, npr. petrokemični industriji. Ko bodo gorivne celice dovolj zrele tehnologija, se bo njihova uporaba lahko širila tudi na druga področja. Hipoteze so torej naslednje:

H1 – Iskanje rešitev v osebni transportu gre danes v več smereh, kajti smeri se razlikujejo iz vidika ročnosti rešitev, stroškov in verjetnosti uspešnih tehnoloških rešitev ter njihove komercializacije.

H2 – Zaradi ogromnega kapitala, ki je investiran v klasične rešitve (ogljikovodiki, motorji z notranjim izgorevanjem), je v kratko- in srednjeročni perspektivi največja verjetnost ohranjanje ter počasno zmanjševanje tega vira in pripadajoče tehnologije (s podporo novim tehnološkim rešitvam, ki povečujejo učinkovitost).

H3 – Hitrost uvajanja sprememb bo v veliki meri odvisna od regulative, ki jo narekujejo ekološki vidiki, in politične volje za spremembe, ki ustvarjata neposredne stroške za podjetja in uporabnike ter s tem postavljata dileme globalne konkurenčnosti posameznega gospodarstva, ki uvaja novosti.

H4 – Zaradi povezanosti ekonomskih in okoljskih vidikov sta nujna globalno reševanje problema in svetovni konsenz o ustrezni politiki uvajanja tehničnih novosti, ki mora biti tudi ekonomsko privlačna.

H5 – Trenutna raven znanja o možnih rešitvah daje največjo verjetnost na dolgi rok uveljavitvi pogona na gorivne celice, vendar je potrebno rešiti še številna tehnična vprašanja.

Kriteriji ocenjevanja rešitev bodo predvsem:

- cene goriv,
- razpoložljivost goriv in zanesljivost dobav,
- ekološki vidik (emisije CO<sub>2</sub>, itd.),
- ekonomičnost porabe.

Smeri reševanja, ki jih srečujemo pri proizvajalcih, so:

- izboljšanje obstoječih pogonskih agregatov (tehnologije) z naftnimi derivati,
- iskanje novih zalog energentov in analiza ekonomičnosti njihovega izkoriščanja,
- alternativne pogonske energije,
- iskanje novega ravnotežja javni – zasebni prevoz (zapiranje mest).

Magistrsko delo temelji na proučevanju teoretičnih izhodišč oblikovanja cen nafte, potreb po energiji, političnih interesov in prepletanja naštetih elementov. Le-to navezujem na področje razvoja alternativnih tehnologij pogona pri vozilih in obravnavam njihovo ekonomsko in ekološko sprejemljivost. Za teoretični del sem uporabil predvsem svetovno literaturo, saj pri nas o tem ni dosti razprav. Pri študiju literature sem kritično pristopil k izbrani tematiki in se dotaknil tudi problema, ali lahko nafte zmanjka in če, kdaj naj bi do tega prišlo. Ob tem je pomembno tudi dejstvo, da sta na kratki rok tako povpraševanje kot ponudba po nafti zelo neeleastična. Prvo zato, ker ljudje potrebujejo čas, da spremenijo navade in ker nimajo veliko alternativ, druga zaradi specifične črpanja nafte, saj stroškov s črpanjem iz obstoječih vrtin praktično ni.

V empiričnem delu obravnavam nekaj trenutno najbolj obetavnih tehnologij konkretnih avtomobilskih proizvajalcev, njihove prednosti, slabosti in poskušam predvideti morebitne ovire pri njihovem uvajanju. Ker bo za uspeh tehnologije pomemben dejavnik tudi gorivo, torej njegova razpoložljivost in cena, za dve najbolj obetavni tehnologiji (v tem trenutku se zdi, da je najboljša kratko- in srednjeročna rešitev Saabova tehnologija BioPower, dolgoročna pa gorivne celice, kjer z razvojem prednjači Daimler) analiziram še možnosti proizvodnje potrebnega alternativnega goriva, investicije, ki bodo za to potrebne, sprejemljivost takšne proizvodnje za okolje in ceno prevoženega kilometra s takšnim gorivom. Pri proizvodnji bioetanolu bo kot glavni fiksni produkcijski faktor nastopala zemlja, ki bo potrebna za rast posevkov. V tem delu uporabljam tuje in domače članke in strokovne publikacije ter podatke proizvajalcev vozil.



## 2. ENERGIJA IN POGON MOTORNIH VOZIL

Uporaba novih energetskih virov je ključni dejavnik pri zagotavljanju hrane, fizičnega udobja in ekonomskega razvoja družbe. Večino štirih milijonov let, kolikor obstaja človeštvo, je bila človekova potreba po energiji in materialih majhna in omejena na energijo, ki jo je dobil iz zaužite hrane, in malo udobja, ki mu ga je zagotavljalo okolje. Prevzem vsake nove tehnološke inovacije, ki je izboljšala njegove možnosti preživetja ali povečala njegovo zmožnost »nadziranja« okolja, je povečal njegove potrebe po energiji in materialih. Nadzorovana uporaba ognja je zagotavljala zaščito in toploto ter hkrati povečala raznolikost hrane, ki jo je lahko zaužil. To je ustvarilo potrebo po kurjavi in možnost, da inovacije izboljšajo kakovost orodja, ki se je uporabljalo za lov in zaščito (Eden et al, 1981, str. 6).

Odnos med povpraševanjem po energiji in ekonomsko rastjo postaja vedno bolj jasen. Širina in raven razvitosti ekonomske aktivnosti predstavlja merilo blaginje, zgodovinski podatki pa kažejo, da se je svetovno povpraševanje po energiji oziroma energentih v zadnjih nekaj desetletjih povečevalo po skoraj enaki stopnji kot bruto svetovni proizvod. Podobne povezave se kažejo tudi za mnoge države, čeprav obstajajo variacije med stopnjami rasti povpraševanja po energiji in stopnjami rasti bruto domačega proizvoda v različnih obdobjih in različnih državah (Eden et al., 1981, str. 29).

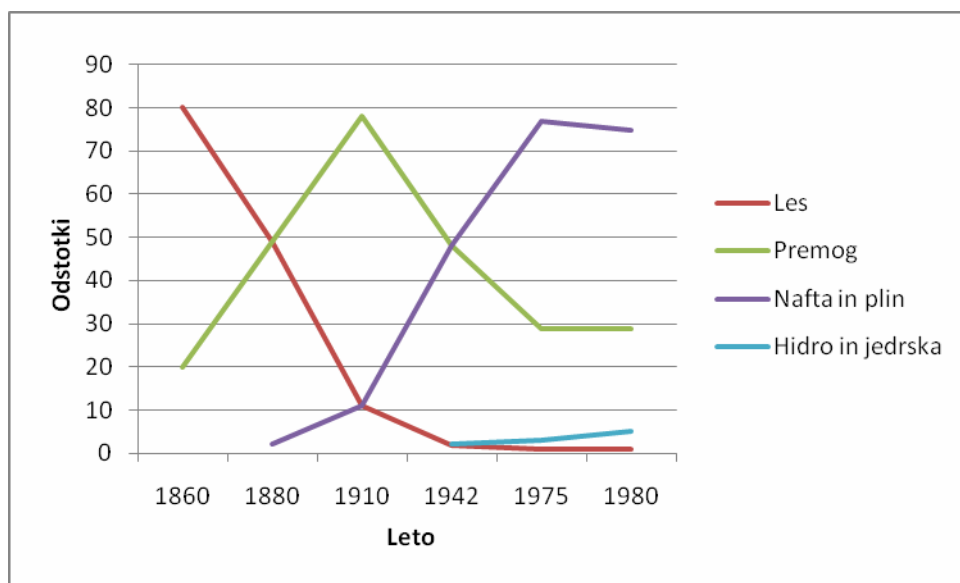
Zgodnje izkopavanje premoga je bilo vezano na najdišča nad nivojem podtalnice, a je bilo kasneje, ko se je povpraševanje po premogu povečalo, potrebno izkopavati tudi v najdiščih pod njenim nivojem. Zato se je pojavila potreba po odvajanju odvečne vode in tako je bil leta 1712 izumljen parni stroj, ki je deloval na premog. Ta stroj je lahko potiskal vodo le deset metrov visoko in začele so se izboljšave: večja učinkovitost, večja hitrost in manjša poraba goriva za enako proizvedeno moč. Zaradi izboljšav je bilo parni stroj moč uporabiti še na drugih področjih in končno tudi v transportu. Učinkovitost parnih strojev je zrasla od manj kot odstotka na štiri odstotke, sodobne parne turbine pa so v 1880-ih letih dosegale približno štirideset odstotno učinkovitost. A doba parnih strojev je bila kratka in na začetku dvajsetega stoletja so motorji z notranjim izgorevanjem nadomestili parne stroje ter uporabo mul in konjev (Eden et al., 1981, str. 9, 10). Razvoj mehanske opreme, ki je delovala na energijo vode ali vetra je močno povečal količino energije, ki jo je bilo možno izkoristiti (Eden et al., 1981, str. 6).

Ekonomika energetskih virov se ukvarja z dejstvom, kako se to razmerje spreminja v času, kako se razlikuje med državami ter, za mojo magistrsko nalogo najbolj pomembno, kako bi se to razmerje lahko spremenilo v primeru sprememb cen energentov ali drugih faktorjev proizvodnje (Eden et al., 1981, str. 29).

## 2.1. Razvoj energetskih virov v človeški zgodovini

Hitrost sprememb je pomemben dejavnik pri ocenjevanju možnih prihodnjih energetskih problemov, zato je za razumevanje potrebno proučiti tudi dogajanja v preteklosti. Zamenjava premoga z lesom v obdobju 1550-1650 v Britaniji je bila posledica relativne cenovne prednosti lesa, ki se je v omenjenem obdobju kar podvojila. Operativne prednosti jeklenih parnikov pred lesenimi ladjami so bile tako velike, da se je delež lesenih ladij v britanski trgovski floti v samo tridesetih letih (1870–1900) zmanjšal od devetdesetih na zgolj deset odstotkov. Glavne železniške povezave v Britaniji in v ZDA so bile ravno tako zgrajene v kratkem obdobju tridesetih let (Eden et al., 1981, str. 11). Časovni okvir tridesetih let je bil precej očiten v večjih obdobjih zamenjav pogonskih energentov. V ZDA je v obdobju 1870–1900 kar polovico trga, ki ga je zasedal les, prevzel premog. Podobno je premog izgubil polovico svojega tržnega deleža proti nafti in plinu v obdobju 1920–1960. Vse našteje spremembe so se zgodile v obdobju hitre rasti povpraševanja po energentih, kar prikazuje tudi Slika 1.

Slika 1: Deleži posameznih energentov v celotni porabi skozi čas, 1860–1980



Vir: Eden et al., 1981, str. 13.

Svetovno povpraševanje po energiji/energentih se je v zadnjih sedemdesetih letih povečevalo po približno enaki stopnji kot bruto svetovni proizvod. Ker kar tri četrtine svetovnega prebivalstva živi v manj razvitih državah, je moč predvidevati, da bo v primeru, če bodo manj razvite države sledile vzorcu razvoja že razvitih, svetovna poraba energije rasla še naprej (Eden et al., 1981, str. 48, 49). V zadnjem stoletju pravzaprav ni prišlo do radikalnih sprememb v energetskih virih (jedrska energija ostaja vprašljiva), zato se je vprašanje energije postavilo kot ena temeljnih razvojnih dilem na začetku novega tisočletja. Z razvojem

tehnologije in globalizacije se namreč v svetu uveljavljajo nova strateška razmerja, ki bistveno vplivajo na energetske načrte. Predvsem Kitajska in Indija se vse hitreje razvijata in s tem se opazno povečuje tudi njuno povpraševanje po energiji (podobno je opaziti tudi povečano povpraševanje po betonu in železu) tako za industrijo kot tudi za razvijajoči se transport. Ker sta obe državi veliki in imata ogromno prebivalcev, njuno povečano povpraševanje po nafti pomembno vpliva na celotno svetovno povpraševanje po nafti in s tem (kot bom razložil v nadaljevanju) poleg političnih dejavnikov na svetovno ceno nafte. Povečano svetovno povpraševanje po nafti in porast svetovne cene nafte lahko v skladu s tržno teorijo nakazuje menjavo relativno dražjega energenta, če obstajajo tehnološke alternative.

Smer, v katero gredo rešitve, ni samo ena. Avtomobilski proizvajalci še vedno delajo na izboljšavah obstoječih motorjev z notranjim izgorevanjem. Zdi se, da imajo motorji ob vsaki prenovi nižjo porabo in večjo moč. Po nekaterih podatkih je učinkovitost ICE (vsaj v optimalnem območju vrtljajev) že precej blizu teoretičnim omejitvam. Veliko je bilo narejenega tudi na področju zagotavljanja nafte. Z vertikalnim vrtanjem je sedaj možno črpati tudi iz nahajališč, za katere so najprej menili, da so nedostopna, poleg tega se s tehniko vbrizgavanja vode ali plina v vrtine iz nahajališč načrpa več nafte. Podnebne spremembe, ki so v zadnjem času vse hujše in hitrejša, so spodbudile tudi razvoj tehnologij, ki bi lahko v sorazmerno kratkem obdobju občutneje znižale emisije toplogrednih plinov. Med tovrstne rešitve spadajo razni hibridi ter optimizacija klasičnih motorjev z notranjim izgorevanjem za delovanje na bioetanol, utekočinjen naftni plin in v končni fazi tudi na vodik. Rast cen nafte in njenih derivatov ter skrb zaradi odvisnosti od fosilnih goriv sta spodbudila razvoj tudi povsem novih in v določenih pogledih revolucionarnih tehnoloških rešitev, kot so na primer gorivne celice ali morda tako imenovani »in-wheel« električni motorji. Smeri iskanja novih rešitev prikazuje tudi drevo rešitev na Sliki 2 na naslednji strani.

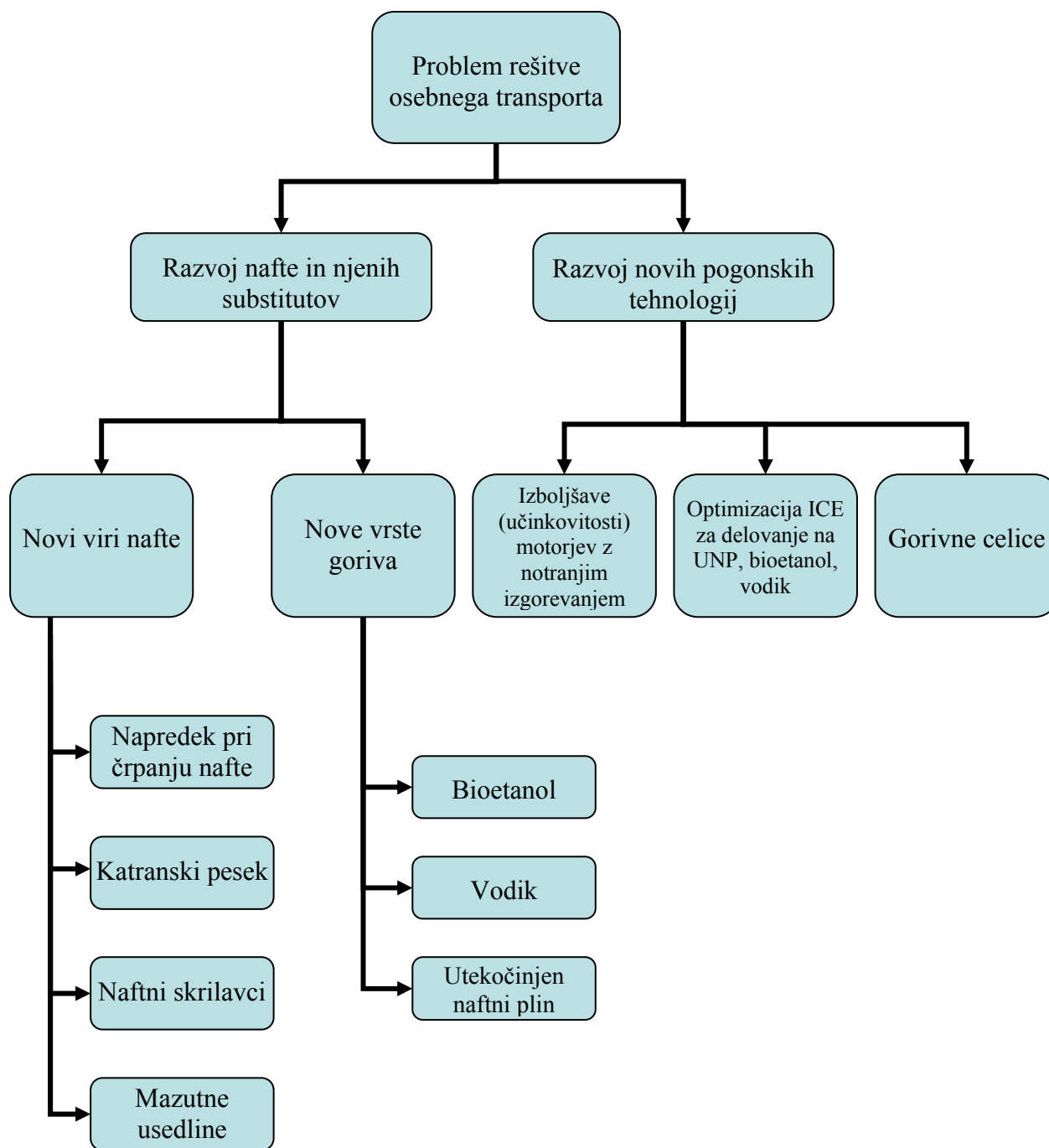
## **2.2. Motorna vozila ter tehnološke in družbene spremembe**

V prvih letih dvajsetega stoletja je v ZDA železniški prevoz predstavljal skoraj ves promet med mesti. Do leta 1910 so avtomobili postala resna konkurenca, do leta 1920 pa je bilo z avtomobili opravljenih že več potniških kilometrov med mesti kot z železnico (Eden et al., 1981, str. 11).

Da bi lahko analiziral potencialne odzive na variacije cen ali razpoložljivost goriv, je potrebno proučiti porabo v posameznih ekonomskih sektorjih, npr. gospodinjstvih, transportu in industriji. Za potrebe te magistrske naloge se bom osredotočil na transport, ki zajema privatni, komercialni in javni prevoz (Eden et al., 1981, str. 29). Torej pojem transport ne zajema samo prevoza z avtomobili, vseeno pa se kaže trend rasti. Tako je npr. leta 1972 transport v ZDA predstavljal 22-odstotni delež porabljene energije (Eden et al., 1981, str. 41), ocena za leto 2030, ravno tako za ZDA, pa je slabih 30 odstotkov (Energy Information Administration,

2006), torej porast za kar približno osem odstotnih točk. Po ekonomski teoriji smo potrošniki manj občutljivi na cenovne spremembe oziroma višino cene nečesa, kar predstavlja sorazmerno majhen delež potrošnje v našem dohodku, kar pomeni, da bomo zaradi porasta deleža porabljene energije v transportu postali bolj pozorni in občutljivi na ceno goriva. In to je že osnovno izhodišče za iskanje alternativnih virov in tehnologij pogona.

Slika 2: Drevo rešitev – smeri razvoja v osebnem transportu



Vir: Lastna ponazoritev.

Cene energije oziroma energentov vplivajo na povpraševanje po energentih in ekonomiko investiranja v dobavo energije, kar pomembno vpliva na cene. Cene nafte vplivajo na cene zemeljskega plina in v manjšem obsegu na cene premoga preko konkurence med energenti. Razmerje med ponudbo in povpraševanjem je težko predvideti predvsem zaradi negotovosti o prihodnji proizvodnji OPEC in cenovne politike (o čemer več v nadaljevanju). Visoke cene nafte bi do neke mere zadušile povpraševanje po njej in hkrati, vsaj začasno, povečale privlačnost investicij v njeno proizvodnjo (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 52).

Že pred petindvajsetimi leti so nekateri avtorji pravilno ugotovili (vsaj za zdaj kaže tako), da je malo verjetno, da bi se katerikoli neobnovljivi vir dokončno izčrpal na svetovnem nivoju v naslednjih stotih letih, hkrati so predvideli višje cene nekaterih energentov. Višja cena nafte naj bi bila tako posledica bolj dragih sekundarnih oblik pridobivanja nafte iz npr. katranskega peska, naftnih skrilavcev in mazutnih usedlin.

### **2.3. Dileme nafte kot pogonskega energenta**

Nafto smo kot energent začeli uporabljati že pred več kot sto leti. Od takrat njena poraba hitro narašča, temu sledijo tudi cene. Poleg tega je nafta geografsko neenakomerno razporejena, zato se države, ki svojih virov nafte nimajo, bojijo prevelike odvisnosti od tujih dobav fosilnih goriv. Zadnje ugotovitve kažejo, da je bil strah, da bo nafte zmanjkalo, odveč. Najdišč je dovolj, poleg tega je prišlo do velikega napredka v učinkovitosti pri črpanju nafte. Po drugi strani je nafta neobnovljiv vir in je pomembna tudi za uporabo v drugih panogah, na primer petrokemični industriji. Morda je glavna slabost nafte, da se pri njenem gorenju izločajo škodljive snovi in toplogredni plini, ki povzročajo globalno segrevanje in negativno vplivajo na kakovost življenja.

#### **2.3.1. Razpoložljivost nafte in dogajanje na njenem trgu**

Za dokazane zaloge nafte, torej nafto, ki je bila odkrita in jo lahko ekonomsko učinkovito črpamo pri trenutnih cenah z uporabo trenutne tehnologije, obstaja precej zanesljiva ocena. Nedvomno pa je mnogo manj gotovosti za vire nafte, širšo kategorijo, ki zajema oziroma vključuje tudi nafto, za katero menijo, da obstaja in jo je možno ekonomsko učinkovito črpati. Kljub temu zadnje ocene kažejo, da so dokazane rezerve dovolj velike, da bodo zadostovale za povečano povpraševanje do leta 2030 in še dlje (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 134).

Negotovost glede naftnih rezerv in virov je še posebej visoka na Srednjem vzhodu. Podatki iz tega območja so pogosto predmet kritik zaradi več razlogov. Ocene ostajajo netransparentne zaradi pomanjkanja kredibilnega nadzora trditev lokalnih oblasti. Stopnja negotovosti je precej visoka tudi v tranzicijskih gospodarstvih, saj do nedavnega neodvisne ocene niso bile

mogoče, v nekaterih celo še vedno niso. Ocene naftnih rezerv in virov tvorijo enega izmed glavnih dejavnikov pri odločanju naftnih podjetij. Nove ocene o rezervah, ki so posledica novih informacij in novih tehnik črpanja nafte, lahko vplivajo na lokacijo in čas novih raziskovanj (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 134).

Od prvega črpanja nafte iz vrtine v Titusvillu v Pennsylvaniji leta 1859 do današnjih vrtin na kopnem, v oceanih in pod jezeri se je raziskovanje in pridobivanje nafte močno spremenilo. Danes pri tem opravilu uporabljajo računalnike, ki najdejo nafto in plin ter preverijo čistost najdenega energenta (Teaching Tools, 2006). Pri vrtanju se vodi zapisnik, kamor se vpisuje geološka struktura tal in kaj se dogaja med vrtanjem. Za svedrom spustijo v luknjo kamero, kar omogoča geologom, da slikajo in posnamejo dejansko stanje pod površjem. S tehniko, ki je podobna magnetni resonanci v zdravstvu, celo ugotavljajo ali gre za najdišče nafte ali zemeljskega plina. Tovrstne tehnike povečujejo učinkovitost vrtanja, zaradi česar je potrebno manj denarja za raziskovanje, posledica pa bi lahko bile nižje cene goriv, a to ne drži. O razlogih za to bom povedal več v točkah 2.4. in 2.5.. Pomembne novosti so še (Teaching Tools, 2006):

- *Vodoravno vrtanje*: mnogo nahajališč nafte ni dostopnih s tradicionalnim vertikalnim vrtanjem. V zadnjih letih je bilo mnogo vrtin izvrtanih na enem kosu zemlje in nato pod površino do drugega zemljišča, kjer se je nahajala nafta. Glavni razlog za tako početje je minimiziranje vplivov na okolje, včasih pa je nafta locirana pod mestom, kar onemogoča tradicionalni način vrtanja.
- *Napredek pri kakovosti opreme*: tehnološki napredek v proizvodnji opreme za vrtanje, kot so svedri in podobno, omogoča, da je oprema cenejša in zdrži večje obremenitve dlje časa.
- *Ekstrakcija nafte*: v najboljših pogojih narava sama poskrbi, da začne nafta bruhati na površje. A po začetnem bruhanju se pritisk zmanjša in nafto moramo začeti črpati na površje s črpalkami. Druga oblika vključuje črpanje zračnih mehurčkov v nafto, s čimer se zmanjša njena gostota, preostali pritisk v nahajališču pa jo tako lahko potisne na površje. Obe naštetih metodi pustita v nahajališčih še precej nafte, zato je potrebno uporabiti še druge tehnike, na primer črpanje vode ali plina v vrtino. Tako se ustvari zračni mehur na površju, pritisk pa iztisne nafto. Po drugi strani je potrebno vodo načrpati v drugo vrtino, ki je povezana s prvo in ker nafta plava na vodi, jo voda porine iz vrtine. Možna je tudi uporaba milnate snovi, ki loči plast vode in nafte in hkrati zagotavlja temeljito izčrpanje nafte. Možnost predstavlja tudi uporaba toplote, ki razredči zelo gosto nafto, tako jo lažje črpamo.

Naštete tehnološke novosti pri črpanju nafte omogočajo, da za pridobivanje nafte ni potrebno uporabiti dragih sekundarnih oblik pridobivanja nafte iz npr. katranskega peska, naftnih skrilavcev in mazutnih usedlin. Naštete tehnične novosti bi morale (v teoriji) preko znižanja stroškov kapitala, iskanja in črpanja nafte, znižati cene goriv, vendar se to ni zgodilo.

### 2.3.2. Organizacija OPEC in nadzor nad ceno naftnih derivatov

Organizacija držav izvoznic nafte (Organization of Petroleum Exporting Countries ali krajše OPEC) je kartel, ki so ga leta 1960 oblikovali Iran, Kuvajt, Savdska Arabija in Venezuela. Danes sestavlja kartel enajst članic, in sicer: Alžirija, Indonezija, Iran, Irak, Kuvajt, Libija, Nigerija, Katar, Savdska Arabija, Združeni arabski emirati in Venezuela (OPEC spletna stran, 2006). Cilj OPEC je koordinirati in poenotiti naftno politiko držav članic z namenom zagotoviti poštene in stabilne cene za izvoznike nafte, učinkovito, ekonomično in redno dobavo nafte državam uvoznicam in pošten donos na kapital vlagateljem v to panogo (OPEC spletna stran, 2006).

V teoriji je kartel skupina prodajalcev, ki s svojimi dejanji drži cene nad nivojem, ki bi se sicer ustvaril na trgu. Kartel to doseže z omejevanjem vstopa določene dobrine (v tem primeru nafte) na trg, s tem se dvignejo cene. Povpraševanje po nafti je na kratki rok zelo neelastično in se ne spreminja, a na dolgi rok postane bolj elastično. Potrošniki začnejo varčevati in zamenjevati dobrino, katere cena se je povišala, z drugimi dobrinami. Svoje nakupe preusmerijo od dobrine, ki ji je kartel preprečeval ali omejeval vstop na trg, k alternativam, ki so zaradi povišanja cene te dobrine postale bolj privlačne. V takih razmerah postane težko držati se tihih dogovorov. Na koncu se zmanjša povpraševanje po dobrini, katere dobavo je kartel omejeval, s tem pade njena cena. Po ekonomski teoriji večina kartelov na dolgi rok propade, tudi če imajo na kratki rok veliko moč. Za dobrine, s katerimi se trguje na mednarodnem trgu, je obstajalo mnogo kartelov: baker, pločevina, boksit, diamanti, krom, fosfati, kava in banane, a so propadli (Marcus, 1992, str. 61).

Karteli lahko propadejo zaradi mnogih razlogov. So zelo nestabilni. Za povečanje dobička morajo člani kartela omejiti proizvodnjo, zato se morajo zateči k tihemu dogovoru. Če ne uspejo znižati proizvodnje, člani kartela ne morejo obdržati visokih cen. Visoke cene pa zmanjšajo željo po ohranjanju tihih dogovorov, saj se poveča proizvodnja nečlanic kartela. Tudi če kartel povabi nečlane, da se pridružijo, se slednji povabilu verjetno ne bodo odzvali, saj kot nečlani lahko proizvajajo (črpajo) brez omejitev in imajo še vedno korist zaradi visokih cen, ki jih je vzpostavilo delovanje kartela. Tako so nečlani pravzaprav zastojkarji, ki profitirajo zaradi kartelove politike, hkrati pa jim ni potrebno plačevati stroškov. V resnici se mnoge države izvoznice nafte niso pridružile OPEC, npr. ZDA, Norveška, Malezija, Egipt in države bivše Sovjetske zveze (Marcus, 1992, str. 61, 62).

Visoke cene oslabijo kartel še na en način in sicer z zmanjšanjem povpraševanja. Ko so se potrošniki prisiljeni soočiti z visokimi cenami, začnejo varčevati, trošijo manj dobrine, ki jo kartel nadzoruje. Visoke cene spodkopavajo kartel tudi s spodbujanjem kupcev k iskanju substitutov in povzročajo razvijanje proizvodov, ki jih je mogoče uporabljati namesto omejevanega. Vsaj v teoriji imajo torej karteli že sami v sebi seme svojega propada. Kot odgovor na visoke cene kupci iščejo alternativne proizvode, znižajo potrošnjo tega proizvoda in poskušajo najti substitute (Marcus, 1992, str. 62).

Ko se trg za kartelov proizvod zmanjšuje, problemi za ohranjanje tihih dogovorov rastejo. Ko je cena oblikovana, se mora kartel odločiti, kako razdeliti celotno prodajo in dobiček med članice. Ne glede na to, kakšna je delitev, so koristi za posamezne članice različne. Prva možnost je, da se določi cena in se članicam dovoli, da prodajajo po tej ceni, a so v tem primeru privilegirane članice z nizkimi proizvodnimi stroški. Druga možnost je določitev kvot, katerih proizvajalci z visokimi proizvodnimi stroški ravno tako ne odobravajo, saj se z njimi omejijo prihodki. Opiranje na relativno prodajo članic v obdobju pred kartelom ali proizvodno kapaciteto članic ravno tako ne pomaga, saj postaneta sporna izbira časovnega obdobja in mera proizvodne kapacitete. Določitev kvot je odvisna od pogajanj, ki lahko povzročijo nezaupanje med člani kartela (Marcus, 1992, str. 62).

Politika visokih cen in omejevanje črpanja v OPEC sta dala močno spodbudo za črpanje nafte v državah, ki niso članice kartela, ravno tako za iskanje novih nahajališč. Nečlanice so iskale načine za substitucijo nafte članic OPEC s svojo, pri tem so ustvarjale dobičke, krivdo pa so pripisali OPEC in njegovi politiki (Colitti, Simeoni, 1996, str. 96). Spomladi leta 2000 je Rusija zaradi (za tisti čas) visokih cen nafte (glej Prilogo 2) začela povečevati črpanje in izvoz nafte ter s tem povečevati prihodke in dobiček. Po tem, ko se Rusija ni odzvala na poziv OPEC naj zmanjša proizvodnjo nafte, so tudi članice OPEC močno povečale dnevno načrpano količino nafte, zaradi česar je njena cena občutno padla in s tem ruski dobički od prodaje nafte. Predstavniki OPEC so takrat zatrjevali, da bodo povečevali količino načrpane nafte (in s tem nižali ceno), vse dokler ne bo Rusija začela črpati in izvažati začetne količine nafte. Najnižja cena, ki bi jo nafta na trgu dosegla, jim je bila nepomembna. In res je Rusija v kratkem začela črpati prvotno količino nafte, njena cena pa se je vrnila na začetno raven.

Razlog, zakaj OPEC ni imel (oz. še vedno nima) najnižje cene, pri kateri bi se proizvodnja ustavila, je v specifikah pridobivanja nafte. Ko se začne črpanje iz novega nahajališča, je podjetje že plačalo za iskanje novega polja in njegov razvoj. Ker je dolar danes vreden več kot dolar jutri, želijo nahajališče izčrpati kar najhitreje, to pa je možno le pri manjših nahajališčih, saj bi takšno izčrpavanje večjih nahajališč znižalo ceno nafte zaradi prevelike ponudbe. Ko se torej že črpa na določenem nahajališču, podjetje z njim nima praktično nobenih stroškov več, zato ne obstaja cena, ki bi prekinila črpanje iz nahajališč, ki so že v uporabi, iskanje novih virov pa se seveda upočasni ali celo ustavi (Colitti, Simeoni, 1996, str. 65).

Po zgoraj opisani ekonomski logiki bi moral tudi kartel izvoznic nafte, podobno kot mnogi pred njim, postopoma propasti. Dejstva, da je cena nafte dosegla nivo, kjer postajajo investicije v razvoj alternativnih virov pogona smiselne, se pri OPEC že zavedajo. Zato tudi ni naključje, da so se cene od avgusta 2006, ko je cena za sodček že preseгла 75 USD, opazno znižale na okoli 60 USD za sodček (Carr, 2006). Tudi Paul Newton, analitik v podjetju Global Insight, ki se že 40 let ukvarja z ekonomskimi in finančnimi analizami in napovedmi, zatrjuje, da bi padec cen nafte (ponovno vpliv OPEC) lahko upočasnil razvoj tovrstnih tehnologij (Cheaper Production of Bioethanol – Also in Europe, 2006).



Tisti, ki verjamejo v teorijo zarote, trdijo, da ima OPEC močan interes, da ostanejo cene nafte na sorazmerno nizki ravni in tako preprečijo, da bi se denar selil od nafte k alternativnim gorivom. Tudi pri Fox News trdijo, da je padec cen nafte na okoli 60 USD za sodček le poskus sabotaže alternativnih goriv, kot je na primer E85 etanol. Omenjena cena je dovolj nizka, da naj bi odvrnila prehajanje denarja k alternativnim gorivom, a hkrati še vedno dovolj visoka, da so investicije v nove proizvodne zmogljivosti nafte upravičene. Po vsej verjetnosti to pravzaprav ni bil glavni razlog za znižanje cen nafte. Pri OPEC so se tudi zavedali, da bi pri ceni 80 dolarjev za sodček prišlo do resnih ekonomskih posledic po vsem svetu. V svetovnih recesijah povpraševanje po nafti drastično upade in OPEC bi izgubljal prihodke (Carr, 2006).

Sklenemo torej lahko, da je želja po omejevanju alternativnih goriv in investicij vanje imela vpliv na odločitev OPEC, vendar to ni bil glavni razlog za znižanje cen nafte, kar je v svoji izjavi za medije potrdil tudi Curtis Donaldson, predsednik združenja National Ethanol Vehicle Coalition (NEVC). Izjavil je, da bo zelo slabo, če bodo zaradi nekoliko nižjih cen nafte investicije v etanol zamrle, sploh v času, ko je neodvisnost od nafte zelo pomembna. Hkrati E85 etanol kljub vsemu ne ogroža nafte, saj je po zadnjih podatkih v ZDA približno 175.000 klasičnih bencinskih črpalk in le okoli 1.000 črpalk, kjer je na voljo E85 etanol. Slednji je glavno pogonsko gorivo le v Braziliji (Carr, 2006).

### **2.3.3. Globalizacija in problemi preskrbe z nafto**

Nafta je politična dobrina zato, ker je vitalnega pomena za sodobno gospodarstvo, ter zaradi dejstva, da večino nafte načrpamo v državah, ki so politično nestabilne. Pogosto so pravi vzvodi odločanja v rokah vplivnih korporacij in kolonialnih vlad (Colitti, Simeoni, 1996, str. 119). Razvoj naftne industrije se že od začetka povezuje z vzponom ZDA. Naftna industrija se je razvijala v času, ko so ZDA prehitevale Evropo. Ustvarila je nove priložnosti (na primer kemična industrija) in s tem ZDA omogočila prednost pred Evropo, katere ekonomija je temeljila na premogu in ni bila sposobna dovolj hitro zamenjati energenta (Colitti, Simeoni, 1996, str. 119). Nadalje se je naftna industrija rodila v času kolonializma, ko sta si ZDA in Evropa ustvarjali svoja področja vpliva, to je neposredne ali posredne kolonije. Ali so naftna podjetja le sledila kolonialnim vojskam in izkoriščala ugodne razmere ali aktivno podpihovala kolonialno ekspanzijo ostaja predmet diskusije, dejstvo pa je, da so ameriški interesi vedno imeli veliko težo, če že ne kar zadnjo besedo (Colitti, Simeoni, 1996, str. 119).

Kolonializma ni več in nekdanji odnosi med ZDA, Evropo in državami izvoznicami se ne bodo nikoli več vrnili k splošni kolonialni dominaciji. Dominanca ZDA v panogi se je zmanjšala zaradi povečanja vpliva držav, ki črpajo nafto, in zmanjšane agresivnosti ameriških podjetij v tujini. Pomembna prelomnica je bil čas, ko so se vlade novih držav odločile, da ne bodo dovolile, da bi naftna podjetja vodila njihov del naftne panoge, temveč da bodo to počele same. S tem so močno povečale politični element v panogi (Colitti, Simeoni, 1996, str. 121).

Napačen bi bil sklep, da gre le za politične interese skupine držav izvoznic z velikimi naftnimi rezervami in poslovno miselnost naftnih podjetij. Slednja prav gotovo ni brez politično utemeljene presoje in politične odločitve izvoznic imajo svoj poslovni cilj in namen. To je naftno industrijo pomaknilo od posla k politiki (Colitti, Simeoni, 1996, str. 121).

#### **2.3.4. Nafta in okoljski vidik**

V poznih 1990-ih letih je nafta postala sorazmerno redek energent, povečana poraba pa je povzročila degradacijo okolja in močan porast cen. Zaradi globalnega segrevanja, ki so ga povzročili toplogredni plini, je bilo potrebno začeti iskati nove alternative, ki bi preprečile ali občutno zmanjšale uničevanje okolja. »Osebni transport« kot glavni potrošnik nafte in s tem avtomobilska industrija sta povzročila kar 40 odstotkov vseh toplogrednih emisij. Postopno osveščanje o onesnaževanju okolja je pripeljalo do zaostritve predpisov o dovoljenih emisijah in porabi goriva, kar je spodbudilo razvoj novih tehnologij. To je prisililo tudi vodilne avtomobilske proizvajalce, da so razvili tehnologijo hibridov, ki je energetske bolj učinkovita in hkrati manj škodljiva za okolje, torej »čistejša« (Sinha, 2006, str. 5).

Proizvodnja, transformacija in potrošnja energije povzročajo okoljevarstvene probleme, kot sta emisija CO<sub>2</sub> in polutantov, kot je na primer SO<sub>2</sub>, ki povzročata čedalje več skrbi po vsem svetu. Okoljevarstvena politika in predpisi z zahtevanjem ali spodbujanjem uvajanja čistejših tehnologij vplivajo na investicije v energente neposredno, posredno pa s spreminjanjem povpraševanja po energentih in s spreminjanjem razmerja energentov v pridobivanju energije (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 53).

Novi ukrepi za spopad z emisijami, ki povzročajo učinek tople grede, imajo velik vpliv na nivo in razporeditev investicij v energente v mnogih državah. Alternativni scenarij v WEO-2002 je pokazal, da bi novi predpisi, namenjeni zmanjšanju emisij CO<sub>2</sub>, o katerih razmišljajo v državah OECD, do leta 2030 zmanjšali njihovo povpraševanje po nafti za 9,5 odstotka, po plinu za 12,5 odstotka in povpraševanje po premogu za kar 26 odstotkov glede na primerjani scenarij. Tolikšno znižanje povpraševanja bi občutno vplivalo na dobavo energije, mednarodne trgovalne tokove in s tem na investicije v infrastrukturo za pridobivanje energentov (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 53).

Okoljevarstveni pomisleki vse bolj vplivajo na možnosti za investiranje v nafto in stroške novih projektov. Skrbi zaradi škodljivih učinkov črpanja nafte in plina na okolje povečujejo tveganje in s tem zadržujejo investicije v mnogih državah. Tudi v državah, kjer je vrtanje dovoljeno, lahko okoljevarstveni predpisi in politike vsilijo dodatne omejitve in obremenjujoče investicije ter standarde obratovanja, ki povišajo kapitalne stroške in povzročajo zamude. Javno nasprotovanje projektom lahko prepreči podjetjem investiranje v protislovne projekte (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 132).

Socialni in okoljevarstveni vidik pri načinih dobave energije sta že nekaj deset let pomembna dejavnika pri industrijskem načrtovanju in energetskih strategijah. Lokalno ali splošno nasprotovanje nekaterim načinom dobave energije lahko zavira razvoj npr. pridobivanja jedrske energije, kot ene izmed alternativ nafte (Eden et al., 1981, str. 48).

## **2.4. Smeri iskanja novih možnosti**

Tehnološki napredek z zniževanjem kapitalskih in operativnih stroškov na enoto naredi investicije bolj privlačne. Toda stopnjo in hitrost zniževanja kapitalskih stroškov na enoto zaradi tehnološkega napredka je zelo težko predvideti. Napredek v enem sektorju lahko na drugi strani tudi zmanjša ekonomičnost in s tem investicije v drugem sektorju. Tehnologije na strani povpraševanja preko vpliva na naraščanje povpraševanja in kombinacije energentov vplivajo tudi na investicije v infrastrukturo, potrebno za ponudbo. Tehnološki razvoj na ponudbeni strani, ki je posebnega pomena, vključuje naslednje (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 54):

- Nove seizmične tehnike izboljšujejo stopnjo uspešnosti pri vrtanju in črpanju nafte. Za nove proizvodne in tehnične rešitve vključno s črpanjem v velikih morskih globinah in nekonvencionalnimi proizvodnimi tehnikami se pričakuje, da bodo zmanjšale razvojne stroške.
- Tehnologija visokega pritiska naj bi bila ključnega pomena pri zmanjševanju stroškov kapitala na enoto velikih cevovodov na velikih razdaljah.
- Nov napredek pri tehnologiji plinske turbine s kombiniranim ciklom bo povečal učinkovitost novih elektrarn, ki bodo delovale na plin. Tovrstne elektrarne so manjše in jih je moč izgraditi hitreje kot elektrarne, ki uporabljajo premog, ali nuklearne reaktorje, zaradi česar bo lažje privabiti kapital. Podobno se bo dogajalo tudi z alternativnimi tehnologijami pogona pri avtomobilih.
- Nove tehnike proizvodnje in distribucije utekočinjenega zemeljskega plina (LNG) bodo tudi v bodoče zniževale stroške na enoto.
- Nov tehnološki napredek in zmanjšanje stroškov na enoto bo povečalo ekonomsko izvedljivost proizvodnje s pretvorbo plin-v-tekočine in premog-v-tekočine.
- Uporaba naprednih tehnik izkopavanja premoga bo tudi v bodoče zniževala kapitalске in operativne stroške pridobivanja in priprave premoga.

- Pričakuje se, da bodo kapitalski stroški tehnologij za obnovljive vire občutno upadli, vendar je obseg upada močno odvisen od politike vlad in hitrosti uvajanja tovrstnih tehnologij.
- Gorivne celice na vodik, tehnike sekvestracije in skladiščenja ogljika in napredni nuklearni reaktorji bi lahko radikalno spremenili način dobave energije in vzorce investiranja.

### **3. NOVE TEHNOLOŠKE MOŽNOSTI PRI POGONU VOZIL**

Razvoj avtomobilske industrije kaže na več možnosti odgovora na problem cene nafte in obremenjevanja okolja. Od leta 1769, ko je Nicholas Cugnot izumil vozilo na parni pogon, so avtomobilsko industrijo gnale velike inovacije. Izum bencinskega motorja z notranjim izgorevanjem, za kar gre zasluga Carlu Benzu, Gottliebu Daimlerju in Wilhelmu Maybachu, Ketteringov razvoj električnega zagona, Fordova množična proizvodnja in Boschev sistem elektronskega krmiljenja so bistveno prispevali k razvoju avtomobilske industrije. O ideji hibridnega električnega vozila je razmišljal že Ferdinand Porsche v tridesetih letih prejšnjega stoletja (Sinha, 2006, str. 4).

V tem poglavju bom podrobneje predstavil konkretne rešitve različnih avtomobilskih proizvajalcev, ki so bodisi operativne, bodisi je razvoj že tako daleč, da se upravičeno pričakuje njihov prihod na trg.

#### **3.1. Toyota Prius**

Hibrid je po definiciji stvar, ki ima dve vrsti komponent, ki zagotavljata enak ali podoben rezultat (The Free Dictionary, 2007). Hibridno vozilo je torej vozilo z dvema ali več vrstami pogona. Klasičnemu vozilu mora motor z velikim navorom in močjo zagotoviti dobre vozne lastnosti v najzahtevnejšem delovnem območju. Take pogoje povprečen voznik dosega le redko. Časovni delež potrebe po moči nad 20 kW po nekaterih ocenah znaša 37,4 odstotka, časovni delež potrebe po moči nad 50 kW pa le še 2,0 odstotka časa tipične vožnje (Lampič, 2006, str. 17). Velika moč motorja tako večino časa ostane neizkoriščena, delovanje pri nizkih močeh, na primer pri mestni vožnji, je zaradi predimenzioniranosti motorja neučinkovito. To se pokaže v višji porabi pri mestni vožnji (Lampič, 2006, str. 9).

Ko se je Toyota leta 1995 lotila projekta Prius, so se zavedali, da bo delež prodaje hibrida v celotni prodaji te japonske mega tovarne majhen, a so hkrati vedeli, da bo to prva prava alternativa klasičnim vozilom z motorji z notranjim izgorevanjem. Tako so ga označili za »avto prihodnosti« (Sinha, 2006, str. 2, 3). Leta 1997 je Toyota predstavila model Prius, prvi serijsko izdelovan hibrid. Avto deluje na kombinacijo električnega in bencinskega motorja. Leto kasneje je Honda predstavila model Insight, njihov prvi hibrid z enako tehnologijo kot

Toyotin model. Oba modela sta predstavljala prvo generacijo hibridnih vozil, a zaradi visoke cene, majhne velikosti in pomanjkanja infrastrukture tržno nista bila uspešna (Sinha, 2006, str. 5).

Prva generacija Priusa je bila dvakrat bolj učinkovita, to je varčna, kot klasično vozilo z bencinskim agregatom in s tem tudi bolj ekološka. Kljub težavam pri razvoju, ko je akumulator prenehal delovati, če je bila temperatura previsoka ali prenizka, je Prius dosegel velik uspeh, čeprav so pričakovali le postopno povečevanje povpraševanja. Februarja 1998 je Toyota podvojila proizvodnjo Priusa na 2000 vozil na mesec. V roku dveh let je Toyota prodala 27.000 Priusov samo na Japonskem (Sinha, 2006, str. 7).

Leta 2002 je Toyota že preseгла načrtano prodajo Priusa za približno 42 odstotkov in z omenjenim modelom obvladovala kar 90 odstotkov trga hibridov, daleč pred Hondinim tekmečem, modelom Insight. Naslednje leto je Toyota predstavila nov model Priusa in uporabila drugo generacijo hibridne tehnologije. Druga generacija je bila glede na prvo velik skok naprej – bila je še bolj varčna, okolju prijazna, udobna, imela je mnoge dodatke, izgled je bil prijetnejši, ravno tako notranjost. Vse večja popularnost (pri tem si je Toyota pomagala z znanimi hollywoodskimi igralci) in vedno višje cene nafte in njenih derivatov, sta bili glavni gonilni sili za povečanje povpraševanja po Priusu. Samo na Japonskem so prejeli naročilo za 18.000 vozil, kar je bilo šestkrat več od načrtovane prodaje. Tudi v ZDA je Prius postal vozilo z najhitrejšo rastjo prodaje (to se je zgodilo šele po ukrepih opisanih kasneje v tej točki), saj so v letu 2005 glede na leto 2004 prodali kar za 60 odstotkov več omenjenih hibridov (107.897 vozil) (Sinha, 2006, str. 8). Tako je leta 2005 Toyota Prius predstavljala kar 90 odstotkov vseh prodanih hibridnih vozil (Sinha, 2006, str. 2, 3).

S tem, ko bi novo tehnologijo dvignili na dovolj visoko raven, bi se hibridi tudi precej pocenili, zato vodilni možje pri Toyoti načrtujejo prodajo milijona hibridov letno do leta 2010 (Sinha, 2006, str. 2, 3).

### **3.1.1. Vrste hibridov**

Kljub skupnemu imenu so lahko razlike med posameznimi hibridi oziroma vrstami hibridov precejšnje. Razlikujejo se glede način delovanja in po vgrajenih komponentah. Vrste hibridov so (Lampič, 2006, str. 45, 46):

- *Vzporedni hibrid:* tovrstni hibrid predstavlja kombinacijo motorja z notranjim izgorevanjem in akumulatorja. Mehanski in električni pogon ločeno dodajata navor na pogonsko os vozila. Najbolj znan vzporedni hibrid je Toyotin model Prius, ki ga podrobneje opišem v naslednji točki. Pri speljevanju, ko je bencinski motor sorazmerno neučinkovit, deluje elektromotor z velikim navorom, pri določeni hitrosti pa se temu pogonu pridruži še bencinski motor.

- *Zaporedni hibrid:* Podobno kot vzporedni hibrid tudi zaporedni hibrid predstavlja kombinacijo motorja z notranjim izgorevanjem in akumulatorja, le da v tovrstnem hibridu vozilo poganja samo električni pogon, medtem ko motor z notranjim izgorevanjem skrbi zgolj za zalogo moči. Na ta način lahko klasični motor konstantno deluje v svoji optimalni delovni točki, kjer je izkoristek najboljši in pri tem poganja generator, ki napaja akumulator.
- *Električni hibrid:* Električni hibrid je hibrid, v katerem so prisotne samo še električne komponente, torej brez motorja z notranjim izgorevanjem. Primarni vir energije so tako običajno gorivne celice, sekundarni pa akumulatorji ali kondenzatorji. Od klasičnih hibridov, ki so vmesna stopnja med električnimi hibridi in vozili z motorjem z notranjim izgorevanjem, se električni hibrid razlikuje še po brezemisijem delovanju in mnogo višji ceni (Lampič, 2006, str. 57).

### 3.1.2. Prednosti in slabosti Priusa

Prednost hibridnega pogona je večja učinkovitost, ki se kaže v manjši porabi goriva in s tem večji prijaznosti do okolja. Primarni vir energije, torej bencinski motor ali gorivne celice, poskrbi za zadostno zalogo energije, sekundarni (elektromotor) pa za zadostno moč (Lampič, 2006, str. 44).

Slabosti hibridnih vozil je bilo še pred kratkim precej. Zaradi velikih akumulatorjev za skladiščenje energije je bilo potrebno žrtvovati večino prtljažnega prostora, v vozilu so se potniki počutili utesnjene, zmogljivosti pri pospeševanju in končni hitrosti so bile mnogo nižje tudi od vozil s precej šibkim motorjem z notranjim izgorevanjem in končno tudi oblika, s katero so želeli oblikovalci zmanjšati zračni upor na minimum, nemalokrat razvajanem voznikom in kupcem vozil ni bila všeč. Omenjene slabosti so bolj ali manj že odpravljene (nekateri sicer še prototipni hibridi so od klasičnih vozil že celo bolj zmogljivi), še vedno pa sta glavni slabosti električnega pogona nizek doseg vozila oziroma majhna avtonomija, ki izvira iz nepoznavanja učinkovitega skladiščenja električne energije ter podvajanje komponent, kar povečuje težo in ceno vozila (Lampič, 2006, str. 9).

Po izračunih ekipe, zadolžene za razvoj Priusa, bi 10.000 km, prevoženih z omenjenim hibridom na leto, pomenilo zmanjšanje porabe goriva za tri milijone litrov in zato zmanjšanje emisij ogljikovega dioksida za 70.000 ton po vsem svetu. S tem je Prius postal najbolj varčen in okolju prijazen avtomobil, Toyota pa je v svojo linijo hibridov vključila še modele Coaster, Crown in Estima (Sinha, 2006, str. 7). Zaradi visoke nabavne cene vozila lahko pogojno kot Priusovo prednost štejemo še dokaj visoko ceno ob ponovni prodaji, zaradi česar lastnik iztrži več denarja, kot bi ga pri prodaji klasičnega vozila.

Kljub tem dosežkom Prius ni žel uspehov v ZDA. Za ta trg so vozilo opremili z močnejšim motorjem in lažjim akumulatorjem, a je tudi največje okoljevarstvenike odvrnila tehnologija

in njegova visoka cena, pa tudi izgled vozila ni bil po ameriškem okusu. Američani imajo raje velike avtomobile (full-size) in za avto, manjši od Corolle ali Camryja, niso pripravljeni plačati višje cene (Sinha, 2006, str. 7, 8). Iz tega razloga so se pri Toyoti odločili za znižanje marže trgovcev od 14 na 10 odstotkov, ponudili so brezplačno vzdrževanje in pomoč ob okvari na cesti, kupone za najem vozil in znižali tarife za lizing.

Kljub poudarjanju ekonomičnosti in prijaznosti do okolja so k Priusovemu uspehu veliko pripomogle tudi davčne olajšave. Res je tudi, da je bila v letu 2006 cena Priusa še vedno za 30–40 odstotkov (okoli 4.000 USD) višja od podobno velikih vozil na klasični pogon. Tolikšna razlika bi se povprečnemu lastniku s prihranki pri gorivu povrnila šele po dvajsetih, z davčnimi olajšavami po sedmih letih (Sinha, 2006, str. 10). Analitiki so tudi mnenja, da je ovira za množično proizvodnjo Priusa predvsem premajhna ponudba akumulatorskih sistemov in sistemov za regenerativno zaviranje, kar je vsekakor pomembna slabost (Sinha, 2006, str. 10).

### **3.1.3. Iz nišnega proizvoda v »mainstream«**

Po nekaterih predvidevanjih naj bi se povpraševanje po vozilih z alternativnim pogonom do leta 2010 povečalo na sedem odstotkov od zgolj enega odstotka v letu 2005. To je k hibridnim tehnologijam pritegnilo še podjetji General Motors in Nissan (Sinha, 2006, str. 11).

Leta 2003 je William Ford, CEO podjetja Ford Motors, predvidel, da bo do leta 2025 delež hibridov dosegel 75% celotnega avtomobilskega trga. Vodilna avtomobilska podjetja so poskušala z inovacijami na področju hibridov z željo, da bi si zagotovila tržni delež. Toyota, DaimlerChrysler, GM, BMW, Mitsubishi, Volvo, Honda, Volkswagen in Porsche so bila vodilna imena v povezavi s hibridnimi tehnologijami. Te so naštetim proizvajalcem ponujale tako priložnosti, kot tudi grožnje. Po eni strani so morali nenehno razvijati in nadgrajevati svoja vozila, po drugi so si s tem zagotovili možnost tržnega deleža na novem trgu. V primeru, da bi 30% ljudi prevzelo hibridno tehnologijo do leta 2012, bi bil svetovni trg s hibridi vreden več kot bilijon ameriških dolarjev (Sinha, 2006, str. 5).

Toyota je s Priusom postavila merilo, po katerem se bodo ocenjevali vsi ostali hibridi. Kmalu so se pri Toyoti odločili, da bodo hibridno tehnologijo začeli ponujati tudi pri modelih svoje premijske znamke Lexus. Ta poteza je zbudila zanimanje drugih proizvajalcev, kot so DaimlerChrysler, BMW in Volkswagen. Postalo je očitno, da želi Toyota hibridno tehnologijo preseliti iz nišnega trga v glavni trg. Pri tem so jim bili v veliko pomoč tudi dejstvo, da je planirana rast povpraševanja po fosilnih gorivih v obdobju 1999–2020 2,5 odstotka na leto in pomisleki glede zadostne zaloge nafte ter s tem naraščanje cen goriv (Sinha, 2006, str. 9).

Zaradi velikega povečanja povpraševanja po avtomobilih v ZDA v omenjenem obdobju tam pričakujejo kar 40 odstotno povečanje povpraševanja po fosilnih gorivih (v kolikor ne bi

prišlo do kakšnih radikalnih rešitev v avtomobilski industriji, pozabiti ne smemo niti na napovedi predsednika G.W. Busha, da bodo ZDA v naslednjih desetih letih zmanjšale porabo nafte za 20 odstotkov). Po besedah Toyotinih predstavnikov je Prius pripomogel k privarčevanju več kot 500 milijonov litrov nafte v obdobju 2000–2006. S tem je Prius postal neke vrste statusni simbol okoljevarstvenega gibanja. Hibridi tako niso bili več tehnološki čudež, ravno tako ne samo statusni simbol, temveč že avtomobili (bližnje) prihodnosti (Sinha, 2006, str. 9).

Toyota bo v bližnji prihodnosti zelo verjetno lahko občutno znižala stroške izdelave (in s tem ceno) Priusa, ko se bodo pokazali učinki krivulje znanja in ekonomije obsega. Hibridi bi lahko postali način življenja. A glede na to, kako hitro se razvijajo na primer gorivne celice in kako hitro padajo cene gorivnih celic (ki so zaenkrat kljub hitremu upadanju cen še vedno predrage za širšo uporabo), je precej verjetno, da bodo hibridi v kratkem manj varčni in okolju prijazni kot nekatere druge, tehnološko naprednejše rešitve. Hibridi so torej neka vmesna rešitev, ki omogoča večjo varčnost, dokler človek ne razvije tehnologije, ki bo popolnoma izpodrinila motorje z notranjim izgorevanjem. Skokovita rast cen nafte zahteva takšno vmesno rešitev, ki jo predstavlja Prius (Sinha, 2006, str. 11).

### **3.2. Saab BioPower**

Najpomembnejše tehnične odlike motorjev z notranjim izgorevanjem so velika moč, nizka masa in enostavno delovanje. Njihova dolgoletna množična proizvodnja omogoča nizko ceno in zanesljivo delovanje (Lampič, 2006, str. 34). Trenutno je pomembna prednost tudi, da jih je brez večjih stroškov možno optimizirati za delovanje na različne vrste goriv, kot na primer zemeljski plin ali bioetanol.

BioPower je tako imenovani »flexi-fuel« motor, kar pomeni, da lahko deluje na bencin, bioetanol ali katerokoli razmerje obeh. Motor samodejno prepozna mešanico v rezervoarju in temu primerno prilagodi delovanje, tako da zagotovi najboljše zmogljivosti in učinkovitost, torej najnižjo porabo. Ker avtomobil z vgrajeno obravnavano tehnologijo izgleda popolnoma enako kot klasično gnane različice in hkrati ostaja enaka vodljivost, je edina razlika za voznika le več moči ob delovanju na bioetanol, kar je kvečjemu dodatna prednost (Saab spletna stran, 2006).

Saab tako začenja z uporabo bioetanola v premijskem in luksuznem razredu avtomobilov. Ker je bioetanol moč pridobivati iz organskih virov, kot sta npr. sladkorni trs ali les, bioetanol zmanjšuje našo odvisnost od fosilnih goriv. Tovrstni način pogona občutno manj prispeva k skupni količini ogljikovega dioksida v ozračju, saj se ogljikov dioksid, ki se sprošča pri njegovem gorenju, absorbira pri fotosintezi, ko rastline rastejo in ustvarjajo nov vir za proizvodnjo bioetanola (Saab spletna stran, 2006).



Z vožnjo vozila, ki ga poganja E85 (85% bioetanola in 15% bencina), se emisije škodljivega CO<sub>2</sub> po nekaterih navedbah zmanjšajo kar za 80 odstotkov (po nekaterih drugih 70%, kot bomo videli kasneje), ob tem pa ne žrtvujemo drugih lastnosti. Saab BioPower je turbinsko polnjen, kar ima še druge prednosti – manjša poraba ob zmerni vožnji in visoke zmogljivosti, kadar jih potrebujemo. V nasprotju z nekaterimi drugimi alternativnimi rešitvami, ki so nudile zelo slabe pospeške in nizko končno hitrost, BioPower motor pri delovanju na bioetanol razvija še več moči in navora kot pri delovanju na bencin in s tem nudi še boljše zmogljivosti, torej pospeške in končno hitrost. Moč se poveča za 20 odstotkov, medtem ko znaša prirastek navora 15%. Razlog za to je dejstvo, da ima bioetanol višje oktansko število kot bencin, zaradi česar krmilni sistem poveča izgorevalni pritisk, pri čemer ni skrbi pred prezgodnjo eksplozijo mešanice goriva in zraka (Saab spletna stran, 2006).

V nasprotju s hibridi pri tem ne gre za podvajanje komponent, veliki akumulatorji za shranjevanje energije niso potrebni in zato prostornost potniške kabine in prtljažnika ni okrnjena. Poleg tega je Saabova rešitev manj kompleksna kot motorji, ki lahko poleg bencina delujejo še na zemeljski plin (nekateri avtomobilski proizvajalci namreč poskušajo s prototipi, ki jih lahko poganja tudi po 5 vrst goriv). Edine potrebne modifikacije so bolj vzdržljivi ventili in sedeži ventilov ter uporaba materialov v gorivnem sistemu, npr. rezervoar, črpalka in konektorji, ki so kompatibilni z bioetanolom (Saab spletna stran, 2006).

Če povzamemo tehnične lastnosti, lahko kot prednosti Saab BioPower tehnologije navedemo pet dejstev (Saab spletna stran, 2006):

- *Več moči in povečan navor:* zahvaljujoč Saabovi turbo tehnologiji in višjemu oktanskemu številu bioetanola (104).
- *Praktično in enostavno za uporabo:* brez težkih baterij ali dodatnih rezervoarjev, brez zmanjšanja prostora v potniški kabini ali prtljažniku in popolnoma enak način polnjenja rezervoarja, kot smo ga vajeni pri bencinu.
- *Okoljevarstveni vidik:* emisije ogljikovega dioksida se skoraj izničijo. Zaradi višje porabe bioetanola se emisije CO<sub>2</sub> znižajo za okoli 80 odstotkov (odvisno od tega iz česa ga proizvajamo). E85 pridobivamo iz obnovljivih virov, kot na primer sladkorni trs, koruza, žito in celuloza.
- *Dostopnost:* bioetanol je danes na voljo že v mnogih državah, njegovo proizvodnjo je v prihodnjih letih mogoče močno povečati.
- *Fleksibilnost goriva:* če ni možnosti za nakup bioetanola, deluje na bencin.

Še ena prednost BioPower tehnologije so davčne oprostitve. Res gre za prednost le nasproti klasičnim pogonom vozil, saj bodo olajšav zelo verjetno deležne tudi druge oblike »čistega« pogona. Gre seveda za predvidevanja, saj bodo olajšave odvisne od odločitev vlad posameznih držav. Tako so na primer na Švedskem, v Stockholmu in drugih večjih mestih, BioPower vozila oproščena parkirnin, taks za zgoščevanje prometa, mostnin in podobno. Poleg tega je nakup tovrstnih službenih vozil možno uveljavljati kot davčno olajšavo. Tako je bila na Švedskem v letu 2005 kar desetina vseh prodanih vozil okolju prijaznih, večino je seveda predstavljal model Saab 95 BioPower (Saab spletna stran, 2006).

### **3.2.1. Ekonomika: BioPower**

Trenutno je v razvoju še več tehnologij, ki naj bi ponudile alternativo klasičnim bencinskim motorjem, a so nekatere nedokazane, nekatere so drage, spet tretje bi zahtevale velike posege v infrastrukturo zaradi specifik pri polnjenju rezervoarjev. Saabova tehnologija BioPower je že na trgu in tudi doplačilo je zmerno. Na voljo je na Švedskem in v Veliki Britaniji, letos pozimi so ga predstavili v Nemčiji, naprodaj je tudi že pri slovenskem zatopniku (SAAB-KMAG d.d., telefonski klic, 2007). V prvi polovici 2007 načrtujejo začetek prodaje še v nekaterih evropskih državah. Po navedbah Saaba naj bi bilo zanimanje precejšnje tudi na ameriškem in azijskem trgu (Saab spletna stran, 2006).

BioPower je od istega modela vozila s klasičnim motorjem dražji le za okoli 2.000 evrov oziroma slabih 7 odstotkov pri osnovnem modelu in približno 5% pri bolje opremljenih različicah, kar ceno izenači z dizelsko različico (SAAB-KMAG d.d., telefonski klic, 2007). Zaradi lastnosti bioetanola, ki so enake kot pri bencinu, spremembe na črpalkah ne bodo potrebne, s čimer bi se izognili tudi precejšnjim stroškom.

Pri Saabu ocenjujejo, da je poraba bioetanola za približno 30% višja kot poraba bencina pri istem motorju, ki so ga testirali po EU standardih. V Braziliji je cena za liter bioetanola približno pol manjša kot za liter bencina (Oil Price Pressure Driving Global Switch to Biofuels, 2006). V Evropi bo bioetanol verjetno nekaj dražji, a bo vožnja z vozilom na bioetanol kljub vsemu cenejša kot vožnja z navadnim bencinskim motorjem, medtem ko v primerjavi z dizelskim motorjem višja poraba etanola ravno odtehta nižjo ceno in je strošek prevoženega kilometra z dizelskim motorjem enak ali celo nekoliko nižji kot pri vožnji na bioetanol, kar lahko obravnavani tehnologiji štejemo za slabost. Po drugi strani se že ob upoštevanju povečane porabe pri uporabi bioetanola, emisije ogljikovega dioksida zmanjšajo za 80 odstotkov.

Kljub prednostim in relativni cenovni dostopnosti pri Saabu BioPower tehnologije ne pojmujejo kot alternativo gorivnim celicam, temveč zaradi možnosti uporabe trenutne motorne tehnologije in že obstoječe infrastrukture za distribucijo goriva kot dobro kratko- ali srednjeročno rešitev in je kot taka bolj konkurenca vzporednim in zaporednim hibridom, katerih značilnosti so opisane v točki 3.1.2. (Saab spletna stran, 2006).

### **3.2.2. Evolucija: Saab BioPower Hybrid konceptno vozilo**

Saab BioPower Hybrid konceptno vozilo združuje prednosti zmogljivosti bioetanol in električnega pogona in tako predstavlja prvo hibridno vozilo povsem brez emisij, ki jih povzroča zgorevanje fosilnih goriv, saj deluje na bioetanol E100, torej čisti etanol. Po potrebi elektromotorji povečajo moč za 25 odstotkov, ki jo zaradi boljšega oprijema razporejajo na vsa štiri kolesa. Takšen Saab omogoča tudi varčni način vožnje in, kar je zanj še posebno pomembno, zasnovan je na podlagi že obstoječega modela 93, kar pomeni, da bo prehod v serijsko proizvodnjo, ko bodo izpolnjeni vsi pogoji za njegovo izdelavo, lažji (Saab spletna stran, 2006).

Omenjeno konceptno vozilo je prvo vozilo, ki združuje delovanje na nefosilno gorivo bioetanol E100 z izključno električnim pogonom z izkoriščanjem naprednega dvostopenjskega hibridnega sistema, ki ga Saabovo materinsko podjetje General Motors razvija v sodelovanju z DaimlerChryslerjem in skupino BMW. Saab BioPower Hybrid Concept deluje brez emisij, ima izboljšane zmogljivosti in nižjo porabo (Saab spletna stran, 2006).

Dvolitrski BioPower turbo motor razvije 260 konjskih moči (191 kW), trije elektromotorji pa skupaj še dodatnih 148 kW, s čimer Saabov hibrid zagotavlja občutno večji navor kot le bencinsko gnana različica, še vedno pa ostaja možnost delovanja na bencin ali katerokoli mešanico etanola in bencina. (Saab spletna stran, 2006).

BioPower motor deluje v sodelovanju s sofisticiranim električnim sistemom, ki ga sestavljajo hibridni prenos z dvema načinoma delovanja, zadnja pogonska enota (rear-drive unit - RDU), 300 voltni akumulator in prefinjen elektronski nadzor. Ponuja električno pomoč za trenutno povečanje navora, varčno funkcijo Start/Stop, ki samodejno ugaša motor med čakanjem, na primer pred semaforjem, regenerativno zaviranje, brezstopenjski menjalnik in tako imenovano »Zero Mode« opcijo zgolj električnega pogona za mestno vožnjo (Saab spletna stran, 2006). Zmogljivosti tega hibrida so osupljive. Za pospešek od mirovanja do sto kilometrov na uro potrebuje le 6,8 sekunde, kar je precejšen napredek glede na 7,7 sekunde, kolikor potrebuje model z 210-konjskim bencinskim motorjem. Tak hibrid od voznikov že ne zahteva več odrekovanja (Saab spletna stran, 2006).

### **3.3. Subaru Bi-Fuel**

Pri japonskem podjetju Fuji Heavy Industries, ki je javnosti bolj poznano po avtomobilih znamke Subaru, menijo, da je plin pravi odgovor za zmanjšanje prevlade nafte. V lanskem letu se je prodaja modelov Legacy in Outback v izvedbi Bi-Fuel pričela tudi na našem trgu. Že samo ime Bi-Fuel pove, da lahko tako predelana Legacy in Outback delujeta na dve vrsti goriva, in sicer na bencin ali na utekočinjen naftni plin (UNP) (Črnivec, 2006). Predelave avtomobilov na plin so sicer znane in izvedljive že precej časa, a so tovrstne predelave

dosedaj opravljali manjši privatniki in čeprav so nekateri nalogo opravili dobro, je bil rezultat velikokrat tako funkcionalno kot tudi vizualno vprašljiv. Pri Subaruju so se tokrat odločili, da tako optimizirana zgoraj navedena modela ponudijo že serijsko, z garancijo in kar je za kupce še posebej pomembno, pri tovrstnem Legacyju ali Outbacku na pogled ali med vožnjo ni moč opaziti, da avto deluje na plin (Črnivec, 2006).

Sicer opaznejših razlik ni. Pogon na plin je dodan dvolitrskemu bencinskemu motorju v Legacyju in 2,5 litrskemu bencinskemu motorju v modelu Outback. Za zagon je vedno potreben bencin, zmes butana in propana pa se začne uporabljati po največ nekaj minutah, ko so izpolnjeni pogoji za delovanje. Prehod je samodejen, tako da se vozniku ni potrebno obremenjevati s kakšnimi stikali ali čim podobnim, razen če tako želi (način pogona je možno izbrati tudi ročno). V dobro mu lahko štejemo tudi dejstvo, da prtljažni prostor ni okrnjen, saj je rezervoar za plin nameščen v prostor, kjer je sicer rezervno kolo, dodan pa je pribor za popravilo pnevmatik (Črnivec, 2006).

V osnovi naj bi avto deloval na plin, saj je tako delovanje čistejše in okolje onesnažuje mnogo manj, zaradi popolnejšega zgorevanja pa se podaljšuje tudi življenjska doba motorja. Kadar v rezervoarju zmanjka plina, elektronika samodejno preklopi na delovanje na bencin. Polnjenje s plinom je sorazmerno enostavno in traja približno tri minute (Črnivec, 2006).

### **3.3.1. Ekonomika Subarujeve rešitve**

Kako zanimiva bo ob poplavi drugih alternativnih načinov pogona Subarujeva tehnologija Bi-Fuel z okoljskega vidika ostaja predmet širše razprave, njeno zanimivost z ekonomskega vidika lahko enostavno ponazorimo s hitrim izračunom.

Pri delovanju na plin se poraba poveča za okoli 15 odstotkov, ob tem pa izguba moči ni bistvenega pomena, saj znaša le tri odstotke. Dne 25.1.2007 je cena neosvinčenega 95-oktanskega goriva znašala 0,940 EUR, liter utekočinjenega naftnega plina pa 0,575 EUR (Petrol spletna stran, 2007). Ker so podatki o normirani porabi precej nezanesljivi, saj gre pri njenem določanju za nek standardni cikel, ki se lahko od dejanskega voznega cikla močno razlikuje, bom za izračun uporabil testno povprečje. Ko so Legacyja testirali novinarji, so dosegli povprečno porabo 10,7 litra bencina na sto prevoženih kilometrov, poraba plina bi tako znašala 12,3 litra na sto prevoženih kilometrov (+15%). Cena stotih prevoženih kilometrov na bencin tako znaša 10,1 EUR, na plin pa 7,1 EUR. V času promocije do 31. novembra lanskega leta je bilo za Legacyja Bi-Fuel potrebno odšteti 459 EUR (110.000 SIT) več kot za običajno gnanega, enako opremljenega Legacyja, danes znaša doplačilo že kar 2.587 EUR (620.000 SIT) (Kuzmin, 2006, str. 11), taka razlika pa se povrne šele po slabih 83.500 km.

### 3.3.2. Prednosti in slabosti Bi-Fuel tehnologije

Prednosti obravnavane tehnologije so naslednje:

- *Okoljske:* na slovenski Subarujevi spletni strani navajajo, da v večini primerov vozila s pogonom na UNP onesnažujejo okolje z dušikovimi oksidi in trdnimi delci približno za 90% manj kot vozila na dizelski pogon, pri katerih naj bi bili problematični predvsem dušikovi oksidi in trdni delci. Sodobni dizelski motorji so velikokrat že opremljeni s filtrom trdnih delcev, ki to težavo močno omilijo (Subaru slovenska spletna stran, 2007). Omenjene navedbe je sicer potrebno kritično oceniti, saj nekateri drugi viri navajajo, da avtoplin in pripadajoča tehnologija prispeva k zmanjšanju izpusta dušikovega oksida za 34 odstotkov, ogljikovega dioksida za 15 in ogljikovega monoksida za 50 odstotkov. Morda so pri Subaruju ob navedbi podatkov bolj mislili na trdne delce, kjer bi bilo 90% zmanjšanje (bolj) verjetno.

Za Subarujev sistem Bi-Fuel trdijo, da ima lastnosti, ki presegajo zahteve sedanje stopnje tehnološkega razvoja motornih vozil in celo kakšno od zahtev tehnološkega razvoja prihodnjih generacij in to ne le v pogledu količin emisij škodljivih snovi, pač pa tudi pri skladnosti s sistemom upravljanja z viri onesnaževanja pri predpisih o diagnostiki vozila (EOBD – European On Board Diagnostics – direktiva 98/69/EC) (Subaru slovenska spletna stran, 2007).

- *Dostopnost goriva:* potrebno je poudariti, da je utekočinjen naftni plin trenutno (še posebej v Sloveniji) najbolj dostopno alternativno gorivo, saj je po Sloveniji deset črpalk, kjer se je možno oskrbeti z UNP, do konca leta 2007 naj bi jih bilo že 18. Seznam črpalk, kjer je na voljo tudi UNP, je v Prilogah 4 in 5.

Slabosti Bi-Fuel tehnologije lahko strnemo v sledeče točke:

- *Okoljske:* na prvi pogled je morda paradoksalno, da za isto tehnologijo okoljski vidik navajam k prednostim in slabostim, a je razlaga povsem preprosta. Kljub dejstvu, ki sem jih navedel pod okoljske prednosti in Subarujevemu slovesu, da izdeluje vzdržljive avtomobile, njihova vozila nikoli niso bila znana kot varčna. Podatki o izpustu CO<sub>2</sub> za plinsko različico Legacyja so skopi, za bencinsko gnano (2.0R) pa znaša 212g/km (InterService d.o.o., 2007), kar ni malo. Hkrati se je potrebno vprašati, ali ni morda celo boljša izbira dizelski motor, ki je opremljen s filtrom trdnih delcev.
- *Odvisnost od nafte:* omenjeni način pogona ne rešuje problema odvisnosti od nafte, saj se UNP proizvaja iz surove nafte.

- *Ekonomski vidik:* v izračunu v točki 3.4.1. smo prikazali, da se razlika v ceni med klasično gnano različico in tisto z optimizacijo na zemeljski plin, povrne šele po slabih 83.500 kilometrih, kar je precej. Plinski pogon je sicer možno naknadno vgraditi tudi v skoraj vsa vozila na bencinski ali dizelski pogon, pri čemer se pravi prihranki pokažejo predvsem pri vgradnjah v bencinskih motorjih (Petrol spletna stran, 2007). Dizelski motor, ki ima skoraj za polovico manjšo porabo in je doplačilo zanj skoraj vedno opazno nižje od 2.500 EUR, kolikor znaša doplačilo za verzijo na UNP, se v tem primeru skoraj zdi boljša izbira.

Če pri tem upoštevamo še dejstvo, da je tovrstna tehnologija znana že precej časa in da zaradi tega lahko klasično gnani avtomobil predelajo na UNP na več specializiranih mestih in to za zgolj 668 EUR (160.000 SIT) do 1.377 EUR SIT (330.000) (glej Prilogo 6), odvisno pač od predelave, postane smiselnost nakupa Subarujevega Bi-Fuela še bolj vprašljiva. Kljub temu obstaja majhno število vozil, pri katerih vgradnja ni mogoča, na primer nekatera vozila s turbinskimi polnilniki (Petrol spletna stran, 2007). Nadalje je smiselno poudariti, da trenutno za nakup Subarujevega Bi-Fuela ni nobenih davčnih olajšav ali drugih oprostitev, vendar se v podjetju Interservice d.o.o. zanje že dogovarjajo, a o morebitnem uspehu in številkah niso želeli govoriti (InterService d.o.o., telefonski klic, 2007).

- *Varnostne omejitve:* Plin je v vozilih varno shranjen v atestiranem jeklenem rezervoarju in pod tlakom do 10 atm, tako da je v tekočem agregatnem stanju. Rezervoar se napolni samo do 80 odstotkov prostornine, preostali prostor je namenjen temperaturnemu raztezanju tekočine. Tudi vse druge komponente plinske napeljave morajo biti atestirane in preizkušene (Petrol spletna stran, 2007). Varnostnih pomislekov tako skoraj ni, ostaja pa slabost, da zaradi fizikalnih lastnosti UNP vozil na plinski pogon ni dovoljeno parkirati v zaprtih garažnih hišah.

### **3.3.3. Utekočinjen naftni plin (UNP ali LPG) in dobavljivost**

V svetu je UNP že dodobra uveljavljeno pogonsko gorivo. Najbolj razširjeno je na Japonskem in v Evropi, kjer ga uporablja že deset odstotkov voznikov, največ v Italiji, na Nizozemskem, Poljskem, v Franciji in Avstriji. Nekateri proizvajalci avtomobilov, na primer v okviru te magistrske naloge podrobneje obravnavani Subaru ali Volvo, imajo v svojem prodajnem programu že tovarniško predelane avtomobile na avtoplin, ki imajo možnost uporabe dveh vrst goriv. Ponudba tovarniško predelanih vozil je iz dneva v dan večja (Petrol spletna stran, 2007).

UNP je lahko hlapljiva tekočina z visokim oktanskim številom, ki je po svoji energijski vrednosti najbližje bencinu. Z vgradnjo sodobnih naprav za uporabo avtoplina moč motorja ostaja skoraj enaka, medtem ko je poraba avtoplina v primerjavi z bencinom višja za približno 15%, a višjo porabo več kot odtehta precej nižja cena UNP v primerjavi z

bencinom, tako da je vožnja na plin cenejša, po mojem izračunu za okoli 30 odstotkov, kar je zadovoljiva številka (glej točko 3.4.1.) (Petrol spletna stran, 2007).

Utekočinjen naftni plin ali kar Avtoplin, kot ga imenujejo pri Petrolu, je primeren za uporabo v vseh bencinskih motorjih, ki so posebej prirejeni za uporabo tovrstnega plina. LPG (Liquefied Petroleum Gas) je okolju prijazno gorivo, saj prispeva k znižanju emisij dušikovega oksida za 34 odstotkov, ogljikovega dioksida za 15 in ogljikovega monoksida za kar 50 odstotkov. Iz tega razloga se UNP pogosto uporablja v javnem mestnem potniškem prometu, na primer na Dunaju, Moskvi, Budimpešti, Pragi, Milanu, itd.. V nekaterih mestih je celo predpisano pogonsko gorivo (Petrol spletna stran, 2007).

Prednost goriva UNP pred drugimi obravnavanimi (alternativnimi) gorivi je ta, da je že na voljo na črpalkah in to tudi v Sloveniji. Petrol ima v tem trenutku pet bencinskih servisov, kjer se je možno oskrbeti z utekočinjenim naftnim plinom (glej Prilogo 4). Vsega skupaj jih je deset, do konca letošnjega leta naj bi jih bilo že 18, kar je občutno povečanje in se zato za preskrbo z utekočinjenim naftnim plinom v bližnji prihodnosti po vsej verjetnosti ni bati. Bioetanol je ponekod (npr. Švedska ali Brazilija) že na voljo na črpalkah, a preden bo na voljo na slovenskih črpalkah, bo verjetno preteklo še precej let, pred razpoložljivostjo vodika še toliko več (Petrol spletna stran, 2007).

Kljub temu, da pri Subaruju močno poudarjajo prednosti, kot je na primer izgorevanje, ki v motorju poteka brez ostankov ogljikovih spojin, zaradi česar UNP podaljšuje življenjsko dobo svečk in batov motorja (Subaru slovenska spletna stran, 2007), se je potrebno zavedati tudi njegovih slabosti. Glavna je morda ta, da je utekočinjen naftni plin zmes plinov propana in butana in nastane pri predelavi surove nafte ali surovega zemeljskega plina, s čimer ne zmanjšuje odvisnosti od fosilnih goriv. Morda je smiselno omeniti še dejstvo, da strošek prilagoditve črpalke za oskrbovanje avtomobilov z UNP znaša približno 20.000 EUR, kar je precej več kot v primeru bioetanola. O stroških prilagajanja črpalk za oskrbo z bioetanolom več v točki 4.2.4..

### **3.4. BMW CleanEnergy (Hydrogen 7)**

Ob omembi vozil na alternativna goriva ljudje pogosto pomislijo na težke in nerodne avtomobile, za katere se jim zdi ideja sicer dobra, a bi z njo raje še malo počakali. Zato je za proizvajalce, torej tudi BMW, pomembno, da se avto, ki ga poganja drug energent, na primer vodik, na pogled ne loči od klasično gnanega enakega vozila. Dajati mora občutek »normalnega« vozila in mora se ga upravljati kot »normalno« vozilo. BMW 750hL s končno hitrostjo preko dvesto kilometrov na uro ne zaostaja za klasično gnano sedmico (Walton, 2001).

Vozilo na vodik je vozilo, ki za svoje gibanje kot primarni vir energije uporablja vodik. Tovrstna vozila izkoriščajo vodik z eno izmed dveh metod, in sicer (Wikipedia, the Free Encyclopedia, 2007):

- *z izgorevanjem*: v tem primeru vodik izgoreva v motorju na enak način kot bencin v tradicionalnih motorjih
- *s pretvorbo v gorivnih celicah*: v tem primeru se vodik pretvori v vodo, ki proizvaja elektriko, ki nato poganja elektromotor(je).

Od leta 1990 je skupina BMW zmanjšala povprečno porabo vseh prodajanih vozil za približno 30 odstotkov. Za dolgoročno zmanjševanje emisij CO<sub>2</sub> nameravajo postopno ukiniti pogon na fosilna goriva in uvesti motorje, ki bodo delovali na regenerativno proizvedeni vodik. Vozila na to gorivo razvijajo že od sedemdesetih let prejšnjega stoletja. Pri BMW-ju so svojo tehnologijo vodika, ki je že operativna, torej na voljo kupcem (a zaenkrat le v ZDA) (Kos, Gregorčič, 2007) poimenovali CleanEnergy (BMW spletna stran, 2007).

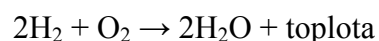
Sama ideja motorja z notranjim izgorevanjem na vodik ni nova. Že leta 1807 je Francois Isaac de Rivaz razvil prvo takšno vozilo, a je bil koncept zelo neuspešen. Ocenjuje se, da so v Nemčiji še pred koncem 2. svetovne vojne zaradi hudega primanjkovanja nafte, izdelali več kot tisoč vozil na vodik (Wikipedia, the Free Encyclopedia, 2007).

Vozila na vodik z motorjem z notranjim izgorevanjem se razlikujejo od vozil na vodikove gorivne celice. Vozila na vodik z ICE motorjem so le rahlo modificirana verzija vozila s tradicionalnim motorjem z notranjim izgorevanjem. V takšnih motorjih vodik izgoreva na enak način kot bencin (Wikipedia, the Free Encyclopedia, 2007).

### **3.4.1. Prednosti in slabosti naprednih motorjev z notranjim izgorevanjem na vodik**

Prednosti tovrstnih vozil lahko strnemo v naslednje alineje:

- *Okolju prijazna*: BMW-jev slogan, s katerim želijo prepričati o svoji pravi odločitvi za vodik, se glasi: H<sub>2</sub>O, ne CO<sub>2</sub>. Pri BMW-ju, jasno, za gorivo prihodnosti označujejo vodik in ne bioetanol tako kot pri Saabu. Kemijsko lahko gorenje vodika ponazorimo z naslednjo enačbo:



To pomeni, da pri gorenju vodika kot stranski proizvod nastaja samo voda oziroma para, brez kakršnihkoli škodljivih emisij.



- *Zmanjšujejo odvisnost od fosilnih goriv*
- *Se ne razlikujejo od klasično gnanih vozil:* BMW Hydrogen 7 dokazuje, da je pri prehodu na tehnologijo vodika možno ohraniti tradicionalne standarde udobja, dinamičnosti, varnosti in nenazadnje tudi izgleda. Gre za šestlitrski dvanajstvaljnik z direktnim vbrizgom bencina in vbrizgom vodika v več točkah (BMW spletna stran, 2007).
- *Fleksibilnost:* s svojim »bi-fuel« motorjem omogočajo veliko fleksibilnost, saj je z njimi možno uporabljati že obstoječo infrastrukturo. Poleg tega se v samem motorju prehod od vodika na bencin in obratno zgodi v trenutku brez spremembe v moči. Le ta znaša 260 konjskih moči (191kW), navora je za 390 Nm, za pospešek od mirovanja do 100 kilometrov na uro pa potrebuje 9,2 sekunde, kar je sicer slabše od klasično gnanih avtomobilov Serije 7, a so zmogljivosti še vedno zelo solidne (BMW spletna stran, 2007). Polnjenje rezervoarja je čisto, varno in enostavno. Konektor za polnjenje rezervoarja, ki so ga razvili v sodelovanju s podjetjem Linde AG, se kot klasična šoba (cev) za dolivanje goriva namesti na vrat rezervoarja za tekoči vodik. Konektor popolnoma avtomatično ustvari neprodušen stik z ultranizko temperaturo in polnjenje rezervoarja se lahko začne. Ko je rezervoar poln, se konektor preprosto odstrani. Tako se tudi tu voznikom ne bo treba privajati (BMW spletna stran, 2007).
- *Že operativna (in preizkušena) tehnologija:* podobno kot Saabova tehnologija, so tudi BMW-jevi motorji na izgorevanje vodika že operativni in pripravljeni na serijsko proizvodnjo. BMW Hydrogen 7 je prva serijska limuzina s pogonom na vodik. Pogonja ga motor na vodik, ki uporablja preizkušeno tehnologijo naprednih motorjev z notranjim izgorevanjem, pri tem pa so se naslonili tudi na tehnološke inovacije in izboljšave pri klasičnih motorjih z notranjim izgorevanjem. Gre za tako imenovan »bi-fuel« motor, ki lahko deluje na tekoči vodik ali bencin, kar bo zelo koristno, dokler ne bo vzpostavljena ustrežna infrastruktura za nemoteno oskrbo s tekočim vodikom.

Po drugi strani slabosti omenjene tehnologije predstavljajo naslednja dejstva:

- *Ni potrebne infrastrukture:* zaloga vodika je (vsaj v teoriji) neomejena. BMWjevi motorji na vodik, ki so primerni za vsakodnevno uporabo, začenjajo brezemisijski krog vodika, ki lahko deluje le pod enim pogojem: zelo dobri infrastrukturi za dobavo vodika. Pri BMWju zatrjujejo, da se s partnerji in nekaterimi drugimi podjetji že dogovarjajo o izgradnji ustrezne infrastrukture, ki bi omogočila neovirano dobavo vodika. Uveljavljanje vodika kot goriva prihodnosti zahteva sodelovanje med profesionalnimi partnerji in tehnološkimi podjetji. BMW tako že sodeluje s podjetjem Linde AG. Njihova skupina Linde Gas je eden izmed vodilnih dobaviteljev industrijskih plinov na svetu. Poudarek dajejo tudi na hitro rastoči trg medicinskih in terapevtskih plinov, zaradi sodelovanja z BMW-jem pa so tudi vodilni v svetu pri razvijanju okolju prijazne tehnologije vodika (Linde Group spletna

stran, 2007). Kljub vsemu, kar navajata spletni strani BMW in Linde, bo za vzpostavitev takšne preskrbovalne mreže (po vsej verjetnosti) potrebno zelo veliko časa.

- *Predraga za širšo uporabo:* stalna praksa je, da se najmodernejša elektronska pomagala in nove tehnologije najprej pojavijo pri najprestižnejših vozilih. Tako so inovativno tehnologijo CleanEnergy Bavarci predstavili v modelu Hydrogen 7, ki je pravzaprav luksuzna limuzina serije 7 in že tako velja za merilo, kakšen naj bi bil pravi poslovni avtomobil (poleg Audija A8 in Mercedes-Benz razreda S), ter je tako najbolj primerna za pionirja nove tehnologije. Takšni avtomobili že v osnovi zlahka stanejo tudi 100.000 EUR, s pogonom na vodik še ustrezno več. Takšne cene vsekakor ne omogočajo širše uporabe tehnologije. Brez dvoma se bo tehnologija postopno razširila na ostale, cenejše modele, a obstaja strah, da bo takrat že »zastarela«, o čemer več v nadaljevanju.
- *Shranjevanje vodika:* pri vseh vozilih na vodik je problem predstavljal izjemno velik rezervoar, ki je bil potreben za shranjevanje zadostne količine vodika, ki bi zagotavljala zadostno avtonomijo (Wikipedia, the Free Encyclopedia, 2007).

Predlaganih je bilo več sistemov za shranjevanje vodika pri vozilih, med drugim:

- utekočinjeni H<sub>2</sub>,
- H<sub>2</sub> v plinastem stanju s pritiskom do 800 barov,
- binarni metal hidridi,
- karbonske nanocevke.

Shranjevanje vodika v utekočinjeni obliki bo po vsej verjetnosti dražje kot shranjevanje vodika v plinastem stanju, saj pri stiskanju pride do opaznih izgub energije. Plinasti H<sub>2</sub> ima manjše energetske izgube, a je zaradi manjše energetske gostote domet vozila manjši. Oba omenjena načina shranjevanja vodika sta že preizkušena in uporabljana, medtem ko so binarni metal hidridi in karbonske nanocevke še vedno v fazi preizkušanja (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 424).

Pri BMW-ju so to težavo že odpravili, saj Hydrogen 7 vsebuje visokotehnološko inovacijo, dvodelni rezervoar za tekoči vodik, ki ima vakumsko superizolacijo. Ta omogoča shranjevanje vodika pri približno -250 stopinjah Celzija. Tako dobro izolacijo bi stiropor zagotovil šele pri debelini sedemnajstih metrov. Varnostni sistem vključuje tudi več dodatnih senzorjev. Poleg tega tekoči vodik zagotavlja precejšnjo mero praktičnosti pri vsakodnevni uporabi, saj je volumska energetska gostota kriogenskega vodika občutno višja od gostote vodika v obliki stisnjene plina, zaradi česar je domet (avtonomija) takšnega vozila občutno višji.

Raziskave na področju shranjevanja vodika opravlja tudi Renault. Po nekaterih podatkih imajo tudi že tehnologijo, ki bi lahko omilila problem neobstoječe oziroma slabe distribucijske mreže za vodik (Renault's Latest Research on Fuel Cells, 2006).

### **3.4.2. Ekonomika vozila Hydrogen 7**

Pri BMW-ju so se zelo potrudili, da je avto primeren za vsakodnevno uporabo, a z ekonomskega vidika je morda še bolj pomembno dejstvo, da model Hydrogen 7 izdelujejo v tovarni v Dingolfingu, kjer nastajajo tudi bencinske in dizelske različice Serije 7 (BMW spletna stran, 2007). To pomeni, da tovarna s proizvodnjo nima večjih dodatnih stroškov z (nepotrebnimi) investicijami v posebej prirejene proizvode linije in proizvodne obrate.

Drugo vprašanje je, koliko bo stala proizvodnja vodika za gorivo. To seveda ne bo strošek podjetja BMW, a bo za (potencialni) uspeh tehnologije ključnega pomena. Ker vodik za svoje delovanje potrebuje tudi gorivne celice, stroške in prijaznost okolju proizvodnje vodika obsežneje obravnavam v točki 4.3.2..

BMW-jev Hydrogen 7 z motorjem z notranjim izgorevanjem je hitrejši in močnejši kot vozila na vodikove gorivne celice. BMW je s 300 kilometri na uro celo podrl svetovni hitrostni rekord za vozila na vodik in se s tem zapisal v zgodovino. Kljub temu, da so gorivne celice (zaenkrat še) šibkejše in počasnejše, pa so bolj učinkovite (Wikipedia, the Free Encyclopedia, 2007). Zaradi hitrega razvoja gorivnih celic, njihove cene padajo sorazmerno hitro. Za vzpostavitev primerne oskrbovalne mreže z vodikom bo potrebno precej časa, in ko se to zgodi, je vprašanje, ali ne bodo takratne močnejše, cenejše in še učinkovitejše gorivne celice boljša izbira, kar bi dokončno pokopalo tehnologijo CleanEnergy, torej motorje z notranjim izgorevanjem na vodik.

### **3.5. DaimlerChrysler in gorivne celice**

Najpomembnejše tehnične odlike motorjev z notranjim izgorevanjem so velika moč, nizka masa in enostavno delovanje. Njihova dolgoletna množična proizvodnja omogoča nizko ceno in zanesljivo delovanje. Vseeno pa imajo tovrstni motorji tudi svoje slabosti in omejitve, zaradi katerih se začenjajo razvijati nove tehnologije. Motorji z notranjim izgorevanjem imajo relativno slab izkoristek, zlasti pri nizkih obremenitvah, onesnažujejo okolje s škodljivimi emisijami in hkrati povzročajo preveliko odvisnost od fosilnih goriv. Poleg tega je izkoristek v optimalnem območju delovanja že zelo blizu teoretičnim omejitvam, zato tudi ne moremo pričakovati radikalnih inovacij pri obravnavani vrsti motorja. Iz tega razloga se je razvoj preusmeril drugam (Lampič, 2006, str. 34). Vodikove gorivne celice naj bi postale vir energije za avtomobilsko industrijo v prihodnosti in tako končale stoletno vladavino motorjev z notranjim izgorevanjem (Sinha, 2006, str. 11).

V novejših prototipih električnih vozil se že uveljavljajo gorivne celice. Gorivna celica je bateriji podoben elektro-kemijski element, kateremu sproti dovajamo gorivo. Pri spajanju vodika s kisikom v gorivni celici nastaja energija in kot stranski produkt voda. Bistvo gorivne celice predstavljajo membrana za prenos naboja, elektrodi, katalizator in bipolarne plošče za prenos električnega toka in dovod goriva (Lampič, 2006, str. 9). Gorivne celice so s stališča energijske gostote mnogo boljše od akumulatorjev. V zadnjem času se največ časa pri raziskavah in razvoju namenja materialom, ki se uporabljajo pri izdelavi bipolarnih plošč, membran in katalizatorjev ter sistemov za shranjevanje in dovod vodika. Tehnično je uveljavitev gorivnih celic pogojena s specifično močjo, vzdržljivostjo in izkoristkom, vendar so za potrebe te magistrske naloge bolj pomembni trije ekonomski dejavniki in sicer proizvodna (ter s tem prodajna) cena, stroški izgradnje infrastrukture za prenos in distribucijo vodika ter obseg in cena proizvodnje vodika (Lampič, 2006, str. 44).

### 3.5.1. Vrste gorivnih celic

Za proizvodnjo energije je primernih več vrst gorivnih celic, najbolj obetavne so (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 422, 423):

- *Gorivne celice na fosforno kislino (PAFC):* gre za prve gorivne celice, ki so prišle v »širšo« uporabo z več kot 200 enotami v uporabi po svetu. Tovrstne gorivne celice kot elektrolit uporabljajo fosforno kislino in delujejo pri temperaturah med 150 in 200 stopinj Celzija. Njihova učinkovitost pri proizvodnji električnega toka je sorazmerno nizka in znaša do 40%, v nekaterih primerih celo manj. Če upoštevamo še toploto, ki jo ustvarjajo (CHP mode, combined heat and power), njihova učinkovitost naraste na 80%. Vodik prihaja iz zunanjega vira, običajno iz zemeljskega plina. Tovrstne gorivne celice so v letu 2003 stale približno 4.000 USD na kilovat. Zaradi njihove nizke učinkovitosti jih bodo v prihodnosti verjetno zamenjale bolj napredne tehnologije, ki bodo nudile veliko večjo učinkovitost.
- *Gorivne celice na karbonatne soli (MCFC):* tovrstne gorivne celice uporabljajo litij-kalcij karbonatne soli, ki se za prevajanje elektronov na elektrodi segrejejo na približno 650 stopinj Celzija. Zaradi višje delovne temperature lahko takšne celice dosežejo mnogo višjo učinkovitost pri proizvodnji elektrike, ki se približa 60 odstotkom in 85%, če poleg elektrike upoštevamo še toploto. Proces pretvorbe poteka znotraj celice, kar izloči potrebo po zunanjem pretvarjanju, s čimer se znižajo stroški. Druga prednost je, da sta elektrodi lahko izdelani iz niklja, ki je cenejši kot platina, ki se uporablja v sistemih s fosforno kislino. Glavni slabosti sta povezani z vzdržljivostjo enote za proizvodnjo električne energije. Tržno dostopne gorivne celice MCFC (oz. del za proizvodnjo električne energije) naj bi imele življenjsko dobo 25 let.

- *Gorivne celice na trdni oksid*: takšne gorivne celice uporabljajo keramične materiale, ki lahko dosežajo zelo visoke delovne temperature (do 1000 stopinj Celzija). Učinkovitost pri proizvodnji električne energije lahko doseže 50 odstotkov, v kombinaciji s plinsko turbino lahko učinkovitost doseže 60 ali celo 70%. Pretvorba goriva v vodik poteka znotraj celice. Uporaba trdnih materialov je koristna, saj se s tem izognemo iztekanju elektrolitov in dosežemo večjo stabilnost. Visoka delovna temperatura zahteva drage keramične materiale, zato so raziskave usmerjene predvsem k razvoju novih materialov, ki bi znižali stroške.

### 3.5.2. Začetki razvoja gorivnih celic

Marca leta 1999 sta takratna direktorja DaimlerChryslerja Robert J. Eaton in Jürgen E. Schrempp predstavila prvi polno delujoči avto na gorivne celice, ki je glede na prejšnjo generacijo gorivnih celic predstavljal 40-odstotno povečanje moči in imel trikrat večji doseg kot avtomobili z akumulatorji (DaimlerChrysler spletna stran, 2007). DaimlerChrysler je tako pionir v razvoju gorivnih celic in od zgodnjih devetdesetih let prejšnjega stoletja so razvili več kot dvajset tovrstnih vozil in prototipov. V slabih dveh letih (obdobje 2004 – konec 2005) so kupcem v ZDA, Evropi, na Japonskem in Singapurju dostavili šestdeset avtomobilov Mercedes-Benz razreda A s pogonom na gorivne celice. Skupaj z avtobusi in Dodgeovimi dostavniki Sprinter so tako imeli na cestah več kot sto tovrstnih vozil, kar je več kot katerikoli drugi avtomobilski proizvajalec (DaimlerChrysler spletna stran, 2007).

Pri razvoju gorivnih celic DaimlerChrysler sodeluje s Fordom in Ballard Power Systems, s katerima tvori strateško zaveznitvo. DCX in Ford se osredotočata na načine integracije pogonov na gorivne celice v vozila, medtem ko Ballard razvija in proizvaja gorivne celice za vozila s tovrstnim pogonom (DaimlerChrysler spletna stran, 2007).

Model NECAR 4, katerega ime je kratica za New Electric Car oziroma Novi električni avtomobil, temelji na modelu Mercedes-Benz razreda A, dosega hitrost 145 kilometrov na uro in ima doseg 450 kilometrov. Prvič so inženirji uspeli namestiti celotni sistem gorivnih celic v dno avtomobila, zaradi česar je v takem vozilu enak prostor za potnike in prtljago, kot v bencinsko ali dizelsko gnani verziji. Leta 1994, torej pet let pred predstavitvijo modela NECAR 4, bi za namestitev gorivne celice s primerljivo močjo potrebovali velik kombi. Pomen takšnega tehnološkega napredka primerjajo z vplivom, ki ga je imel mikročip na računalniško tehnologijo, ko je nadomestil tranzistor (DaimlerChrysler spletna stran, 2007). NECAR 4 je pomemben še z enega vidika. Z njim so dokazali, da je tehnologija gorivnih celic izvedljiva in smiselna, z naslednjimi vozili in napredkom pri izdelavi gorivnih celic pa se trudijo predvsem, da bi gorivne celice postale dosegljive vsakemu vozniku tudi s finančnega vidika. Kljub nadaljnjim tehnoloških izboljšavam se je z rešitvijo glavnih tehnoloških problemov razvoj preusmeril v dostopnost tovrstnega pogonskega sistema. Za vlaganja v gorivne celice so se odločili predvsem zato, ker menijo, da bodo le-te na dolgi rok

najboljši pogonski sistem, s čimer se tudi sam strinjam. Takrat se bodo tudi njihove investicije povrnile (DaimlerChrysler spletna stran, 2007).

NECAR 4 poganja tekoči vodik, ki je shranjen v kriogeničnem valju, ki spominja na termos steklenico, v zadnjem delu avtomobila. Gorivo nato obdela tip nizkotemperaturne gorivne celice, imenovan PEM (Proton Exchange Membrane). Membrana, prevlečena s platino, vodik razcepi na protone in elektrone, ki se združijo s kisikom iz zraka, pri čemer nastaja voda. Ta presežek in primanjkljaj elektronov in protonov ustvari pozitivne in negativne terminale, ko jih povežemo, se ustvarja električna, ki poganja vozilo (DaimlerChrysler spletna stran, 2007).

### **3.5.3. Začetki uvajanja gorivnih celic**

Za uvajanje gorivnih celic v vsakdanji promet so verjetno najbolj primerna večja vozila, kot na primer mestni avtobusi. V njih je namreč več prostora za gorivo in vir energije. Zanimivi so tudi s stališča mestnih oblasti, ki lahko s spodbujanjem sodobnih in okolju prijaznih tehnologij dajejo dober zgled, hkrati jim visoka nakupna cena vozil predstavlja mnogo manjšo oviro kot posameznikom. Poleg tega imajo poklicni vozniki manj težav s prilagajanjem (Lampič, 2006, str. 23). Poraba bencinskih (in dizelskih) motorjev je največja pri mestni vožnji, torej pri speljevanju in zaviranju. Skupni čas postankov v mestnem voznem ciklu predstavlja kar četrtino vsega časa, oziroma okoli 28 postankov na približno enajstih prevoženih kilometrih (Lampič, 2006, str. 24). Zaradi pogostih postankov in velike mase vozil se največ moči (slaba polovica) sprosti med zaviranjem (Lampič, 2006, str. 25). Tako lahko največ energije z regenerativnim zaviralnim sistemom prihranimo ravno pri mestnem avtobusu, in sicer kar 32 odstotkov (Lampič, 2006, str. 33). To je tudi sicer zelo spodbuden podatek, saj mestni avtobusi v povprečju prevozijo veliko kilometrov in že samo z regenerativnim zaviranjem oziroma tretjinskim privarčevanjem energije (goriva) je mogoče precej zmanjšati onesnaženje. Na področju javnega prometa obstajajo tudi mnoge inovativne rešitve za polnjenje akumulatorjev ali dolivanje goriva. Polnjenje akumulatorjev na končnih postajah bi sicer podaljšalo čas postanka in povišalo stroške zaradi potrebe po izgradnji nove infrastrukture, a bi bila slednja kasneje primerna tudi za druga vozila, hkrati bi se zmanjšala potrebna zaloga energije na vozilu samem (Lampič, 2006, str. 23).

DaimlerChrysler je že konec leta 2005 začel uvajati floto avtobusov s pogonom na gorivne celice v redni promet, s čimer so začeli pridobivati izkušnje s tovrstnimi vozili v vsakodnevni uporabi in prometu (DaimlerChrysler spletna stran, 2007). Preizkusi po vsem svetu so poleg drugih koristnih informacij dali še podatke o življenjski dobi gorivnih celic, ki je v tistem času presegala 2000 ur, brez izgub moči. To življenjsko dobo gorivnih celic že bolj približa življenjski dobi klasičnih bencinskih in dizelskih motorjev (DaimlerChrysler spletna stran, 2007).

23. novembra 2005 so v Peking dostavili tri avtobuse s pogonom na vodikove gorivne celice. Do tega je prišlo na pobudo kitajskega ministrstva za znanost in tehnologijo in razvojnega programa Organizacije združenih narodov. Ti trije avtobusi so bili del flote 36 vozil, ki jih je DaimlerChrysler imel v prometu leta 2005 v Evropi, Aziji in Avstraliji z namenom pridobiti izkušnje z vsakodnevno uporabo okolju prijaznih tehnologij. Že mesec pred dostavo avtobusov v Peking so z DCX-ovimi ostalimi vozili na gorivne celice presegli milijon prevoženih kilometrov, od katerih so avtobusi delovali kar 70.000 ur (DaimlerChrysler spletna stran, 2007).

Po besedah Herberta Kohlerja, podpredsednika oddelka za raziskave pogonskih sklopov, ki je hkrati zadolžen tudi za okoljevarstveni vidik, so pri DaimlerChryslerju zadovoljni z zanesljivostjo in robustnostjo gorivnih celic, ki so se dobro obnesle v različnih klimatskih pogojih in terenih. Vzdržale so hud mraz v Reykjaviku, vročino v Madridu, težav naj jim ne bi povzročali niti nakloni. Izkušnje, ki jih bodo pridobili v Pekingu, bodo močno prispevale k cilju serijske proizvodnje (DaimlerChrysler spletna stran, 2007). EvoBus GmbH, podjetje v popolni lasti DaimlerChryslerja, bo dobavljalo Mercedes-Benzove avtobuse (model Citaro) na gorivne celice po ceni 1,25 milijona evrov za avtobus. Cena vključuje celovito tehnično svetovanje in popravilo kar na mestu okvare v obdobju dveh let od nakupa. Ti okolju prijazni avtobusi lahko prevozijo do 300 kilometrov s hitrostjo do 80 km/h in imajo prostora za do 70 potnikov (DaimlerChrysler spletna stran, 2007).

Slika 3: Prototip avtobusa Citaro, leta 2002, še pred serijsko proizvodnjo



Vir: DaimlerChrysler spletna stran, 2007.

Naslednji korak pri uvajanju gorivnih celic bodo po vseh predvidevanjih mestni avtomobili, ki bi lahko po treh kriterijih (vidikih) uspešno nadomestili obstoječe avtomobile. Ti so (Lampič, 2006, str. 76):

- *Tehnični vidik:* visoko razmerje med največjo in trajno močjo (potreba po hibridnih pogonih), nizka zahtevana avtonomija oziroma domet glede na zalogo goriva;
- *Ekološki vidik:* precejšnje zmanjšanje emisij v najbolj naseljenih območjih (kjer je tudi strošek družbe zaradi obolevnosti največji);
- *Ekonomski vidik:* največja razlika v ceni prevoza, sorazmerno enostavna izgradnja infrastrukture.

### **3.5.4. Prednosti in slabosti gorivnih celic**

Gorivne celice nekako združujejo prednosti električnega pogona in klasičnega pogona, saj omogočajo enak domet kot vozila z motorjem z notranjim izgorevanjem, praktično nimajo emisij, polnjenje rezervoarja je hitro in ni potrebna priključitev na električno omrežje, kot to zahtevajo električna vozila, in ker ima manj gibljivih delov, je tak avtomobil tišji od tistega z motorjem z notranjim izgorevanjem (DaimlerChrysler spletna stran, 2007). Sicer pa lahko glavne prednosti gorivnih celic povzamemo z naslednjimi alinejami:

- *Okolju prijazne:* gorivne celice pretvarjajo kisik in vodik v elektriko. Vodik je mogoče izvleči iz ogljikovodikovih goriv s procesom, ki je poznan kot reforming, ali iz vode s pomočjo elektrolize. Medtem ko uporaba fosilnih goriv v ozračje sprošča emisije CO<sub>2</sub>, bodo pričakovane izboljšave pri učinkovitosti gorivnih celic omogočile mnogo nižje emisije v primerjavi s klasičnimi tovarnami in motorji. Pomembno je tudi, da je izpuščeni CO<sub>2</sub> pri proizvodnji vodika v koncentrirani obliki, zaradi česar je njegovo zajetje mnogo lažje (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 421, 422). Gorivne celice sproščajo energijo, ki nastaja pri reakciji vodika in kisika. Tako vozila s pogonom na vodik izločajo le čiste vodne hlape, torej paro (DaimlerChrysler spletna stran, 2007). Ne drži pa podatek, ki ga navajajo na spletni strani DaimlerChryslerja, da so gorivne celice edina tehnologija, ki je sposobna brezemisijskega delovanja. Brezemisijsko lahko deluje tudi BMWjeva tehnologija, kar smo podrobneje opisali v točki 3.5..
- *Fleksibilnost:* velika prednost gorivnih celic je njihova fleksibilnost. Obstajajo v različnih velikostih, od nekaj vatov do nekaj megavatov, ki so primerne za generiranje elektrike v večjem obsegu (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 421, 422).
- *Največ možnosti za nadaljnji razvoj:* za gorivne celice se meni, da predstavljajo alternativni pogonski sistem z največjim potencialom za nadaljnji razvoj. Njihove emisije



so zelo majhne ali jih sploh ni, so zelo tihe in energetsko učinkovite, zaradi česar veliko prispevajo k pojmu mobilnosti (DaimlerChrysler spletna stran, 2007).

Dejavniki, ki trenutno omejujejo njihovo uporabo, so njihovi visoki kapitalski stroški v primerjavi s konvencionalnimi alternativami, sorazmerna nedokazanost, omejena možnost komercializacije (vsaj na kratki rok) in vodik kot gorivo ter njegovi proizvodni stroški (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 421, 422).

### **3.5.5. Ekonomika**

Glavni izziv pri gorivnih celicah so njihovi visoki začetni stroški. Dizelski generator ali plinska turbina staneta tri- do desetkrat manj. Razvoj cenejših materialov bo pomagal znižati stroške, ravno tako pretvorba goriva v vodik znotraj celice. Višja delovna temperatura omogoča uporabo proizvedene toplote za ogrevanje prostorov, vode ali proizvodnjo dodatne energije (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 423).

Podjetje DaimlerChrysler je še pred prihodom prvega vozila z inovativnim načinom pogona v razvoj gorivnih celic vložilo kar 1,4 milijarde USD. Toliko so porabili za razvoj Chryslerjevih modelov 300M, Concorde, LHS in Dodgeovega Intrepida skupaj (DaimlerChrysler spletna stran, 2007). Stroški sistemov na gorivne celice in vozil predstavljajo veliko negotovost. Pred približno štirimi leti je Toyota začela ponujati vozila na vodikove gorivne celice po ceni 10.000 USD na mesec z zakupom na 30 mesecev. Če to v celoti pokriva proizvodne stroške vozila, lahko predvidevamo, da sistem gorivnih celic stane približno 6.000 USD/kW. Večina študij sicer kaže, da bo cena gorivnih celic občutno upadla z množično proizvodnjo in učenjem. Zahtevana oziroma potrebna moč gorivnih celic (kW) še vedno ni znana, a je možno, da bo precej nižja kot pri trenutnih avtomobilih in lahkih dostavniki (npr. če postanejo lažje in bolj učinkovite) (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 428). Življenska doba gorivnih celic je krajša kot pri klasičnem vozilu. Čeprav naj bi se vzdržljivost in trajnost izboljšali, je možno, da bo gorivne celice potrebno zamenjati dva- do trikrat v življenjski dobi vozila.

Gorivne celice tipa PEM (Proton Exchange Membrane) so v mnogih pogledih prva izbira za potniška vozila. Tovrstne gorivne celice so v letu 2003 zadoščale za 50.000 prevoženih kilometrov, zaradi česar bi bilo potrebno v življenjski dobi avtomobila gorivne celice nekajkrat zamenjati, kar pomeni dodatne stroške glede na avtomobile z motorjem z notranjim izgorevanjem. Iz tega razloga proizvajalci intenzivno delajo, da bi podaljšali njihovo življenjsko dobo, s čimer bi se lahko v celoti izognili menjavam gorivnih celic v življenjski dobi vozila. Učinkovitost gorivnih celic PEM v primerjavi z ICE motorjem še ni popolnoma znana, vendar nekatere študije nakazujejo, da bo njihova učinkovitost dva- do trikrat višja kot učinkovitost ICE motorjev. Razlike lahko pripišemo domnevam o tipu vozila, sposobnosti pospeševanja, voznem ciklu in osnovnih trendih učinkovitosti ICE. Toliko višja učinkovitost

do neke mere izniči višje stroške na enoto energenta v primerjavi z ICE, ki uporabljajo bencin ali dizel (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 423, 424). Vse te negotovosti pomenijo širok spekter ocen stroškov. Sčasoma nižjecenovne gorivne celice morda niti ne bodo dražje od primerljivega vozila z motorjem z notranjim izgorevanjem (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 428).

Vozila na gorivne celice vključujejo številne tehnologije, ki se ne uporabljajo v klasičnih vozilih. Več teh tehnologij si delijo z električnimi in hibridnimi vozili, vključno z električnimi pogoni, elektronskim nadzorom, močnejšimi električnimi krogotoki, regenerativnim zaviranjem in podobno. Dve najbolj opazni tehnologiji, ki sta specifični, sta sistem gorivnih celic in sistem za skladiščenje vodika (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 423). Medtem ko naj cenejši sistemi gorivnih celic v končni fazi ne bi bili dražji od primerljivih motorjev z notranjim izgorevanjem, ostaja izjema rezervoar, katerega stroške se ocenjuje med 500 in 1.500 USD na vozilo. V višjem razredu je možno, da bodo dodatni stroški nakupa vozila z gorivnimi celicami ostali višji kot 10.000 USD, kar je verjetno preveč za komercialni uspeh. Ena izmed študij nakazuje, da bodo dolgoročni stroški gorivnih celic za 6.000–6.500 USD višji kot pri ICE vozilih, tudi ko bodo cene gorivnih celic padle na 100 USD za kilovat moči (vključno s shranjevanjem vodika v vozilu) – kar je več kot petdesetkrat nižja cena, kot je bila v letu 2003. Potrebno je tudi poudariti, da obstaja velika negotovost pri ocenah dogodkov, kjer je tehnični napredek lahko tako velik (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 428).

Publikacija World Energy Outlook 2003 predvideva pojav gorivnih celic kot nov vir proizvodnje elektrike okoli leta 2020. Celice, za katere se pričakuje, da bodo prve komercialno dostopne, bodo vključevale pretvorbo zemeljskega plina. Skoraj vse gorivne celice za proizvodnjo elektrike do leta 2030 bodo namenjene individualni proizvodnji energije. Za gorivne celice se pričakuje, da bodo za individualno proizvodnjo postale konkurenčne šele, ko bodo stroški padli pod 1.000 USD/kW (za primerjavo, to je četrtnina cene iz leta 2002), njihova učinkovitost pa se bo približala 60 odstotkom. Glede na alternativni scenarij iste publikacije naj bi se tržni delež gorivnih celic začel povečevati leta 2015 in postal večji šele okoli leta 2030. Resnejša penetracija trga bo možna šele z dodatnimi raziskavami in razvojem, dodatnimi spodbudami in bolj rigoroznimi okoljevarstvenimi predpisi (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 423).

Z vidika ekonomske smiselnosti in izvedljivosti gorivnih celic bo potrebno upoštevati še stroške vzpostavitve ustreznega preskrbovalnega sistema. Višina investicije, ki bo potrebna za vzpostavitev transportnega sistema na vodik, bo odvisna od stopnje oziroma hitrosti zniževanja stroškov in časa, v katerem bo tak sistem razvit. Hiter prehod bi bil dražji, še posebej, če bi zaradi tega sedanje investicije v druga goriva postale zastarele, še preden bodo popolnoma amortizirane. Iz tega razloga proizvajalcem vozil prehitro prehod ni v interesu. Še en ključni dejavnik je stopnja učenja (in s tem zniževanje stroškov), ki jo bomo dosegali s

povečano proizvodnjo. Različne stopnje učenja bi lahko povzročile zelo različne prihodnje stroške. Z optimalnim učenjem in zniževanjem stroškov je zrel trg vozil na gorivne celice mogoče doseči z dodatnimi stroški nekaj sto milijard ameriških dolarjev, v primeru počasnega zniževanja stroškov pa bi prirastni stroški doseganja zrelega trga lahko znašali približno pet bilijonov ameriških dolarjev, kar bi seveda zmanjšalo verjetnost za širšo uporabo vodika v transportu (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 428).

Tudi pri ugodnem stroškovnem scenariju bo v tranzicijskem obdobju, ko bo zaradi premajhne dostopnosti goriva močan odpor potrošnikov do nakupa tovrstnega vozila, zaradi premajhnega števila vozil pa vzpostavitev mreže črpalk ne bo ekonomsko upravičena, potrebno veliko vladnih intervencij in koordinacij. Potencialne koristi široke uporabe vodika so že vzpodbudile nekatere vlade, da so začele razvijati strategije za premagovanje tranzicijskih ovir (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 428).

## **4. ANALIZA GORIV**

Seveda za celovito presojo o ustreznosti različnih tehnologij z ekonomskega in okoljevarstvenega vidika (slednjemu se zaradi direktiv ne moremo izogniti) ni dovolj le analiza tehnologije same. Najpomembnejše tehnične lastnosti virov energije so zaloga energije, moč, masa, prostornina, izkoristek, ekološki vpliv, vzdržljivost in odzivnost. A za potrebe te magistrske naloge so bolj pomembne lastnosti, ki omogočajo viru energije uveljavitev v industrijski uporabi in vsakdanjem življenju, torej kriteriji kot so cena, enostavnost uporabe, razširjenost tehnologije in stanje razvoja konkurenčnih tehnologij. (Lampič, 2006, str. 34). Potrebna je torej tudi analiza stroškov proizvodnega procesa goriv in njegovih vplivov na okolje. Možno je celo, da škodljivi učinki pri proizvodnem procesu goriva izničijo ali celo presežejo okoljevarstvene prednosti, ki se pojavijo pri sami vožnji. Iz tega razloga bom v tej točki temeljito analiziral proizvodni proces, stroške in možnosti proizvodnje bioetanola in vodika, saj se Saabova tehnologija v tem trenutku zaradi že podanih razlogov zdi najboljša kratko in srednjeročna rešitev, gorivne celice pa (razen v primeru, ko bi prišlo do nepričakovanih ovir) najboljša dolgoročna rešitev.

### **4.1. Smeri iskanja novih goriv**

Pri višjih cenah nafte postanejo cenovno zanimive tudi nekatere druge rešitve, med njimi zemeljski plin, ki se ga transportira kot utekočinjen zemeljski plin (LNG), ali proizvodi iz premoga – pretvorba v plin ali nafto. Poleg tega so visoke cene energije, ki so bile posledica kar trikratnega (cena \* faktor 4) povišanja svetovnih cen nafte, že v letih 1973-74 poudarile nevarnost (prevelike) odvisnosti od neobnovljivih virov (Eden et al., 1981, str. 29, 47, 48). Pregled cen nafte v zadnjih petdesetih letih pokaže dva izrazita skoka kot posledici turbulentnih gibanj. Tak primer je 11. september 2001. Cene se po skokih ob takih dogodkih zaradi želje izvoznice nafte po večjem zaslužku običajno ne spustijo več. Programi za

napovedovanje na podlagi teh podatkov napovedujejo vnovičen občuten padec cen nafte na staro raven, okoli 30 dolarjev. Podobno že nekaj časa napovedujejo direktorji naftnih multinacionalk. Vrhunec svetovne proizvodnje nafte naj bi dosegli čez približno dvajset let, ko naj bi se načrpana količina začela zmanjševati, cene pa rasti (Gams, 2007).

Predsednik Bush je pred kratkim napovedal, da bodo ZDA v desetih letih zmanjšale porabo nafte za 20 odstotkov. Pridružil se mu je predsednik Evropske komisije Jose Manuel Barroso, ki je napovedal ukrepe za zmanjšanje odvisnosti od nafte in fosilnih goriv ter ruskega plina. Drugi viri naj bi nafti postali konkurenčni pri ceni nafte 40–70 USD za sodček, le-ti pa bodo povečali pritisk na znižanje cene nafte, kar se je do neke mere že zgodilo (Gams, 2007). Matjaž Gams, vodja odseka za inteligentne sisteme na Institutu Jožef Stefan, na podlagi povedanega predvideva pospeševanje uvajanja alternativnih virov, kot sta na primer bioetanol in vodik.

## **4.2. Bioetanol**

V EU predstavlja transportni sektor kar 30 odstotkov celotne porabe energije. Kar 98% transportnega sektorja je odvisnega od nafte, katere poraba se je povečala za polovico med leti 1985 in 1998. Povpraševanje po transportu je v zadnjih desetletjih konstantno raslo in v prihajajočem desetletju pričakujemo povečanje za 2 odstotka na leto. K temu naj bi občutno pripomogla širitev Evropske unije. Predvideva se tudi, da bodo emisije CO<sub>2</sub> v letu 2010 za 39% višje kot leta 1990. Zaradi direktiv Evropske komisije delež biogoriv hitro narašča in naj bi tudi v prihodnje (EUBIA spletna stran, 2007).

Biogoriva, ki izvirajo iz programov za znižanje cen nafte s konca 1970-ih, imajo tudi pri industrijskem razvoju pomembno vlogo že od sredine devetdesetih let. Njihov uspeh torej ne leži zgolj v dejstvu, da jih je moč zamenjati za klasične ogljikovodike, temveč tudi v ekoloških prednostih (EUBIA spletna stran, 2007). Bioetanol je okolju prijazno gorivo, ki lahko zmanjša emisije CO<sub>2</sub>, toplogrednega plina, ki prispeva h globalnemu segrevanju in s tem povzroča celo vrsto težav, do 70%. Podatki od vira do vira sicer nekoliko varirajo, a so zmanjšanja precejšnja. Ker se etanol proizvaja iz biomase, pravzaprav reciklira CO<sub>2</sub>, ki je že prisoten v ozračju. Posevki, namenjeni pretvorbi v bioetanol, pri rasti s fotosintezo odstranijo CO<sub>2</sub> iz ozračja. Pri izgorevanju bioetanola se v ozračje izloča CO<sub>2</sub>, a kar 70% izločenega ogljikovega dioksida izniči poraba posevkov pri fotosintezi.

### **4.2.1. Proizvodni proces bioetanola**

Prevladujoča tehnologija za pretvarjanje biomase v etanol je fermentacija, kateri sledi destilacija. Fermentacija je biokemični proces pretvorbe, v katerem se biomasa s pomočjo mikroorganizmov (bakterije ali glive) in encimov razgradi. Tovrstno tehnologijo je možno uporabljati pri različnih vrstah biomase (EUBIA spletna stran, 2007). V praksi vsa

fermentacija etanola še vedno temelji na kvasovkah, ki za surov material potrebujejo enostavne sladkorje. Konvencionalna fermentacija s kvasovkami proizvede 0,51 kilograma etanola iz enega kilograma kateregakoli C<sub>6</sub> sladkorja. A vse surovine ne vsebujejo enostavnih sladkorjev. Škrob in lignoceluloza sta polimera in za cepitev vezi med monomeri ter pridobitev enostavnih C<sub>6</sub> sladkorjev za fermentacijo, je potrebna elektroliza (EUBIA spletna stran, 2007). Tradicionalna (prva generacija) proizvodnja bioetanola temelji na širokem naboru posevkov bogatih s sladkorjem in škrobom, vključno z žitom, koruzo, sladkornim trsom in sladkorno peso. Tradicionalno proizvodnjo tega alternativnega vira predstavlja dobro poznan in enostaven proces fermentacije sladkorja, podoben tistemu pri proizvodnji viskija ali vodke (Saab spletna stran, 2006).

Prvi korak v proizvodnem procesu je mletje zrn, s katerim izločimo škrob. Dobljeni material razredčimo z vodo in prilagodimo količino sladkorja v masi. To je nujno, da se ohranijo kvasovke, hkrati je zaradi tega maso lažje mešati. Mešanico se nato prekuha, da se v vodi topni škrobi stopijo in pretvorijo v sladkor. Za rast kvasovk, ki so potrebne za proces fermentacije, mora biti pH rahlo kisel in sicer med 4,8 in 5,0. Med fermentacijo nastaja etanol, ki je razredčen z vodo. Med omenjenim procesom se izloča tudi CO<sub>2</sub>. S serijo destilacij in dehidracij se koncentracija etanola poveča (EUBIA spletna stran, 2007).

V splošnem obstajata dva načina proizvodnje bioetanola. Po tradicionalnem receptu za proizvodnjo bioetanola zmešamo vodo, sladkor in kvasovke ter jih pustimo v toplem okolju, da poteče proces fermentacije. Postopoma postane mešanica tekoča in v tem trenutku vsebuje približno 15 odstotkov alkohola. Ko koncentracija alkohola še naraste, kvasovke odmrejo in proces se zaključi. Nastala tekoča brozga se nato destilira in prečisti, kot rezultat dobimo 99,5% bioetanol (Saab spletna stran, 2006). Nov način proizvodnje (druga generacija), ki ga trenutno razvijajo, bo pridobival bioetanol iz materialov, ki vsebujejo lignocelulozo, snov, ki jo najdemo v lesnih tkivih rastlin, kot na primer slamice, koruzni storži, oblanci in drugi organski materiali, ki so pogosto na voljo kot odpadki, ter jim daje trdnost (Saab spletna stran, 2006). Proces pretvorbe lignocelulozne biomase se od prejšnjega procesa razlikuje le v cepitvi oziroma hidrolizi surovega materiala v sladkorje, primerne za fermentacijo. Ta proces hidrolize je bolj težaven kot hidroliza škroba. Lignocelulozna biomasa vsebuje ogljikovodikove polimere (celuloza in hemiceluloza), ki jih je možno pretvoriti v sladkorje, medtem ko polimera, imenovanega lignin, ni mogoče fermentirati, saj je odporen na biološko razgradnjo. Ta material je mogoče uporabiti za proizvodnjo elektrike in/ali toplote. Proizvodnjo energije in toplote iz dela biomase, ki ga ni možno fermentirati, je ravno tako možno še izboljšati, kar bo povzročilo izboljšanje energetske učinkovitosti in ekonomskega vidika procesa (EUBIA spletna stran, 2007).

Z ekonomskega vidika je najpomembnejše, da bodo materialni stroški bioetanola, pridobljenega na novi način, mnogo nižji od tistih pri tradicionalni proizvodnji. Za proizvodno tehnologijo druge generacije se predvideva, da se bodo donosi bioetanola

podvojili brez neugodnih vplivov na prehrabeno verigo, saj je z njo možna proizvodnja okolju prijaznega goriva iz kateregakoli organskega materiala. Nova biogoriva druge generacije bodo tudi znatno povečala energetska učinkovitost in s tem še dodatno zmanjšala emisije CO<sub>2</sub> v primerjavi z biogorivi prve generacije (Saab spletna stran, 2006). Za uporabo etanola kot goriva mora biti njegova čistost skoraj stoddstotna. To pomeni, da mora biti vsebnost vode zelo nizka. Za dehidracijo etanola je na voljo več tehnologij, kot na primer uporaba molekularnih sit in ločevanje z membranami, ki jih je možno še izboljšati, tako da tudi na tem področju obstajajo nadaljnje možnosti za nižanje stroškov proizvodnje (EUBIA spletna stran, 2007).

#### 4.2.2. Bioetanol kot gorivo, njegove prednosti in slabosti

Bioetanol je verjetno najbolj pogosto uporabljano alternativno gorivo v avtomobilih, v glavnem zaradi odločitve Brazilije za njegovo proizvodnjo iz sladkornega trsa ter njegove uporabe v ZDA kot dodatek bencinu za povečanje oktanskega števila. Tako ni presenetljivo, da sta največji svetovni proizvajalki etanola Brazilija in ZDA, katerih proizvodnja znaša kar 65% celotne svetovne proizvodnje tega goriva. Evropski delež v proizvodnji je 13% (EUBIA spletna stran, 2007).

Prednosti bioetanola so naslednje (Saab spletna stran, 2006):

- *Okolju prijazen:* kljub dejstvu, da se nekaj emisij CO<sub>2</sub> izloča tudi pri gorenju bioetanola, je glavna razlika ta, da se pri gorenju fosilnih goriv izloča CO<sub>2</sub>, ki je bil prej ujet v nafti pod površjem zemlje, in tako povečuje skupno količino ogljikovega dioksida v ozračju, medtem ko gorenje bioetanola samo »reciklira« ogljikov dioksid, ki je že prisoten v ozračju. CO<sub>2</sub> se porablja v procesu fotosinteze, ko drevesa in druge rastline, ki jih kasneje uporabimo za proizvodnjo bioetanola, rastejo. Enaka količina CO<sub>2</sub> se pri gorenju bioetanola vrne v ozračje.

Nekateri ljudje so se ob predstavitvi tehnologije BioPower spraševali, ali ne bo morda potreba po fosilnih energentih za proizvodnjo bioetanola izničila okoljevarstvenih prednosti vožnje na omenjeno gorivo. Po trenutnih študijah naj bi neto prihranki ogljikovega dioksida pri vožnji močno presegali majhne količine CO<sub>2</sub>, ki uidejo v ozračje med proizvodnjo bioetanola (proizvodni proces bioetanola je podrobneje opisan v točki 4.1.1.).

Brazilija, ena izmed največjih svetovnih proizvajalk bioetanola, proizvaja to gorivo z 80 do 90% neto prihrankom ogljikovega dioksida. Glede na poročilo, ki so ga pripravili na švedski univerzi Chalmers, je za proizvodnjo bioetanola iz ostankov lesne mase potrebno le 2 odstotka energije iz fosilnih goriv, kar pomeni, da je prihranek ogljikovega dioksida kar 98-odstoten. V prihodnji množični proizvodnji etanola iz celuloze švedski raziskovalci

predvidevajo 90–95-odstotno neto zmanjšanje emisij ogljikovega dioksida, v primeru proizvodnje iz žita pa 50–70-odstotno zmanjšanje. Zelo pomembno je tudi, da je bioetanol obnovljiv vir energije, s čimer ohranjamo druge energetske vire. Kot alternativno gorivo ne zmanjšuje le izpusta CO<sub>2</sub> v ozračje, temveč zmanjšuje tudi odvisnost od nafte. Trenutno se izvajajo študije za možnost proizvodnje bioetanola iz lignoceluloznih materialov.

Oktansko število etanola je višje kot pri bencinu, zato ima boljše značilnosti vžiga. Boljšo kakovost goriva je možno izkoristiti, če se ustrezno spremeni kompresijsko razmerje motorja, s čimer se poveča učinkovitost ter s tem varčnost motorja. Višja učinkovitost je tudi rezultat vsebnosti kisika v etanolu, kar pripomore k čistejšemu procesu izgorovanja pri sorazmerno nizkih temperaturah (EUBIA spletna stran, 2007). Tako imenovan Reidov pritisk izhlapevanja, mera za volatilitnost goriva, je za etanol zelo nizek. To nakazuje počasno izhlapevanje, pri čemer je prednost v tem, da ostaja koncentracija emisij, ki nastajajo pri izhlapevanju, relativno nizka (EUBIA spletna stran, 2007).

- *Varen in enostaven za uporabo:* tudi pri varnosti točenja v rezervoarje ali morebitnih trkih se etanol dobro izkaže (vsaj glede na trenutno uporabljano gorivo), saj ni nič bolj eksploziven kot bencin in tudi gorijo le njegovi hlapi, ponovno enako kot pri bencinu. V primeru trka je bencin zaradi nekaterih drugih fizikalnih lastnosti, ki presegajo potrebe pričujoče magistrske naloge, celo bolj nevaren. Tudi glede enostavnosti uporabe pri polnjenju rezervoarja se bioetanol ne razlikuje od bencina. Točenje je preprosto in brez zapletov. Voznikom je to udobje precej pomembno.
- *Več moči in navora:* bioetanol ima višje oktansko število kot bencin, saj znaša 104 (po nekaterih podatkih celo 109 – glej Tabelo 1), medtem ko ima najpogosteje uporabljani bencin RON (oktansko število) 95. Zaradi tega motor BioPower pri delovanju na bioetanol razvija več moči in navora.
- *Sorazmerno enostaven za proizvodnjo in dobri izgledi za v bodoče:* razpoložljivost bioetanola po posameznih državah je odvisna od vladne podpore in razširjenosti tako imenovane »flex-fuel« tehnologije, kamor spada tudi BioPower. Ko bo več vlad po svetu ugotovilo, da jim bioetanol omogoča lažje doseganje vedno bolj rigoroznih okoljevarstvenih predpisov in ciljev ter ob tem še zmanjšuje njihovo odvisnost od fosilnih goriv, bo podpora za proizvodnjo in distribucijo bioetanola zrasla. Lep primer sta Švedska in Brazilija. Dobavljivost bioetanola se bo v prihodnje verjetno povečala tudi zaradi zavzetosti EU, da zmanjša emisijo toplogrednih plinov. Zaradi tega razloga EU z različnim obdavčevanjem spodbuja uporabo biogoriv.

Poleg že naštetih prednosti bioetanola Evropsko združenje za panogo biomase EUBIA navaja še naslednje zelo natančno opredeljene prednosti biogoriv, med katere spada tudi bioetanol (EUBIA spletna stran, 2007):

- povečanje varnosti v smislu dobave energije,
- zmanjšanje lokalnega onesnaženja zraka,
- zaščita prsti in vode zaradi uporabe biološko razgradljivih produktov,
- zmanjšanje zdravstvenih tveganj zaradi uporabe netoksičnih snovi.

Slabosti bioetanola sta pravzaprav dve. Reidov pritisk izhlapevanja, zaradi katere koncentracija emisij ostaja sorazmerno nizka in torej predstavlja prednost, za bioetanol predstavlja tudi slabost. Pri gorenju čistega bioetanola E100 se izloča še manj ogljikovega dioksida kot pri mešanici E85. Razlog, zakaj se v Evropi in ZDA uporablja mešanico bioetanola in bencina E85, ki je nekoliko manj ekološka kot različica E100, je nizek pritisk, potreben za izhlapevanje, skupaj z eno samo točko (temperaturo) vrelišča (glej Tabelo 1), ki pomeni slabost pri zaganjanju motorja pri nizkih temperaturah. Brez dodatkov motorjev na etanol ni možno zagnati pri temperaturah pod 20 °C. Težave pri hladnem zaganjanju so glavni problem pri uvajanju alkoholov kot avtomobilskega goriva (EUBIA spletna stran, 2007). V Braziliji, kjer hladni zagon ni problem, že vrsto let uporabljajo čisti bioetanol E100. Pri Saabu že raziskujejo, kako bi lahko odpravili to težavo, tako da bi bilo E100 možno uporabljati povsod (Saab spletna stran, 2006).

Tabela 1: Lastnosti bencina in bioetanola kot goriva

<b>Lastnosti goriva</b>	<b>Bencin</b>	<b>Bioetanol</b>
Molekularna teža (kg/kmol)	111	46
Gostota (kg/l) pri 15°C	0,75	0,80 – 0,82
Vsebnost kisika (wt-%)		34,8
Nižja kalorična vrednost (MJ/kg) pri 15°C	41,3	26,4
Nižja kalorična vrednost (MJ/l) pri 15°C	31	21,2
Oktansko število (RON)	97	109
Temperatura vrelišča (°C)	30 – 190	78
Reidov pritisk izhlapevanja (kPa) pri 15°C	75	16,5

Vir: EUBIA spletna stran, 2007; lastna priredba.

Druga slabost je, da ima bioetanol mnogo manjšo energetska vsebnost kot bencin (približno dve tretjini slednjega pri istem volumnu), kar je razvidno tudi iz Tabele 1. To pomeni, da se pri transportu, pri danem volumnu rezervoarja, doseg vozila zmanjša za enak delež.



### 4.2.3. Proizvodnja bioetanola v EU

Celotna evropska proizvodnja bioetanola je v letu 2003 znašala 309.500 ton. V tem času je bila Španija vodilna proizvajalka v Evropi. Razlog za uspeh sektorja v Španiji je v delovanju države, ki ne pobira davka na etanol. Švedska je z 52.300 tonami zasedla tretje mesto med proizvajalkami (EUBIA spletna stran, 2007).

V svetovnem merilu se večina bioetanola proizvede iz sladkornega trsa (Brazilija), melase in koruze (ZDA). Posevke, ki vsebujejo škrob, je potrebno najprej pretvoriti v sladkorje. Za proizvodnjo ene tone etanola so potrebne tri tone žita. V Evropi se v glavnem uporabljata žito in sladkorna pesa. Slednjo gojijo v večini držav EU-25 in ima veliko večji hektarski donos kot žito (EUBIA spletna stran, 2007).

Tabela 2: Potencialni donosi bioetanola iz žita in sladkorne pese v nekaterih državah članicah EU-25

Vir Država	Žito		Sladkorna pesa	
	Litrov / hektar	Toe / hektar	Litrov / hektar	Toe / hektar
Avstrija	1.792	0,92	6.677	3,42
Belgija	2.847	1,46	6.970	3,57
Nemčija	2.620	1,34	6.384	3,27
Danska	2.561	1,31	6.399	3,28
Grčija	916	0,47	4.926	2,52
Španija	1.052	0,54	6.181	3,16
Finska	1.057	0,54	3.440	1,76
Francija	2.554	1,31	7.980	4,09
Irska	2.996	1,53	4.710	2,41
Italija	1.637	0,84	4.346	2,23
Nizozemska	2.839	1,45	6.472	3,31
Portugalska	499	0,26	5.234	2,68
Švedska	2.069	1,06	5.266	2,70
Velika Britanija	2.668	1,38	6.355	3,25
Češka	1.568	0,80	4.982	2,55
Estonija	659	0,34	-	-
Madžarska	1.365	0,70	n.a.	n.a.
Litva	1.050	0,54	2.964	1,52
Latvija	908	0,46	3.036	1,55
Poljska	1.215	0,62	3.555	1,82
Slovenija	1.330	0,68	4.040	2,07
Slovaška	1.360	0,70	3.486	1,78

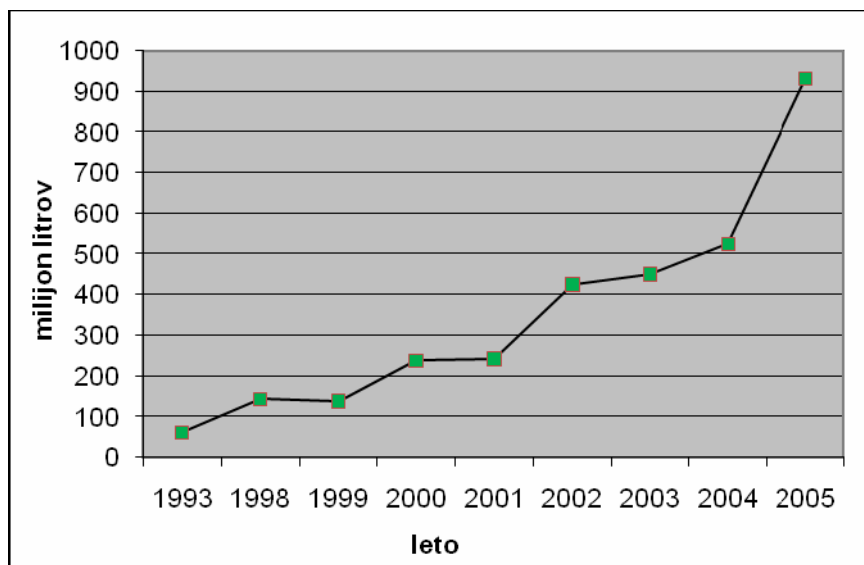
n.a.: ni na voljo

toe: količina, ki ustreza eni toni nafte (tonne of oil equivalent)

Vir: EUBIA spletna stran, 2007.

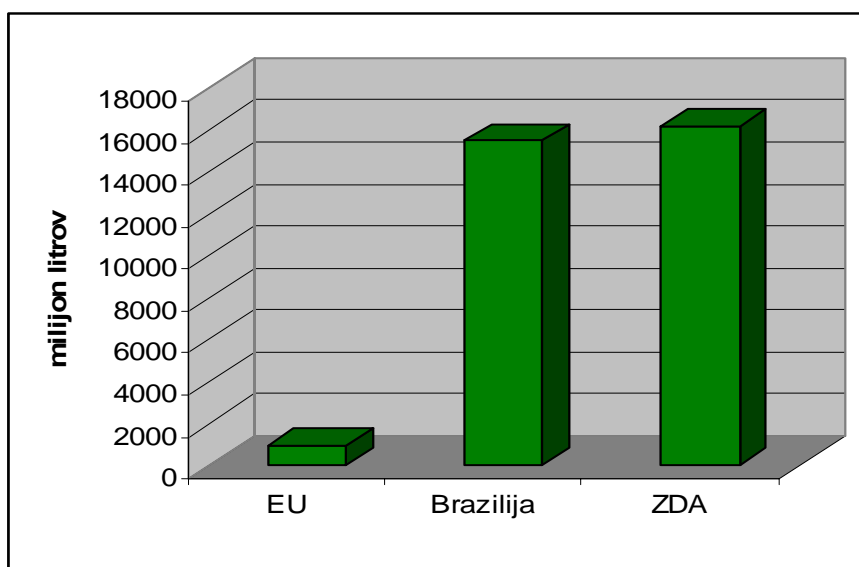
Kljub stalni rasti in močnemu porastu v letu 2005 glede na leto 2004 (glej Sliko 4), je proizvodnja etanola v EU v primerjavi z ZDA in Brazilijo še vedno precej skromna (glej Sliko 5). Oba velikana zdaj tekmujeta, da bi postala največji svetovni proizvajalec, kar je posledica želje po zmanjšanju odvisnosti od tujih virov fosilnih goriv. Pri tem seveda ne smemo pozabiti, da je George W. Bush pred kratkim napovedal, da bodo ZDA do leta 2017 zmanjšale porabo nafte za 20 odstotkov. A tudi Evropa se počasi prebuja in se začinja zavedati problema, ki bo poleg cene nafte in okoljevarstvenega vidika eden glavnih gonilnikov rasti proizvodnje biogoriv (De Miguel, 2007).

Slika 4: Gibanje proizvodnje bioetanola v EU



Vir: De Miguel, 2007, lastna priredba.

Slika 5: Primerjava proizvodnje etanola v letu 2005 za EU, Brazilijo in ZDA



Vir: De Miguel, 2007.

#### 4.2.4. Bioetanol v Sloveniji

Bioetanol kot gorivo je zanimiv tudi za Slovenijo. V Tovarni sladkorja Ormož (TSO) so letos spomladi prenehali s proizvodnjo sladkorja in pričeli izdelovati bioetanol. O tem govorimo že dobro leto, a so na kmetijskem ministrstvu potrebovali čas za preusmeritev kmetov v proizvodnjo pšenice in koruze, ki sta potrebni za proizvodnjo biogoriva. Za svojo proizvodnjo naj bi tovarna potrebovala 55.000 ton pšenice in 77.000 ton koruze (V Ormožu čez leto dni bioetanol, 2006). Sama preusmeritev naj bi bila pozitivna tudi za podjetje, saj reforma tržnega reda za sladkor predvideva 36-odstotno znižanje cen sladkorja, zaradi česar bodo manjši pridelovalci sladkorja, kamor spada tudi TSO, po večini propadli (Golouh, 2006).

V Evropi trenutno poteka kar 29 velikih projektov za pridobivanje bioetanola in študija kaže, da bi se naložba v Ormožu izplačala. V primeru, da bi lastniki tovarno predelali za bioetanol, bi za naložbo potrebovali približno 35 milijonov evrov, po nekaterih drugih virih pa le 25, za prenehanje izdelovanja sladkorja bi lastniki dobili le tri četrtine od 38,5 mio evrov, ki so sicer namenjeni za popolno razgradnjo tovarne, poleg tega bi verjetno lahko dobili še od 10 do 15 milijonov EUR za prestrukturiranje. Direktor TSO zatrjuje, da študija proizvodnje bioetanola obeta soliden zaslužek in odplačilo naložbe v desetih letih (Milošič, 2006).

Tudi stroški za uvajanje bioetanola na črpalke niso visoki. Dodatna infrastruktura ni potrebna, stroške predstavlja le enkratno čiščenje rezervoarjev, v katerih je bila prej nafta, saj bi se v nasprotnem primeru obloge v rezervoarju topile v bioetanolu, kar bi povzročalo mašenje filtrov. Na Petrolu strošek čiščenja ocenjujejo na približno 1.000 EUR na rezervoar. Kljub temu, da celoten znesek čiščenja (zmnožek s številom rezervoarjev na posamezni črpalki in številom črpalk) niti ni majhen, je še vedno precej manjši kot strošek predelave črpalk na plin, ki znaša okoli 20.000 EUR na črpalko (Štrumbelj, 2007). Navedene podatke je seveda možno posplošiti tudi na druge države.

#### 4.2.5. Uporaba bioetanola

Etanol je zaradi svojega visokega oktanskega števila najbolj primeren za uporabo v motorjih, ki se vžigajo s svečkami. Zaradi slabih lastnosti pri zagonu je manj primeren za dizelske motorje. V splošnem je zaradi nizkega pritiska izhlapevanja in visoko latentne temperature izhlapevanja, zaradi česar je hladni zagon problematičen, nepraktično uporabljati čisti etanol v motorjih, ki se vžigajo s svečkami. Pri Saabu zato pospešeno delajo na razvoju izboljšav, ki bi omogočale zagon ob nizkih temperaturah ob uporabi čistega bioetanola, trenutno pa je najbolj učinkovit način reševanja tega problema mešanje etanola z majhnim deležem volatilnega goriva, na primer bencina. Čeprav so uporabljali in preizkusili mnogo različnih mešanic, so najbolj pogoste mešanice naslednje:

- E5G do E26G (5–26% etanol, 95–74% bencin),
- E85G (85% etanol, 15% bencin),

- E15D (15% etanol, 85% dizel),
- E95D (95% etanol, 5% voda, s sredstvom za izboljšanje vžiga).

#### 4.2.6. Ekonomika proizvodnje bioetanola

Fermentacija sladkorjev v etanol je zrela tehnologija, ki se jo že uporablja komercialno v velikem obsegu. Možnosti za nadaljnje tehnološke izboljšave, ki bi opazno znižale proizvodne stroške so majhne. Stroški proizvodnje bioetanola so trenutno najbolj odvisni od cene posevkov, ki lahko predstavljajo kar 55–80% končne cene etanola (EUBIA spletna stran, 2007). Po nekaterih poročilih znašajo trenutni proizvodni stroški etanola, ki ga pridobivamo iz sladkorja in posevkov z vsebnostjo škroba, 20 EUR/GJ (koruza, ZDA – 0,42 EUR/l oziroma 834 EUR/toe<sup>1</sup>) in 15–25 EUR/GJ (sladkorna pesa, severozahodna Evropa). To znaša približno 0,32–0,53 EUR/l oziroma 625–1040 EUR/toe (EUBIA spletna stran, 2007).

Pri drugem viru, na katerega se sklicujejo na spletni strani Evropskega združenja za panogo biomase (EUBIA), so predstavili naslednjo analizo stroškov proizvodnje bioetanola. Pri analizi so za ceno žita upoštevali vrednost 140 EUR za tono, za sladkorno peso pa 26,2 EUR za tono. Koristi stranskih proizvodov zmanjšujejo proizvodne stroške etanola. V primeru proizvodnje iz žita se kot stranski produkt pojavi raztopina suhih delov žita (DDGS), pri proizvodnji etanola iz sladkorne pese pa meso sladkorne pese (EUBIA spletna stran, 2007).

Tabela 3: Proizvodni stroški bioetanola v EU-25 + Bolgarija in Romunija

	Proizvodnja iz žita			Proizvodnja iz sladkorne pese		
	EUR/l	EUR/GJ	EUR/toe	EUR/l	EUR/GJ	EUR/toe
Neto stroški posevkov						
Posevki	0,40	18,90	790	0,26	12,30	513
Koristi stranskih proizvodov	0,15	7,10	296	0,03	1,40	59
<i>Delna vsota stroškov posevkov*</i>	<i>0,25</i>	<i>11,80</i>	<i>493</i>	<i>0,23</i>	<i>10,90</i>	<i>454</i>
Stroški pretvorbe	0,28	13,30	553	0,22	10,40	434
Stroški mešanja (vključno s stroški prilagajanja bencina)	0,05	2,40	99	0,05	2,40	99
Distribucijski stroški	0,01	0,50	20	0,10	4,70	197
<b>Celotni stroški na črpalki</b>	<b>0,59</b>	<b>27,90</b>	<b>1.165</b>	<b>0,60</b>	<b>28,40</b>	<b>1.184</b>

\* gre za razliko med stroški posevkov in koristmi stranskih proizvodov

Vir: EUBIA spletna stran, 2007.

<sup>1</sup> Toe pomeni tonne of oil equivalent, oziroma količino, ki ustreza toni nafte. Več o tem lahko preberete na naslednji povezavi: <http://www.worldenergy.org/wec-geis/publications/reports/ser/conv.asp>

Pri fermentaciji sladkorjev v etanol ni več veliko možnosti za nadaljnje izboljšave, zato so trenutne raziskave in razvoj usmerjene predvsem v pretvarjanje lignocelulozne biomase ali lesa. Ta vključuje hitro rastoče (obnavljajoče) posevke (na primer vrbe in evkaliptus), agrikulturne ostanke (slama, ostanki stebel sladkornega trsa), ostanke gozdov, odpadni les in ostale trdne odpadke. Za proizvodnjo ene tone etanola so potrebne 2-4 tone lesnega materiala. Iz tone slame, ki ima vsebnost sladkorja med 60 in 70 odstotki, je mogoče proizvesti okoli 230 kg etanola (EUBIA spletna stran, 2007).

Razlogov za začetek proizvodnje bioetanola iz lignocelulozne biomase je več. Imamo je v izobilju in je cenejša kot posevki, ki so sicer mišljeni za hrano, še posebej, ko gre za odpadke, ki imajo zelo majhno ali celo negativno ekonomsko vrednost. Nadalje ima višjo neto vsebnost energije, zaradi česar postane bolj privlačna z okoljskega vidika (EUBIA spletna stran, 2007). Po drugi strani je tovrstno biomaso težje pretvoriti v sladkorje zaradi njihove sorazmerno nedostopne molekularne strukture. Omenjena tehnologija tako še ni na voljo na tržnem nivoju, saj se uporaba v večjem obsegu še vedno kaže kot zahtevna in tržno nezanimiva. Pomeben je tudi razvoj stroškovno učinkovite in okolju prijazne tehnologije predobdelave in hidrolize (EUBIA spletna stran, 2007).

EUBIA potiska v ospredje tudi razvoj in uporabo integriranih biorafinerij, ki bi temeljile na kitajski vrsti sladkornega trsa. Ekonomika tovrstnih biokompleksov je zanimiva. Slednji bi lahko zaradi mnogih koristnih stranskih produktov dodatno znižali tržno ceno bioetanola na 450-500 EUR/tono (17-19 EUR/GJ oziroma 700-800 EUR/toe) (EUBIA spletna stran, 2007).

### **4.3. Vodik**

Vodik je kot motorno gorivo odgovor na mnoge okoljevarstvene probleme, saj ni škodljivih emisij, ni izčrpavanja virov, ni nevarnosti za atmosfero in ga je mogoče proizvajati iz mnogih obnovljivih virov (BMWworld spletna stran, 2007), kot so sončna energija, vetrna energija in hidro energija. Iz tega razloga vodik obljublja občutno zmanjšanje emisij ogljikovega dioksida in odvisnosti od fosilnih goriv. Vodik najpogosteje pridobivamo z elektrolizo vode ali reformingom plinastih ogljikovodikov, uporablja pa se za shranjevanje energije. Običajno ga shranjujemo pod visokim pritiskom v plinastem stanju, kot tekočino pri nizkih temperaturah ali absorbiranega v trdnih snoveh (Lampič, 2006, str. 9).

#### **4.3.1. Proizvodnja in distribucija vodika**

Vodik je energent, ki ga je mogoče pridobivati iz širokega spektra virov. Trenutne tehnologije proizvodnje vodika vključujejo reforming zemeljskega plina (ki se uporablja v več kot 90% proizvodnje vodika), parcialna oziroma delna oksidacija (uplinjanje) mazutnih proizvodov in premoga ter elektrolizo premoga. Reforming in oksidacija fosilnih goriv povzročata večje emisije CO<sub>2</sub>, zato se več pozornosti posveča novejšim tehnologijam proizvodnje vodika, ki ne

izločajo ogljikovega dioksida. Te so (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 424):

- uplinjevanje premoga z zaježitvijo in shranjevanjem CO<sub>2</sub>,
- reforming zemeljskega plina z zaježitvijo in shranjevanjem CO<sub>2</sub>,
- elektroliza vode z virom elektrike, ki je brez ogljika,
- kogeneracija v visokotemperaturnem plinsko hlajenem nuklearnem reaktorju,
- uplinjanje biomase.

Inovativne tehnologije, kot na primer fotoelektrokemična cepitev vode in sistemi z uporabo alg za proizvodnjo vode, so še nepreverjene, zato je možnost, da bodo v uporabi pred letom 2050, majhna (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 424).

### **4.3.2. Stroški proizvodnje in distribucije**

Tabela 4 na strani 51 prikazuje oceno stroškov za dobavo enote vodika iz devetih različnih virov. Te ocene vključujejo stroške proizvodnje in distribucije h končnemu kupcu in sicer za sistem s polno ekonomijo obsega in zniževanjem stroškov, doseženim s progresivnimi izboljšavami pri široki proizvodnji (učenje tehnologije). Učinki učenja tehnologije so odvisni od tega, ali je kapaciteta zadostna. Če je namestitev posamezne vrste kapacitete omejena, ne moremo računati na taka znižanja stroškov. Zemeljski plin ali premog z zaježitvijo in shranjevanjem ogljikovega dioksida sta najcenejša vira (12–18 USD/GJ). Naslednjo najmanj drago skupino tehnologij sestavljajo biomasa, priobalni veter in jedrska energija, vse v razponu 14–30 USD/GJ. Najbolj drage tehnologije (27–82 USD/GJ) so proizvodnja vodika z elektrolizo, vetrom in sončno energijo (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 424, 426).

Vodik je dražji kot konvencionalna goriva deloma zaradi visokih stroškov distribucije in prodaje. Ti stroški so odvisni od sestave ponudbe vodika in obsega povpraševanja po njem. Če je povpraševanje majhno (kot v obdobju tranzicije oziroma prehoda), je decentralizirana proizvodnja in/ali dostava vodika do črpalk s tovornjaki verjetno najboljša opcija: stroški v času prehoda do ekonomije obsega pri vodiku so eden od glavnih problemov. Na daljši rok bi bil cevovod za vodik cenejša rešitev. Hkrati bi bil tudi nujen zaradi zaježitve CO<sub>2</sub>. Energetska učinkovitost centralne proizvodnje bi ravno tako bila mnogo višja, hkrati bi bili investicijski stroški nižji (Tabela 4). Zaradi primerjave goriv, ki temeljijo na nafti in katerih prednost je že ustvarjen sistem za distribucijo, z majhno ponudbo vodika bi prišli do zelo negativne ocene o potencialu vodika, zato ocene v Tabeli 4 zajemajo samo centralizirano proizvodnjo in distribucijo vodika (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 426).

Tabela 4: Stroški dobave vodika

Gorivo	Stroški elektrike	Stroški goriva (\$/GJ)	Ostali proizv. stroški (\$/GJ)	Stroški transporta (\$/GJ)	Stroški polnjenja rezervoarja (\$/GJ)	Prihodnji stroški dobave (\$/GJ)
Bencin/nafta	Surova nafta 25\$-29\$ bbl	4-5	2	≤1	2	8-10
Zemeljski plin	Uvozna cena 3-4\$/GJ	3-4	n.v.	≤1	4	7-9
H <sub>2</sub> iz zemeljskega plina – CO <sub>2</sub>	3-5\$/GJ	3,8-6,3	1,2-2,7	2	5-7	12-18
H <sub>2</sub> iz premoga – CO <sub>2</sub>	1-2\$/GJ	1,3-2,7	4,7-6,3	2	5-7	13-18
H <sub>2</sub> iz biomase (uplinjevanje)	2-5\$/GJ	2,9-7,1	5-6	2-5	5-7	14-25
H <sub>2</sub> iz priobalnega vetra	3-4 centov/kWh	9,8-13,1	5	2-5	5-7	22-30
H <sub>2</sub> iz vetra	4-5,5 centov/kWh	13,1-18,0	5	2-5	5-7	27-37
H <sub>2</sub> iz solarne termalne elektrike <sup>1</sup>	6-8 centov/kWh	19,6-26,1	5	2-5	5-7	32-42
H <sub>2</sub> iz solarne PV <sup>2</sup>	12-20 centov/kWh	39,2-65,4	5	2-5	5-7	52-82
H <sub>2</sub> iz jedrske energije	2,5-3,5 centov/kWh	8,2-11,4	5	2	5-7	20-27
H <sub>2</sub> iz HTGR <sup>3</sup> kogeneracije	n.a.	n.a.	8-23	2	5-7	15-32

Opombe: predpostavlja se, da je učinkovitost elektrolize 85%. Stroški vključujejo učinke učenja, ki so odvisni od uporabljenih zmogljivosti. Predpostavlja se tudi, da cevovodi za transport vodika služijo tudi njegovemu shranjevanju, zaradi česar ni potrebe po dodatnih rešitvah skladiščenja pri proizvodnem obratu in na črpalkah. Takšna predpostavka ne bi zdržala v prehodnem obdobju, ko cevovodi še ne bi obstajali ali bi bila njihova kapaciteta premajhna. Sistemi za shranjevanje vodika bi lahko dodali še 5–10 USD za GJ.

<sup>1</sup> npr. solarne plošče za gretje vode

<sup>2</sup> PV: sončne celice (photovoltaics)

<sup>3</sup> HTGR: visokotemperaturni plinsko hlajeni reaktor (High temperature gas-cooled reactor)

Vir: World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 425.

Transport vodika po cevovodih vključuje sorazmerno visok pritisk (med 10 in 100 bari), zaradi česar bo morda potrebna uporaba posebnih materialov. Pritisk na črpalki je potrebno še povečati na 600-800 barov za shranjevanje goriva v rezervoarju avtomobila. Delovanje pri takem pritisku je energetsko intenzivno in zahteva med 0,05 in 0,1 GJ elektrike za 1GJ vodika (in do 0,15GJ, če bi vodik dostavljali pri atmosferskem pritisku). Pri ceni elektrike 7 centov

za kWh (cena elektrike je pri nas višja, a zaradi poenostavitve in ohranjanja razmerij cen bom pustil navedeno ceno), to znese 1 do 2 USD/GJ. Nadalje je potrebno računati še kapitalne stroške in stroške obratovanja črpalk. Celotni oziroma skupni stroški prodaje so odvisni od obiskanosti črpalke. Tako bi po nekaterih ocenah stroški prodaje za črpalko, ki dnevno z vodikom oskrbi 300 vozil, znašali 5-7 USD/GJ (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 426, 427).

Distribucija in prodaja na drobno sta pomembna problema pri načrtovanju prehoda na sistem vodika. Težko obdobje prehoda bo na območjih, kjer bo bodisi premajhno število vozil, ki ne bi upravičilo široke mreže za oskrbo, bodisi močan odpor potrošnikov do nakupa vozil s pogonom na vodik zaradi premajhne razpoložljivosti in dobavljivosti vodika. Brez intervencij vlad je malo verjetno, da se bo ta problem rešil. A tudi v primeru vladnih intervencij bodo potrebne velike investicije za proizvodnjo večjih količin vodika, ki jo bo zahtevala vedno večja flota vozil na gorivne celice. Tovrstni sistem bo zahteval zelo velike investicije v tri glavne komponente:

- vozila na gorivne celice,
- obrate za proizvodnjo vodika,
- sistem za transport vodika od proizvodnih obratov do vozil.

Investitorji v posamezne komponente bodo neradi investirali, če ne bodo prepričani, da bodo druge komponente razvite pravočasno za doseganje dobičkov (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 427).

### **4.3.3. Stroški vožnje na vodik**

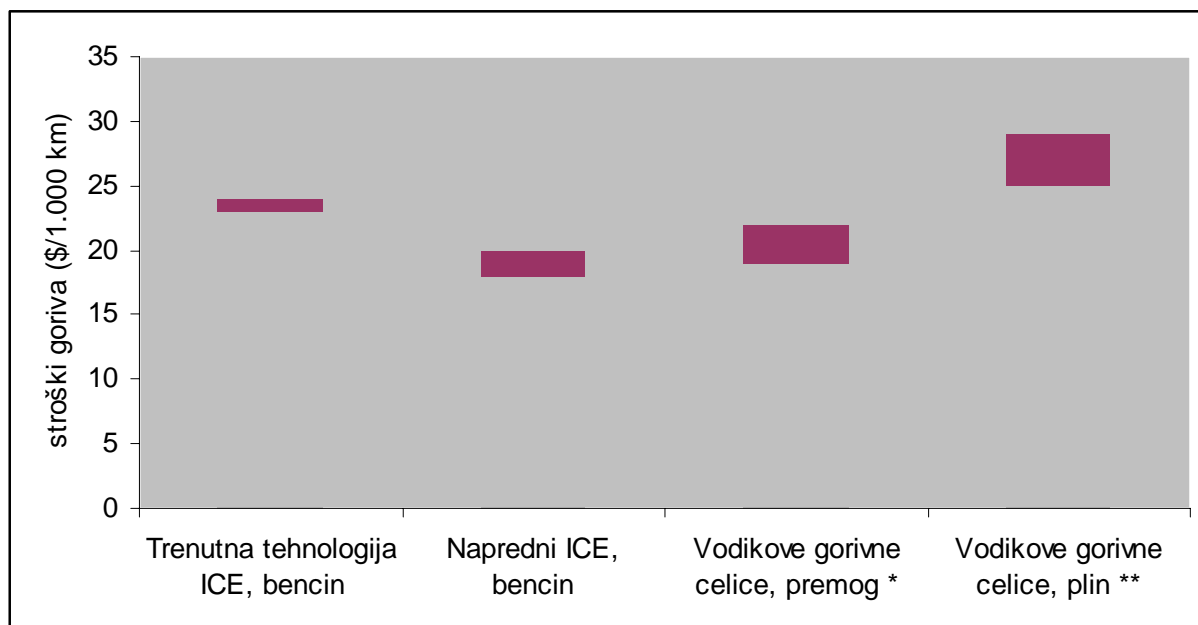
Vodikove gorivne celice so bolj učinkovite od konvencionalnih vozil na bencin ali nafto (dizel). Stroški goriva na kilometer prevožene poti bi bili nižji kot pri sedanjih motorjih z notranjim izgorevanjem (ICE), a višji kot pri delovanju naprednega ICE (glej Sliko 6 na strani 53). Kljub temu je potrebno računati tudi stroške tranzicije, ki so potrebni za doseganje ekonomije obsega ter bodo verjetno precej visoki. Ti stroški niso zajeti v dolgoročnih stroških potrošnikov v Tabeli 4 na strani 51 in Sliki 6 na strani 53 (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 427).

Podobno ugotavlja Lampič (2006). Za sodobni mestni električni hibrid (SMEH), ki črpa energijo iz dveh virov, gorivne celice in akumulatorja, naj bi bila vožnja s tovrstnim vozilom kljub višji ceni energije iz vodika cenejša kot vožnja s klasičnim vozilom, saj je poraba energije mestnega avtomobila, ki je ustrezno prirejen za takšno rabo, precej manjša kot pri klasičnih (mestnih) avtomobilih, ki imajo predimenzionirane motorje. 0,0313 EUR, kolikor naj bi po Lampičevem izračunu znašal strošek prevoženega kilometra s takšnim avtomobilom, je pri današnjih cenah naftnih derivatov za več kot tretjino nižji od stroška prevoženega



kilometra z majhnim bencinskim avtomobilom s porabo 5 l/100 km (Lampič, 2006, str. 74-75).

Slika 6: Stroški goriva za 1000 km poti



\* predpostavka centralizirane proizvodnje

\*\* predpostavka decentralizirane proizvodnje

Vir: World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 427.

## 5. KOMPROMIS MED VARSTVOM OKOLJA IN EKONOMIKO

Odločitev, katero alternativno gorivo bo tisto pravo gorivo prihodnosti, bo poleg ekonomskih temeljila tudi na okoljevarstvenih kriterijih. Slednji se »utelešajo« v obliki raznih direktiv. Po zadnjih dostopnih podatkih znaša povprečna emisija CO<sub>2</sub> v EU 163 g/km. Evropski proizvajalci so se prostovoljno zavezali, da bodo do leta 2008 emisije znižali na 140 g/km, a je študija pokazala, da za obljubami precej zaostajajo. Avtorji študije z naslovom »Kako čist je vaš avtomobil?« so prišli do zaključka, da prostovoljna zaveza ni dovolj uspešna in da bi za zniževanje emisij CO<sub>2</sub> potrebovali obvezujoče predpise. Novi predpisi naj bi bili prvič tudi v resnici zavezujoči (Boncelj, 2007, str. 14).

Pred kratkim je Evropska komisija predstavila uradni predlog nove strategije okoljskih zahtev. Te določajo, da bodo morali avtomobilski proizvajalci do leta 2012 povprečno emisijo ogljikovega dioksida zmanjšati na 130 gramov na prevoženi kilometer. Najprej je bila predlagana vrednost 120 g/km, a je Evropska komisija po ostrem lobiranju avtomobilske industrije (najbolj glasni so bili Nemci, saj njihove družbe proizvedejo veliko močnih in potratnih vozil) sprejela kompromis. Za boljšo predstavbo: tako določena meja pomeni, da bi

avtomobili z bencinskim motorjem do leta 2012 morali v povprečju porabiti 5 litrov goriva, tisti z dizelskim pa 4,5 litra na sto prevoženih kilometrov (Boncelj, 2007, str. 14).

Tabela 5: Povprečje avtomobilskih emisij CO<sub>2</sub> v Evropi (po Graphic News)

Leto	1995	1998	2001	2008	2012
Emisija CO <sub>2</sub> (g/km)	185	178	165	140*	120**

\* gre za prostovoljni cilj, ki ga bodo proizvajalci verjetno zgrešili za 14 g/km

\*\* cilj naj bi dosegli z uporabo boljših pnevmatik in biogoriv

Vir: Boncelj, 2007, str. 14.

Razliko desetih gramov na kilometer nameravajo nadomestiti z boljšimi pnevmatikami z manj kotalnega upora, učinkovitejšimi klimatskimi napravami, opozorilniki za pravočasno prestavljanje, merilniki tlaka v pnevmatikah in uporabo biogoriv (Boncelj, 2007, str. 14). Tudi sicer so po direktivi Evropske komisije 2003/30/EC že od 1.1.2005 vse članice Evropske unije obvezane v svoj asortiment goriv postopno uvajati tudi biogoriva. Po omenjeni direktivi morajo vsi ponudniki goriv določen odstotek goriv fosilnega izvora nadomestiti z enim od biogoriv. Slovenija se je obvezala, da bo v letu 2006 ta delež vsaj 1,2-odstoten, v letu 2010 pa že 5,7-odstoten (Petrol spletna stran, 2007). To vsekakor govori v prid bioetanolu. Evropski komisar za industrijo Günther Verheugen je omenil tudi možnost, da bi za različno velike avtomobile veljali različni cilji znižanja, torej bi se morale emisije pri velikih avtomobilih z večjo porabo zmanjšati bolj kot pri manjših, bolj gospodarnih vozilih. V Bruslju bodo svojim članicam predlagali, naj z davčnimi olajšavami spodbujajo nakupe gospodarnejših vozil, o kaznih za avtomobilске proizvajalce, ki zakonskih ciljev ne bi izpolnili, pa še niso govorili (Boncelj, 2007, str. 14).

Avtomobilski proizvajalci trdijo, da kupci vse raje posegajo po velikih in močnih vozilih, za ekološko prijaznejša vozila pa niso pripravljeni plačati niti centa več. V tem trenutku je najmanj škodljiv Smart ForTwo z dizelskim motorjem, ki dosega emisijo 90 g/km, sledi mu Toyota Prius s 104 g/km. Ravno prodaja športnih terencev, ki so med emisijsko najbolj oporečnimi, je v močnem porastu. Tako na primer Porschejev model Cayenne turbo S izloči kar 378 g ogljikovega dioksida na prevoženi kilometer (Boncelj, 2007, str. 14). Iz tega vidika je tudi zanimiva ideja oziroma predlog profesorja Ferdinanda Dudenhöfferja, direktorja avtomobilskega raziskovalnega inštituta na univerzi v Gelsenkirchnu, da bi zakonske zahteve glede emisij nadgradili tako, da bi proizvajalci, katerih avtomobili bolj onesnažujejo zrak, kupovali »dovolilnice« od proizvajalcev, katerih avtomobili onesnažujejo manj. Tak predlog bi prav gotovo dal dodatno spodbudo k razvoju varčnejših in ekološko prijaznejših rešitev, saj bi verjetno podjetja raje namenila denar svojim raziskavam, kot plačevala drugim podjetjem (Boncelj, 2007, str. 14).

## **5.1. Politični konsenz za zniževanje emisij**

Zdaj je že jasno, da se okoljskih sprememb, torej globalnega segrevanja in s tem povezanih višjih temperatur, neurij, snežnih metežev v krajih kot na primer Kalifornija in podobnih anomalij, ne da zaustaviti. Za njihovo odpravo bo potrebno prenehati z onesnaževanjem in preteči bo moralo nekaj časa. To in silovito povečevanje cen nafte je sprožilo nasprotovanje in napade na »sveto kravo« ameriške civilizacije – velike in potratne avtomobile. Podobno bo (verjetno) tudi s potratnimi avtomobili v Evropi (kot na primer že omenjeni Porsche).

To je jasno tudi nemški kanclerki Angeli Merkel, ki je že napovedala, da se bo zaradi interesov nemških izdelovalcev vozil na vso moč zavzemala za omilitev strogih ekoloških omejitev. Predsednik uprave Porscheja je že namignil, da gre pri okoljevarstvenih predpisih za prikrito vojno francoskih avtomobilskih proizvajalcev (ti izdelujejo manjše in varčnejše avtomobile) proti nemškim. Zdi se, da Nemci nekako ne znajo izdelovati majhnih avtomobilov. Audi je prenehal s proizvodnjo modela A2, ravno tako VW z modelom Lupo, DaimlerChryslerjevemu Smartu gre slabo, nekaj modelov so ukinili. Uradni predstavniki Nemčije so v svojih izjavah zatrjevali, da se bodo med polletnim predsedovanjem Uniji zavzemali predvsem za boj proti globalnemu segrevanju. Ob zgoraj nevedenem mnenju Merklove se ne morem znebiti občutka, da gre za dvojna merila. Do podobnega zaključka je očitno prišel tudi evropski komisar za okolje Stavros Dimas, ki je Nemčijo opomnil, naj svoja dejanja uskladi z »zeleno retoriko« (navajano po The Economist, 2007).

Na srečo je vedno več vlad, katerim je znižanje izpusta ogljikovega dioksida v interesu. To nameravajo doseči z višanjem davkov in parkirnin ter zmanjševanjem gostote prometa. Kaže, da bodo spremembam (kljub lobiranju izdelovalcev močnih avtomobilov) sčasoma podlegli tudi veliki, močni in predvsem potratni motorji (navajano po The Economist, 2007).

## **5.2. Vloga države in davčne olajšave**

Pomena spodbud za nakup ekološko sprejemljivejših vozil se zelo dobro zavedajo na Švedskem. Vozila na bioetanol so oproščena mostnin, parkirnin, možno jih je uveljavljati kot davčno olajšavo in podobno. V Sloveniji ni tako, saj davčnih olajšav (vsaj v takšni meri kot ponekod v tujini) pač ni. Toyota Prius je sicer oproščena davka na motorna vozila in za njen nakup ponujajo ugodnejše »eko« kredite. Osnova za odmerjanje višine registracije, zavarovanja in povračila za uporabo cestnin je moč motorja (kilovati oziroma konjske moči), v nekaterih postavkah tudi prostornina motorja (ccm). Ker moči motorja praviloma vztrajno naraščajo, naraščajo tudi zneski, ki jih vozniki vsako leto plačamo ob registraciji vozila.

Pri tovrstnem načinu določanja višine zavarovanja, registracije in ostalega lastnik popolnoma novega vozila, katerega motor že dosega depolucijsko normo Euro 4, plača precej več, kot na primer lastnik starega dizelskega Golfa II, ki ob vsakem speljevanju v ozračje izpusti velik oblak črnega dima, ali lastnik Wartburga z dvotaktnim motorjem, ki je z okoljevarstvenega

vidika še posebej problematičen. To velja zato, ker imata slednja nekaj deset kilovatov manj kot sodobni avtomobil. A to le kaže na kratkovidnost (in pogoltnost) države, da o davku na motorna vozila, ki ga je predlagala vlada, po katerem bi lastniki vozil letno plačevali še davek od vrednosti vozila, niti ne govorim. Ta bi ponovno po žepu udaril ravno lastnike novejših, »čistejših« avtomobilov. S tem država naravnost spodbuja lastništvo starih, okolju izredno neprijaznih vozil.

### **5.3. Stroški družbe zaradi obolevanja**

Zaradi visokih stroškov distribucije na nastajočem trgu bodo stroški goriva za transport v vozilih na gorivne celice v prvi fazi občutno višji kot pri konvencionalnih alternativnih gorivih, a bi v končni fazi lahko postali enaki tistim pri vozilih na bencin. Vozila na gorivne celice bodo morala premagati še velike tehnološke ovire, poleg tega bodo potrebna še velika znižanja proizvodnih stroškov, preden bodo zanimiva za širšo javnost. Problem predstavlja tudi shranjevanje vodika. Zaradi navedenih razlogov bo za uveljavitev vodika potrebna močna vladna intervencija, s katero se bodo ustvarili pogoji za koordinacijo dostopnosti goriva, črpalk in vozil (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 417).

Odločitev posameznika za nakup električnega vozila je odvisna od tehničnih in finančnih dejavnikov. Med slednjimi so najbolj pomembni cena vozila, cena prevoženega kilometra (gorivo in stroški vzdrževanja), nakupni pogoji in morebitne davčne olajšave. Analize vpliva uporabe električnih vozil na družbo in okolje kažejo, da so državne spodbude za razvoj, proizvodnjo, prodajo in nakup tovrstnih vozil upravičene, saj bo njihova širša uporaba neposredno in posredno koristila celotni družbi (Lampič, 2006, str. 10).

Ekonomska ocena celotne škode emisij (v prometu) je kljub številnim opravljenim študijam še vedno trd oreh. Težko je namreč vrednostno oceniti vrednote kot so zdravje, mir in čista narava. Ekologija, oziroma tovrstni predpisi, so poleg ekonomskih glavni razlog za razvoj različnih oblik električnih in drugih vozil s pogonom, ki ni več vezan na nafto ali njene derivate. Na tem mestu bom predstavil ocene škod emisij, do katerih sta prišla Funk in Rabel (navajano po Lampič, 2006, str. 10).

Omenjena avtorja sta se v svoji študiji omejila le na neposredno škodo, ki je posledica prezgodnjih smrti ljudi zaradi kroničnih in akutnih obolenj. V nekaterih študijah vplivov škodljivih emisij na razvoj bolezni so se kot najškodljivejše emisije izkazali drobni delci, ozon in SO<sub>2</sub>, medtem ko je za neposredni vpliv dušikovih oksidov dokazov manj. Emisije škodujejo predvsem dihalom in ožilju, povzročajo pa tudi rakava obolenja. V študiji sta zaradi pomanjkanja dokazov o nelinearnih funkcijah doza – odziv upoštevala linearno povezanost pojavov (Lampič, 2006, str. 10).

Pri ekonomski oceni škode emisij je najtežje ovrednotiti dva elementa, in sicer: vrednost človeškega življenja (VSL – Value of Statistical Life) in izgubljena leta življenja (YOLL –

Years of Life Lost), ki predstavljata družbeno pripravljenost za plačilo preprečevanja prezgodnjih smrti. Funk in Rabel sta se pri ocenah zgledovala po študiji evropske komisije in za VSL privzela 3,1 milijona evrov, za YOLL pa 83 tisoč EUR/leto za smrtne kronične bolezni ter 155 tisoč EUR/leto za akutne bolezni (Lampič, 2006, str. 10, 11).

Škodljive emisije delimo na primarne in sekundarne. Prve so škodljive same po sebi, sekundarne pa nastanejo iz primarnih ter onesnažujejo širša območja v daljših časovnih intervalih, medtem ko so primarni polutanti manj obstojni in zato omejeni na območje izpusta (Lampič, 2006, str. 11).

Tabela 6: Približni denarni ekvivalenti škode emisij spuščениh v različnih okoljih

<b>Snov</b>	<b>Škoda (EUR/kg)</b>	<b>Snov</b>	<b>Škoda (EUR/kg)</b>
Toplogredni plini (CO <sub>2</sub> ekvivalent)	0,029	SO <sub>2</sub> francosko podeželje	0,3
<b>Primarne emisije*</b>		CO Pariz	0,02
PM <sub>2,5</sub> ** Pariz	2.190,0	CO avtocesta Pariz-Lyon	0,002
PM <sub>2,5</sub> avtocesta Pariz-Lyon	159,0	<b>Sekundarne emisije</b>	
PM <sub>2,5</sub> francosko podeželje	22,0	SO <sub>2</sub> preko sulfatov	10,0
SO <sub>2</sub> Pariz	28,0	NO <sub>2</sub> preko nitratov	14,5
SO <sub>2</sub> avtocesta Pariz-Lyon	2,2	NO <sub>2</sub> preko ozona	1,5

\* škoda primarnih emisij je poleg narave snovi odvisna še od gostote naseljenosti na območju izpusta

\*\* PM<sub>2,5</sub> so trdni delci s premerom do 2,5 mikrona

Vir: Lampič, 2006, str. 11; lastna priredba.

Nadalje sta na podlagi podatkov o emisijah vozil med vožnjo avtorja izračunala škodo, ki jo povzročajo različna vozila. Upoštevala sta podatke za enak avtomobil z različnim pogonom, bencinskim in dizelskim motorjem. Pri novejših bencinskih motorjih so emisije manjše zaradi uporabe katalizatorjev, pri sodobnih dizelskih motorjih pa zaradi uporabe filtrov trdnih delcev (Lampič, 2006, str. 11).

Tabela 7: Okoljska škoda vožnje različnih vrst vozil

Vrsta vozila	Škoda (EUR/km)	Največji vir škode
Dizel (nov)	0,19	PM <sub>2,5</sub>
Dizel (star)	0,51	PM <sub>2,5</sub>
Bencinski avto (nov)	0,01	CO <sub>2</sub>
Bencinski avto (star)	0,08	CO <sub>2</sub>

\*PM<sub>2,5</sub> so trdni delci s premerom do 2,5 mikrona

Vir: Lampič, 2006, str. 11.

V približnih ocenah škod, ki so navedene v zgornji tabeli, je upoštevana le vožnja, ne pa tudi izdelava vozila; za primerjavo: stroški goriva v novih vozilih znašajo približno 0,07 EUR/km. Po izračunih avtorjev, ki sta upoštevala način pridobivanja električne energije v Franciji, je pri električnih avtomobilih okoljska škoda skoraj zanemarljiva, saj znaša le 0,0006 EUR/km. Pozornost pa pritegne dejstvo, da pri dizelskih motorjih okoljski stroški presegajo stroške za gorivo, ki znašajo od 0,06 do 0,08 EUR/km (Lampič, 2006, str. 11, 12).

Zgoraj opisani pristop izračuna okoljskih prednosti električnih vozil ima seveda še mnogo pomankljivosti, saj nekateri dejavniki niso bili upoštevani. Promet povzroča škodo tudi drugim živim bitjem in ne le ljudem, poleg tega ni bila upoštevana slabša kakovost življenja zaradi hrupa in neprijetnega vonja. Poleg samih emisij med vožnjo bi bilo potrebno upoštevati tudi ekološko škodo, ki nastane npr. pri proizvodnji akumulatorjev, kjer se uporabljajo strupene snovi (Lampič, 2006, str. 12). Zaradi tega sem sam pri izračunu stroškov uporabe vozil na gorivne celice upošteval tudi stroške proizvodnje vodika za poganjanje tovrstnih vozil, stroške novih elektrarn in stroške zmanjšane učinkovitosti ob zajezitvi ogljikovega dioksida. Brez tehnologije za zajezitev CO<sub>2</sub> pri proizvodnji vodika so okoljske prednosti vožnje z vozili na gorivne celice močno zmanjšane.

#### **5.4. Zajezitev CO<sub>2</sub>**

Napredne energetske tehnologije bi lahko spremenile dolgoročna vlaganja v energente. Od trenutno znanih področij razvoja tehnologij je najbolj verjetno, da bodo sliko vlaganja spremenili zajezitev ogljika, vodik in gorivne celice, napredne jedrske tehnologije ter napredna distribucija elektrike (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 415).

Tehnike zajezevanja ogljika so že sorazmerno zrele, a jih zadržujejo nerazrešena okoljevarstvena, varnostna in zakonska vprašanja ter nasprotovanje javnosti. Ko bodo te omejitve razrešene, bodo preko zajezitve ogljika možna velika zmanjšanja emisij CO<sub>2</sub> v sektorju električne energije. Če bi s tako tehnologijo do leta 2030 opremili 250 GW elektrarn na premog in 500 GW elektrarn na plin, bi se emisije zmanjšale za tri gigatone ogljikovega

dioksida. Vsaka medalja ima dve strani. Zaježitev ogljika poveča investicijske stroške v elektrarne med 30 in 120 odstotki. V zgoraj navedenem primeru bi se tako stroški povečali za 350 do 440 milijard ameriških dolarjev, kar bi pomenilo, da bi se investicije držav OECD v energijo povečale za 20 do 25 odstotkov (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 415). Vodik je mogoče proizvajati iz fosilnih goriv, a proizvodnja brez emisij CO<sub>2</sub> bo odvisna od uspešne uporabe obnovljivih virov, tehnik zaježevanja ogljika ali električne energije, pridobljene z jedrsko tehnologijo (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 417).

Nove tehnologije lahko opazno spremenijo svetovne trge energentov in z njimi zahteve za vlaganja v energijo. Pomemben dejavnik, ki spodbuja tehnologijo, je grožnja globalnih klimatskih sprememb in s tem potreba po znižanju emisij toplogrednih plinov. Razvoj novih tehnoloških rešitev bosta verjetno pospešila tudi želja po varnosti ponudbe in odvisnost od uvoza energentov. Vlade in posamezne industrijske panoge že sodelujejo v programih za razvoj cenejših tehnologij obnovljivih virov in bolj učinkovitih motorjev z notranjim izgorevanjem, naprednih jedrskih tehnologij, vodika in gorivnih celic in še mnogo drugega. Potrebno je poudariti, da našteje tehnologije (še) niso konkurenčne, a nenehne raziskave in razvoj bi lahko premagale ovire in znižale stroške. Tovrstne tehnologije je moč in potrebno spodbujati z raznimi ukrepi vlad. Kljub temu ne pričakujemo, da bi tovrstne tehnologije, ki so v splošnem kapitalno intenzivne, igrale večjo vlogo pred letom 2020 (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 417).

#### **5.4.1. Potrebne dodelave za zaježitev CO<sub>2</sub> in njihovi stroški**

Zaježitev in shranjevanje ogljikovega dioksida vključuje ločevanje CO<sub>2</sub>, ki nastaja med uporabo fosilnih goriv, njegov transport in shranjevanje v zemlji ali oceanu. Vse tri elemente že komercialno uporabljajo v nekaterih aplikacijah, na primer v kemični industriji. Podobno je tudi transport ogljikovega dioksida po cevovodih že uveljavljena tehnologija. Tako se letno približno 44 Mt tega toplogrednega plina vbrizga pod zemljo kot pomoč pri črpanju nafte. Del tega plina tudi ostane pod zemljo. A da bo zaježitev CO<sub>2</sub> postala praksa tudi pri proizvodnji energije, bo potrebno tehnologije še dodelati (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 417).

*Ločevanje:* Ta tehnologija se danes uporablja pri proizvodnji vodika v kemičnih procesih v rafinerijah, kjer CO<sub>2</sub> nastaja kot stranski produkt. Preden bo zaježitev primerna za uporabo pri proizvodnji energije, bodo potrebne tehnološke izboljšave, ki bodo zmanjšale izgube energije pri tem. Nadalje je mogoče izgube zmanjšati še z uporabo visoko učinkovitih tehnologij proizvodnje energije. Pojavi se potreba po naprednih jedrskih reaktorjih (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 417). V splošnem so tehnologije ločevanja ogljika sorazmerno zrele. Z ustrežno spodbudo za nadaljnji razvoj in s tem uporabo pri proizvodnji elektrike ali vodika je možno, da bodo na voljo v sorazmerno kratkem času ter bi

v primerjavi z drugimi tehnologijami omogočile velika zmanjšanja izpusta CO<sub>2</sub> (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 417).

*Transport:* Po zaježitvi je potrebno CO<sub>2</sub> preko visokotlačnih cevovodov ali s tankerji prepeljati na za to določene geološke dele ali v globoko morje. Problema sta dva – doseči širšo uporabo in pridobiti soglasje javnosti (ali vsaj preprečiti nasprotovanje) za transport večjih količin ogljikovega dioksida. Večjih tehnoloških ovir ni, ponovno pa so potrebna velika kapitalska vlaganja (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 417).

*Shranjevanje in uporaba:* Med možnosti za shranjevanje CO<sub>2</sub> sodijo izčrpane naftne vrtine in najdišča plina ali ocean. Možno ga je uporabiti tudi pri naprednih tehnikah črpanja nafte in zemeljskega plina. Te se že uporabljajo, v enem od primerov je bilo shranjevanje CO<sub>2</sub> uporabljeno z namenom izogniti se davkom na izpust CO<sub>2</sub>. Možno je, da nekaj tako shranjenega CO<sub>2</sub> uide nazaj v atmosfero, kar bi zmanjšalo učinkovitost in smotrnost takšnega shranjevanja, zato je potrebno analizirati verjetnost za tako uhajanje in razviti tehnike dobrega zapiranja in zatesnitve izrabljenih nahajališč nafte ter zemeljskega plina. Podobno kot pri vseh okolju prijaznih metodah bo tudi pri zaježitvi in shranjevanju CO<sub>2</sub> potrebna aktivna vloga vlad, ki bo omogočila, da bosta ti metodi v bližnji prihodnosti na voljo za zmanjševanje problema izpusta ogljikovega dioksida (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 418).

Zaradi zgodnje stopnje v razvoju obstaja pri investicijskih stroških za zaježitev in shranjevanje CO<sub>2</sub> še precej negotovosti. Dodatni stroški bodo izhajali iz (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 418):

- dodatnih stroškov elektrarn (vključno s stiskanjem CO<sub>2</sub> za shranjevanje),
- dodatnih investicij v preskrbovalno verigo z gorivom (zaradi višje porabe goriva kot posledice nižje učinkovitosti pri zajezevanju CO<sub>2</sub>),
- potrebe po cevovodih za transport CO<sub>2</sub>,
- vrtanja vrtin za injiciranje CO<sub>2</sub>.

Nekatere ocene kažejo (glej Tabelo 8 na naslednji strani), da se investicijski stroški v elektrarne zaradi zaježitve CO<sub>2</sub> povečajo med 28 in 78% za elektrarne na premog in med 75% in 115% za elektrarne na plin (čeprav kapitalski stroški kljub temu ostajajo manjši kot pri elektrarnah na premog) (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 419).

Nova IGCC elektrarna (Integrated Gasification Combined Cycle) z zaježitvijo CO<sub>2</sub> bi imela nižje investicijske stroške (celotni stroški obrata) kot enako opremljena elektrarna na premog, a hkrati bi bil IGCC obrat z zaježitvijo 57–62% dražji kot elektrarna na premog brez zaježitve. Če upoštevamo še dejstvo, da je izguba učinkovitosti pri IGCC obratu na premog z zaježitvijo CO<sub>2</sub> (15–21% povečanje potreb po energentu) nižja kot pri obratih na premog z



zaježitvijo (22–39% povečanje potreb po energentu), bo uporaba zaježitve CO<sub>2</sub> spodbujala uporabo IGCC tehnologije pri elektrarnah na premog (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 419).

Tabela 8: Značilnosti elektrarn brez in z zaježitvijo CO<sub>2</sub>

Vrsta obrata	Na voljo leta	Referenčni stroški (\$/kW)	Dodatna investicija (\$/kW)	Učinkovitost brez zaježitve (%)	Izguba učinkovitosti z zaježitvijo (odstotne točke)	Dodatne zahteve po energentih (%)
<i>Ciklus pare in premoga</i>	2010	1.075	750 – 825	43	-12	39
<i>Napredni ciklus pare in premoga</i>	2020	1.025	700 – 800	44	-8	22
<i>Premog IGCC</i>	2010	1.455	650 – 750	46	-8	21
<i>Napredni premog IGCC</i>	2020	1.260	350 – 400	46	-6	15
<i>Plin CCGT</i>	2010	400	350 – 450	56	-9	19
<i>Napredni plin CCGT</i>	2020	400	300 – 450	59	-8	16

IGCC: kombinirani cikel z integriranim uplinjanjem (Integrated Gasification Combined Cycle)

CCGT: plinska turbina s kombiniranim ciklom (Combined Cycle Gas Turbine)

Vir: World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 420.

Občutne izgube učinkovitosti se pojavijo tudi pri obratih na plin z zaježitvijo CO<sub>2</sub>, zaradi česar se potreba po plinu poveča za 16–19 odstotkov. Ker je pri obratih na plin strošek energenta bolj pomemben element stroškov kot pri obratih na premog, bo zaježitev CO<sub>2</sub> povečala stroškovno konkurenčnost premoga nasproti plinu. Kljub temu je mogoče, da bo plin zaradi svoje prednosti pri kapitalskih stroških ostal najbolj konkurenčna možnost, odvisno seveda od lokalnih cen plina. Možnost izboljšanja trga za premog je ena glavnih spodbud za razvoj tehnologije zaježitve in transporta CO<sub>2</sub> za države, ki imajo velike zaloge premoga, kot na primer ZDA (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 419).

Glede na referenčni scenarij (WEO) naj bi države OECD v naslednjih tridesetih letih potrebovale približno 2.000 GW novih kapacitet (del tega je verjetno tudi posledica porabe elektrike pri proizvodnji H<sub>2</sub> kot goriva za gorivne celice). Kot ponazoritev: če bi 250 GW elektrarn na premog in 500 GW elektrarn s kombinirano plinsko turbino (CCGT) opremili s tehnologijo za zaježitev CO<sub>2</sub> do leta 2030, bi se emisije ogljikovega dioksida zmanjšale za tri gigatone<sup>2</sup>. Zaradi povečanih potreb po energentih bi se ponudba premoga morala povečati za 1%, ponudba plina pa za 2%. Dodatne investicije za zaježitev CO<sub>2</sub> pri obratih na premog bi znašale 188 milijard USD za elektrarne na premog ali 153 milijard USD za IGCC obrat. Za

<sup>2</sup> Glede na Referenčni scenarij (WEO) bi globalne emisije CO<sub>2</sub> v letu 2030 dosegle 38 gigaton.

elektrarne na plin bi dodatne investicije znašale med 350 in 440 milijard USD, kar bi povečalo investicije v proizvodnjo energije v državah OECD za 20 do 25 odstotkov (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 419).

Povečana poraba premoga in plina, do katere bi prišlo zaradi zaježitve CO<sub>2</sub>, bi zahtevala še dodatne investicije v proizvodne kapacitete premoga in plina ter infrastrukturo v višini približno 35 milijard USD oziroma okoli 5% celotnih dodatnih investicij, potrebnih za zaježitev CO<sub>2</sub>. Stroški transporta so odvisni od razdalje in energije, potrebne za ustvarjanje potrebnega pritiska, in lahko znašajo od 1 do 3 USD za tono CO<sub>2</sub> na 100 kilometrov, stroški injiciranja pod površje pa so v primerjavi z zaježitvijo in transportom majhni (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 415).

## **5.4.2. Radikalne rešitve**

Zaradi visoke cene bencina in skrbi glede globalnega segrevanja je prodaja hibridnih vozil močno poskočila od približno 9.000 v letu 2002 na več kot 200.000 vozil v letu 2005. Hibridna vozila naj bi po napovedih podjetja J.D. Power and Associates, ki se ukvarja z raziskavami trga, do leta 2013 dosegla petodstotni tržni delež, medtem, ko je leta 2005 njihov delež znašal 1,2 odstotka. Še več. Zeleni koncept prodira celo v gradbeništvo. Ko se tehnologija ustrezno razvije na enem področju, se začne širiti še na ostala (Tanneeru, 2006).

### **5.4.2.1. Ford HySeries Drive**

Ob izjemno visokih cenah nafte je Toyota izkoristila svoj sloves izdelovalca varčnih vozil in julija 2006 pri prodaji prvič prehitela Forda. Glede na to dejstvo ni čudno, da so se pri Fordu in GM odločili, da bodo v ospredje pričeli potiskati okolju prijazna vozila in s tem poskušali prekiniti povezovanje podjetij s potratnimi vozili, ki po besedah analitikov kvarijo imidž njihovih blagovnih znamk.

Ford je odkril svoj novi konceptni avtomobil s pogonom na vodik. Prilagojena verzija Fordovega modela Edge vsebuje akumulator, ki ga je mogoče ponovno napolniti kar preko domače električne vtičnice. "HySeries Drive" tehnologija, razvita za model Ford Edge, ob delovanju na vodik dosega porabo, ki ustreza dobrim 5,7 litra bencina na sto prevoženih kilometrov. Akumulator sam s shranjeno energijo omogoča domet 40 kilometrov (Ford spletna stran, 2007).

Pri Fordu zatrjujejo, da gre za prvo vozno hibridno vozilo z akumulatorjem, ki črpa energijo iz vodikove gorivne celice in ga je mogoče napolniti tudi preko domačega električnega omrežja. Postavlja se vprašanje, ali to res drži, saj je podoben (oziroma za uporabnika enak) sistem že predstavila tudi Honda v modelu FCX (Honda Announces FCX Fuel Cell Production, 2006). Razvoj tovrstnih vozil so podprli okoljevarstveni aktivisti in strokovnjaki

za energetiko, saj se bo s tem začel prehod z nafte na elektriko. Hkrati pri Fordu priznavajo, da morajo zaradi stroškov izdelave gorivnih celic, preden bodo lahko prodajali svoje novo električno/vodikovo vozilo, premagati še resne tehnične ovire. Sue Cischke, Fordova podpredsednica okoljskega in varnostnega načrtovanja priznava, da je komercializacija zahteven in oddaljen, a uresničljiv cilj.

#### **5.4.4.2. PAC Car II**

Oseba, ki vztrajno dela na razvoju vozil s pogonom na vodik je Lino Guzzella, profesor na švicarskem tehnološkem inštitutu v Zürichu. S svojo ekipo je razvil avtomobil PAC-Car II, ki ga poganja gorivna celica. PAC Car II je z 0,27 kg vodika, kar ustreza energetske vrednosti enega litra bencina prevozil kar 5.384 kilometrov, torej razdaljo od Pariza do Moskve in si s tem novembra 2005 prislužil nagrado »Energy Globe«. Če gremo še nekoliko dlje, je s prenehanjem uporabe koles možno izničiti še emisije, ki se izločajo ob stiku pnevmatik z asfaltom. Šlo naj bi za elektromagnetni princip (lebdenje), ki se že uporablja pri vlakih (Automobiles, 2006). Že iz Slike 7 vidimo, da gre v resnici za radikalno rešitev tako glede porabe energije, kot tudi glede oblike.

Slika 7: PAC-Car II, ki ga je razvil Lino Guzzella



Vir: Automobiles, 2006.

#### **5.4.4.3. Napredni jedrski reaktorji**

Povečane potrebe po energentih zaradi zmanjšanja učinkovitosti delovanja elektrarn bi lahko povzročile tudi razvoj naprednih nuklearnih reaktorjev. V preteklosti so okoljevarstveniki (in javnost) najbolj nasprotovali tovrstnim rešitvam, a bi po zadnjih analizah izboljšani, napredni nuklearni reaktorji lahko bili zanimiva izbira na dolgi rok. Scenariji, razviti v WEO-2002 (World Energy Outlook), kažejo na omejeno vlogo jedrske energije v naslednjih tridesetih letih kot rezultat neugodnih ekonomskih in vladnih politik, ki omejujejo njeno uporabo zaradi nasprotovanja javnosti (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 428).

Napredek v jedrski tehnologiji bi lahko izboljšal konkurenčnost jedrske energije v primerjavi s fosilnimi gorivi, povečal varnost in rešil problem jedrskih odpadkov. Seveda jedrska energija ni primerna za pogon vozil, bi pa lahko koristila pri proizvodnji energentov za poganjanje okolju prijaznih vozil nove generacije. Že delujoče tehnologije bi bilo mogoče posredno uporabiti za proizvodnjo vodika z zagotavljanjem elektrike za elektrolizo. Tak postopek je sicer dražji kot reforming zemeljskega plina (trenutno najbolj ekonomičen način proizvodnje vodika), a ne proizvaja emisij toplogrednih plinov. Zaradi omejitev emisij ogljikovega dioksida bo jedrska energija sicer postala bolj konkurenčna, a po drugi strani zajezitev ogljika povečuje konkurenčnost fosilnih goriv. Kljub zanimanju, ki obstaja za jedrsko energijo, pričakujemo, da bo javno nasprotovanje ostalo, zato tudi za napredne jedrske tehnologije in reaktorje ne pričakujemo, da bodo v uporabi pred letom 2015 oziroma 2025 (World Energy Investment Outlook 2003 Insights, 2003, str. 428).

## 6. SKLEPI IN PRIPOROČILA

Oblikovanje prihodnosti zahteva več kot le tehnološko inovacijo. Za trajno spremembo je potrebno razmišljanje o poslu, politiki in družbi kot celoti. Glede na to, da so motorji z notranjim izgorevanjem prisotni že več kot sto let, je jasno, da bodo nove tehnologije zahtevale čas. Potrebno je seveda ločiti med kratko- in srednjeročnimi ter dolgoročnimi rešitvami. Rešitve, ki lahko konkurirajo na kratki in srednji rok, morajo biti že dodelane do te mere, da so operativne, oziroma da jih je mogoče začeti uporabljati. Hibridi, med katerimi je najbolj znan Toyotin model Prius, so sicer zanimivi, saj zmanjšujejo porabo, a hkrati ne rešujejo problema odvisnosti od fosilnih goriv, zaradi podvajanja komponent je njihova izdelava dražja. Potrebno se je tudi vprašati, kako ekološka je izdelava akumulatorjev zanje in koliko bo stala njihova razgradnja ob koncu življenjske dobe. Z bolj množično proizvodnjo se bodo stroški izdelave hibridnih vozil precej znižali, zato pri Toyoti načrtujejo prodajo milijona hibridov letno do leta 2010. Osebnost imam pri tem pomisleke, kajti če se v tem času dodela postopek izdelave bioetanol iz lignocelulozne biomase, je precej verjetno, da bo povpraševanje po hibridih upadlo na račun povečanja povpraševanja po vozilih na bioetanol.

Odvisnosti od fosilnih goriv (kar je tudi ena izmed prioritet) ne rešujejo niti vozila na UNP, ki ga proizvajamo iz surove nafte. Poleg tega je doplačilo za tako predelano vozilo sorazmerno visoko in prihranki se povrnejo šele po približno 85.000 kilometrih.

Iz ekološkega stališča je na prvi pogled zelo zanimiva BMWjeva rešitev CleanEnergy z motorjem z notranjim izgorevanjem, ki je optimiziran za delovanje na vodik. Problema sta dva. BMW Serije 7, v katerem so predstavili tehnologijo, je luksuzni avtomobil, temu primerna je cena. Obljubljajo sicer, da bodo omenjeno tehnologijo širili po paleti navzdol, a kljub temu BMW spada med proizvajalce premijskih (torej sorazmerno dragih) vozil, ki cenovno niso dostopna množicam. Drugi problem je v tem, da bo v času, ko se bo vzpostavila potrebna mreža za preskrbo z vodikom, omenjena tehnologija po vsej verjetnosti že zastarela,

saj bodo cene mnogo bolj učinkovitih gorivnih celic na vodik že občutno padle in tako postale (bolj) dostopne.

V Braziliji več kot dva milijona vozil ali kar 77% vseh vozil deluje na etanol, znan pod imenom Flex Fuel, ki ga izdelujejo iz sladkornega trsa. To dokazuje, da je uporaba bioetanola povsem možna in smotrna že zdaj. Rešuje odvisnost od fosilnih goriv, v veliki meri rešuje problem izpusta CO<sub>2</sub> ne zahteva velikih posegov v motorje, zaradi česar je doplačilo sorazmerno nizko. Poraba takšnega vozila je sicer višja zaradi nižje energetske gostote bioetanola, a nižja cena goriva več kot odtehta višjo porabo, poleg tega ni večjih stroškov modifikacij črpalk. Uporaba biogoriv je v porastu tudi drugje po svetu. Bioetanolu v prid govorijo tudi nove direktive EU, ki predpisujejo postopno povečevanje deleža biogoriv v klasičnem gorivu. Zaradi vseh teh lastnosti menim, da je Saabova tehnologija BioPower v tem trenutku najboljša kratko in srednjeročna rešitev. Podobno razmišlja tudi Hilton Holloway, urednik najstarejše avtomobilske revije na svetu, Avtocar, ki pravi, da je bioetanol odlična vmesna rešitev med motorji z notranjim izgorevanjem in vodikom, pri čemer je hkrati izpostavil tudi slabost, saj je potrebno veliko posevkov (Cheaper Production of Bioethanol – Also in Europe, 2006). A tudi ta slabost ne bo več tako velika, ko bo dodelan proizvodni proces bioetanola iz lignocelulozne biomase in raznih odpadkov. Ta dva vira bioetanola imata zelo majhno ali celo negativno ekonomsko vrednost.

Trenutno se kot najbolj obetavna dolgoročna rešitev pogona pri vozilih kažejo gorivne celice, ki imajo tudi največji potencial za nadaljnji razvoj, vendar v povezavi z njimi obstaja še precej nejasnosti. V primeru, da krivulija učenja ne bo takšna, kot se predvideva, se lahko njihova komercialna uporaba (ki je že tako postavljena precej v prihodnost) še zavleče.

Holloway priznava, da je avtomobilizem že dosegel svoj vrh v ZDA in zahodni Evropi, a pravi trg za avtomobile bodo razvijajoče se države, kot sta na primer Kitajska in Indija. Toyota je zato julija 2006 oznanila, da bo v svoji tovarni v Shanghaju podvojila proizvodnjo, da bo lahko dohajala naraščajoče kitajsko povpraševanje po avtomobilih. Glede na dejstvo, da ima v Indiji svoje vozilo le šest odstotkov prebivalcev, je jasno, da bo tam vir naslednje velike ekspanzije, to pa bo avtomobilskim proizvajalcem dalo tudi potrebno povpraševanje za množično proizvodnjo okolju prijaznih vozil, s čimer bodo občutno padli proizvodni stroški na enoto. Po drugi strani verjetno v Indiji in na Kitajskem (sploh na začetku) povpraševanje po sicer čistejših, a dražjih vozilih ne bo veliko (Cheaper Production of Bioethanol – Also in Europe, 2006).

Za uvajanje alternativnih rešitev pogona bodo potrebne tudi državne intervencije. Opravljene študije o škodi družbe zaradi obolevanja kažejo, da so državne subvencije in druge oblike spodbud za razvoj novih, čistejših pogonskih rešitev tudi ekonomsko upravičene. Seveda bodo državne pomoči sprejemljive le v obdobju razvoja in prehoda. Na dolgi rok mora kljub vsemu prevladati ekonomska logika, zaradi česar naj bi se uveljavile tehnologije, ki bodo čistejše in hkrati tudi ekonomsko opravičljive.

Možnosti za to vsekakor obstajajo, saj višja učinkovitost gorivnih celic do neke mere izniči višje stroške na enoto energenta v primerjavi z ICE, ki uporabljajo bencin ali dizel. Vrednost človeškega življenja je sicer težko oceniti, a če bi se zaradi uvedbe čistejše tehnologije obolevnost ljudi zmanjšala, je le to smotrno tako iz moralnega, kot tudi ekonomskega vidika.

Tudi na dolgi rok bodo morale države (vsaj če bodo želele spodbujati ohranjanje okolja) spremeniti način obdavčevanja. Trenutno ni posebnih ekoloških taks, ki bi podražile potratne avtomobile. Celo obratno. Registracija in cestnina je vezana na moč motorja, ki z razvojem narašča, tako da lastniki novejših in močnejših (čeprav zaradi tehnološkega napredka čistejših) vozil plačujejo več kot lastniki starih, ekološko vprašljivih vozil. Dizelska vozila, ki so ekološko bolj vprašljiva (trdni delci), tudi niso bolj obdavčena, s takimi razmerami pa so zadovoljni tudi avtomobilski proizvajalci, ki s prodajo vozil z dizelskimi motorji zaslužijo kar 75% vsega dobička.

Zanimiva je ideja oblikovanja višin prispevkov in taks glede na izpust CO<sub>2</sub> in ne na moč motorja. Ljudje v osnovi gledamo le lastno proračunsko omejitev, za družbeno korist je mar le redkim. Podobno nekateri predlagajo, da bi podjetja, ki izdelujejo potratnejša vozila, kupovala dovolilnice od podjetij, katerih vozila ne presegajo predpisanega izpusta CO<sub>2</sub>. Tak ukrep bi podjetjem tudi ekonomsko bolj približal razvoj ekološko bolj primernih vozil.

Tudi sicer bo prehod na nove tehnologije oviralo dejstvo, da podjetjem prehitro prehod tehnologije ni v interesu, saj z obstoječo tehnologijo, katere stroški so zaradi položaja na krivulji učenja že na minimumu, ustvarjajo zadovoljive dobičke. Problem pri zniževanju emisij bodo tudi različni nacionalni interesi. Nemška kanclerka Angela Merkel se je seveda kljub obljubam o prizadevanju za zniževanje emisij postavila na stran nemških izdelovalcev avtomobilov, ki izdelujejo predvsem prestižna, močna in potratna vozila ter zatrjujejo, da gre pri zniževanju emisij CO<sub>2</sub> le za prikrito vojno francoskih izdelovalcev avtomobilov (ki izdelujejo manjše in varčnejše avtomobile) proti nemškim.

Za proizvodnjo vodika za gorivo bo potrebna elektrika, zato bodo potrebne tudi nove investicije v oskrbo z elektriko. Ker se pri generiranju električne energije sprošča CO<sub>2</sub>, je potrebno razviti še sisteme za zajezevanje ogljikovega dioksida. Problema slednjih sta dva. So dragi in zaradi njih se zmanjša učinkovitost elektrarn, zaradi česar se poveča potreba po drugih energentih. Z okoljevarstvenega vidika se tako zdi smiseln razvoj naprednih nuklearnih reaktorjev. Problem uvajanja naprednih jedrskih reaktorjev je seveda nasprotovanje javnosti, ki se boji nesreč.

Zajezitev CO<sub>2</sub> bo poleg tega zanimiva še zaradi ekonomskih interesov. Ker je pri plinskih obratih strošek energenta bolj pomemben element stroškov kot pri obratih na premog, bo zajezitev CO<sub>2</sub> povečala stroškovno konkurenčnost premoga nasproti plinu. ZDA imajo velike zaloge premoga, kar pomeni, da jim bo možnost izboljšanja trga za premog predstavljala

veliko spodbudo za razvoj tehnik zajezevanja ogljikovega dioksida. In ameriški interesi imajo (skoraj vedno) zadnjo besedo.

Vsekakor je razvoj alternativnih tehnologij pogona prava smer. Ali človeštvo že razvija prave rešitve, ki bodo dolgoročno sprejemljive tako z okoljskega kot tudi ekonomskega vidika, pa bo pokazal čas.

## LITERATURA

1. Ball Donald A., McCulloch Wendel H.: International Business: The Challenge of Global Competition. 7<sup>th</sup> ed. Boston : Irwin/McGraw – Hill, 1999. 673 str.
2. Boncelj Gašper: EU predlaga blažje zmanjšanje emisij CO<sub>2</sub>. Delo (priloga Na kolesih), Ljubljana, 10.2.2007, str. 14.
3. Carr Brian: Adapter Allows Any Vehicle to Run on Ethanol.  
[URL: <http://www.dailyfueleconomytip.com/?p=199>], 21.10.2006.
4. Carr Brian: Is OPEC Lowering Prices to Hurt Alternative Fuels?  
[URL: <http://www.dailyfueleconomytip.com/?p=203>], 23.10.2006.
5. Colitti Marcello, Simeoni Claudio: Perspectives of Oil and Gas: The Road to Interdependence. Dordrecht : Kluwer, 1996. 164 str.
6. Črnivec Aleš: Subaru Legacy in Outback Bi-Fuel.  
[URL: [http://avtomoto.siol.net/default.asp?article\\_id=11181010610061302310](http://avtomoto.siol.net/default.asp?article_id=11181010610061302310)], 6.10.2006.
7. De Miguel Ramon: Outlook for Bioethanol in Europe; Boosting Consumption.  
[URL: [http://www.ebio.org/downloads/publications/060509\\_eBIO\\_WBC\\_Seville\\_2006\\_def.pdf](http://www.ebio.org/downloads/publications/060509_eBIO_WBC_Seville_2006_def.pdf)], 3.2.2007.
8. Eden Richard et al.: Energy Economics; Growth, Resources and Policies. Cambridge : Cambridge University Press, 1981. 455 str.
9. Edmondson Gail: BMW's H-Bomb.  
[URL: [http://www.businessweek.com/autos/content/sep2006/bw20060912\\_166232.htm?chan=search](http://www.businessweek.com/autos/content/sep2006/bw20060912_166232.htm?chan=search)], 12.9.2006.
10. Gams Matjaž: Nafta kmalu na vrhuncu, ne pa tudi nadomestki.  
[URL: <http://www.finance.si/?MOD=show&id=175073&src=pj150207.com>], 15.2.2007.
11. Golouh Paulina: Živilskopredelovalna industrija na tržnem prepihu.  
[URL: [http://www.profit-on.net/index.php?id=8&lang=sl&article\\_id=514](http://www.profit-on.net/index.php?id=8&lang=sl&article_id=514)], 26.7.2006.
12. Herbst Moira: Ethanol's Growing List of Enemies.  
[URL: [http://www.businessweek.com/bwdaily/dnflash/content/mar2007/db20070316\\_016207.htm?chan=search](http://www.businessweek.com/bwdaily/dnflash/content/mar2007/db20070316_016207.htm?chan=search)], 19.3.2007.
13. Herbst Moira: The Dirty Secret about Clean Cars.  
[URL: [http://www.businessweek.com/autos/content/mar2007/bw20070328\\_446453.htm?chan=search](http://www.businessweek.com/autos/content/mar2007/bw20070328_446453.htm?chan=search)], 28.3.2007.
14. Honda Announces FCX Fuel Cell Production.  
[URL: [http://www.businessweek.com/autos/content/jan2006/bw20060109\\_191746.htm?chan=search](http://www.businessweek.com/autos/content/jan2006/bw20060109_191746.htm?chan=search)], 9.1.2006.
15. Hooper Simon: The End of the Road For the Car?.  
[URL: <http://edition.cnn.com/2006/WORLD/europe/09/22/tbr.cars/index.html>], 22.9.2006.
16. Kos David, Gregorčič Jure: 77. avtomobilski salon Ženeva: bodo hibridi zamenjali klasiko?.



- [URL:[http://www.planet.si/portal/site/planet/template.MAXIMIZE/menuitem.8d52bfbbc0f2afdba70451107400c3a0/?javax.portlet.tpst=5bbb3462c9b340f3cc58783e74a038a0\\_ws\\_MX&javax.portlet.prp\\_5bbb3462c9b340f3cc58783e74a038a0\\_viewID=FULL\\_VIEW&javax.portlet.begCacheTok=token&javax.portlet.endCacheTok=token&newsId=7096729](http://www.planet.si/portal/site/planet/template.MAXIMIZE/menuitem.8d52bfbbc0f2afdba70451107400c3a0/?javax.portlet.tpst=5bbb3462c9b340f3cc58783e74a038a0_ws_MX&javax.portlet.prp_5bbb3462c9b340f3cc58783e74a038a0_viewID=FULL_VIEW&javax.portlet.begCacheTok=token&javax.portlet.endCacheTok=token&newsId=7096729)], 18.3.2007.
17. Kuzmin Bruno: Subaru na bi-fuel. Delo (priloga Na kolesih), Ljubljana, 7.11.2006, str. 11.
  18. Lampič Gorazd: Analiza uvajanja električnih pogonov v različne vrste vozil in zasnova pogona za sodobni mestni električni hibridni avto (SMEH). Magistrsko delo. Ljubljana : Fakulteta za elektrotehniko, 2006. 84 str.
  19. Marcus Alfred: Controversial Issues in Energy Policy. Newbury Park : Sage, 1992. 158 str.
  20. Milošič Franc: Kaj bo z ormoško tovarno sladkorja? Med zaprtjem, prodajo in biodizlom. [URL: [http://www.delo.si/index.php?sv\\_path=41,36,161238&src=rp](http://www.delo.si/index.php?sv_path=41,36,161238&src=rp)], 2006.
  21. Oil Price Pressure Driving Global Switch to Biofuels. [URL: <http://www.ens-newswire.com/ens/apr2006/2006-04-25-03.asp>], 25.4.2006.
  22. One Car That Runs on Five Fuels. [URL:[http://www.businessweek.com/autos/content/jun2006/bw20060616\\_710423.htm?chan=search](http://www.businessweek.com/autos/content/jun2006/bw20060616_710423.htm?chan=search)], 19.6.2007.
  23. Petrovčič Jože: Evropejci, branite dizla!. Avto magazin, Ljubljana, 2006,7, str. 14.
  24. Prehitri avtomobili. Delo (priloga Na kolesih), Ljubljana, 17.3.2007, str. 13.
  25. Renault's latest Research on Fuel Cells. [URL:[http://www.businessweek.com/autos/content/jun2006/bw20060615\\_870290.htm?chan=search](http://www.businessweek.com/autos/content/jun2006/bw20060615_870290.htm?chan=search)], 15.6.2006.
  26. Shojai Siamack: The New Global Oil Market: Understanding Energy Issues in the World Economy. Westport, London : Praeger, 1995. 263 str.
  27. Sinha Abhijit: Toyota's Prius; Green Car of the Future. Kolkata : IBS Research Centre, The ICFAI Business School, 2006. 16 str.
  28. Tanneeru Manav: Organic Food, Green Products Go Mainstream. [URL: <http://edition.cnn.com/2006/US/10/03/buying.green/index.html>], 9.10.2006.
  29. Thomas Ken: EPA Boosts Ethanol, Renewable Fuel Use. [URL: <http://www.businessweek.com/ap/financialnews/D8ODVRC83.htm?chan=search>], 10.4.2007.
  30. The Economist o ukrepih za zmanjševanje emisij izpušnih plinov v EU. Delo (priloga Na kolesih), Ljubljana, 17.2.2007, str. 15.
  31. Vella Matt: Which Green Car Is Best? [URL:[http://www.businessweek.com/autos/content/jun2006/bw20060616\\_710423.htm?chan=search](http://www.businessweek.com/autos/content/jun2006/bw20060616_710423.htm?chan=search)], 19.3.2007.
  32. V Ormožu čez leto dni bioetanol. [URL:[http://www.rtvsllo.si/modload.php?&c\\_mod=rnews&op=sections&func=read&c\\_menu=1&c\\_id=100769](http://www.rtvsllo.si/modload.php?&c_mod=rnews&op=sections&func=read&c_menu=1&c_id=100769)], 9.2.2006.
  33. Walker Peter and agencies: Humans Blamed for Climate Change.

[URL:<http://environment.guardian.co.uk/climatechange/story/0,,2004550,00.html>],  
2.2.2007.

34. Walton Marsha: Could Hydrogen Be the Fuel of the Future?

[URL: <http://edition.cnn.com/2001/TECH/science/03/16/hydrogen.cars/>], 16.3.2001.

## VIRI

1. Agenda Inc.

[URL: <http://news.agendainc.com/mt-agenda/content/archives/automotive/>], 25.5.2007.

2. Automobiles: Driving Ahead.

[URL:<http://edition.cnn.com/2006/TECH/science/09/25/fsmotion.automobiles/index.html>]  
, 2.10.2006.

3. B.H.S. Hitri servis, spletna stran.

[URL: <http://www.avtobhs.si/PortalSLO/DesktopDefault.aspx?tabindex=5&tabid=275>],  
26.1.2007.

4. BMW spletna stran.

[URL: [http://www.bmw.com/com/en/index\\_highend.html](http://www.bmw.com/com/en/index_highend.html)], 5.2.2007.

5. BMWworld spletna stran.

[URL: <http://www.bmwworld.com/hydrogen/>], 17.1.2007.

6. Cheaper Production of Bioethanol – Also in Europe.

[URL:<http://edition.cnn.com/2006/WORLD/europe/09/22/tbr.cars/index.html>], 15.3.2006.

7. DaimlerChrysler spletna stran.

[URL: <http://www.daimlerchrysler.com/>]. 12.2.2007.

8. Energy Conversion Devices spletna stran.

[URL: <http://www.ovonic.com/>], 21.12.2006.

9. Energy Information Administration.

[URL: [http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/pdf/trend\\_2.pdf](http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/pdf/trend_2.pdf)], 21.10.2006.

10. European Biomass Industry Association (EUBIA) spletna stran.

[URL: <http://p9719.typo3server.info/107.0.html>], 30.1.2007.

11. Federal Highway Administration spletna stran.

[URL: <http://www.fhwa.dot.gov/policy/ohpi/qftravel.htm>], 17.6.2007.

12. Ford spletna stran.

[URL: [http://media.ford.com/newsroom/release\\_display.cfm?release=25286](http://media.ford.com/newsroom/release_display.cfm?release=25286)], 17.4.2007.

13. HybridCars spletna stran.

[URL: <http://hybridcars.com>], 23.2.2007.

14. InflationData, spletna stran.

[URL: [http://inflationdata.com/inflation/Inflation\\_Rate/Historical\\_Oil\\_Prices\\_Table.asp](http://inflationdata.com/inflation/Inflation_Rate/Historical_Oil_Prices_Table.asp)],  
11.11.2006.

15. Intergovernmental Panel on Climate Change spletna stran.

[URL: <http://www.ipcc.ch/>], 12.2.2007.

16. Istrabenz plini spletna stran.

- [URL: <http://www.istrabenz.si/slo/energetika/istrabenzplini>], 25.1.2007.
17. Linde Group spletna stran.  
[URL: [http://www.linde.com/international/web/linde/like35lindecom.nsf/docbyalias/nav\\_segments](http://www.linde.com/international/web/linde/like35lindecom.nsf/docbyalias/nav_segments)], 10.2.2007.
  18. Oil Price Archives, spletna stran.  
[URL: <http://www.tax.state.ak.us/programs/oil/prices/index.asp>], 11.11.2006.
  19. OPEC spletna stran.  
[URL: <http://www.opec.org/home/>], 5.11.2006.
  20. People and Planet spletna stran.  
[URL: <http://www.peopleandplanet.net/doc.php?id=2693>], 4.3.2007.
  21. Petrol spletna stran.  
[URL: [http://www.petrol.si/index.php?sv\\_path=98,104](http://www.petrol.si/index.php?sv_path=98,104)], 25.1.2007.
  22. Plunkett Research, Ltd. spletna stran.  
[URL: <http://www.plunkettresearch.com/Industries/AutomobilesTrucks/>], 19.5.2007.
  23. SAAB - KMAG d.d., telefonski klic. 24.1.2007.
  24. Saab spletna stran.  
[URL: [http://www.saab.com/main/GLOBAL/en/index\\_flash.shtml](http://www.saab.com/main/GLOBAL/en/index_flash.shtml)], 10.10.2006.
  25. Subaru slovenska spletna stran.  
[URL: <http://www.subaru.si/bifuel/bifuil.htm>], 25.1.2007.
  26. Štrumbelj Robert: el. dopis.  
[E-mail naslov: [robert.strumbelj@istrabenzplini.si](mailto:robert.strumbelj@istrabenzplini.si)], 29.1.2007.
  27. Teaching Tools.  
[URL: <http://www.teachingtools.com/CrudeEnergy/AdvancedTechnology.htm>], 12.11.2006.
  28. The Free Dictionary.  
[URL: <http://www.thefreedictionary.com>], 15.1.2007.
  29. Toyota spletna stran.  
[URL: <http://www.toyota.com>], 10.10.2006.
  30. Wikipedia, the Free Encyclopedia.  
[URL: <http://en.wikipedia.org/wiki>], 1.2.2007.
  31. World Energy Investment Outlook 2003 Insights. Paris : OECD/IEA, 2003. 511 str.



# PRILOGE

## KAZALO

<b>Priloga 1:</b> Prevožena pot in poraba goriva po posameznih kategorijah vozil .....	1
<b>Priloga 2:</b> Letna povprečja cen surove nafte od leta 1946 do danes .....	2
<b>Priloga 3:</b> Grafični prikaz gibanja letnih povprečij cen surove nafte od leta 1946 do danes .....	3
<b>Priloga 4:</b> Petrolovi bencinski servisi, kjer je na voljo avtoplin (UNP) .....	3
<b>Priloga 5:</b> Prodajna mesta avtoplina v Sloveniji in delovni čas .....	4
<b>Priloga 6:</b> Cena in vrste predelave na plin.....	4
<b>Priloga 7:</b> NEBUS, prvi DaimlerChryslerjev avtobus, izdelan leta 1997 .....	5
<b>Priloga 8:</b> Saab BioPower .....	6
<b>Priloga 9:</b> BMW Hydrogen 7 .....	6
<b>Priloga 10:</b> Toyota Prius.....	8
<b>Priloga 11:</b> Slovarček tujih izrazov uporabljenih v magistrskem delu.....	8

**Priloga 1:** Prevožena pot in poraba goriva po posameznih kategorijah vozil

Leto	Kategorija	Osebnih avtomobili	Motorna kolesa	Avtobusi	Druga dvoosna vozila	Tovornjaki	Priklopniki
2005	Prevožena pot (milijon milj)	1.689.965	10.770	6.646	1.059.590	79.174	143.662
2004		1.699.890	10.122	6.801	1.027.164	78.441	142.370
2005	Št. registriranih vozil	136.568.083	6.227.146	807.053	95.336.839	6.395.240	2.086.759
2004		136.430.651	5.767.934	795.274	91.845.327	6.161.028	2.010.335
2005	Povprečna pot na vozilo (milj)	12.375	1.729	8.235	11.114	12.380	68.845
2004		12.460	1.755	8.552	11.184	12.732	70.819
2005	Porabljeno gorivo (v 1000 gal.)	73.870.371	215.393	1.329.254	65.419.170	9.042.283	24.410.512
2004		75.401.891	202.447	1.360.178	63.417.148	8.958.622	24.190.904
2005	Povprečna poraba na vozilo (gal.)	541	35	1.647	686	1.414	11.698
2004		553	35	1.710	690	1.454	12.033
2005	Povprečna prevožena pot na galono goriva (milje)	22,9	50,0	5,0	16,2	8,8	5,9
2004		22,5	50,0	5,0	16,2	8,8	5,9

Vir: Federal Highway Administration, spletna stran, 2007; lastna priredba.

**Priloga 2: Letna povprečja cen surove nafte od leta 1946 do danes**

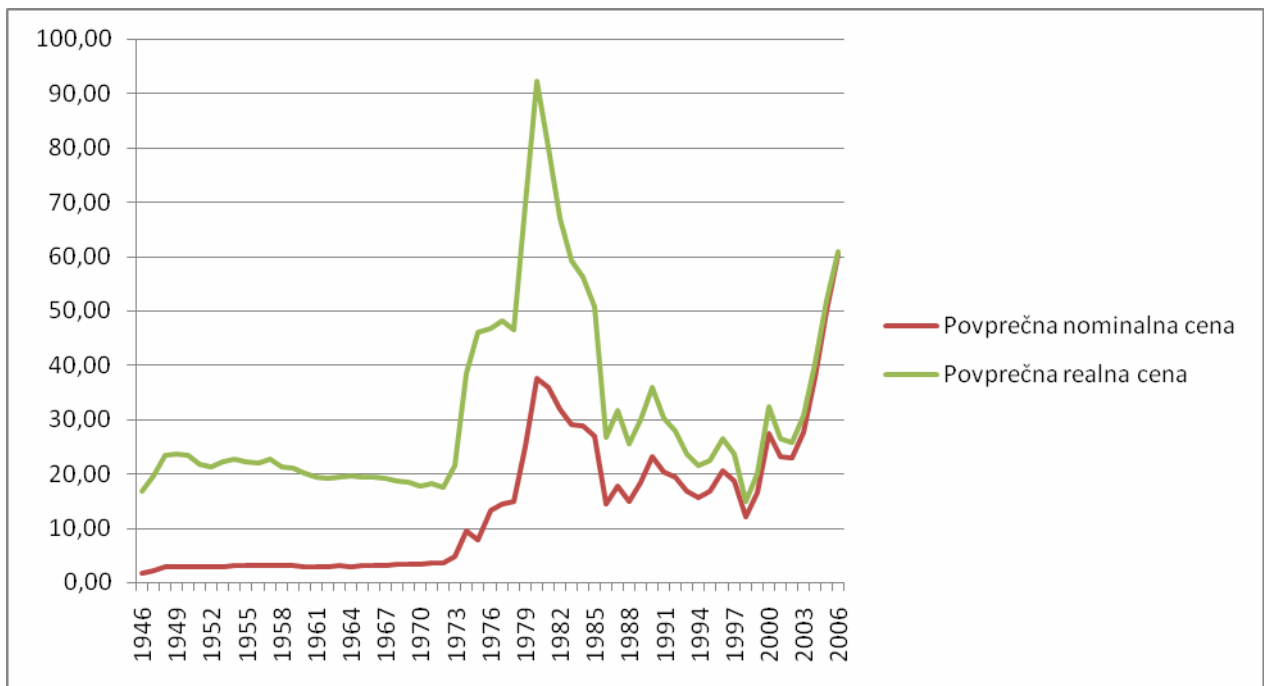
V letu 2000 je prišlo do občutnega povišanja cen nafte glede na leto prej.

Leto	Povprečna nominalna cena	Povprečna realna cena	Leto	Povprečna nominalna cena	Povprečna realna cena	Leto	Povprečna nominalna cena	Povprečna realna cena
1946	1,63	16,68	1967	3,12	18,98	1988	14,87	25,55
1947	2,16	19,60	1968	3,18	18,52	1989	18,33	29,99
1948	2,77	23,38	1969	3,32	18,37	1990	23,19	35,91
1949	2,77	23,61	1970	3,39	17,72	1991	20,20	30,10
1950	2,77	23,36	1971	3,60	18,04	1992	19,25	27,84
1951	2,77	21,65	1972	3,60	17,47	1993	16,75	23,54
1952	2,77	21,17	1973	4,75	21,53	1994	15,66	21,43
1953	2,92	22,10	1974	9,35	38,42	1995	16,75	22,31
1954	2,99	22,59	1975	7,67	46,01	1996	20,46	26,45
1955	2,93	22,17	1976	13,10	46,72	1997	18,64	23,57
1956	2,94	21,96	1977	14,40	48,19	1998	11,91	14,83
1957	3,00	22,66	1978	14,95	46,53	1999	16,56	20,12
1958	3,01	21,09	1979	25,10	69,51	2000	27,39	32,26
1959	3,00	20,88	1980	37,42	92,26	2001	23,00	26,37
1960	2,91	19,98	1981	35,75	79,89	2002	22,81	25,71
1961	2,85	19,35	1982	31,83	66,97	2003	27,69	30,55
1962	2,85	19,12	1983	29,08	59,26	2004	37,66	40,42
1963	3,00	19,29	1984	28,75	56,17	2005	50,04	51,94
1964	2,88	19,63	1985	26,92	50,77	2006	60,40	60,78
1965	3,01	19,37	1986	14,44	26,72			
1966	3,10	19,38	1987	17,75	31,69			

\* cene so navedene v USD/sodček

Vir: InflationData, spletna stran, 2006.

**Priloga 3:** Grafični prikaz gibanja letnih povprečij cen surove nafte od leta 1946 do danes



Vir: Lastna ponazoritev.

**Priloga 4:** Petrolovi bencinski servisi, kjer je na voljo avtoplin (UNP)

- **Barje I**, južna ljubljanska obvoznica
- **Barje II**, južna ljubljanska obvoznica
- **Lom I**, avtocesta Ljubljana—Postojna (smer Postojna)
- **Povir sever**, avtocesta Ljubljana—Sežana
- **Povir jug**, avtocesta Sežana—Ljubljana

Vir: Petrol spletna stran, 2007.





## **Priloga 5:** Prodajna mesta avtoplina v Sloveniji in delovni čas

ISTRABENZ PLINI d.o.o., Sermin 8a, KOPER, Tel.: 05/663 46 54, Delovni čas: pon-pet: 7.30-15.30

LOREN LINE, Plinski center Ljubljana, Verovškova 70, LJUBLJANA, Tel.: 01/565 86 30, Delovni čas: pon-pet: 7-18, sob: 7-15

PETROL BARJE I ( sever), Tel.: 01/423 65 30, Delovni čas: Non stop

PETROL BARJE II (jug), Tel.: 01/423 65 40, Delovni čas: Non stop

PETROL LOM I (smer Ljubljana - Postojna), Tel.: 01/750 90 20, Delovni čas: Non stop,

PLINARNA MARIBOR d.d., Plinarniška 9, MARIBOR, Tel: 02/228 43 00, Delovni čas: pon-pet: 7-18:45, sob: 8-12

ISTRABENZ PLINI d.o.o., Plinarniška ul. 1, CELJE, Tel. 03/ 426 47 00, Delovni čas: pon-pet: 7:30-15:30, sob: 7-12

INTERINA d.o.o. LJUBLJANA, PE PLIN KOZINA, Dolinska ulica 14, KOZINA, Tel.: 05/618 10 00, Delovni čas: pon-sob: 7-17, ned. in praznik: 8-13

PETROL POVIR (sever), Povir 96, Sežana, Tel.: 05/73 00 866, Delovni čas: Non stop

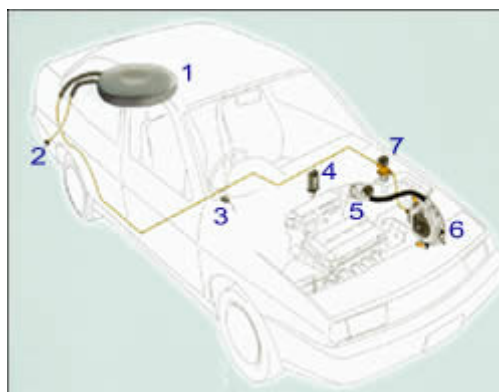
PETROL POVIR (jug), Povir 95, Sežana, Tel.: 05/73 00 868, Delovni čas: Non stop

Vir: Subaru slovenska spletna stran, 2006.

## **Priloga 6:** Cena in vrste predelave na plin

Glede na tip bencinskega motorja ločimo tri vrste predelav na plinom:

1. motor z uplinjačem (večina osebnih vozil do letnika 1990), kjer je predelava najenostavnejša in tudi najcenejša;
2. klasičen način predelave motorja z vbrizgom goriva (z ali brez katalizatorja), kjer plin mešamo z zrakom pred sesalnim kolektorjem;
3. napredni način predelave za motorje z vbrizgom goriva (in katalizatorjem), kjer plin vbrizgavamo v sesalni kolektor. To je tudi obvezen način predelave za vozila, ki imajo plastični sesalni kolektor.



Zaradi nižje energijske vrednosti plina v primerjavi z bencinom moramo računati na malenkostno zmanjšanje zmogljivosti vozila in višjo porabo plina (od bencina) in sicer:

- za 10 do 15% višja poraba plina in do 5% manjša moč motorja pri vrstah predelave 1. in 2.
- za do 5% višja poraba plina in do 3% manjša moč motorja pri vrsti predelave 3.

Z upoštevanjem porabe plina, nastalih stroškov predelave vozila in današnjih cen goriv (bencin, plin), pridemo do spodaj predstavljenih okvirnih izračunov:

Vrsta predelave	Strošek predelave (SIT) *	Prihranek pri gorivu (plin:bencin) **	Amortizacija pri km ***
1.	160.000	44%	14.350
2.	225.000	44%	19.700
3.	330.000	50%	26.350

\* okvirna cena za povprečno vozilo tega segmenta. Ne vključuje stroškov homologacije (približno 15.000,00 SIT)

\*\* pri izračunu smo upoštevali cene goriv: bencin 95 oktanov 254,00 SIT/l, avtoplin 125,00 SIT/l

\*\*\*privzeta je povprečna poraba bencina 10 l/100km

Vir: B.H.S. Hitri servis, spletna stran, 2007; lastna priredba.

### Priloga 7: NEBUS, prvi DaimlerChryslerjev avtobus, izdelan leta 1997



Vir: DaimlerChrysler spletna stran, 2007.

**Priloga 8: Saab BioPower**

NetCarShow.com



Vir: Agenda Inc., 2007.

**Priloga 9: BMW Hydrogen 7**







Vir: Agenda Inc., 2007.

## **Priloga 10:** Toyota Prius



Vir: Toyota spletna stran, 2007.

## **Priloga 11:** Slovarček tujih izrazov uporabljenih v magistrskem delu

1. free riders = zastonjkarji
2. Internal Combustion Engine (ICE) = motor z notranjim izgorevanjem
3. avtonomija = doseg vozila z enim polnjenjem
4. in-wheel motorji = motorji, ki so nameščeni v kolesih
5. gorivna celica PEM (Proton Exchange Membrane) = tip nizekotemperaturne gorivne celice