

Scurt studiu asupra combustibililor pentru automobile. Privire perspectivă la alternativele ecologice ale combustibililor fosili

Lect.univ.dr.Ilie Adrian Barbu
Lect. univ.dr. Bischin Robert*

Brief survey on automobile fuels. Perspective on organic alternatives of fossil fuels.

Abstract

The autovehicles' industry has grown exponentially in the last 30 years thus new concerns were raised about the problems of depleting fossil resources and of the increasing emissions of greenhouse effect gases. This brief survey will analyse the actual status of fossil combustibles and what are the safest options that we have today.

Cuvinte cheie: *combustibili fosili, gaze cu efect de seră, emisii de CO₂, benzină, motorină, biodiesel, hidrogen, motor electric, celule de combustie*

Key words: *fossil fuels, greenhouse gas, CO₂ emission, gasoline, diesel, biodiesel, hydrogen, electric al engines, fuel cells*

1. Notiuni introductive. Combustibilii fosili au jucat rolul cel mai important în dezvoltarea recentă a omenirii. Fie că este vorba de cărbune, de țiței sau derivatele acestuia ori de gaze naturale, fiecare dintre acestea și-au adus rolul lor în progresul societății prin dezvoltarea industrială pe care au facilitat-o. Nu este însă un element de noutate faptul că atât diminuarea resurselor care a făcut să crească încontinuu prețul acestora, cât și poluarea pe care o produc, prin eliberarea masivă de CO și CO₂ în atmosferă, fapt care a dus la apariția efectului de seră și la creșterea semnificativă a temperaturii medii mondiale, a determinat căutarea de noi soluții pentru înlocuirea acestor combustibili poluanți și limitați cantitativ-neregenerabili- cu alții care să fie atât ecologici cât și să permită utilizarea pe termen nedefinit fără frica epuzării acestora.

2. Studiu asupra combustibililor fosili. Combustibilii fosili au reprezentat până recent quasi-singura sursă pentru propulsia autovehiculelor. Derivatele din țiței (benzina și motrina) precum și GPL-u au dominat autoritar spectrul surselor de combustibil pentru motoarele autovehiculelor. Dar ce sunt de fapt aceste surse?

a. Țițeiul. Petrolul, sau **țițeiul,** împreună cu *cărbunii și gazele naturale* fac parte din zăcămintele de origine biogenă care se găsesc în scoarța pământului. *Petrolul,* care este un amestec de hidrocarburi solide și gazoase dizolvate într-un

* Autorii sunt cadre didactice în cadrul Universității din Craiova, Facultatea de Drept și Științe Administrative

amestec de hidrocarburi lichide, este un amestec de substanțe *lipofile* (*substanțe cu afinitate pentru grăsimi*), fiind vâscos, mai ușor decât apa și având o culoare negru-verzui. Țițeiul în stare brută (nerafinat) conține peste 17 000 de substanțe organice complexe, motiv pentru care este materia primă cea mai importantă pentru industria chimică (vopsele, medicamente, materiale plastice, etc.) și producerea *carburanților*. În esență este un amestec foarte complicat de hidrocarburi cu molecule de diferite marimi, începând de la metan până la hidrocarburi cu mase moleculare foarte mari. Compoziția petrolului variază de la un zăcământ la altul. Toate țițeiurile sunt însă amestecuri din trei clase de hidrocarburi și anume: hidrocarburi saturate aciclice (**alcani**), hidrocarburi saturate ciclice (**cicloalcani**; cicloalcanii din petrol se numesc și naftene) și hidrocarburi aromatice. În petrol nu se găsesc hidrocarburi nesaturate.

În ceea ce privește formarea petrolului există două teorii principale cu privire la formarea acestuia. **Teoria biogenă** de formare a zăcămintelor de petrol susține că petrolul ia naștere din organisme marine plancton care după moarte s-au depus pe fundul mării, fiind acoperite ulterior de sedimente. Acesta s-ar fi format cu circa 350 - 400 milioane de ani în urmă, în perioada Devonian, în care a avut loc în rândurile florei și faunei o mortalitate în masă, explicată prin teoria meteoritului uriaș care a căzut în aceeași perioadă pe pământ, declanșând temperaturi și presiuni ridicate. Astfel s-au format așa numitele substanțe cherogene ce provin din substanțe organice cu un conținut ridicat în carbon și hidrogen acestea fiind rocile mamă a zăcămintelor de petrol. Materia cherogenă alcătuită din *particule fin dispersate* în roca mamă, sub anumite condiții, mai ales în prezența temperaturilor înalte suferă un *proces de migrație* fiind împinse de apa sărată care are o greutate specifică mai mare, sub presiunea exercitată *particulele fine* se unesc într-o *masă compactă de petrol*. A doua teorie, **teoria abiogenă** susține în esență că petrolul ar fi rezultat din minerale, roci cu un conținut ridicat în carbon și hidrogen care având greutatea specifică mai mică ca media au fost presate spre suprafață.

Țițeiul este folosit ca sursă pentru iluminare de mii de ani, inclusiv pe teritoriul țării noastre¹. În perioada industrializării devine, treptat, principala sursă de iluminare, înlocuind treptat lumânările. Dealtfel, în secolul XIX are loc dezvoltarea rafinărilor de petrol, fiind patentată tehnologia de producere a petrolului lampant, folosit în iluminat. Prima rafinărie de petrol din lume a fost construită în România, în 1856², la marginea orașului Ploiești. După introducerea curentului electric ca și sursă de iluminare, importanța petrolului scade în acest domeniu, astfel că el începe să fie folosit, după rafinare, sub formă de benzină, ca și combustibil pentru autovehicule. Piața petrolieră din România era estimată la 9 miliarde de Euro în anul 2007. În anul 2006, consumul de benzină pe cap de locuitor în România a fost de 79 litri, iar cel de motorină - 140 litri. Estimarea

¹ Există dovezi arheologice că țițeiul era cunoscut în zona țării noastre încă din secolul I î.Hr., de când datează obiectele descoperite în cadrul cetății dacice de la Poiana (Nicorești, Galați). A se vedea și : Bălan, Șt.; Mihăilescu, N. Șt. - *Istoria științei și tehnicii în România, date cronologice*, Editura Academiei Republicii Socialiste România, București, 1985, p. 21.

² Vezi http://www.pbs.org/eakins/we_1844.htm

rezervelor mondiale de petrol variază foarte mult și nu se poate face decât o aproximare, dar cam toate cifrele și statisticile indică faptul că rezervele de petrol mondiale s-ar epuiza în aproximativ 50 de ani. Consumul actual al României este de circa 3 milioane tone de benzină pe an și circa 4 milioane tone de motorină. Conform estimărilor din anul 2007, rezervele României sunt de 74 milioane tone țiței, care se vor epuiza în circa 13 ani (adică în 2020).

În urma procesului de rafinare a petrolului rezultă, ca și combustibili de bază pentru automobile, **benzina și motorina**.

b. Benzina. Este un amestec lichid derivat din petrol, care este compus în principal din hidrocarburi lichide (având între patru și doisprezece atomi de carbon în moleculă) și care este îmbunătățit cu benzenuri, pentru a mări cifra octanică³, folosit ca și combustibil în motoare cu combustie internă. Densitatea specifică a benzinei variază între 0.71-0.77 din densitatea apei, cea cu densitate mai ridicată având un volum mai mare de compuși aromatici (0.026 lb/in³; 719.7 kg/m³; 6.073 lb / US gal; 7.29 lb / imp gal). Benzina plutește pe apă, astfel încât apa nu poate fi folosită, în general, pentru stingerea unui incendiu cauzat de benzină. Datorită densității sale specifice, cât îi a incompresibilității mari chiar și la presiuni extreme, benzina a fost ales ca lichidul pentru plutire în bariscaful Trieste, ambarcațiune care a atins un record de adâncime de 10900 m (35,761 ft), în cea mai adâncă parte din oceanul pământesc.

La ora actuală, S.U.A. consumă aproximativ 44% din producția mondială de benzină, care este estimată la 1.200.000 de gicalitrii anual.

Fiind un amestec de substanțe, benzina poate avea diverse cifre octanice. Cifra octanică reprezintă o măsură de rezistenței a benzinei și a altor combustibili la autoaprindere în motoarele cu aprindere prin scânteie cu ardere internă. Cifra octanică a unui combustibil este măsurată într-un motor de testare și este definită prin comparație cu un amestec de iso-octan și heptan care ar avea aceleași capacități anti-compresie ca și benzina testată: procentajul, în volum, din amestec, de iso-octan este cifra octanică a combustibilului respectiv. De exemplu, benzina cu aceleași caracteristici anticompresie ca un amestec de 90%, iso-octan și 10% heptan ar avea o cifra octanică de 90⁴. Aceasta nu înseamnă că benzină conține doar iso-octan și heptan în aceste proporții, dar că aceasta are aceleași proprietăți de rezistență la detonare. Deoarece unii combustibili sunt mai rezistenți la detonare decât iso-octanul, definiția a fost extinsă pentru a permite pentru numere cu cifră octanică mai mare de 100. Cifra octanică nu se referă la conținutul energetic al combustibilului. Acesta este doar o măsură a tendinței combustibilului de a arde într-un mod controlat, mai degrabă decât a tendinței de a exploda într-un mod necontrolat. Există 3 scări de măsurare a cifrei octanice: Research Octane Number

³ Pentru o prezentare detaliată a benzinei și a elementelor ce o compun a se vedea Collins, Chris (2007). *Implementing Phytoremediation of Petroleum Hydrocarbons*. Methods in Biotechnology. **23**. Humana Press. pag. 100. ISBN 1588295419.

⁴ a se vedea și: Kemp, Kenneth W.; Brown, Theodore; Nelson, John D. (2003). *Chemistry: the central science*. Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hall. pp. 992. ISBN 0-13-066997-0.

(RON) (cel mai des întâlnită în Europa), Motor Octane Number (MON) și Anti-Knock Index (AKI).

Ar putea părea ciudat că acei combustibili cu cifra octanică mai mare sunt utilizați în motoarele mai puternice, deoarece astfel de carburanți explodează mai greu. Cu toate acestea, o explozie necontrolată nu este dorită într-un motor cu ardere internă, combustibilul trebuind să explodeze la o dată precisă. O explozie prematură va face ca forțele rezultate să încerce să rotească arborele cotit în direcția inversă. Acest lucru nu va determina motorul să se rotească în sens invers, din cauza energiei cinetice în adunările rotative și volanului, dar va tensiona arborele cotit și astfel, aceste forțe, împreună cu cea caldura emisă se pierd ca și cuplu motor. Un combustibil cu o cifra octanică mai mare poate avea un raport de compresie mai mare, fără a provoca detonare. Compresia este direct legată de puterea motorului, astfel încât motoarele care necesită un combustibil cu cifră octanică mai mare, de obicei, dau forță motrică mai mare. Puterea motorului este în funcție de combustibil, de designul acestuia și e legată de cifra octanică a combustibilului. Puterea este limitată de cantitatea maximă de combustibil-amestec de aer, care poate fi forțat în camera de ardere. În cazul în care accelerația este parțial deschisă, doar o mică parte din puterea totală disponibilă este produsă, deoarece motorul operează la presiuni mai scăzute decât cea atmosferică. În acest caz, cerința de cifră octanică este mult mai scăzută decât în cazul în care accelerația este deschisă pe deplin și presiunea crește mult peste presiunea atmosferică, ca în cazul motoarelor supraalimentate.

c. Motorina. Este, în general, orice combustibil utilizat la motoarele diesel. Cea mai frecventă este un distilat specific din fracțiile uleiului de petrol de combustibil, dar alternative care nu sunt derivate din petrol, cum ar fi biodieselul, cele din biomasa (BTL) sau gaz (GTL), sunt în curs de dezvoltare și adoptare. Pentru a distinge aceste tipuri, derivatul diesel din petrol se numește petrodiesel. Dieselul cu conținut de sulf ultrascăzut (Ultra-low sulfur diesel - ULSD) este un standard pentru definirea motorinei cu conținut de sulf redus în mod substanțial. Începând din 2007, aproape toți combustibilii diesel disponibili în America și Europa sunt de tip ULSD.

Motorina din petrol - numită petrodiesel sau motorină este produsă prin distilarea fracționată a țiteiului între 200 ° C (392 ° F) și 350 ° C (662 ° F), la presiunea atmosferică, rezultând într-un amestec de lanțuri de carbon care de obicei conțin între 8 și de 21 atomi de carbon pe moleculă.

Densitatea motorinei de petrol este de aproximativ 0.85 kg / l (7.09 lb / US gal), cu aproximativ 18% mai mult decât benzina, care are o densitate de aproximativ 0.72 kg / l (6.01 lb / US gal). Când este arsă, motorina eliberează 38.6 MJ / l (138700 BTU / US gal) energie, în timp ce benzina doar 34.9 MJ / l (125000 BTU / US gal), cu 10% mai puțin din punct de vedere al densității de energie, dar 45.41 MJ / kg față de 48.47 MJ / kg la benzină, adică cu 6,7% mai puțină energie specifică. Motorina este, în general, mai simplă de a fi rafinată din petrol decât benzina, dar producerea unei motorine de calitate, cu un conținut scăzut de sulf, care necesită un proces tehnologic mai complicat precum și politicile de piață au

făcut ca la ora actuală motorina să aibă același preț ca și benzina, uneori mai ridicat.

Spre deosebire de motoarele pe benzină și de motoarele cu gaz petrolier lichefiat (GPL), motoarele diesel nu funcționează prin cu aprindere cu scânteie de înaltă tensiune (bujii). Un motor diesel comprimă aerul din interiorul cilindrului la presiuni ridicate (raporturile de compresie de la 15:1 la 21:1 sunt comune); apoi diesel-ul este, în general, injectat direct în cilindru. Temperaturi ridicate din interiorul cilindrului fac ca motorina să reacționeze cu oxigenul în amestec, ceea ce duce la ardere și expansiune, producând lucru mecanic și punând în mișcare pistonul. Motoarele diesel au un randament mai bun decât motoarele cu ardere internă, oferind putere mult mai mare la rotații mult mai mici și fiind mult mai economice. Dezavantajul este dat de faptul că, la temperaturi scăzute, sub -19 °C, motorina devine vâscoasă și este mult mai greu, dacă nu imposibil, să mai potă fi folosită ca și combustibil, astfel că trebuie adăugați aditivi care să o păstreze în starea lichidă.

Motoarele diesel actuale, au o economie de combustibil mai bun decât motoarele pe benzină echivalente și să produc mai puține emisii de gaze cu efect de seră. Economia lor mai mare se datorează conținutului mai mare de energie pe conținutul de litru de motorină și eficiența intrinsecă a motorului diesel. Este drept că motorina-petrodiesel are ca rezultat în urma arderii o cantitate mai mare de gaze cu efect de seră pe litru comparativ cu benzina⁵, economiile de combustibil de 20-40% mai bine realizate de motoarele diesel moderne compensează acest fapt, astfel că un vehicul cu motor diesel emite gaze cu efect de seră cu 10-20% mai puțin decât vehiculele pe benzină comparabile ca și capacitate.

S.U.A. au consumul de motorină estimat la 200 miliarde de litrii anual, cam de 50 de ori mai mare față de cel al României.

d. GPL-ul. Gazul Petrolier Lichefiat este un amestec de hidrocarburi format predominant din butan și propan sau un amestec din aceste gaze; Când este comprimat moderat AUTOGPL-ul devine lichid. Dacă este scos dintr-un recipient presiunea scade brusc și lichidul se transformă în gaz în timp. Rata de compresie este de 1:270 adică unei unitati de gaz lichefiat comprimat în stare lichida îi corespund 270 de unități de gaz. De aici și avantajul de a-l transporta în condiții lichide. GPL poate fi obținut din mai multe surse; cel mai adesea este extras direct din gazele naturale umede dar poate fi și un produs obținut din rafinarea petrolului crud. GPL este curat, nu conține apă sau alte impurități, are o ardere completă și nu generează depuneri calamice pe pistoane, segmenti și bujii. Nu este toxic pentru sol și acvifere în cazul unor scurgeri accidentale. Arderea AUTO GPL produce cu până la 15-20 % mai puțin CO₂ față de motoarele care folosesc benzina. AUTO GPL-ul emite de asemenea cu 97% mai puțin benzen decât benzina fără plumb. Acest combustibil folosește un sistem sigilat, având emisii de hidrocarburi apropiate de

⁵ Pentru mai multe detalii a se vedea: "Emission Facts: Average Carbon Dioxide Emissions Resulting from Gasoline and Diesel Fuel". US Environmental Protection Agency. 2005. <http://www.epa.gov/otaq/climate/420f05001.htm>.

zero. Compoziția amestecului depinde de clima țării în care este servit și este reglementată de norma europeană adoptată și în România sub indicativul SR EN 589- 2002.

3. Efectele nocive ale combustibililor fosili asupra atmosferei.

Principalul efect nociv și cel mai daunător, în același timp, al arderii combustibililor fosili, sunt emisiile de gaze cu efect de seră. Gaze cu efect de seră sunt acele gaze care se află în atmosferă și care absorb și emit radiații în intervalul termic de infraroșu. Acest proces este cauza fundamentală a efectului de seră. Principalele gaze cu efect de seră în atmosfera Pământului sunt vaporii de apă, dioxidul de carbon, monoxidul de carbon, metanul, protoxidul de azot, și ozonul. În sistemul nostru solar, atmosferele lui Venus, Marte și Titan, de asemenea, conțin gaze care produc efecte de seră. Gaze cu efect de seră afectează în mare măsură temperatura de pe Pământ, fără ele, suprafața Pământului ar fi, în medie, aproximativ 33 ° C (59 ° F)⁶, mai rece decât în prezent! Gazele cu efect de seră nu sunt parte a atmosferei exclusiv datorită activității umane, totuși ele au cunoscut o creștere progresivă începând cu secolele XVII-XVIII, odată cu revoluția industrială.

În ordine, cel mai abundent gaz cu efect de seră pe Pământ sunt, așa cum am arătat: vaporii de apă, dioxidul de carbon, metanul, protoxidul de azot, ozonului, clorofluorocarburi.

Contribuția la efectul de seră cu un gaz este determinată atât de caracteristicile gazului dar și abundența sa. De exemplu, raportat strict la moleculă, molecula de metan are de aproximativ opt ori mai puternic efectul de seră decât molecula de dioxid de carbon⁷, dar metanul este prezent în concentrații mult mai mici, astfel încât contribuția sa totală este mai mică. Când aceste gaze sunt ordonate în funcție de contribuția lor la efectul de seră, cele mai importante sunt:

- vaporii de apă, care contribuie cu 36-72%
- dioxidul de carbon, care contribuie cu 9-26%
- metanul, care contribuie cu 4-9%
- ozonul, care contribuie cu 3-7%

Nu este posibil să se demonstreze că un gaz anume produce un procent exact din efectul de seră de pe glob. Acest lucru se datorează faptului că o parte din

⁶ Această temperatură se referă la valoarea din atmosferă, nu cea de la nivelul solului, care ar fi doar cu 14 C mai mică. Pentru detalii, vezi: Karl TR, Trenberth KE (2003). "Modern Global Climate Change". *Science* **302** (5651): 1719–1723. doi:10.1126/science.1090228. PMID 14657489. <http://www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/302/5651/1719> precum și Le Treut H, Somerville R, Cubasch U, Ding Y, Mauritzen C, Mokssit A, Peterson T and Prather M (2007) (PDF). *Historical Overview of Climate Change Science In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M and Miller HL, editors)*. Cambridge University Press. http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/Report/AR4WG1_Print_Ch01.pdf. Retrieved 2008-12-14.

⁷ Houghton, John (4 May 2005). *Global warming*. Institute of Physics. p. 1362 [url=http://stacks.iop.org/RoPP/68/1343](http://stacks.iop.org/RoPP/68/1343).

gazele cu efect de seră absorb și emit radiații la aceleași frecvențe ca altele, astfel încât efectul de seră nu este pur și simplu o sumă a influențelor fiecărui gaz. Norii, de asemenea, contribuie semnificativ la efectul de seră. În plus față de principalele gaze cu efect de seră enumerate mai sus, mai sunt și alte gaze cu efect de seră care includ, de exemplu hexafluorura de sulf, hidrofluorocarburi și perfluorocarburi. De asemenea, unele gaze cu efect de seră, de multe ori nu sunt prezente în statisticile oficiale. De exemplu, trifluorura de azot are un mare potențial de încălzire globală (GWP – global warming potential), dar este prezentă numai în cantități foarte mici.

Nivelul gazelor cu efect de seră a început să crească constant de la 1700, studiile demonstrând o statistică clară în această direcție:

Gaz	Nivelul preindustrial	Nivelul actual	Creștere din 1750	Forță Radiantă (W/m ²)
CO ₂	280 ppm ⁸	387ppm	107 ppm	1.46
CH ₄	700 ppb	1745 ppb	1045 ppb	0.48
NO	270 ppb	314 ppb	44 ppb	0.15
CFC-12 (clorofluorocarburi)	0	533 ppt	533 ppt	0.17

Principalele surse de gaze cu efect de seră, ca urmare a activității umane sunt: arderea combustibililor fosili și a defrișărilor, care conduce la concentrații mai mari de dioxid de carbon. Schimbarea utilizării terenului (în principal, defrișările la tropice) reprezintă un procent de până la o treime din emisiile totale de CO₂ antropice. Fermentația și gestionarea gunoierului de grajd, agricultura cu orez, utilizarea terenurilor și modificări zone umede reprezintă de asemenea o sursă serioasă. Nu trebuie uitată utilizarea de clorofluorocarburi (CFC), în sistemele de răcire, și utilizarea de CFC și haloni în sistemele de supresie a focului sau utilizarea de îngrășăminte care conduc la o mai mare concentrație de dioxid de azot (N₂O).

Cele șapte surse de CO₂ provenind din arderea combustibililor fosili sunt (statistică pentru anii 2000-2004):

- Combustibili solizi (de exemplu, cărbune): 35%
- Combustibili lichizi (de exemplu, benzină, ulei de combustibil): 36%
- Combustibili gazoși (de exemplu, gaze naturale): 20%
- Arderii cu gaze industriale și de la puțurile: <1%
- Ciment de producție: 3%
- Non-hidrocarburi de combustibil: <1%

⁸ Unitatea de măsură este parts-per-notation. Nu este o unitate de măsură propriu zisă ci arată proporțiile relative de substanță la cantitatea măsurată. În esență, sunt simple numere, neasociate unor unități de măsură. Acestea sunt: ppm –părți pe milion- (10⁻⁶) ppb –părți pe miliard- (10⁻⁹) și ppt –părți pe triliard- (10⁻¹²)

- Combustibilii folosiți internațional pentru transport maritim și pentru transport aerian care nu sunt incluse în inventarele naționale: 4%

Din 2000 se constată o accelerarea accentuată a emisiilor de CO₂, cu o creștere de 3% pe an (mai mult de 2 ppm pe an) față 1,1% pe an în timpul anilor 1990. Cu toate că peste 3/4 din emisiile antropice cumulate de CO₂ este încă atribuită lumii dezvoltate, China a fost responsabilă pentru cea mai mare parte creșterii globale a emisiilor în această perioadă. De asemenea, fosta zonă URSS este un element important în creșterea emisiilor de CO₂, datorită faptului că regiunea începe să se dezvolte încetul cu încetul. Emisiile directe din industrie din întreaga lume au scăzut din cauza unei îmbunătățirea constantă a eficienței energetice, valorile rămânând relativ constante din 1994. În ceea ce privește marile puteri industriale Marea Britanie stabilit un obiectiv de reducere a emisiilor de dioxid de carbon cu 20% față de nivelurile din 1990, până în 2010, dar în conformitate cu cifrele sale for fi sub această țintă cu aproximativ 4%. Statele Unite ale Americii: Registrul federal a emisiilor de gaze cu efect de seră din S.U.A. arată că sunt emise cu 16,3% mai multe gaze cu efect de seră, în 2005, decât în 1990. Potrivit unei estimări preliminare efectuate de către Agenția de evaluare de mediu din Țările de Jos, cel mai mare producător național de emisii de CO₂ din 2006 a fost China, cu o producție anuală estimată de aproximativ 6200 megatonnes. China este urmată de Statele Unite cu aproximativ 5800 megatonnes. Cifrele de emisii pe cap de locuitor din China sunt aproximativ un sfert din cele ale populației SUA, dar China are o populație mult mai numeroasă. Comparativ cu 2005, în China emisiile de CO₂ fosil au crescut în 2006 cu 8,7%, în timp ce în SUA, emisiile de CO₂ comparabile au scăzut în 2006 cu 1,4%.

Aceasta este o statistică a emisiilor de CO₂ rezultate din arderea diferiților combustibili fosili:

Numele de combustibil	Emisiile de CO ₂ (lbs/10 ⁶ BTU)	Emisiile de CO ₂ (g/10 ⁶ J)
Gaz natural	117	50,30
gaz petrolier lichefiat (GPL)	139	59,76
Propan	139	59,76
Bezină de aviație	153	65,78
benzina de automobile	156	67,07
Cherosen	159	68,36
Ulei de combustibil	161	69,22
Combustibil derivat din anvelope	189	81,26
Lemn și deșeuri de lemn	195	83,83
Carbune (bituminoase)	205	88,13
Carbune (subbituminoși)	213	91,57
Cărbune (lignit)	215	92,43

Cocs de petrol	225	96,73
Carbune (antracit)	227	97,59

4. Alternative ecologice la combustibilii fosili. Evident, toate aceste efecte negative, precum și riscul diminuării cantității de petrol din lume care poate duce la instabilități mondiale majore a determinat căutarea de alte surse alternative de energie pentru mașini, mai ieftine, mai curate și cu un grad de perenitate cât mai mare. Analiza acestora se va face în funcție de tipul de motor pentru autovehicule.

a. Motoare clasice, cu ardere internă sau diesel. Practic, soluția aici este înlocuirea benzinei sau motorinei cu alți combustibili ecologici. În această categorie intră:

- biomasa: în industria energetică se referă la materialul biologic care poate fi utilizat drept combustibil sau pentru producția industrială. Biomasa provine de la mai multe plante, inclusiv rapiță, cânepă, porumb, plop, salcie, trestia de zahăr, ulei de palmier, și ulei de alge. Cel mai frecvent, biomasa provine din plante cultivate pentru a fi utilizate ca biocombustibil, dar include, de asemenea plante sau materie animală utilizate pentru producția de fibre, substanțe chimice sau căldură. Biomasa poate include, de asemenea, deșeurile biodegradabile, care pot fi arse drept combustibil. Se exclude din această categorie material organic care a fost transformat de procesele geologice în substanțe, cum ar fi cărbunele sau petrolul. Biodieselul este carburantul care rezultă în urma procesării biomasei, și a început să fie folosit frecvent în industria automobilistică, de fapt, începând cu 2010 există obligativitatea ca în SUA și Europa 5% din combustibilul folosit de motoarele diesel să fie biodiesel. Deși este mult mai puțin poluant decât petrodieselul totuși pentru a putea fi implementat ca și alternativă majoră la petrodiesel ar trebui introduse în circuitul agricol suprafețe enorme de teren care fie ar proveni din terenuri folosite anterior pentru producerea de hrană, fie din defrișarea altor terenuri, nicuna din aceste alternative nefiind de acceptat. Soluțiile care se încearcă sunt acelea de a se cultiva plante (gen palmieri) în zone aride, nefăcând parte din circuitul agrar sau de a se folosi terenuri din țările nedezvoltate economic.

- carburanții pe bază de alcool. Metanolul și etanol nu sunt, de obicei, surse primare de energie; cu toate acestea, ele sunt combustibili convenabil pentru depozitarea și transportul de energie. Aceștia pot fi utilizați în motoarele cu ardere internă cu modificări minore. Metanol poate fi produs dintr-o varietate largă de surse, inclusiv combustibili fosili, dar, de asemenea, produse agricole și a deșeurilor municipale, lemn și biomasa variată. Mai important, el poate fi, de asemenea, produs din reciclarea chimică de dioxid de carbon. Etanolul poate fi produs în masă prin fermentația de amidon sau de zahăr într-o mare varietate de culturi (bio-etanol), sau prin hidratarea de etilenă din petrol și din alte surse. Au fost dezbateri considerabile cât de utile despre bio-etanol va fi în înlocuirea combustibililor fosili în vehicule. Preocupări se referă la suprafețe mari de teren arabil necesare pentru culturi, precum și de energie și echilibrul poluarea din ciclul de producție de etanol. Recentele evoluții cu producerea de etanol celulozic și

comercializarea poate înlătura unele dintre aceste preocupări. Metanol drept combustibil, de asemenea, are mai multe dezavantaje.

- hidrogenul. este incolor, inodor, neotrăvitor. Greutatea specifică este de 0.09g/l, de 14.4 ori mai ușor decât aerul. Hidrogenul se condensează la -252.77°C , iar greutatea specifică a hidrogenului lichefiat este de 71 g/L, ceea ce îi conferă cea mai mare densitate de energie pe unitatea de masă între toți combustibilii și purtătorii de energie: 1 kg de hidrogen conține la fel de multă energie ca și 2.1 kg de gaze naturale sau 2.8 kg petrol. Densitatea de energie pe unitatea de volum a hidrogenului lichefiat este un sfert din cea a petrolului și o treime din cea a gazelor naturale. H_2 drept combustibil a fost sugerat că ar avea potențialul de a crea o economie mondială bazată pe hidrogen. Cu toate acestea, nu există nici o rezervă naturală accesibil de hidrogen necombinat. Prin urmare, pentru utilizarea acestuia drept combustibil trebuie să fie mai întâi produs folosind o altă sursă de energie, ceea ce îl face un mijloc de transport de energie, mai degrabă decât o sursă de energie, similar cu un acumulator reîncărcabil. O metodă de producție existentă pe bază de hidrogen este producerea din metan; cu toate acestea, această metodă necesită metan (cel mai frecvent disponibil sub formă de gaz natural), ceea ce ridică probleme de durabilitate. O altă metodă de producție a hidrogenului este prin electroliza apei ori biomasa sau gazeificarea cărbunelui. Dincolo de faptul că nu există în natură, marea problemă a hidrogenului, ca și combustibil direct, este aceea că este extrem de inflamabil, ceea ce duce la niște riscuri mari și la necesitatea dezvoltării unor tehnologii extrem de complicate care vor trebui ulterior implementate.

Deși este substanța cel mai des întâlnită în univers este hidrogenul, totuși el nu se găsește în stare simplă, ca resursă, în natură, aproape deloc, astfel că el trebuie produs. Ca să produci hidrogen trebuie consumată energie. El este doar un purtător de energie ca și electricitatea. Problemele legate de folosirea hidrogenului ca și combustibil sau ca și element în celulele (pilele) de combustie (fuel cells) sunt atât de natură practică, datorită costurilor ridicate care ar fi necesare pentru implementarea acestei tehnologii cât și datorită problemelor de fizică și chimie elementară teoretică, care nu pot fi rezolvate.

Prima ironie este dată de faptul că petrolul, în formă brută, conține cea mai mare cantitate de hidrogen pentru consum, mai mult decât hidrogenul pur, deoarece structura atomilor la hidrocarburi folosește mai puțin spațiu. Hidrogenul, de asemenea, are un coeficient caloric mai mic (un galon de petrol: 3,78 litri - are 115.000 de btu, un galon de hidrogen lichid are doar 30.000 btu) astfel că, teoretic, ai nevoie de o cantitate de hidrogen lichid de 4 ori mai mare (comparat cu petrolul) pentru a parcurge aceeași distanță cu același tip de motor. Această valoare mică a coeficientului caloric dictează de asemenea o creștere în volum sau în presiune a întregului sistem: producere, distribuție, transport, depozitare. Hidrogenul pur nu poate fi transportat cu actuală infrastructură pentru transportul de gaze deoarece este de aproximativ 10 ori mai puțin dens decât gazul transportate de obicei prin țevi⁹.

⁹ Pentru un studiu aprofundat vezi:

http://www.fromthewilderness.com/free/ww3/081803_hydrogen_answers.html

Dealtfel având cea mai mică moleculă posibilă nu există tehnologie sau material care să permită transportul hidrogenului în stare normală. Mai mult, ca să transporti aceeași cantitate de energie pe care o transportă actualmente o autocisternă obișnuită cu hidrocarburi, ai nevoie de minim 15 autovehicule identice dacă e vorba de hidrogen lichid sau de 22 dacă e vorba de hidrogen comprimat. De asemenea, autocisterna va consuma 34% din cantitatea transportată la fiecare 500 km, în loc de 2 - 4% în cazul hidrocarburilor. Este evident că hidrogenul este greu, dacă nu imposibil de transportat ceea ce înseamnă că trebuie produs chiar acolo unde va fi consumat. Așa cum se vede, un alt impediment major al hidrogenului pur este volumul. Un kilogram de hidrogen conține aproape aceeași cantitate de energie (142 MJ) ca 4 litri de benzină (138MJ). Dar fiind un gaz cu densitatea extrem de mică și cu molecule mici, un kilogram de hidrogen depozitat într-un cilindru sub presiune la 150 atmosfere (2.200 psi) ocupă **91 de litri** (adică 1.6 MJ/litru). Pentru comparație 8,2 litri de benzină conțin aceeași cantitate de energie. Nu există încă tehnologii pentru cilindrii sub presiune de 350 de atmosfere (5.000 psi) sau de 700 de atmosfere (10.000 psi), dar chiar dacă s-ar investi costuri masive în dezvoltarea acestei tehnologii, la 700 de atmosfere volumul kilogramului de hidrogen ocupă 27 litri, ajungând la 5,3 MJ / litru. Hidrogenul lichid este ceva mai avantajos comparat cu hidrogenul comprimat pentru că se ajunge la doar 14 litri / kilogram, adică 10 MJ / litru. Dar hidrogenul vaporizează la -253 °C necesitând un tanec criogenic special. Mai rău, în laboratoare, în condiții extreme, hidrogenul lichid nu rezistă mai mult de 2 zile, indiferent de materialul din care e compus tancul, deoarece hidrogenul lichid "fierbe" la o rată de minim 3% pe zi. Ceea ce înseamnă că **nu se poate** stoca H₂ sub nici o formă în rezervoarele de automobile deoarece după o perioadă de câteva zile tot hidrogenul din rezervor sau din celulele de combustibil s-ar evapora. Teoretic trebuie cam 14.2 MJ/kgLH₂ ca să răcești hidrogenul de la 25°C la -253 °C, dar practic acum s-a ajuns la o cifră de 30.3 MJ/kgLH₂. Nu trebuie uitat faptul că, de asemenea, există costuri mari și consum de energie pentru producerea hidrogenului pur, nu numai pentru comprimarea/lichefierea lui¹⁰. Există mai multe modalități de a obține hidrogen: fie prin electroliza apei, procesarea biomaselor, procesarea gazului natural, separarea apei folosind lumina sau cu ajutorul algelor modificate genetic. Aceste procese sunt mari consumatoare de energie și rezultatul este **întotdeauna** hidrogen cu un **raport energetic negativ**. Electroliza apei (cel mai curat procedeu pentru obținerea hidrogenului) este, dintre toate, cel mai negativ proces din punct de vedere energetic, aproximativ 75% eficiență și costuri de patru ori mai mari decât transformarea gazului natural în hidrogen, o industrie deja stabilă. S-a demonstrat matematic că este mai ieftin și mai puțin poluant să arzi pur și simplu gazul natural

¹⁰ The Future of the Hydrogen Economy: Bright or Bleak? Original Version of 15 April 2003, updated 26 February 2005. Ulf Bossel, Fuel Cell Consultant,; Baldur Eliasson, Formerly: ABB Corporate Research and Gordon Taylor G T Systems. www.efcf.com/reports

decât să-l transformi în hidrogen. Un alt element foarte important din lungul șir al problemelor legate de hidrogen ca și combustibil este securitatea autovehiculului, deoarece un rezervor de hidrogen comprimat sau lichid prezintă un risc major de explozie în caz de avarie.

În concluzie, hidrogenul ca și combustibil pentru motoarele cu ardere internă este, din orice punct de vedere, atât teoretic cât și practic, o alternativă extrem de scumpă, care trebuie implementată cu costuri uriașe și cu potențiale efecte negative asupra atmosferei mult mai mari decât combustibilii fosili.

Totuși, au fost câteva motoare cu ardere internă care au fost adaptate pentru a utiliza hidrogen lichid drept combustibil. BMW H2R ("Hydrogen Record Car") cu o putere de 210kW (232CP) a atins 300km/h. Hydrogen 7 al aceleiași firme este construit cu un motor de 260 kW, 229 km/h și 0 - 100km/h în 9.5 sec. Și are posibilitate dublă de alimentare și benzină și hidrogen. Acest lucru s-a realizat prin montarea unui rezervor de hidrogen lichid ceea ce a redus capacitatea compartimentului de bagaje de la 500 la 250 l. Hidrogenul înmagazinat permite o autonomie de 200 km, dar la neutilizare în decurs de 9 zile se reduce la o cantitate suficientă pentru parcurgerea a 20 km. De asemenea Mazda a echipat modelul său RX-8 cu motor Wankel (piston rotativ) ce funcționează cu combustibil hibrid benzină sau hidrogen dezvoltând 184 kW (255 hp).

b.Motoarele electrice. Din punct de vedere tehnic, mașinile electrice nu au motoare în sensul clasic. Este diferență tehnică absolută între motoarele automobilelor care folosesc un combustibil, cum ar fi benzina sau motorina pentru a obține mișcarea și motoarele care sunt folosite în mașini electrice, care folosesc energie electrică (furnizată de o baterie) pentru a funcționa. Există multiple tipuri de motoare electrice, în funcție de sursa de curent electric. În esență sunt două: motoare electrice care au ca sursă de energie bateriile electrice și cele care au ca sursă de energie celulele (pilele) de carburant (fuel cells).

- motoarele electrice care au ca sursă de energie bateriile electrice. Performanțele acestor motoare pot fi superioare celor pe combustibil și unt complet silențioase. Problema este dată de faptul că nu există încă o tehnologie dezvoltată suficient în privința bateriilor, atât cu privire la volumul și greutatea acestora, cât și cu privire la cantitatea de curent electric disponibil pe care o pot genera. Mai mult, reîncărcarea bateriilor actuale durează extrem de mult, la ordinul orelor, acest lucru raportat la o autonomie extrem de scăzută, de maxim 400 de km parcurși la viteză constantă și relativ mică. Nu trebuie uitat faptul că principala sursă de curent electric este ...combustibilul fosil, astfel că și în cadrul acestei tehnologii există un potențial efect negativ asupra atmosferei.

În consecință motoarele electrice care au ca sursă de energie bateriile electrice pot constitui o alternativă viabilă la motoarele bazate pe combustibilii fosili, atunci când vor fi rezolvate problemele legate de tehnologie (greutatea și volumul mare al abteriilor, autonomia mică și durata de încărcare mare, fiabilitatea scăzută plus obținerea de curent electric din surse cât mai nepoluante sau prin procese tehnologice nepoluante). Avantajul major al acestei tehnologii este dat de faptul că infrastructura pentru transportul curentului electric deja există, iar infrastructura paralelă pentru implementarea stațiilor de alimentare cu electricitate

nu sunt prohibitive. Cel mai cunoscut autoturism din această categorie este Tesla, produs în SUA, pe un model de Lotus Elise. Ca și performanțe are o accelerație mai bună ca a modelului cu motor clasic, atingând 100 km/h în doar 4 secunde. Autonomia maximă este de 400 de km, iar perioada de încărcare a bateriilor de aproximativ 3-4 ore. Costul însă este unul prohibitiv, în jur de 100.000 USD. De asemenea fiabilitatea încă lasă de dorit și nu există încă statistici secundare cu privire la costurile de funcționare.

- motoarele electrice care au ca sursă de energie celulele (pilele) de combustie (fuel cells). Pilele de combustie sunt dispozitive de conversie electrochimică ce produc energiei electrice utilizând drept combustibil hidrogen, metan, metanol, soluție de glucoză, iar ca oxidant oxigen, clor, bioxid de clor, peroxid de hidrogen etc. Tensiunea la bornele pilei de combustie cu hidrogen, teoretic, este de 1,23V dar practic se atinge 0,5-1V din care motiv sunt legate în serie și paralel în grupuri de obicei mai mari de 45 pile. Randamentul ajunge până la de 72% pe celulă (62% pe sistem) în funcție de tip, energia netransformată în current electric este disipată sub formă de căldură¹¹.

Problemele legate de această formă de motorizare sunt iarăși mari, datorită atât costurilor de care deja s-a discutat (legate de producția hidrogenului pur, transportul, stocarea și compresia/lichefierea acestuia, plus dezvoltarea infrastructurii necesare), cât și a faptului că pilele de combustie sunt scumpe și extrem de nefiabile deocamdată. Acest lucru se datorează unor multitudini de factori, inclusiv a catalizatorilor care sunt metale scumpe, de genul platinei. Nu există pe întreg globul pământesc, inclusiv sub formă de depozit, destule metale din această categorie (platină, paladium, etc) pentru a crea pile de combustie pentru **alte** 600 de milioane de autovehicule noi care să le înlocuiască pe cele prezente.

Cel mai reușit autoturism care se bazează pe tehnologia fuel cells este Honda FCX Clarity 2009. Costul său real este necunoscut, putând fi achiziționat doar într-un regim de leasing pe 3 ani la valoarea de 600 USD lunar. Performanțele și confortul sunt comparabile cu ale oricărui autoturism din gama medie-lux, având o autonomie de aproximativ 400 de km și o putere de 135 cai-putere. Un alt avantaj este dat de faptul că reîncărcarea celulelor de combustie cu carburant (hidrogen) durează la fel de mult ca alimentarea unei mașini normale cu combustibil fosil, iar costul este similar pentru o alimentare completă (în SUA).

Și în acest caz ne aflăm în fața unei alternative aparent mult mai puțin poluante (ingura emisie a unui astfel de motor este apa) decât carburanții fosili, dar costurile necesare pentru implementarea acestor tehnici precum și faptul că este greu de prevăzut care ar fi toate dezavantajele și greutățile ce pot apărea o fac să fie o tehnologie mult mai puțin eficientă decât cea clasică, bazată pe consumul combustibililor fosili.

c.Motoarele pe aburi sau pe aer comprimat. Se bazează pe o tehnologie veche „redescoperită” în cazul ambelor motoare. Acestea au performanțe la fel ca

¹¹ Batteries, Supercapacitors, and Fuel Cells: Scope". Science Reference Services. 20 Aug 2007. <http://www.loc.gov/tr/scitech/tracer-bullets/batteriestb.html#scope>. Retrieved 11 Feb 2009.

ale motoarelor bazate pe combustibil fosili, dar se întâlnesc aceleași probleme tehnologice ca și în cadrul altor tehnologii: costurile mari de implementare, necunoașterea tuturor costurilor „ascunse”, precum și faptul că pot fi potențial mai poluante decât motoarele clasice.

5. Concluzii. Într-o lume aflată în continuă evoluție, este greu de prezis care va fi viitorul autoturismelor și al combustibililor care le deplasează. Combustibilii clasici beneficiază de marele avantaj de a avea o rețea de distribuție bine pusă la punct, de faptul că tehnologiile sunt bine implementate și costurile totale cunoscute și relativ scăzute. Poate singura concluzie certă este că o societate bazată pe consumul de hidrogen pur este utopică datorită problemelor pe care le-am reliefat. De asemenea, combustibilii alternativi „bio” nu pot fi considerați soluții absolute, tentativa de a implementa folosirea lor la scară largă putând duce mai degrabă la creșterea poluării atmosferei decât la scăderea ei. Poate singura alternativă viabilă la ora actuală, pentru combustibilii fosili, este cea a autoturismelor electrice, atât datorită faptului că infrastructura de dezvoltare și transport a curentului electric deja există, netrebuind să fie realizată de la 0 ca în cazul hidrogenului. Însă pentru a putea fi cu adevărat o soluție și această tehnologie trebuie dezvoltată și mai mult, atât pentru a produce curent electric din surse nepoluante: centrale nucleare, energie solară, energie eoliană, etc, cât și prin dezvoltarea tehnologică care să permită performanțe cât mai crescute la un consum cât mai scăzut de curent electric.