Biodizel u prometu kao čimbenik održivog razvoja u Republici Hrvatskoj

Virkes, Tomislav

Scientific master's theses / Magistarski rad

2008

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:026778

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-15**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

BIODIZEL U PROMETU KAO ČIMBENIK ODRŽIVOG RAZVOJA U REPUBLICI HRVATSKOJ

MAGISTARSKI RAD

Tomislav Virkes, dipl. inž. str.

Zagreb, 2007.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

BIODIZEL U PROMETU KAO ČIMBENIK ODRŽIVOG RAZVOJA U REPUBLICI HRVATSKOJ

MAGISTARSKI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Ivan Mahalec

Tomislav Virkes, dipl. inž. str.

Zagreb, 2007.

PODACI ZA BIBLIOGRAFSKU KARTICU

UDK:	665.334.9:629.3
Ključne riječi:	prometna goriva, biodizel, održivi razvoj
Znanstveno područje:	TEHNIČKE ZNANOSTI
Znanstveno polje:	Strojarstvo
Institucija u kojoj je rad izrađen:	Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, I. Lučića 5, 10000 Zagreb
Mentor rada:	Dr. sc. Ivan Mahalec, red. prof.
Broj stranica:	147
Broj slika:	48
Broj tablica:	52
Broj jednadžbi:	
Broj literaturnih navoda:	88
Jezik teksta:	hrvatski
Jezik sažetka:	hrvatski i engleski
Datum obrane:	
Povjerenstvo:	Dr. sc. Branimir Matijašević, red. prof. - predsjednik povjerenstva Dr. sc. Ivan Mahalec, red. prof. - voditelj magistarskog rada Dr. sc. Zoran Lulić, doc. - član povjerenstva Dr. sc. Branko Tripalo, red. prof. Prehrambeno biološkog fakulteta, Zagreb – član povjerenstva Dr. sc. Dinko Sinčić, Kem-projekt d.o.o., Zagreb - član povjerenstva
Institucija u kojoj je rad pohranjen:	Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje

Zahvaljujem se od srca mentoru prof. dr. sc. Ivanu Mahalecu i dr. sc. Zoranu Luliću na podršci i pomoći prilikom izrade ovog rada.

Također se zahvaljujem svima koji su na bilo koji način pomogli u izradi rada a posebno kolegama mr. sc. Andrei Hublin i Goranu Janekoviću, dipl. ing. na njihovim korisnim savjetima i podršci u tijeku izrade rada.

SADRŽAJ:

POPIS SLIKA VII

POPIS TABLICA IX

POPIS OZNAKA XI

SAŽETAK XIV

SUMMARY XV

1. UVOD 1

1.1. PODJELA IZVORA ENERGIJE 2

2. PROIZVODNJA I POTROŠNJA NAFTE U SVIJETU 5

2.1. ZALIHE NAFTE 8
2.2. VRŠNA PROIZVODNJA NAFTE 10
2.3. POREMEĆAJI U ISPORUCI NAFTE 11
2.4. UTJECAJ POREMEĆAJA U ISPORUCI NAFTE NA SVJETSKU EKONOMIJU 13
2.5. MOGUĆNOSTI UŠTEDE GORIVA ZA PROMET 14
2.6. TRENUTNA SITUACIJA PROMETA U SVIJETU 15
2.7. GORIVA KOJA SE MOGU KORISTITI ZA PROMET 16
2.7.1. Tehnologije pokretanja vozila i goriva 17
2.7.2. Hibridni pogonski sustavi 18
2.7.3. Goriva koja se mogu distribuirati uz pomoć postojeće infrastrukture 19
2.7.4. Goriva koja zahtijevaju novu infrastrukturu 20

3. CILJEVI EUROPSKE UNIJE U POGLEDU KORIŠTENJA ENERGIJE IZ OBNOVLJIVIH IZVORA 23

3.1. KORIŠTENJE OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE U EU 24
3.1.1. Kruta biogoriva 26
3.1.2. Tekuća biogoriva 27
3.2. POTENCIJAL PROIZVODNJE BIOMASE U EU 30
3.3. PROMETNA BIOGORIVA U EU 31
3.4. OSLOBAĐANJE OD POREZA I OBVEZE KORIŠTENJA BIOGORIVA 32
3.4.1. Oslobađanje od poreza 32
3.4.2. Obveze korištenja biogoriva 33
3.5. ALATI ZA KONTROLU RAVNOTEŽE IZMEĐU DOMAĆE PROIZVODNJE I UVOZA 34

4. PROIZVODNJA BIODIZELA 37

4.1. KEMIJSKI PRINCIP TRANSESTERIFIKACIJE 38
4.2. SIROVINE ZA PROIZVODNJU BIODIZELA 39
4.2.1. Ulja i masti 39

4.2.1.1. Repičino ulje 40
4.2.1.2. Suncokretovo ulje 40
4.2.1.3. Sojino ulje 41
4.2.1.4. Palmino ulje 41
4.2.1.5. Životinjske masti i ulja 41
4.2.1.6. Otpadno jestivo ulje 41
4.2.2. Alkoholi 41
4.2.3. Katalizatori 42
4.2.3.1. Kiseli katalizatori 43
4.2.3.2. Lužnati katalizatori 43
4.2.3.2. Enzimni katalizatori 44
4.3. TEHNOLOŠKI PROCES PROIZVODNJE BIODIZELA 44
4.3.1. Skladištenje sirovina 44
4.3.2. Predobrada ulja 44
4.3.3. Transesterifikacija s metanolom 45
4.3.4. Separacija i pročišćavanje produkata 47
4.3.5. Blok shema tehnološkog procesa 49
4.4. BIOGORIVA DRUGE GENERACIJE 51
4.4.1. SunDiesel 52
4.4.1.1. Proizvodnja biomase za proces SunDiesel 53
4.4.1.2. Brzorastuće vrste za proces SunDiesel 54
4.4.1.3. Potencijal proizvodnje biomase 55
4.4.1.4. Proces Carbo-V® i njegove prednosti 56
4.5. BIODIZEL OD ALGI 58
4.6. MIKROREAKTOR ZA PROIZVODNJU BIODIZELA 59
5. PREGLED POTENCIJALA HRVATSKE POLJOPRIVREDE ZA PROIZVODNJU SIROVINA ZA BIODIZEL 61
5.1. POTROŠNJA ENERGIJE U PROMETU U HRVATSKOJ 61
5.2. PROIZVODNJA ULJARICA U HRVATSKOJ 63
5.2.1. Proizvodnja i potrošnja ulja u Hrvatskoj 66
5.2.2. Otpadno jestivo ulje kao sirovina za proizvodnju biodizela 67
5.3. POTREBE ZA BIODIZELOM U HRVATSKOJ 68
5.4. PROIZVODNI KAPACITETI BIODIZELA U HRVATSKOJ 70
5.5. TRENUTNI PROJEKTI U IZGRADNJI ZA PROIZVODNJU BIOGORIVA U REGIJI 71
6. ANALIZA ZNAČAJKI BIODIZELA S OBZIROM NA NJEGOVU PRIMJENU ZA POGON MOTORA 73
6.1. PROMJENA EMISIJA KORIŠTENJEM BIODIZELA 74
6.2. OSTALE KARAKTERISTIKE BIODIZELA 77
6.2.1. Biološka razgradivost 77

6.2.2. Plamište 78
6.2.3. Otrovnost 78
6.2.4. Zakretni moment i krivulja snage 78
6.2.5. Utjecaj na zdravlje 79
6.2.5.1. Utjecaj uzgoja uljane repice na ljudsko zdravlje 79
6.2.5.2. Utjecaj uljane repice na ptice koje obitavaju na poljoprivrednim površinama 80
6.2.6. Podmazivanje 81
6.2.7. Infrastruktura 81
6.2.8. Miješanje i skladištenje biodizela 81
6.2.9. Potrošnja goriva 82
6.3. UTJECAJ BIODIZELA NA MOTOR 82
6.3.1. Priprema vozila 83
6.3.2. Motorno ulje 84
6.3.3. Vrijeme ubrizgavanja i brzina upaljivanja 84
6.3.4. Formiranje naslaga u ispuhu 86
6.3.5. Biodizel i katalitički katalizator 86
6.4. PRIPREMA VOZILA ZA KORIŠTENJE BIODIZELA 87
6.5. ZAHTJEVI ZA GORIVO 89
6.6. GARANCIJE PROIZVOĐAČA MOTORA I VOZILA ZA PRIMJENU BIODIZELA 91
6.7. ISKUSTVA NEKIH EUROPSKIH TVRTKI ZA JAVNI GRADSKI PRIJEVOZ 93
6.7.1. Tvrtka Grazer Verkehrsbetriebe (GVB) 93
6.8. UVOĐENJE BIODIZELSKOG GORIVA U VOZILA ZET-A 95
6.8.1. Mogućnost korištenja biodizelskog goriva u autobusima ZET-a 95
6.8.2. Skladištenje i napajanje gorivom u spremištima ZET-a 97
6.8.3. Dinamika uvođenja biodizela u vozila ZET-a 98

7. UTJECAJ BIODIZELA KAO POGONSKOG GORIVA U PROMETU NA OKOLIŠ U USPOREDBI S MINERALNIM DIZELSKIM GORIVOM 100

7.1. OGRANIČENJE EMISIJA KAO POSLJEDICE PROTOKOLA IZ KYOTA 100
7.1.1. Emisija stakleničkih plinova u Republici Hrvatskoj 102
7.1.2. Fleksibilni mehanizmi Kyotskog protokola 103
7.1.2.1. Mehanizam čistog razvoja – CDM 103
7.1.2.2. Zajednička provedba – JI 104
7.1.2.3. Trgovanje emisijama – ET 104
7.1.3. Ponuda i potražnja na tržištu emisije CO_2 105
7.2. EMISIJE STAKLENIČKIH PLINOVA IZ CESTOVNOG PROMETA 106
7.2.1. Odabir metode izračuna 107
7.2.2. Emisije stakleničkih plinova od prometa 107
7.3. SOFTWARE ZA IZRAČUNAVANJE EMISIJA CESTOVNOG PROMETA COPERT III 110
7.3.1. Podaci za vozila i emisijski faktori 110

7.3.2. Metodologija 111
7.4. WELL-TO-WHEEL ANALIZA POTROŠNJE ENERGIJE I EMISIJA STAKLENIČKIH PLINOVA GORIVA U PROMETU 115
7.4.1. Potrošnja energije 116
7.4.1.1. Potrošnja energije za vrijeme ukupnog životnog ciklusa za dizelsko gorivo....117
7.4.1.2. Potrošnja energije za vrijeme ukupnog životnog ciklusa za dizelsko gorivo....118
7.4.2.3. Energetske potrebe i emisije stakleničkih plinova za različita goriva....119
8. EKONOMSKA OPRAVDANOST UVOĐENJA I PRIMJENE BIODIZELA U RH....122
8.1. IZRAČUN CIJENE BIODIZELA PROIZVEDENOG U REPUBLICI HRVATSKOJ 122
8.1.1. Mogućnost 1 - Proizvodnja biodizela na pojedinom poljoprivrednom gospodarstvu 123
8.1.2. Mogućnost 2 - Proizvodnja biodizela na regionalnoj bazi 124
8.1.3. Mogućnost 3: Proizvodnja biodizela u srednje velikom postrojenju....125
8.1.4. Usporedba proizvodne cijene biodizela iz raznih postrojenja 127
8.2. ANALIZA OSJETLJIVOSTI (SENSITIVITY ANALIZA) 127
8.2.1. Cijena uljane repice kao sirovine 127
8.2.2. Iskorištenje postrojenja....128
8.2.3. Vrijednost nusproizvoda 128
8.2.4. Cijena ulaganja....129
8.3. FORMIRANJE TRŽIŠNE CIJENE BIODIZELA U HRVATSKOJ....130
8.4. KORISTI OSTVARENE KORIŠTENJEM BIODIZELA U HRVATSKOJ 133
8.4.1. Smanjenje uvoza nafte....134
8.4.2. Povećanje proizvodnje umjetnih goriva....134
8.4.3. Smanjenje emisije stakleničkih plinova 134
8.4.4. Proizvodnja pogače uljane repice za ishranu stoke....134
8.4.5. Povećanje zapošljavanja....135
8.4.6. Razvoj apikulture....135
8.4.7. Plaćanje kazne za neobrađene poljoprivredne površine 136
8.4.8. Račun dobiti i gubitka uvođenjem biodizela u RH....136
9. ZAKLJUČAK....138
LITERATURA 141
ŽIVOTOPIS 147

POPIS SLIKA

Slika 1.1. Podjela izvora energije

Slika 2.1. Potrošnja nafte po stanovniku (t) [2.2, 2006.]

Slika 2.2. Potrošnja nafte u svijetu od 1960. s predviđanjima do 2025. [2.1, 2004.]

Slika 2.3. Prikaz nafte u porama između stijena

Slika 2.4. Potvrđene zalihe nafte na kraju 2005. godine [2.2]

Slika 2.5. Maksimum svjetske proizvodnje nafte [2.1]

Slika 2.6. Poremećaji isporuke nafte: 1954.do 2003. (mdb-milijuna barela/danu) [2.4]

Slika 2.7. Cijena sirove nafte od 1861. do 2006. (US $ / barel) [2.2, 2006.]

Slika 2.8. Cijena nafte ($ / barel) u periodu od 2002. do 2007. godine [2.9]

Slika 2.9. Projekcija osobnog prometa po regijama svijeta [2.11]

Slika 2.10. Goriva koja se mogu koristiti za promet [2.11]

Slika 2.11. Vremenska linija alternativnih goriva [2.12]

Slika 2.12. Shema hibridnog pogona [2.13]

Slika 2.13. Shema pogonskog sustava hibridnog automobila Toyota Prius THS II [2.13]

Slika 2.14. Rezultati ispitivanja različitih pogona za autobuse koje je proveo pariški gradski prijevoznik RATP

Slika 3.1. Ukupna potrošnja energije iz obnovljivih izvora u EU po godinama

Slika 3.2. Postotak proizvodnje el. energije iz obnovljivih izvora u EU u 1999. godini

Slika 3.3. Proizvodnja električne energije iz biomase u EU u periodu od 1990. do 1999. godine

Slika 3.4. Proizvodnja biogoriva u EU od 1993. do 2004. godine (EU25) [3.7]

Slika 4.1.Transesterifikacija triglicerida s alkoholom (metanol)

Slika 4.2. Najčešće korištene sirovine za proizvodnju biodizela

Slika 4.3. Blok shema šaržnog procesa proizvodnje biodizela

Slika 4.4. Blok shema kontinuiranog procesa proizvodnje biodizela

Slika 4.5. Utjecaj na okoliš korištenjem SunDiesel-a umjesto fosilnog dizela

Slika 4.6. Biljka Miscanthus giganteus

Slika 4.7. Tehnološki proces Carbo-V

Slika 4.8. Bioreaktor za proizvodnju biodizela od algi

Slika 4.9. Diatom alge 400 puta povećane

Slika 4.10. Mikroreaktor za proizvodnju biodizela

Slika 5.1. Ukupna potrošnja sirove nafte u Hrvatskoj u periodu 2000. do 2005. godine [5.1]

Slika 5.2. Prvi proizvodni pogon biodizela u Hrvatskoj, tvrtka Modibit u Ozlju

Slika 6.1. Udjel dizelskih motora u registriranim osobnim vozilima u 14 europskih zemalja u 1990. i 2004. [6.1]

Slika 6.2. Udio prvo registriranih dizelskih osobnih automobila u Zapadnoj Europi, 2002. [6.2]

Slika 6.3. Promjena u emisijama u ovisnosti o postotku biodizela u gorivu [6.3]

Slika 6.4. Promjena emisija NOx u ovisnosti o izvoru sirovine i postotku biodizela u gorivu [6.3]

Slika 6.5. Promjena emisija čestica u ovisnosti o izvoru sirovine i postotku biodizela u gorivu [6.3]

Slika 6.6. Promjena emisija CO u ovisnosti o izvoru sirovine i postotku biodizela u gorivu [6.3]

Slika 6.7. Usporedba zakretnog momenta i snage za različita goriva [6.4]

Slika 6.8. Utjecaj primjene raznih goriva na emisije HC, NOx, CO i čestice u ispušnim plinovima Dieselovog motora Euro 3 [6.12]

Slika 6.9. Struktura oksidacijskog katalizatora

Slika 6.10. Relativne emisije motora Cummins B5.9 za dizelsko gorivo i 100 % biodizel [6.14]

Slika 7.1. Kretanje cijena prava emisija (allowance – EUA) na izvanburzovnom tržištu i putem burze u razdoblju od 12.2004. do 9.2006. [7.6]

Slika 7.2. Emisije CO_2-ekvivalenta iz prometa u Republici Hrvatskoj [7.10]

Slika 7.3. Well-to-Wheel energija i staklenički plinovi za različite skupine goriva [7.15]

Slika 7.4. Relativna emisija CO_2 - izračun emisija stakleničkih plinova Well-to-Wheel analizom [7.16]

Slika 8.1. Cijene dizela i biodizela u Njemačkoj u periodu 1999.-2005.

Slika 8.2. Proizvođačke cijene uljane repice u Njemačkoj €/100 kg [8.3]

POPIS TABLICA

Tablica 1.1. Energetska intenzivnost i staklenički plinovi za različite tehnologije proizvodnje električne energije [1.4]

Tablica 2.1. Proizvodnja i potrošnja nafte u svijetu u 2002. godini [2.1]

Tablica 2.2. Projekcija potrošnje goriva, BDP i populacije u periodu od 2001. do 2025. (prosječna godišnja promjena u %) [2.1, 2004.]

Tablica 3.1. Očekivane koristi od primjene obnovljivih izvora u EU od 2001.-2020. godine [3.1]

Tablica 3.2. Udjel obnovljivih izvora energije u EU-15 do 2020. godine (Mtoe) [2.2]

Tablica 3.3. Proizvodnja bioetanola u EU u periodu od 2004. do 2006. godine (t) [3.4]

Tablica 3.4. Proizvodnja biodizela u zemljama EU u periodu od 2004. do 2006. godine (t) [3.5]

Tablica 3.5. Stopa poreza za biogoriva u Njemačkoj [3.8]

Tablica 3.6. Proizvodnja biomase u EU (Mtoe) [3.9]

Tablica 3.7. Progres penetracije biogoriva na nacionalnoj razini u EU [3.10]

Tablica 3.8. Prosječna proizvodnja biogoriva u Europi iz raznih izvora

Tablica 4.1. Sastav masnih kiselina najčešćih sirovina za proizvodnju biodizela [4.2]

Tablica 5.1. Neposredna potrošnja goriva u prometu u Hrvatskoj po godinama [5.1]

Tablica 5.2. Potrošnja energije pojedinih vrsta prometa u Hrvatskoj [5.1]

Tablica 5.3. Ukupna potrošnja dizelskog goriva u Hrvatskoj u periodu 2000. do 2005. godine [5.1]

Tablica 5.4. Proizvodnja uljarica u Hrvatskoj po godinama [5.2]

Tablica 5.5. Državni poticaj za uljarice, pšenicu i kukuruz u Hrvatskoj

Tablica 5.6. Ugari, neobrađene oranice i vrtovi po županijama, 31.5.04. [5.2]

Tablica 5.7. Proizvodnja jestivih ulja u Hrvatskoj za period 1999. do 2004. (t) [5.2]

Tablica 5.8. Potrebne količine biodizela za Hrvatsku u periodu 2005. do 2010.

Tablica 5.9. Prinos uljane repice na poljima Poljoprivrednog poduzeća Orahovica u periodu 2001. do 2003. godine (kg/ha) [5.5]

Tablica 6.1. Karakteristike biodizela prema EN 14214

Tablica 6.2. Zahtijevana stabilnost za biodizelsko gorivo pri hladnom vremenu prema EN 14214

Tablica 6.3. Motori za koje proizvođači dozvoljavaju upotrebu biodizela [6.16]

Tablica 6.4. Lista Mercedes-Benz-a s motorima koji mogu raditi s biodizelom [6.18]

Tablica 6.5. Pregled autobusa ZET-a s obzirom na sposobnost uporabe biodizela (stanje: 5. 2006.) [5.3]

Tablica 6.6. Vozila MAN u sastavu autobusne flote ZET-a s mogućnošću pogona na FAME

Tablica 6.7. Vozila Mercedes-Benz iz ZET-ove autobusne flote s mogućnošću pogona na FAME

Tablica 6.8. Dinamika uvođenja biodizela u autobuse ZET-a

Tablica 6.9. Potrebna godišnja količina biodizela za vrijeme uvođenja u autobuse ZET-a

Tablica 7.1. Staklenički potencijal najčešćih stakleničkih plinova u različitim periodima [7.9]

Tablica 7.2. Emisije CO_2 (Gg) od prometa [7.10]

Tablica 7.3. Broj cestovnih motornih vozila u Republici Hrvatskoj [7.10]

Tablica 7.4. Emisije stakleničkih plinova iz cestovnog prometa [7.10]

Tablica 7.5. Emisije onečišćujućih tvari iz cestovnih prometa (dizelski motori) za Hrvatsku u 2004. godini

Tablica 7.6. Podjela vozila prema kategorijama i klasama

Tablica 7.7. Karakteristike trenutno najčešće korištenih goriva [7.13]

Tablica 7.8. Ukupne potrebe za energijom u ključnim fazama proizv. dizelskog goriva [7.14]

Tablica 7.9. Potreba za fosilnom energijom u ključnim fazama proizv. dizelskog goriva [7.14]

Tablica 7.10. Ukupne potrebe za energijom u ključnim fazama proizvodnje biodizela [7.14]

Tablica 7.11. Potreba za fosilnom energijom u životnom ciklusu biodizela [7.14]

Tablica 8.1. Proizvodna cijena biodizela za Mogućnost 1 (pojedino poljoprivredno gospodarstvo), 350 (t/god) uljane repice

Tablica 8.2. Proizvodna cijena biodizela za Mogućnost 2 (regionalna proizvodnja uljane repice), 15.000 (t/god) uljane repice

Tablica 8.3. Proizvodna cijena biodizela za Mogućnost 3 (srednje veliko postrojenje), 90.000 (t/god) uljane repice

Tablica 8.4. Utjecaj cijene uljane repice na proizvodnu cijenu biodizela

Tablica 8.5. Utjecaj iskorištenosti kapaciteta postrojenja na cijenu biodizela

Tablica 8.6. Utjecaj cijene pogače na cijenu biodizela

Tablica 8.7. Utjecaj cijene glicerina na cijenu biodizela

Tablica 8.8. Utjecaj cijene ulaganja na cijenu biodizela

Tablica 8.9. Tržišna cijena biodizela opterećena trošarinom i naknadom za ceste

Tablica 8.10. Tržišna cijena biodizela neopterećena trošarinom i naknadom za ceste (kn/l)

Tablica 8.11. Cijene uljane repice u odabranim zemljama Europske unije [8.3]

POPIS OZNAKA

BDP	bruto domaći proizvod
BTL	biomasa u tekućinu *(engl. biomass-to-liquid)*
b/d	barela po danu (barel = 159 litara)
CDM	mehanizam čistog razvoja (*engl. clean development mechanism*)
CER	jedinice ovjerenog smanjenja emisije *(engl. certified emission reduction*)
CH_3OH	metanol
CH_4	metan
CNG	komprimirani prirodni plin *(engl. compressed natural gas)* = SPP
CO	ugljikov monoksid
CO_2	ugljikov dioksid
COP	Konferencija stranaka Konvencije UNFCCC (*engl. Conference of Parties*)
DME	di-metil eter
EBB	European Biodiesel Board
EEA	Europska agencija za okoliš (engl. European Environment Agency)
EPA	Američka agencija za zaštitu okoliša (*engl. Environmental Protection Agency*)
EREC	European Renewable Energy Council
ETBE	etil-terc-butil-eter
ET	trgovanje emisijama (*engl. emissions trading*)
ETS	shema trgovanja emisijama (*engl. Emissions trading scheme)*
EU	Europska unija (engl. European Union)
EUR	Valuta Europske unije
FAME	biodizel, masne kiseline metilnih estera (engl. *fatty acid methyl esters)*
FT	Fischer-Tropsch
GEF	globalni fond za okoliš (*engl. Global Environment Facility*)
GHG	staklenični plinovi (*engl. greenhouse gases*)
GMO	genetički modificirani organizmi (*engl. geneticaly modified organisms*)
H_2	vodik
H_2SO_4	sumporna kiselina
H_3PO_4	fosforna kiselina
IEA	International Energy Agency

IPCC	Međuvladino tijelo za klimatske promjene (*engl. Intergovernmental Panel for Climate Change*)
JI	zajednička provedba (*engl. joint implementation*)
KOH	kalijev hidroksid
K_2HPO_4	kalijev dihidrogen fosfat
LD50	srednja smrtna doza
LPG	ukapljeni naftni plin (*engl. liquified petroleum gas)* = UNP
MSUI	motor s unutarnjim izgaranjem
Mtoe	milijuna tona ekvivalenta nafte (*engl. Million Tons of Oil Equivalent*)
	(1 toe = 11.630 kWh ili 41.686 GJ)
NMVOC	ne-metanski hlapivi organski spojevi (engl. non-methane volatile organic compound)
NaCl	natrijev klorid
NaOH	natrijeva lužina
NO_x	dušikov oksid
N_2O	dušikov oksid
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
ÖNORM	austrijska norma (*njem. Österreichische Norm*)
ONAMI	Oregon Nanoscience and Microtechnologies Institute
OPEC	Organizacija zemalja izvoznica nafte (*engl. Organization of the Petroleum Exporting Countries*)
PM	čestice (*engl. particulate matter)*
PAH	policiklični aromatski ugljikovodici (*engl. polycyclic aromatic hydrocarbons*)
POC	oksidacijski katalizator za čestice (*engl. particle oxidation catalyst)*
RME	metilni ester repičinog ulja *(engl. rapeseed oil methyl esters)*
SAD	Sjedinjene američke države
SBI	Tijelo UNFCCC za pitanja provedbe (*engl. Subsidiary Body for Implementation*)
SO_2	sumporov dioksid
SPP	stlačeni prirodni plin
SSSR	Savez sovjetskih socijalističkih republika
TBN	zaliha lužnatosti u mazivu (*engl. total base number)*
UFOP	Union zur Förderungvon Oel-und Proteinpflanzen e.V.

UNFCCC	Okvirna konvencija Ujedinjenih naroda o promjeni klime (*engl. United Nations Framework Convention on Climate Change)*
UNP	ukapljeni naftni plin
VOC	hlapivi organski spojevi *(engl. volatile organic compounds)*
ZET	Zagrebački električni tramvaj

SAŽETAK

Korištenje obnovljivih izvora energije u skladu je s globalnom strategijom održivog razvoja. Korištenje biogoriva u prometu doprinosi povećanju sigurnosti opskrbe i smanjenju ovisnosti prometnog sektora o nafti, smanjenju udjela emisije stakleničkih plinova iz cestovnog prometa te podupiranju održivog razvoja ruralnih područja.

Najvažnija sirovina za proizvodnju biodizela u Hrvatskoj je uljana repica. Otpadno jestivo ulje također je mogući izvor za proizvodnju biodizela, ali je potrebno unaprijediti njegovo prikupljanje.

Prednost biogoriva (biodizel i bioetanol) u odnosu na druga alternativna goriva očituje se u korištenju u postojećim vozilima bez ikakvih ili s malim modifikacijama postojećih motora, što ovisi o koncentraciji biogoriva u mješavini s fosilnim gorivom.

Na Hrvatsku će se pri ulasku u EU primjenjivati odredbe Direktive 2003/30/EC o korištenju biogoriva ili ostalih obnovljivih goriva za transport, koje su već sada propisane Uredbom o kakvoći biogoriva (N.N. broj 178/2004). Prema tim odredbama 5,75% fosilnih goriva treba u 2010. godini zamijeniti obnovljivim gorivima. Hrvatska ta goriva može proizvoditi ili uvoziti. Korištenjem trenutno neobrađenih površina, uz pridržavanje plodoreda, moguće je zadovoljiti hrvatske potrebe za uljanom repicom za proizvodnju biodizela u sljedećih nekoliko godina. Izgrađena postrojenja i ona koja su u pripremi biti će za to dovoljna. Za daljnja povećanja udjela biogoriva na raspolaganju su velike količine još neiskorištene biomase.

Proizvodna cijena domaćeg biodizela u postrojenju kapaciteta 30.000 t/godini iznosila je u trenutku dovršenja ovih analiza 4,26 kn/l, a cijena fosilnog dizelskog goriva 7,2 kn/l. Uzmu li se u obzir troškovi skladištenja, miješanja i distribucije, proizlazi da biodizel iz domaće proizvodnje treba osloboditi plaćanja trošarine i naknade za ceste, da bi po cijeni bio konkurentan fosilnom dizelu.

Poticajne mjere Vlade usmjerene prema proizvodnji i primjeni biodizela u Republici Hrvatskoj moraju biti dobro promišljene zbog prednosti koje donose (smanjenje uvoza nafte, povećanje proizvodnje umjetnih goriva, smanjenje emisije stakleničkih plinova, povećanje zapošljavanja, povećanje količine kvalitetne stočne hrane, obradu trenutno neobrađene zemlje te razvoj apikulture). Kako se površine trenutno namijenjene proizvodnji hrane ne bi koristile za proizvodnju uljane repice namijenjene proizvodnji biogoriva, potrebno je uključiti kontrolu namjenskog korištenja poljoprivrednih površina. Samo pod tim uvjetom proizvodnja biodizela bit će pozitivnim čimbenikom održivog razvoja.

SUMMARY

The usage of sustainable energy sources is in accordance to the global strategy of sustainable development. The usage of biofuels in transport increases the safety of supply and reduces the dependence of the traffic sector on oil, reduction of greenhouse gas emission from the road transport, and support of the sustainable development of rural areas.

The main feedstock for biodiesel manufacturing in Croatia is rapeseed oil. The used edible oil is also a possible source for the production of biodiesel so it is necessary to improve its collecting.

Biofuel advantages (biodiesel and bioethanol) in relation to other alternative fuels can be seen in the usage of the existing vehicles with no or relatively slight modifications of existing vehicles, which depends on the concentration of biofuels in blend with fossil fuel.

When Croatia enters to the EU will be applicable the provisions of the Directive 2003/30/EC on the promotion of the use of the biofuels or other renewable fuels for transport, which are already prescribed by the Regulation of the quality of biofuels (NN[1] no. 178/2004). According to that provisions, 5,75% of the fossil fuels have to be substitute till end of year 2010 with renewable fuels. This fuels Croatia can produce or import. Using the temporarily set-aside land, respecting the crop rotation, it is possible to meet the Croatian needs for rapeseed oil in the next few years. The built plants and those which are in preparation will be sufficient for that. For additional increasing of biofuels share there are big quantities of unused biomass on disposal.

Production cost of domestic made biodiesel in plant with capacity of 30.000 t/year, in the moment of finalisation of this analisys was 4,26 kn/l, and price of fossil diesel fuel was 7,2 kn/l. If we take to consideration costs of storage, mixing and distribution, result is that biodiesel from domestic production must be released from excise and road fees payment to be competitive to the price of fossil diesel.

The Government incentives directed towards the production and usage of biodiesel in the Republic of Croatia have to be well-thought-of due to the advantages they bring (reduction of oil import, increase of fertilizer production, reduction of greenhouse gas emission, increase of employment, increase of the quantity of quality cattle feed, cultivation of the set-aside land, and the development of apiculture). Since the land which is temporarily used for the production of food would not be used for the production of oil rape intended for the production of biodiesel, it would be necessary to include the control of purpose usage of agricultural land. Only if this condition is met the production of biodiesel will be a factor of sustainable development.

[1] The Official Gazette

PREDGOVOR

Ideja za ovaj rad rezultat je sveopće krize u opskrbi energijom kojoj se izgleda još dugo ne nazire kraj i koja zasigurno predstavlja izazov za svakog strojarskog inženjera. S obzirom da Hrvatska u okviru priprema za ulazak u Europsku uniju treba implementirati i direktivu o obvezujućoj primjeni goriva iz obnovljivih izvora u prometu, tema će biti vrlo aktualna još niz godina. Ovaj rad rezultat je želje autora da i sam da doprinos na ovom području.

U iskazivanju proizvodnje nafte u radu se primjenjuje jedinica barel (1 barel = 159 litara) koja nije metrička jedinica ali se primjenjuje na svjetskim burzama i u gotovo svim izvorima u literaturi i na internetu.

Tomislav Virkes, 15.12.2007.

1. UVOD

Fosilna goriva su primarni izvor energije moderne civilizacije. Ona su dovela do društvenog razvoja i napretka, povećanja kvalitete života, ali istovremeno i do velike ovisnosti o njima.

Potrebe za energijom u svijetu rapidno rastu, naročito u zemljama u razvoju te zemljama u tranziciji, koje pokušavaju dohvatiti stupanj ekonomskog razvoja razvijenih zemalja.

Današnji globalni pristup te politička moć zemalja koje posjeduju naftu u odnosu na one koje ju nemaju postaje neodrživ. Većinu nafte danas drže u svojim rukama američke i britanske multinacionalne kompanije, a u proizvodnji prednjače Exxon Mobil, Royal Dutch Shell, Chevron Texaco, British Petroleum Amoco, Yukos, Total Fina Elf, Lukoil itd. Ograničene količine fosilnih goriva i sve naglašeniji štetan utjecaj na okoliš nametnuli su potrebu sustavnog istraživanja primjene obnovljivih izvora energije. U nesigurnoj energetskoj situaciji u kojoj se nalazi Europa, korištenje obnovljivih izvora energije dolazi u središte energetske politike, kako razvijenih, tako i zemalja u razvoju.

Strategija održivog razvoja EU (*engl. Sustainable Development Strategy*) predlaže okvire strateške politike kojima se definiraju načini pristupanja razvojnim trendovima, sukladno načelima održivog razvoja.

Korištenje obnovljivih izvora energije u skladu je s globalnom strategijom održivog razvoja. Smanjenjem ovisnosti o fosilnim gorivima te uvozu energije povećava se sigurnost energetske opskrbe, čime se otvaraju nove šanse poduzetništvu i gospodarstvu. Nadalje, obnovljivi izvori energije pomažu u povećanju industrijske konkurentnosti i imaju pozitivan uticaj na regionalni razvoj i zapošljavanje.

Uz poboljšavanje energetske efikasnosti i racionalnog korištenja energije, alternativna goriva iz obnovljivih izvora energije mogu se koristiti za grijanje i hlađenje, proizvodnju električne energije i kao biogoriva za potrebe prometa.

Dominantni motivi za korištenje biogoriva u prometu obzirom na udio u ukupnoj potrošnji očituju se u povećanju sigurnosti opskrbe i smanjenju ovisnosti prometnog sektora o nafti, smanjenju udjela emisije stakleničkih plinova (ugljikovog dioksida) iz cestovnog prometa te podupiranju održivog razvoja ruralnih područja.

Korištenje biogoriva za promet (biodizel i bioetanol) ima više prednosti, a najvažnije su mogućnost korištenja postojeće infrastrukture (opskrbne mreže i motora), smanjenje emisija

ispušnih plinova, njihova mogućnost brze razgradnje, neotrovnost te smanjenje ekoloških rizika u prometu i skladištenju.

Biodizel je motorno gorivo koje se može dobiti od raznih uljarica (uljana repica, suncokret, soja, palme itd.), otpadnih jestivih ulja i životinjskih masti esterifikacijom s etanolom. Danas biodizel ima osnovna svojstva približno jednaka onima mineralnog dizela, a može se koristiti kao zamjena za mineralni dizel ili u smjesi s njim. Biodizel je proizvod iz obnovljivih izvora energije, biorazgradiv je, nije toksičan, nije CO_2 neutralan ali smanjuje njegove emisije a time i efekt staklenika, pa njegova primjena općenito pridonosi smanjenju emisija štetnih tvari u urbanim sredinama.

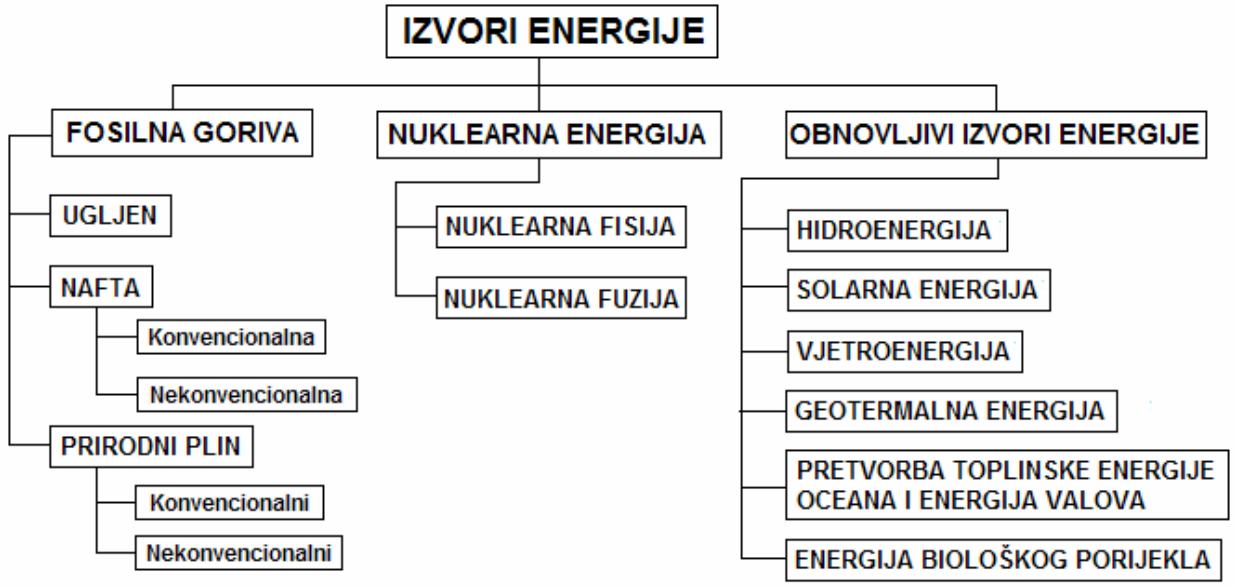
Proizvodnja biodizela široko je rasprostranjena u većini europskih zemalja, a započela je još 1991. godine u Njemačkoj. Danas je biodizel najrasprostranjenije alternativno gorivo u Europi s proizvodnjom od preko 3 milijuna tona u 2005. godini. Najave ovogodišnjeg uroda (2006./2007.) uljane repice u EU se procjenjuju na 19 milijuna tona iz čega bi se moglo proizvesti više od 6 milijuna tona biodizela. Brazil je primjer zemlje koja je najviše odmakla u primjeni biogoriva (bioetanol) za promet pri čemu je udjel vozila koja mogu biti pokretana čistim bioetanolom ili mješavinom s benzinom dosegla u 2005. godini 53,6% novoprodanih vozila. [1.1]

Osim toga što proizvodnja biodizela uvjetuje zapošljavanje lokalnog ruralnog stanovništva, istovremeno utječe i na smanjenje cijena nafte. Korištenje biodizela u javnom gradskom prijevozu doprinosi smanjenju emisija onečišćujućih tvari, čime se utječe na kvalitetu života u urbanim sredinama. Zbog prepoznatih svojstava Europska komisija je propisala obvezu korištenja biogoriva. Postavljen je cilj u zemljama Europske unije prema kojem je do 2010. godine potrebno koristiti 5,75% biogoriva u ukupnoj potrošnji goriva.

Hrvatski nacionalni cilj je staviti u promet na domaće tržište, do 31. prosinca 2010. godine, biogoriva u ukupnom godišnjem udjelu goriva za primjenu u prometu u iznosu od 5,75%. [1.2] Prvo postrojenje za proizvodnju biodizela u Hrvatskoj je pustila u rad tvrtka Modibit iz Ozlja. Virovitička tvrtka Vitrex prikuplja jestiva otpadna ulja i masti iz restorana te proizvodi biodizel. Tvornica ulja Čepin je započela izgradnju postrojenja za proizvodnju biodizela koja će biti gotova u prvoj polovici 2009. godine, a u Slavonskom Brodu je započela izgradnja postrojenja za proizvodnju 150.000 t biodizela godišnje. Navedeni kapaciteti će biti dovoljni za zadovoljenje domaćih potreba za biodizelom (5,75% do kraja 2010.).

1.1. Podjela izvora energije

Izvori energije koji se najviše upotrebljavaju mogu se podijeliti na fosilna goriva, nuklearnu energiju i obnovljive izvore energije (slika 1.1).



Slika 1.1. Podjela izvora energije

Svjetska proizvodnja energije je prema izvorima bila zastupljena 2004. godine: nafta 40%, ugljen 23,3%, prirodni plin 22,5%, hidroenergija 7,0%, nuklearna energija 6,5% i ostali izvori 0,7%. [1.3] Većina energije dobivene iz obnovljivih izvora odnosi se na energiju vode dok su ostali obnovljivi izvori energije zanemarivi.

Zabrinutost zbog globalnog zagrijavanja i povećanja emisije ugljikovog dioksida potencira upotrebu nuklearne energije i obnovljivih izvora, prvenstveno vjetroelektrana i hidroenergije. Tablica 1.1 prikazuje energetski intenzitet (utrošeno kWh toplinske energije za proizvodnju kWh električne energije) i proizvodnju stakleničkih plinova (grama CO_2 ekvivalenta po kWh električne energije) za neke od trenutno češće upotrebljavanih tehnologija proizvodnje el. energije.

Tablica 1.1. Energetska intenzivnost i staklenički plinovi za različite tehnologije proizvodnje električne energije [1.4]

Tehnologija proizvodnje	**Energetski intenzitet (kWh_t / kWh_{el})**	**Staklenički plinovi (gCO_2eq / kWh_{el})**
Nuklearni reaktor – lagana voda	0,18 (0,16 – 0,40)	60 (10 – 130)
Nuklearni reaktor – teška voda	0,20 (0,18 – 0,35)	65 (10 – 120)
Crni ugljen (nova podkritična)	2,85 (2,70 – 3,17)	941 (843 – 1171)
Crni ugljen (superkritični)	2,62 (2,48 – 2,84)	863 (774 – 1046)
Smeđi ugljen (novi podkritični)	3,46 (3,31 – 4,06)	1175 (1011 – 1506)
Prirodni plin (otvoreni ciklus)	3,05 (2,81 – 3,46)	751 (627 – 891)
Prirodni plin (kombinirani ciklus)	2,35 (2,20 – 2,57)	577 (491 – 655)
Vjetro turbine	0,066 (0,041 – 0,12)	21 (13-40)
Fotonaponske ćelije	0,33 (0,16 – 0,67)	106 (53-217)
Hidroenergija (protočna elektrana)	0,046 (0,020-0,137)	15 (6,5 – 44)

U izračunu su uzete u obzir sve faze proizvodnje energije, od iskopa goriva pa sve do zatvaranja elektrane.

Statistički podaci pokazuju da su najveći zagađivači, odnosno izvori emisije stakleničkih plinova, termoelektrane i toplane, zatim cestovni promet, pojedinačna domaćinstva i tek na četvrtom mjestu industrija.

U nastavku rada će biti detaljnije obrađene potrebe za energijom u prometu te mogućnosti zamjene konvencionalnih goriva alternativnima. Kao konačno rješenje u prometu se vidi upotreba vodika i gorivnih članaka. Mogućnosti upotrebe biogoriva u prometu bit će detaljnije opisane. Pozitivne karakteristike biogoriva bi trebale poslužiti smanjenju negativnih posljedica upotrebe konvencionalnih goriva, dok se ne usavrši tehnologija proizvodnje vodika iz obnovljivih izvora.

2. PROIZVODNJA I POTROŠNJA NAFTE U SVIJETU

Može se reći da je nafta životna tekućina moderne civilizacije. Ona pokreće praktički sva mehanizirana prometna sredstva – osobna vozila, teretna vozila, avione, vlakove, brodove, poljoprivredne i građevinske strojeve, itd. Nafta je također primarni izvor energije za mnoge kemijske proizvode bez kojih je nezamisliv moderan život. Količina nafte je ograničena, a potrebe za naftom se stalno povećavaju.

U 2003. godini svjetska potrošnja nafte iznosila je oko 80 milijuna barela nafte na dan. Od te količine SAD troši dnevno 1/4 i to 2/3 za prometni sektor (svjetski prosjek je oko 55%) što pokazuje značaj potrebe održanja stabilne proizvodnje nafte.

Važnost nafte u ostalim sektorima, npr. energetskom, polako stagnira, budući da se koriste i ostala goriva kao zemni plin, ugljen i nuklearna energija. Na žalost, trenutno nema ozbiljnijeg konkurenta po ekonomičnosti nafti u prometnom sektoru. [2.1] Zbog toga je jasno da je promet primarno tržište za naftu u svijetu.

Iako se nafta crpi u 123 zemlje, 20 najvećih proizvođača osiguravaju preko 83% ukupne svjetske proizvodnje. U tablici 2.1. vide se količine koje proizvode najveći proizvođači. Također su prikazani i najveći potrošači te količine koje troše. 20 zemalja potroši više od 75% prosječne dnevne proizvodnje.

Pored daljnjeg crpljenja nafte konvencionalnim metodama, postoje i druge komercijalne mogućnosti za dodatno povećanje proizvodnje fosilnih goriva:

1. Crpljenje postojećih ležišta koja su postigla svoj maksimum naprednim tehnologijama.
2. Uljni škriljci koji sadrže velike količine manje kvalitetne nafte, koji se trenutno najviše eksploatiraju u Kanadi i Venezueli.
3. Pretvaranje ugljena u tekuće gorivo iz trenutno velikih zaliha ugljena.
4. Goriva dobivena iz prirodnog plina za koja će biti potrebno 10-20 godina da se maksimalno iskoriste.

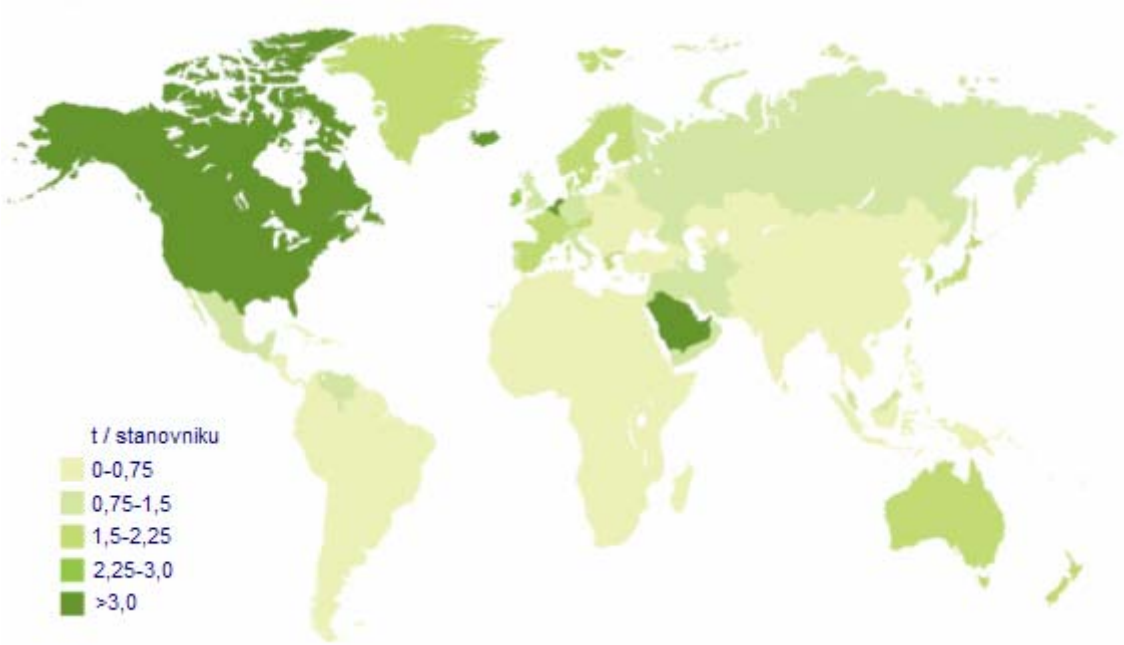
Tablica 2.1. Proizvodnja i potrošnja nafte u svijetu u 2002. godini [2.1]

Proizvođači				**Potrošači**			
Br	Država	Milijuna b/d*	%	Br.	Država	Milijuna b/d*	%
1	SAD	9,0	11,7	1	SAD	19,8	25,3
2	Saudijska Arabija	8,7	11,3	2	Japan	5,3	6,8
3	Rusija	7,7	10,0	3	Kina	5,2	6,6
4	Meksiko	3,6	4,7	4	Njemačka	2,7	3,5
5	Iran	3,5	4,6	5	Rusija	2,6	3,3
6	Kina	3,5	4,6	6	Indija	2,2	2,8
7	Norveška	3,3	4,3	7	Južna Koreja	2,2	2,8
8	Kanada	2,9	3,8	8	Brazil	2,2	2,8
9	Venezuela	2,9	3,8	9	Kanada	2,1	2,7
10	Velika Britanija	2,6	3,3	10	Francuska	2,0	2,5
11	Ujed. Arapski Emirati	2,4	3,1	11	Meksiko	2,0	2,5
12	Nigerija	2,1	2,8	12	Italija	1,8	2,4
13	Irak	2,0	2,7	13	Velika Britanija	1,7	2,2
14	Kuvajt	2,0	2,6	14	Saudijska Arabija	1,5	1,9
15	Brazil	1,8	2,3	15	Španjolska	1,5	1,9
16	Alžir	1,6	2,0	16	Iran	1,3	1,7
17	Libija	1,4	1,8	17	Indonezija	1,1	1,4
18	Indonezija	1,4	1,8	18	Tajvan	0,9	1,2
19	Kazahstan	0,9	1,2	19	Nizozemska	0,9	1,1
20	Oman	0,9	1,2	20	Australija	0,9	1,1
	103 ostale države	12,6	16,3		194 ostale države	18,4	23,5

* b/d – barela po danu

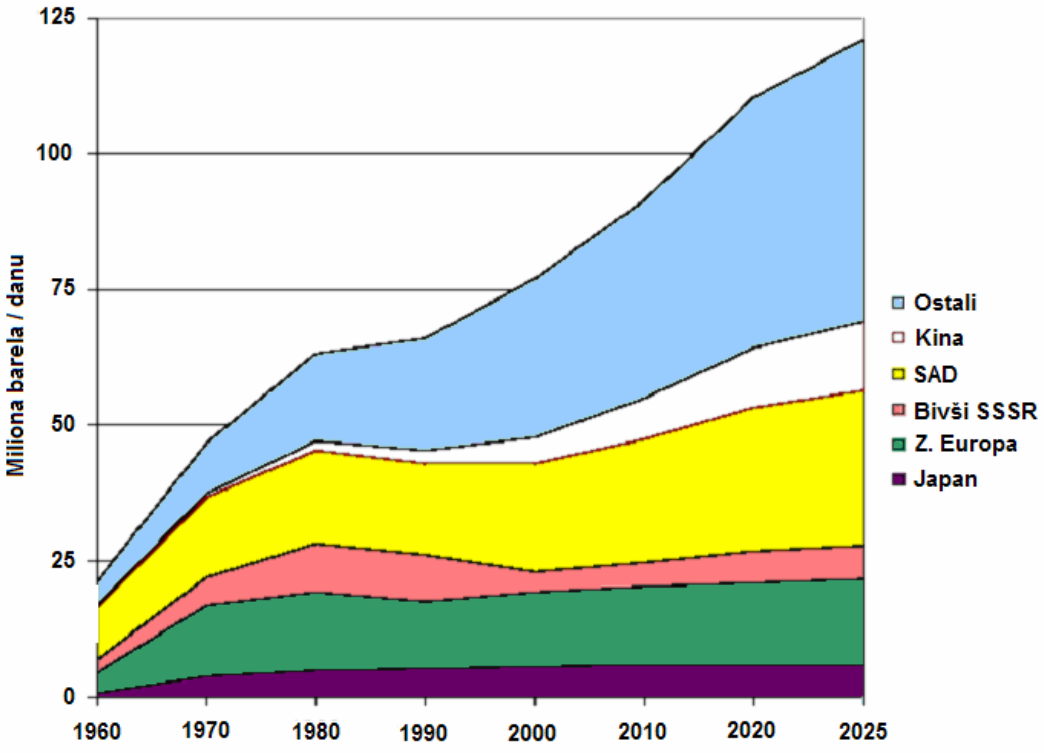
Potrošnja nafte je povezana s porastom stanovništva te industrijskim i ekonomskim napretkom u posljednjih 100 godina. Ova povezanost će se vjerojatno nastaviti u bližoj budućnosti.

Potrošnja nafte neravnomjerno je raspoređena te najveću potrošnju imaju razvijene zemlje i zemlje koje imaju velike zalihe nafte što je prikazano na slici 2.1.



Slika 2.1. Potrošnja nafte po stanovniku (t) [2.2, 2006.]

Na slici 2.2 vidi se potrošnja nafte u svijetu od 1960., s procjenom do 2025. SAD su trošile 1960. godine 46% ukupne svjetske potrošnje, dok je to danas oko 25%. Zapadna Europa je drugi potrošač s oko 18%, slijedi Japan sa 7%, Kina sa 6% te zemlje bivšeg Sovjetskog saveza s 5%. Svih ostalih 150 država troši 38% nafte.



Slika 2.2. Potrošnja nafte u svijetu od 1960. s predviđanjima do 2025. [2.1, 2004.]

Na energetska predviđanja utječu mnogobrojni složeni faktori u proizvodnji i potrošnji nafte. Tablica 2.2 prikazuje projekciju povećanja potrošnje goriva, bruto domaći proizvod (BDP) i promjenu populacije za period 2001. do 2025. godine [2.1]

Tablica 2.2. Projekcija potrošnje goriva, BDP i populacije u periodu od 2001. do 2025. (prosječna godišnja promjena u %) [2.1, 2004.]

Zemlja	Povećanje potrošnje goriva (%)	BDP ($)	Povećanje populacije (%)
SAD	1.5	3.0	0.8
Zapadna Europa	0.5	2.0	0.1
Kina	4.0	6.1	0.5
Bivši SSSR	2.1	4.2	-0.2
Japan	0.3	1.7	-0.1
Ostali	2.0	4.0	1.3
Svijet	1.9	3.0	1.0

Povećanje potrošnje nafte u Kini procjenjuje se na 4% godišnje. Prema predviđanjima, Kina bi 2025. godine trebala biti druga zemlja po potrošnji u svijetu, s potrošnjom od 11% ukupne svjetske potrošnje. Bivši SSSR bi trebao biti drugo najbrže rastuće tržište nafte s povećanjem potrošnje od 2,1% godišnje. Ostali veliki potrošači, uključujući SAD, Zapadnu Europu i Japan imat će porast potrošnje manji od svjetskog prosjeka. Tako bi prema procjeni SAD do 2025. godine trebale smanjiti udio u svjetskoj potrošnji na 23% (29,7 milijuna barela/danu), dok bi se udio Zapadne Europe trebao smanjiti na 13% (14,4 milijuna barela/danu).

Procjenjuje se da će svjetska potrošnja porasti s 80 milijuna barela/danu koliko je trošeno 2003. godine na 121 milijuna barela/danu u 2025. godini.

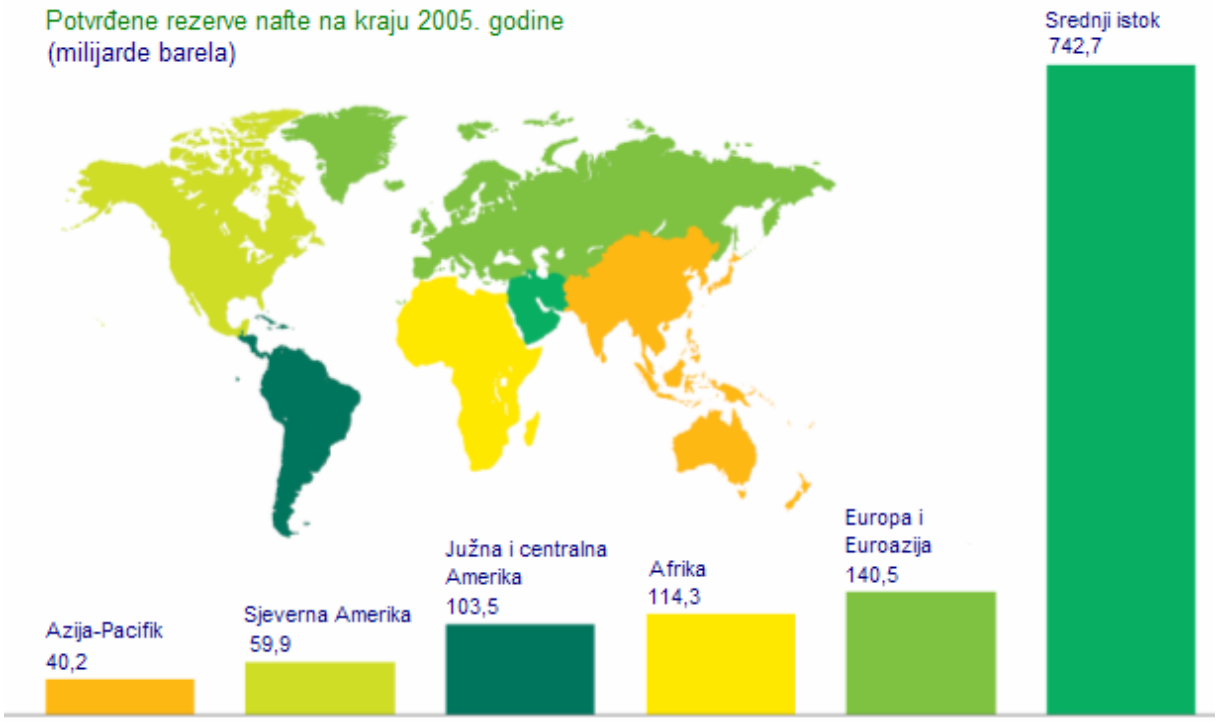
Prosječno svjetsko godišnje povećanje potrošnje nafte procjenjuje se na 1,9% za navedeni period.

2.1. Zalihe nafte

Zalihe nafte su količina nafte u izvoru koja se može iscrpiti uz isplativi trošak. Nafta se nalazi zbijena u sitnim porama između stijena pod vrlo velikim pritiskom (slika 2.3). Kada se napravi bušotinu do dubine u kojoj se nalaze pore s naftom, veliki pritisak pokrene sitne kapljice nafte, a tek kasnije je potrebno pumpati naftu iz bušotine. Te dvije faze eksploatacije nazivaju se primarna proizvodnja. Nakon toga u bušotini se nalazi još uvijek oko 75% početne količine nafte te je potrebno preplaviti nalazišta nafte vodom. Kroz neku drugu bušotinu pumpa se voda u

nalazište i time "ispire" jedan dio preostale nafte, čime se dobije još oko 15% početne količine nafte. Na kraju u nalazištu ostane oko 60% nafte.

Slika 2.3. Prikaz nafte u porama između stijena



Slika 2.4. Potvrđene zalihe nafte na kraju 2005. godine [2.2]

Zalihe se revidiraju periodično prema informacijama koje se dobivaju za vrijeme crpljenja, kao što su: povijest crpljenja, razumijevanje lokalne geologije, raspoloživa tehnologija, cijena nafte itd. Naftno polje može imati velike procijenjene zalihe ali ako je polje prošlo vršnu proizvodnju, preostala količina nafte će se iscrpljivati sa smanjenim količinama. Povećanje količine proizvodnje nafte uvjetuje potrebu pronalaženja novih izvora koji će kompenzirati smanjenu količinu proizvodnje iz starih izvora.

Do sada je na Zemlji proizvedeno oko 800 milijardi barela nafte, poznate svjetske zalihe procjenjuju se na 850 milijardi barela, a još neotkrivena nalazišta na daljnjih 150 milijardi barela.

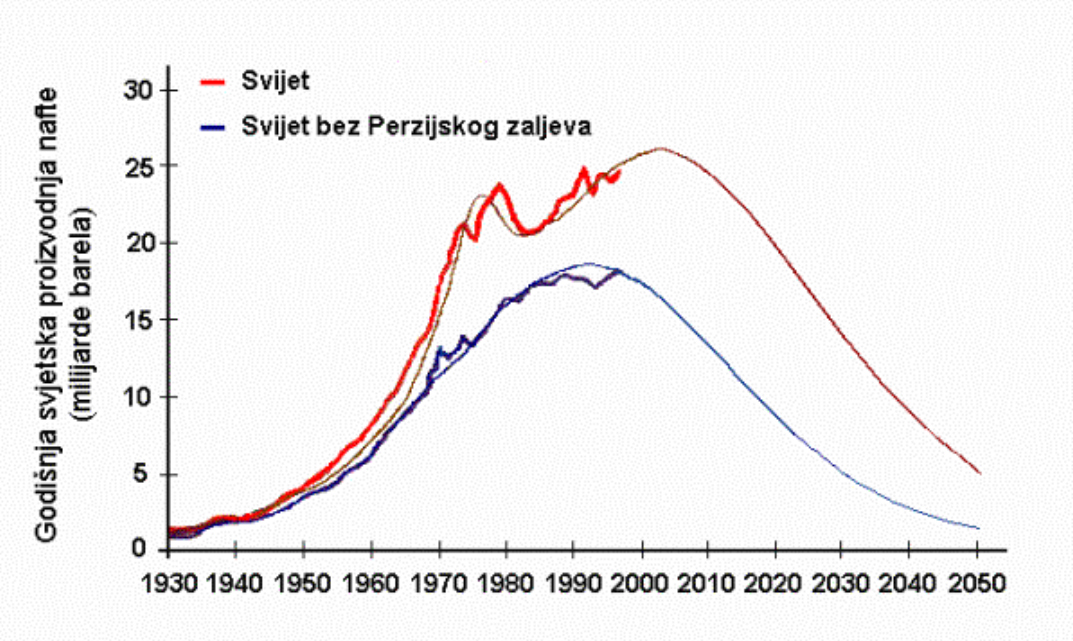
To je ukupno oko 1000 milijardi barela (prema OPEC-u dokazane svjetske zalihe nafte krajem 1996. godine su iznosile 1047,2 milijardi barela).

2.2. Vršna proizvodnja nafte

Prema predviđanjima svjetska potražnja za naftom će porasti za 50% do 2025. [2.1] Za ostvarivanje ovog zahtjeva potrebno je stalno povećanje proizvodnje nafte. Budući da proizvodnja nafte iz pojedinog izvora raste do vršne količine i zatim stagnira, potrebno je otkrivati i stavljati u proizvodnju nove izvore, kako bi se zadovoljila količina proizvodnje. U protivnom, svjetska proizvodnja nafte neće zadovoljiti potrebe. Ova točka se naziva vršnom proizvodnjom konvencionalne nafte u svijetu.

Kada se dostigne svjetska vršna proizvodnja nafte postojat će još ogromne zalihe ali količina se neće moći povećavati i proizvodnja će se s vremenom smanjivati.

Međunarodna agencija za energiju objavila je predviđanja o maksimumu svjetske naftne proizvodnje. To je procijenjeno tehnikom koju je još godine 1950. razvio dr. M. King Hubbert (slika 2.5).



Slika 2.5. Maksimum svjetske proizvodnje nafte [2.1]

Hubbert je pokazao da za svaki konačni sustav (uključujući i smanjivanje svjetskih zaliha nafte) vrijede tri jednostavna pravila koja opisuju njegovo trošenje tj. smanjivanje:

a) proizvodnja počinje od nule,

b) proizvodnja raste sve do maksimuma koji se potom više nikada ne može nadmašiti,

c) nakon što je maksimum dostignut, proizvodnja se smanjuje sve dok se resurs potpuno ne iscrpi.

Točka maksimalne proizvodnje (poznata kao Hubbertov maksimum) gotovo koincidira s trenutkom kada je pola promatranog resursa iscrpljeno. Drugim riječima, kada svjetska proizvodnja nafte dosegne točku maksimalne proizvodnje, iscrpit će se pola ukupnih zaliha nafte na našem planetu. Iz ekonomske perspektive nije izravno važno kada će se svjetske zalihe nafte iscrpiti, već kada će proizvodnja početi opadati. Tada će početi rasti cijene jer je potražnja za naftom svakim danom sve veća. Kako bi se mogao predvidjeti trenutak u kojem će cijene nafte nezadrživo početi rasti, potrebno je što točnije procijeniti svjetske zalihe nafte.

Zbroj do danas proizvedene nafte i naftnih zaliha daje ukupno 1800 milijardi barela, te vrijednost Hubbertovog maksimuma iznosi oko 900 milijardi barela.

Većina stručnjaka se slaže u ocjeni da će vršna proizvodnja nastupiti do 2010. godine (Simmons, Skrebowski, Deffeyes, Goodstein) a neki čak da će vršna proizvodnja nastupiti u godinama 2006. / 2007. (Bakhitari) [2.3, 2005.].

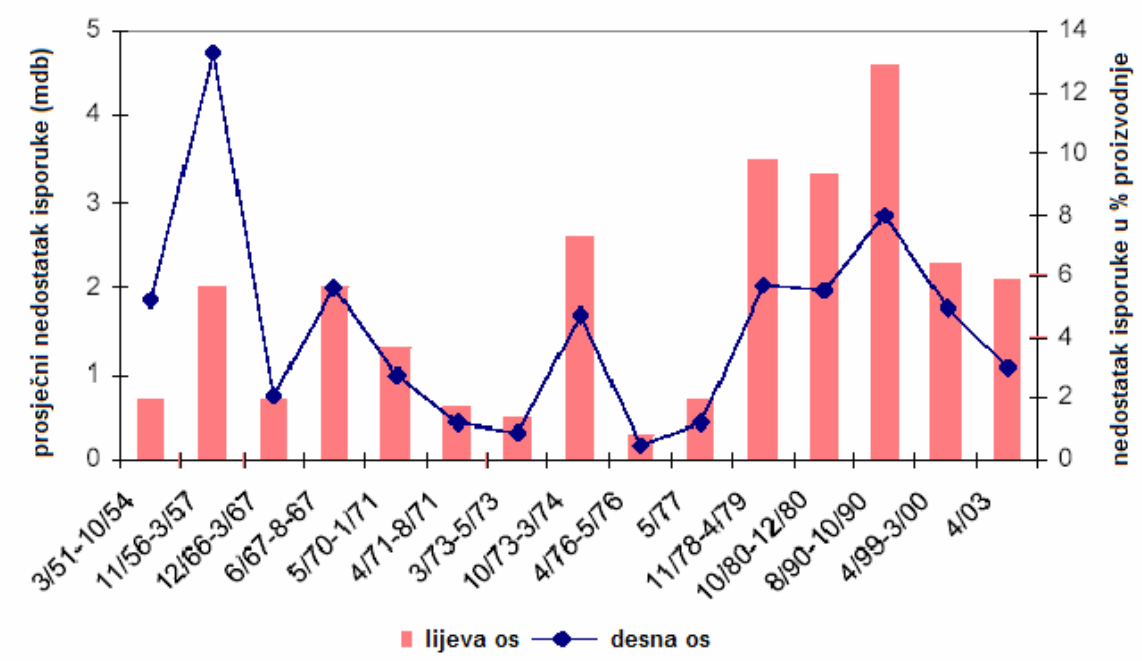
Uz dnevnu potrošnju od pedesetak milijuna barela dnevno (prema OPEC-u, godine 1996. dnevna potrošnja iznosila je 71.7 milijuna barela), za pedesetak godina bio bi potrošen i zadnji barel nafte. Valja napomenuti da se ovdje pod pojmom “nafta” misli na tekuću smjesu ugljikovodika koja perkolira kroz porozne geološke slojeve. Naftne kompanije naime tek pokušavaju razviti tehnologiju uz pomoć koje bi se nafta na ekonomski isplativ način dobivala rudarenjem i preradom bitumena. Zalihe takve, “nekonvencionalne” nafte procjenjuju se na još nekoliko stotina milijardi barela.

2.3. Poremećaji u isporuci nafte

U zadnjih 50 godina bilo je preko 10 svjetskih poremećaja isporuke nafte, koji su prikazani na slici 2.6, kao nedostaci u postotcima proizvodnje.

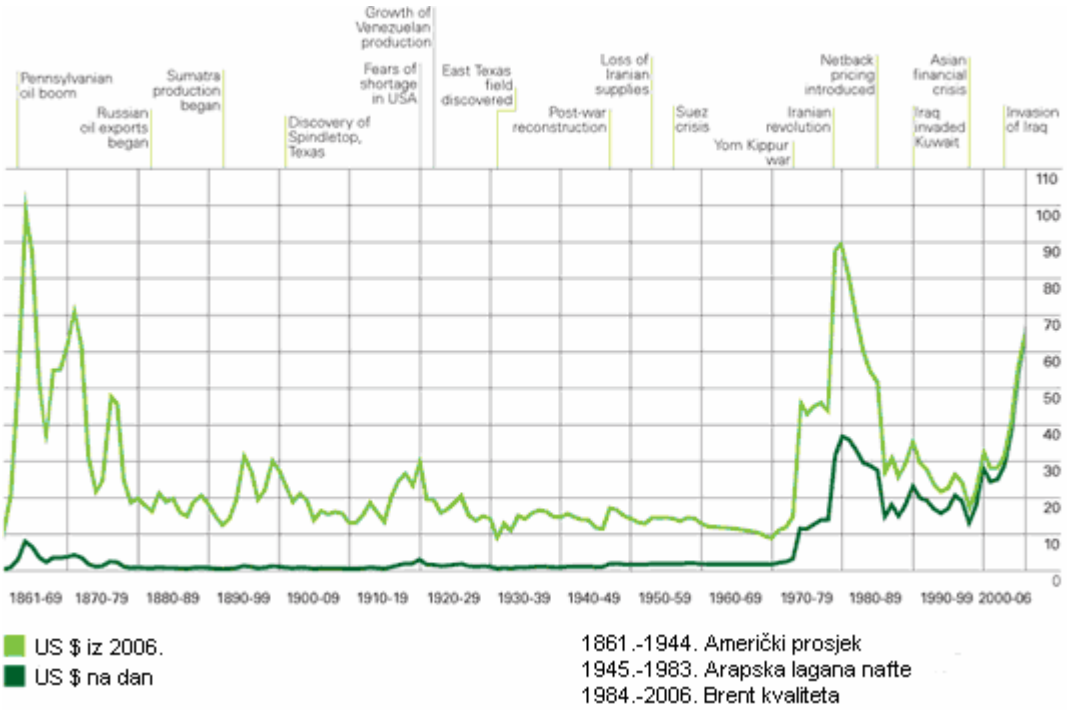
Zaključci su sljedeći:

- poremećaji su trajali od jednog do 44 mjeseca s količinama od 0,3 do 4,6 milijuna barela na dan
- nedostaci isporuke su varirali od 1 do skoro 14 % svjetske proizvodnje
- najteži poremećaji bili su 1973-74. i 1979. koji su doveli do velikog povećanja cijene nafte i velikog ekonomskog sloma u svijetu



Slika 2.6. Poremećaji isporuke nafte: 1954.do 2003. (mdb-milijuna barela/danu) *[2.4]*

Na slici 2.7. prikazana je cijena nafte u US $ i preračunata u US $ iz 2006. godine. Na slici su također označeni značajni događaji i krize u svijetu.



Slika 2.7. Cijena sirove nafte od 1861. do 2006. (US $ / barel) *[2.2, 2006.]*

2.4. Utjecaj poremećaja u isporuci nafte na svjetsku ekonomiju

Cijena nafte utječe na globalnu ekonomiju pošto svaki poremećaj u isporuci nafte utječe na povećanje njene cijene. [2.5]

Cijena nafte povećava transfer prihoda od zemalja uvoznica ka zemljama izvoznicima nafte te je njen utjecaj na svjetski ekonomski rast negativan. Za zemlje uvoznice nafte, povećanje cijene nafte smanjuje nacionalni prihod. Povećanje potrošnje zbog skuplje nafte smanjuje mogućnost potrošnje za druga dobra i usluge. [2.6]

Ukupna svjetska ekonomija trpi zbog rasta cijene nafte smanjenjem BDP-a za 0,9 do 2,5%. Osim na BDP, negativni učinci automatski utječu i na inflaciju, kamatne stope, slabiju gospodarsku aktivnost.

U EU rast cijene nafte usporava rast BDP-a za 0,9 do 2,6%, SAD-u za 0,8 do 2,2%, u Kini za 1,3 do 3,8%, u Japanu za 0,9 do 2,4%, te u srednjoj Europi za 1,1 do 2,9%.

Rast cijena nafte utječe na usporavanje rasta hrvatskog BDP-a za 1,5 do 2,5%, odnosno od 500 do 900 milijuna dolara na godinu.

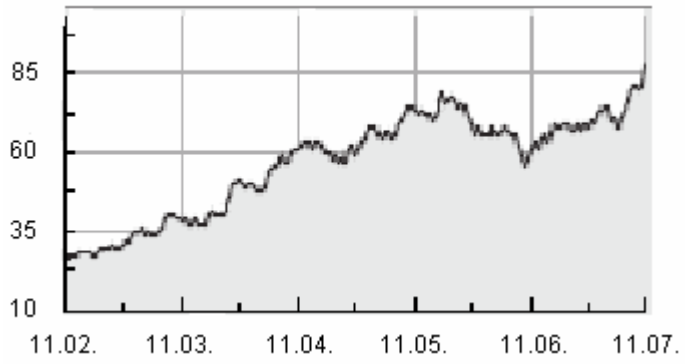
Prema analizi za 2005. godinu, rast cijene nafte utjecao je na hrvatsko gospodarstvo smanjenjem BDP-a za 2,2%, povećanjem potrošačkih cijena za oko 0,39%, dok se prema procjenama vanjskotrgovinska bilanca pogoršala za oko 5 do 6%, što iznosi oko 4 milijarde kuna. Negativni saldo uvoza energije porastao je za 70%.

Što se duže zadrži visoka cijena nafte, ozbiljniji je makroekonomski utjecaj. Veća cijena nafte utječe na povećane troškove za proizvodnju dobara i usluga te povećanje inflacije, nezaposlenosti i smanjenje investicija. Državni prihod od poreza se smanjuje te se povećava deficit buđeta, što povećava kamatne stope.

Smanjenje isporuke nafte zbog dostizanja vršne proizvodnje utjecat će na naglo povećanje cijene i njenu nepostojanost. Kada se dostigne vršna proizvodnja, relativno mali događaji će imati znatan utjecaj na cijenu nafte i tržište.

Dugotrajan utjecaj postojano skupe nafte, koji će nastati zbog stalnog manjka u isporuci nafte, imat će teške posljedice. Rasti će inflacija i nezaposlenost, smanjit će se količina dobara i usluga te životni standard. Dugotrajni utjecaj na ekonomije razvijenih zemalja, a posebno zemalja u razvoju, imat će teške posljedice.

Povećanje ekonomskog rasta u zemljama izvoznicima nafte, zbog povećanja cijene nafte, bit će manje od smanjenja ekonomskog rasta u zemljama uvoznicama i ovaj efekt će se vjerojatno nastaviti u budućnosti. [2.8]



Slika 2.8. Cijena nafte ($ / barel) *u periodu od 2002. do 2007. godine [2.9]*

Na slici 2.8 prikazana je cijena nafte u periodu 2002. do 2007. godine. Vidljiv je stalni porast cijene u zadnjih nekoliko godina, koji će svakako imati utjecaja na svjetsku ekonomiju. Sredinom siječnja 2007. godine cijena je pala na 56,23 $/barelu, dok je cijena na dan 6.11.2007. iznosila 95,75 $/barelu. Prognoze za jednu godinu unaprijed (6.11.2008.) iznose 124,48 $/barelu ! [2.9]

2.5. Mogućnosti uštede goriva za promet

Razmatrajući na svjetskoj razini SAD ima 25 % registriranih vozila, a troši skoro 40% tekućih goriva koja se koriste za promet u svijetu. Japan ima 10% ukupnih svjetskih registracija vozila, Njemačka 9%, Francuska 5%, Velika Britanija 5%, što je ukupno 54%. [2.10]

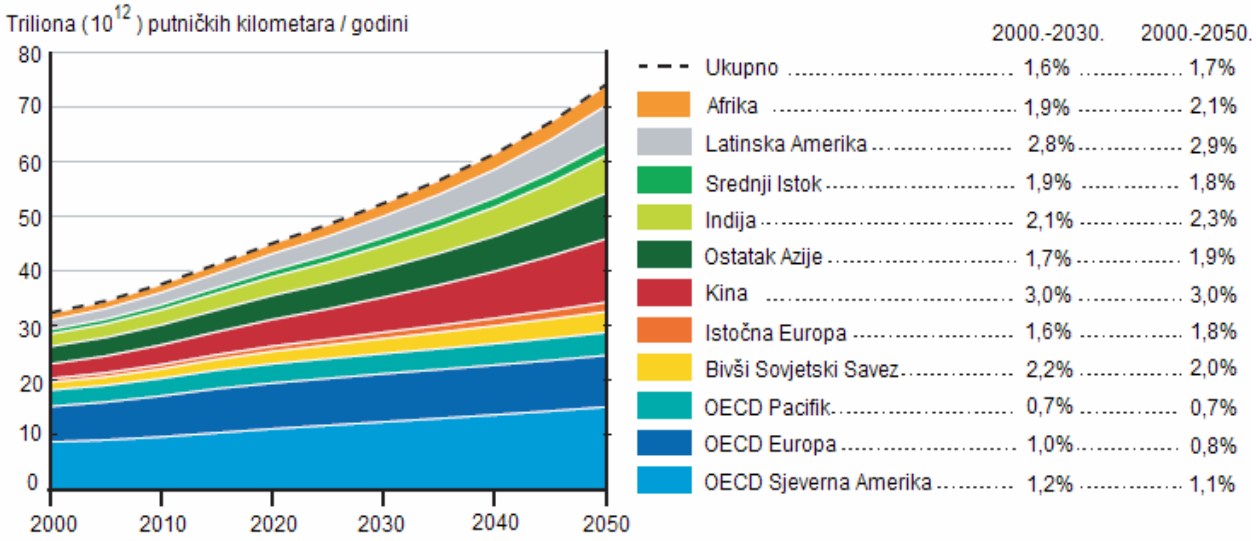
Ušteda goriva za promet je moguća zamjenom skupih izvora jeftinijima, povećanjem energetske učinkovitosti te provođenjem programa štednje energije. U SAD je izrađen Nacionalni energetski program, u kojemu se navode upravo neki od spomenutih prijedloga. Novi Zeland je donio Akcijski plan u kojem se kroz poboljšani način vožnje i korištenje vozila, dijeljenjem vozila s drugim osobama, korištenjem javnog prijevoza umjesto osobnog automobila, korištenjem telekomunikacijskih, internetskih i ostalih oblika komunikacije umjesto susreta i sl. ostvaruje ušteda energije. Cilj akcijskog plana je ušteda energije u prometu za 19 % i smanjuje štetne emisije za 8,5 %.

U Hrvatskoj je potrebno napraviti Akcijski plan za smanjenje potrošnje goriva po uzoru na razvijene zemlje, jer povećanje efikasnosti vozila može dati pozitivan učinak tek zamjenom starih vozila i uvođenjem novih efikasnijih motora, što je prilično spor proces.

2.6. Trenutna situacija prometa u svijetu

Prema očekivanjima [2.11] promet ljudi i tereta u svijetu bit će u stalnom porastu, naročito u zemljama u razvoju. S povećanjem broja stanovnika, povećava se globalno tržište, a paralelno s time i standard života. Potrebe za prometom brzo rastu, a s njima se povećavaju i njihove negativne posljedice. Emisije ispušnih plinova iz prometa (NO_x, CO, čestice i ostali) će se prema očekivanjima smanjivati u razvijenim zemljama u sljedećih 10 do 20 godina. Nasuprot tome, u zemljama u razvoju će emisije rasti još sljedećih nekoliko desetljeća.

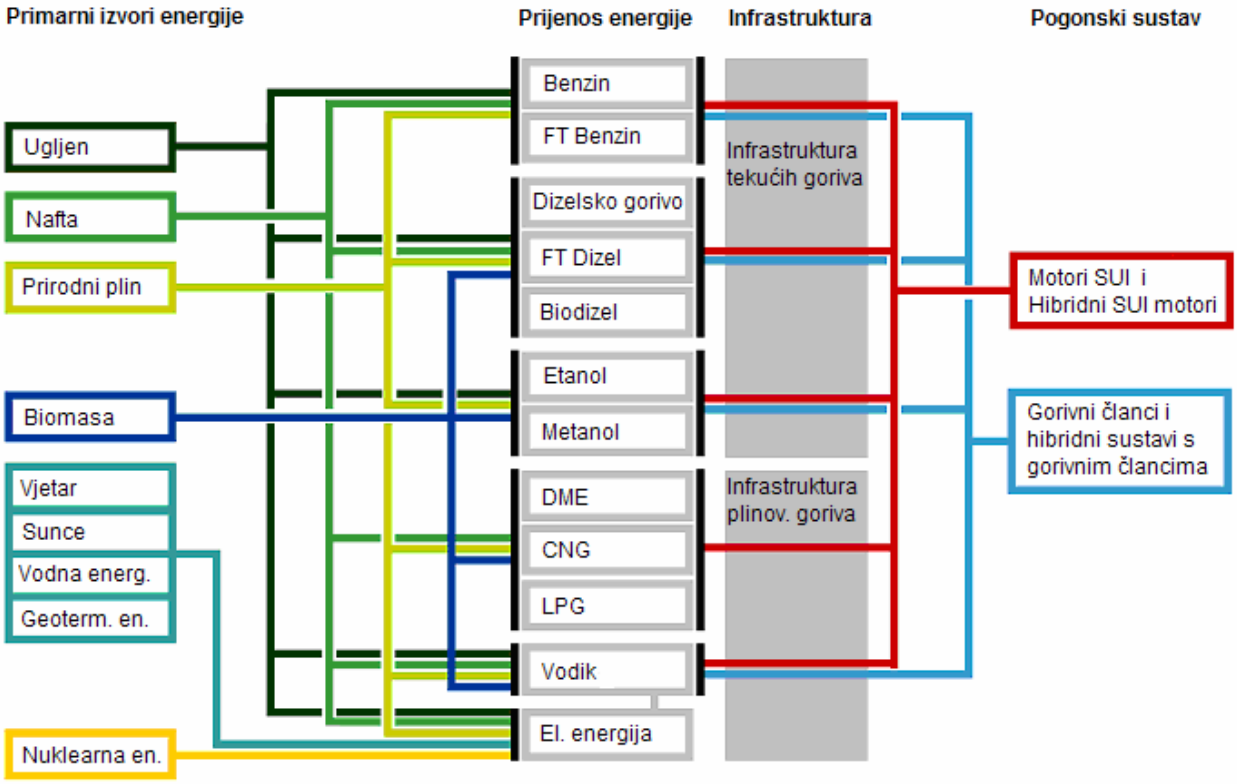
Energetska učinkovitost prometnih vozila povećava se, ali paralelno se povećava i broj vozila. Na slici 2.9 prikazana je projekcija godišnjeg rasta prometa ljudi po regijama svijeta uz pretpostavku da će se sadašnji trendovi nastaviti.



Slika 2.9. Projekcija osobnog prometa po regijama svijeta [2.11]

2.7. Goriva koja se mogu koristiti za promet

Na slici 2.10 prikazani su primarni izvori energije, prijenosnici energije te pogonski sustavi koji su danas u upotrebi za cestovna vozila ili oni koji se testiraju za moguću upotrebu u budućnosti.



DME-di-meti eter, CNG–komprim. prirodni plin, LPG-ukapljeni naftni plin, FT–Fischer-Tropsch

Slika 2.10. Goriva koja se mogu koristiti za promet [2.11]

Da bi neka tehnologija mogla zadovoljiti uvjet održivosti prometa mora biti uključena u sadašnje prometne uređaje te mora biti često korištena. Nadalje, takvi uređaji moraju nužno imati ulogu olakšavanja ekonomskog rasta i razvoja te moraju biti dostupni, sigurni i pouzdani.

Laka cestovna vozila (automobili, kombi vozila i laka teretna vozila) su trenutno najčešća vozila koja se koriste za promet. U 2000. godini bilo ih je u upotrebi u svijetu približno 700 milijuna. Prema projekcijama do 2030. godine bit će ih 1,3 milijarde a do 2050. preko 2 milijarde. Najveće povećanje broja dogodit će se u zemljama u razvoju.

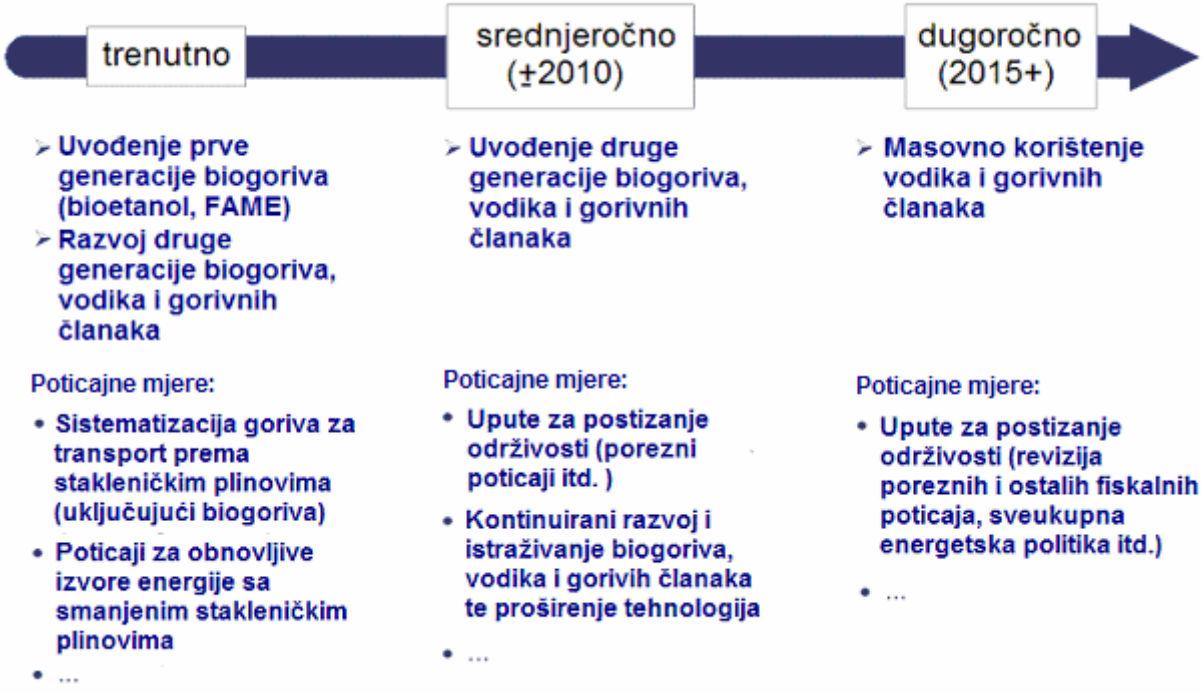
Laka cestovna vozila troše najveću količinu goriva potrošenog u prometnom sektoru što uzrokuje i većinu emisija onečišćujućih tvari i stakleničkih plinova.

2.7.1. Tehnologije pokretanja vozila i goriva

Gotovo sva laka cestovna vozila danas su pokretana motorima s unutarnjim izgaranjem (MSUI) koji za pogon koriste goriva dobivena iz nafte (benzin ili dizelsko gorivo).

I benzinski i dizelski motori će se nastaviti poboljšavati, ali do 2010. godine se očekuje veće smanjenje potrošnje goriva kod benzinskih motora nego kod dizelskih. Kasnije, kada dizelski motori razviju i uvedu nove tehnologije može se očekivati da će ovaj trend biti okrenut. Projekcije pokazuju da je potencijal smanjenja specifične potrošnje goriva za vozila s postojećom tehnologijom motora (nehibridi) do 2030. godine oko 20%, u usporedbi s današnjim najboljim tehničkim rješenjima. Ovo uključuje sve tehničke mjere na motoru, prijenosniku snage i vozilu (aerodinamika, težina vozila, pneumatici i učinkovitiji pomoćni uređaji).

Trenutna saznanja u vezi ograničenosti zalihe fosilnih goriva za promet te povećani trend štetnog utjecaj na okoliš (drastične klimatske promjene), doveo je do potrebe primjene alternativnih oblika energije. U cilju smanjenja potrošnje fosilnih goriva u tijeku je uvođenje prve generacije biogoriva te razvoj druge generacije biogoriva, vodika i gorivnih članaka (slika 2.11). Srednjoročno se planira uvođenje druge generacije biogoriva te daljnje povećanje primjene vodika i gorivnih članaka a dugoročno masovno korištenje vodika i gorivnih članaka.



Slika 2.11. Vremenska linija alternativnih goriva [2.12]

2.7.2. Hibridni pogonski sustavi

Hibridna vozila su privremeno rješenje u pokušaju smanjenja potrošnje fosilnih goriva dok se ne pronađe način jeftinog dobivanja vodika kao pogonskog goriva budućnosti.

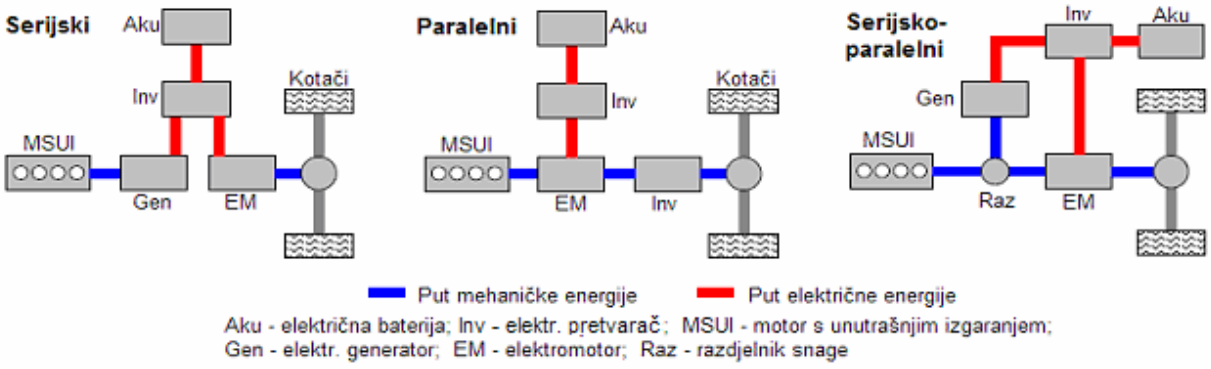
Kod hibridnih vozila pogonski sustav sadrži dva motora: motor s unutarnjim izgaranjem (MSUI) i električni motor koji zajedno s prijenosnikom snage i upravljačkim podsustavom čine jedinstveni pogonski sustav. Motor SUI radi s konstantnom brzinom vrtnje u optimalnom području pa se smanjuje potrošnja goriva i emisija štetnih ispušnih plinova. Ovisno o opterećenju i radnom stanju, motor SUI služi za vožnju i/ili za pogon generatora koji proizvodi električnu energiju za pogon elektromotora.

Hibridni pogonski sustavi mogu se podijeliti u tri skupine s obzirom na vezu mehaničkog i električnog dijela: serijski, paralelni i serijsko-paralelni (slika 2.12). S obzirom na autonomnost električnoga pogona, hibridi se dijele na djelomične i potpune.

Potpuni hibrid je pogonski sustav kod kojeg elektromotor ima barem jednu trećinu snage motora SUI, čime je omogućena vožnja vozila pokretanog samo elektromotorom.

Kod djelomičnog hibrida elektromotor samo pripomaže motoru SUI, dodatna snaga koju razvija je manja te je time i ušteda goriva manja.

Hibridi mogu koristiti konvencionalna tekuća goriva, smjese s biogorivima ili samo biogoriva. U slučaju pogona biogorivima, hibridi (kao i konvencionalni motori SUI) mogu pod određenim uvjetima biti okarakterizirani kao sustavi koji ne proizvode ugljične spojeve.



Slika 2.12. Shema hibridnog pogona [2.13]

Serijski hibrid. Pogonske kotače uvijek pokreće elektromotor kojeg napaja generator, a ponekad i električna baterija. Električnom generatoru pogon daje MSUI koji stalno radi s najvećim iskorištenjem goriva (smanjenje emisije) i potpuno je odvojen od pogonskih kotača. Električna baterija služi kao spremnik viška proizvedene električne energije. Energetska učinkovitost se

može poboljšati iskorištavanjem energije kočenja pri čemu elektromotor postaje generatorom kojega pokreću kotači.

Paralelni hibrid. Motor SUI i elektromotor mogu istovremeno paralelno pokretati kotače ili raditi neovisno. Motor SUI može biti manji jer oba motora zajedno ubrzavaju vozilo. Osim iskorištavanja energije kočenja, smanjenje potrošnje goriva je moguće i isključivanjem motora SUI u radnim područjima u kojima je njegov stupanj djelovanja lošiji.

Serijsko-paralelni hibrid. Pogonski kotači se mogu pokretati električnim ili mehaničkim putem. Razdioba snage može biti električna ili mehanička pomoću razdjelnika snage. Motor SUI može mehanički pokretati kotače u svom optimalnom radnom području i nije potreban mjenjač brzina. Primjer uspješne primjene ovakvog sustava je automobil Toyota Prius (slika 2.12).

Slika 2.13. Shema pogonskog sustava hibridnog automobila Toyota Prius THS II [2.13]

Automobil Toyota Prius THS II ne troši ni polovinu goriva usporedivog klasičnog automobila pogonjenog benzinskim motorom, uz emisiju od 104 g CO_2/km. Kod niske učinkovitosti motor SUI se zaustavlja i vozilo se kreće koristeći snagu elektromotora. Kinetička energija kočenja se uz pomoć prijenosnika dovodi elektromotoru koji postaje generator i puni baterije.

2.7.3. Goriva koja se mogu distribuirati uz pomoć postojeće infrastrukture

Bezolovni benzin će i dalje biti najviše korišteno gorivo i do 2010. godine će biti dostupno gotovo svugdje u svijetu, što će omogućiti posvemašnju upotrebu katalizatora za pročišćavanje ispušnih plinova. Niskosumporni benzin i dizelsko gorivo će biti standard u razvijenim zemljama nakon 2010. godine, a nakon 2030. vjerojatno i u svim zemljama u razvoju.

Goriva s ultra niskim sadržajem sumpora su neophodna za vozila s vrlo niskim emisijama ispušnih plinova kao i za koncept koji kombinira vrlo niske emisije sa sniženom potrošnjom

goriva (sa spremnikom za NO_x katalizator) i ultra čisti dizelski motor opremljen sa spremnikom za NO_x katalizator i filtar čestica ili obadvoje.

Benzin i dizelsko gorivo se mogu uz određene uvjete zamijeniti gorivima koja se ne dobivaju iz nafte. Primjeri su biodizel i dizelsko gorivo dobiveno iz prirodnog plina "Fischer-Tropsch" procesom (FT dizel ili FT benzin).

Premda FT dizel proizveden iz prirodnog plina neće postati glavnim gorivom, potencijal postoji i može se povećati upotrebom ostalih izvora kao što su ugljen i biomasa. U slučaju ugljena mora se upotrijebiti CO_2 sekvestracija (*engl. sequestration*), koja je postupak uskladištenja CO_2 u tlu, kako se ne bi povećavale emisije stakleničkih plinova.

Za smanjenje ovisnosti o fosilnim gorivima i smanjenje emisije stakleničkih plinova upotreba biogoriva je naročito značajna. Također su interesantna i alkoholna goriva, metanol i etanol iz prirodnog plina (u slučaju metanola) ili iz biomase.

Za dizelske motore jedna od mogućnosti je biodizel ili "FAME" (*engl. fatty acid methyl esters*). Trenutno se razvijaju nove metode kojima se proizvode "napredna" biogoriva, kao što su npr. konverzija celuloznih materijala u komponente goriva uz pomoć enzima (etanol) i uplinjavanje biomase uz pomoć procesa Fischer-Tropsch (biomasa u tekućinu (*engl. biomass-to-liquid*, ili BTL)).

2.7.4. Goriva koja zahtijevaju novu infrastrukturu

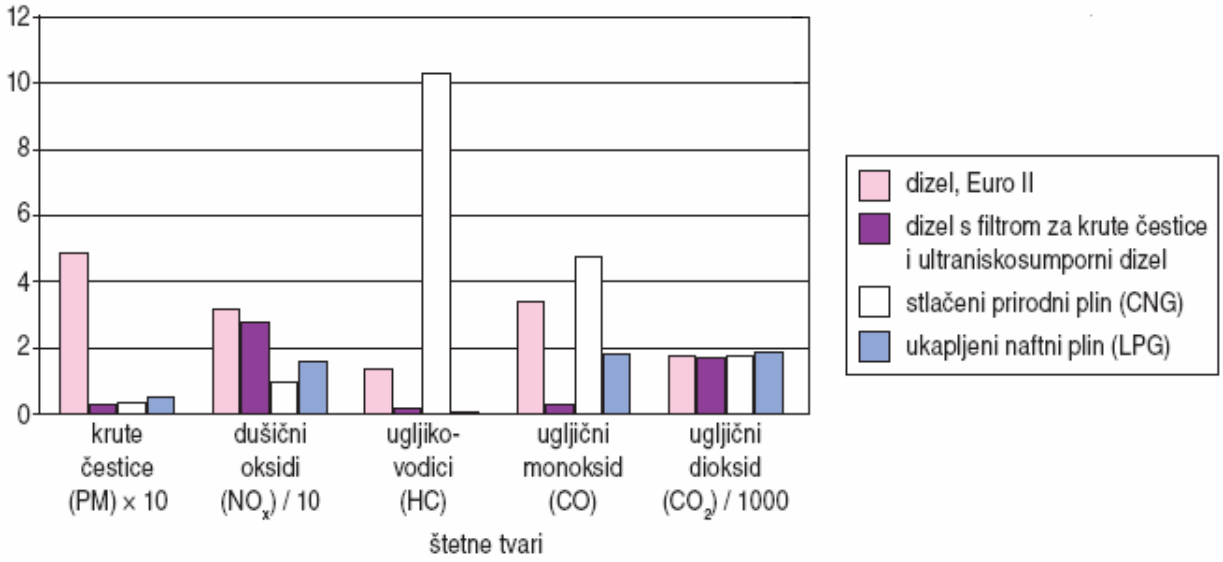
Goriva koja se ne mogu koristiti kao smjese, kao stlačeni prirodni plin (*engl. CNG, compressed natural gas*), ukapljeni naftni plin (*engl. LPG, liquified petroleum gas*), di-metil-eter (DME) i vodik, zahtijevaju značajna ulaganja u distribucijsku infrastrukturu, a to predstavlja zapreku njihovom većem korištenju.

Prirodni plin je jednostavan ugljikovodik koji sadrži 85 - 99% metana (CH_4) i sasvim malo sumpora. U mnogim ga zemljama ima u velikim količinama pa je jeftin, a s obzirom na to da izgara čisto, pogodan je kao pogonsko gorivo. Prirodni plin se može koristiti u stlačenom (CNG) ili ukapljenom stanju (*engl. LNG, liquefied natural gas*). Za ukapljivanje prirodnog plina potrebno je sniziti temperaturu na -161°C, što stvara posebne probleme pri manipulaciji.

Stlačeni prirodni plin (SPP) ima i određene nedostatke kao pogonsko gorivo. Zbog niske energetske gustoće metana, plin se mora spremati u velike i skupe cilindrične spremnike na vozilu. Vozila koja koriste SPP emitiraju 40 - 86% manje krutih čestica i 38 - 58% manje NO_x od uobičajenih dizelskih. Količina NO_x značajno ovisi o podešenosti motora.

Ukapljeni naftni plin (LPG) je nusproizvod rafiniranja nafte, koji na niskom tlaku (1,7 bar) prelazi u tekuće stanje. Mnogo je češći za pogon vozila od prirodnog plina jer se sprema u automobilski spremnik pod tlakom od 6 do 7 bar u usporedbi s 200 bar kod prirodnog plina. U neku je ruku sličan stlačenom prirodnom plinu, ali zbog tekućeg stanja ima znatno veću energetsku gustoću i zbog toga pruža znatne prednosti u pogledu performansi, troškova i autonomije vozila. Ima i dobre značajke izgaranja, uz nisku količinu NO_x, ako je motor dobro podešen.

Osnovni su sastojci ukapljenog naftnog plina zasićeni niži ugljikovodici propan i butan, koji se pri normalnim uvjetima nalaze u plinovitom stanju, no već pri tlaku od 1,7 bar prelaze u kapljevito stanje, pri čemu im se volumen smanjuje čak do 270 puta. I upravo je to glavni razlog njegove izuzetne prihvatljivosti za uporabu - prevozi se i skladišti kao kapljevina, a koristi kao plin.



Slika 2.14. Rezultati ispitivanja različitih pogona za autobuse koje je proveo pariški gradski prijevoznik RATP

Dimetil-eter omogućava da se na niskom tlaku prirodni plin pretvori u tekuće pogonsko gorivo, pogodno za dizelske motore. Takvo tekuće gorivo zahtijeva skladištenje i distribuciju sličnu LPG-u a svrstava se u čista goriva. Ispitivanja motora pokazala su da je razina emisije NO_x i krutih čestica upola manja od zahtjeva norme Euro III za dizelske motore.

Vodik je s obzirom na emisiju CO_2 neutralno gorivo u tijeku proizvodnje i potrošnje u vozilu, ali pod uvjetom da se proizvodi električnom energijom (za elektrolizu) iz obnovljivih izvora (npr. vjetroelektrane). Manje pouzdani su proizvodni procesi sa sekvestracijom (uskladištenjem) ugljika.

Tehnologija proizvodnje vodika iz ugljena, prirodnog plina ili elektrolizom vode je dobro poznata. Koristi se komercijalno u naftnoj industriji gdje se vodik koristi za proizvodnju nisko sumpornog benzina i dizelskog goriva. Preko 90% visoko čistog vodika danas se proizvodi iz prirodnog plina a to je ujedno i najekonomičniji način proizvodnje čistog vodika za bližu budućnost. Pošto je taj proces sa energetskog i ekološkog stajališta jako nepovoljan potrebno je poticati razvoj tehnologija koje će biti više CO_2 neutralne (vodik iz nuklearnih elektrana, vjetroelektrane, energija sunca itd.). Tehnologiju proizvodnje vodika iz prirodnog plina treba koristiti samo kao razvojnu fazu u procesu uvođenja vodika kao glavnog goriva za promet.

3. CILJEVI EUROPSKE UNIJE U POGLEDU KORIŠTENJA ENERGIJE IZ OBNOVLJIVIH IZVORA

Obnovljivi izvori energije su ključni za rješavanje problema klimatskih promjena. Tehnologije obnovljivih izvora su sposobne odgovoriti na ograničenja trenutno postojećih izvora energije i njihove potrošnje te mogu doprinijeti daljnjoj modernizaciji energetskog sektora.

Nadalje, obnovljivi izvori energije mogu doprinijeti sveukupnoj strategiji održivog razvoja. Oni pomažu smanjenju ovisnosti o uvozu energije a time osiguravaju održivu sigurnost dobave energije. Obnovljivi izvori također mogu doprinijeti industrijskoj konkurentnosti i imaju pozitivan utjecaj na regionalni razvoj i zapošljavanje. Europska industrija obnovljivih izvora je globalni predvodnik i već je dosegla promet od 10 milijardi EUR i zapošljava 200.000 ljudi.

Godine 1997. je Europska Komisija dokumentom "White Paper" postavila cilj povećanja udjela obnovljivih izvora u EU regiji sa 6 na 12% do 2010. godine. Plan je napravljen za svaki obnovljivi izvor energije. Odgovarajuće zakonske mjere kao npr. direktiva za promociju proizvodnje struje iz obnovljivih izvora i direktiva za promociju biogoriva (2003/30/EC), trebale bi pomoći u ostvarivanju cilja.

Energetski sektor zahtijeva dugotrajne investicije pa je potrebno danas započeti planiranje kako bi se ostvarili ciljevi, odnosno 6% povećanja udjela obnovljivih izvora u periodu od 1997. do 2010. godine te dodatnih 8% u periodu 2010. do 2020. Na taj način bi se ostvario udio od 20% energije iz obnovljivih izvora do 2020. Za ostvarenje tih planova se sve države trebaju pridržavati navedenih direktiva, a upotrebom obnovljivih izvora mogu se postići sljedeće koristi [3.1]:

- smanjenje emisije CO_2 u 2020. godini od 728 Mt godišnje, što predstavlja smanjenje od 17,6% u odnosu na ukupnu emisiju stakleničkih plinova u EU u 1990. godini
- investicije u periodu od 2001. do 2020. godine od 443 milijarde €
- ušteda na uvozu goriva od 115,8 milijardi €
- ušteda između 126,7 i 323,9 milijardi € u izbjegavanju vanjskih troškova (troškovi koji nisu u potpunosti uključeni u cijenu energije, a nastaju spaljivanjem fosilnih goriva ili proizvodnjom nuklearne energije, povezani uz promjenu klime).
- otvaranje dodatnih 2.023.000 radnih mjesta.

Tablica 3.1. Očekivane koristi od primjene obnovljivih izvora u EU od 2001.-2020. godine [3.1]

Izvor energije	Investicije [1)] 2001.- 2020.	Ušteda goriva [1)] 2001.- 2020.	Vanjski troškovi [1)] 2001.-2020.	Zapošljavanje [2)] 2001.-2020.
Energija vjetra	156	63	40,2 - 102,8	318.000
Fotonaponske ćelije	76	4,3	2,7 – 6,8	245.000
Biomasa	89		62,6 – 160,1	528.000 [3)]
Hidro energija	20	11,5	7,5 – 19,1	28.000
Geotermalna en.	11	7,3	2,5 – 6,3	10.000
Sunce–topl.en.	91	29,7	11,2 - 28,8	280.000
UKUPNO	**443**	**115,8**	**126,7 – 323,9**	**2.023.000**

[1)] u milijardama €

[2)] Zapošljavanje na puno radno vrijeme

[3)] Na proizvodnji biogoriva će biti još dodatnih 614.000 zaposlenih

3.1. Korištenje obnovljivih izvora energije u EU

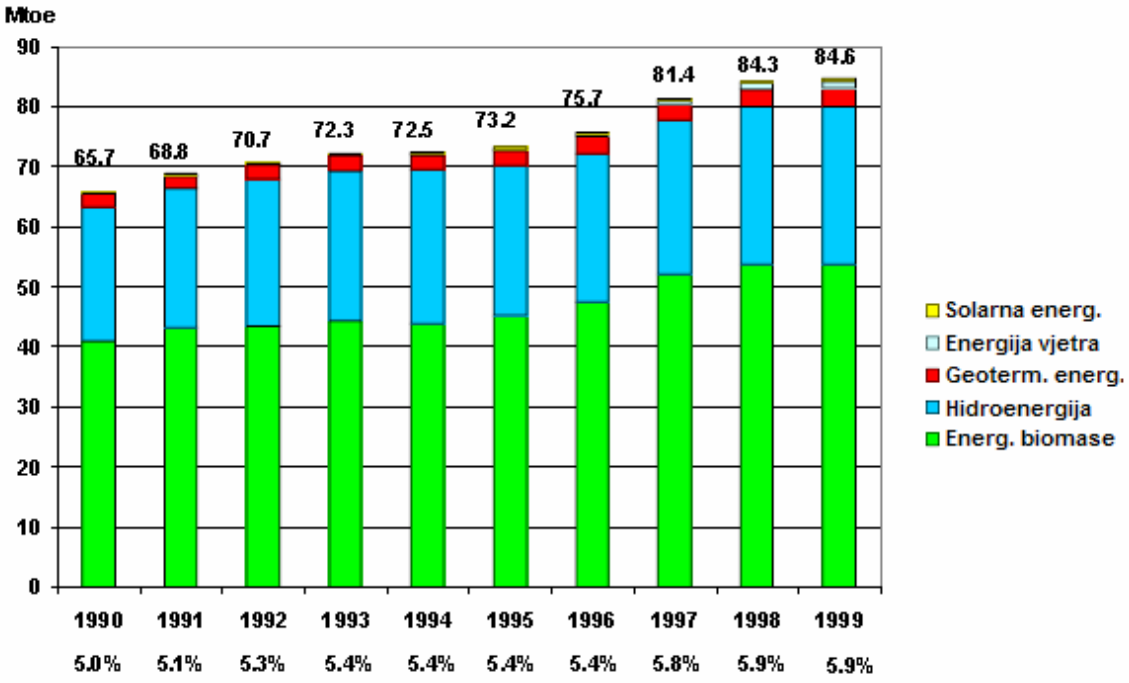
Udio obnovljivih izvora energije u EU 1999. godine bio je 11,2% u proizvodnji primarne energije i 6,0% od ukupne potrošnje, što je prikazano na slici 3.1 [3.2]

Udio vodne energije i energije vjetra je porastao sa 3,2% u 1990. na 3,6% u 1999. godini. Geotermalna energija je još uvijek marginalna, ali u skoroj budućnosti bi se trebala početi značajnije iskorištavati, naročito u Italiji.

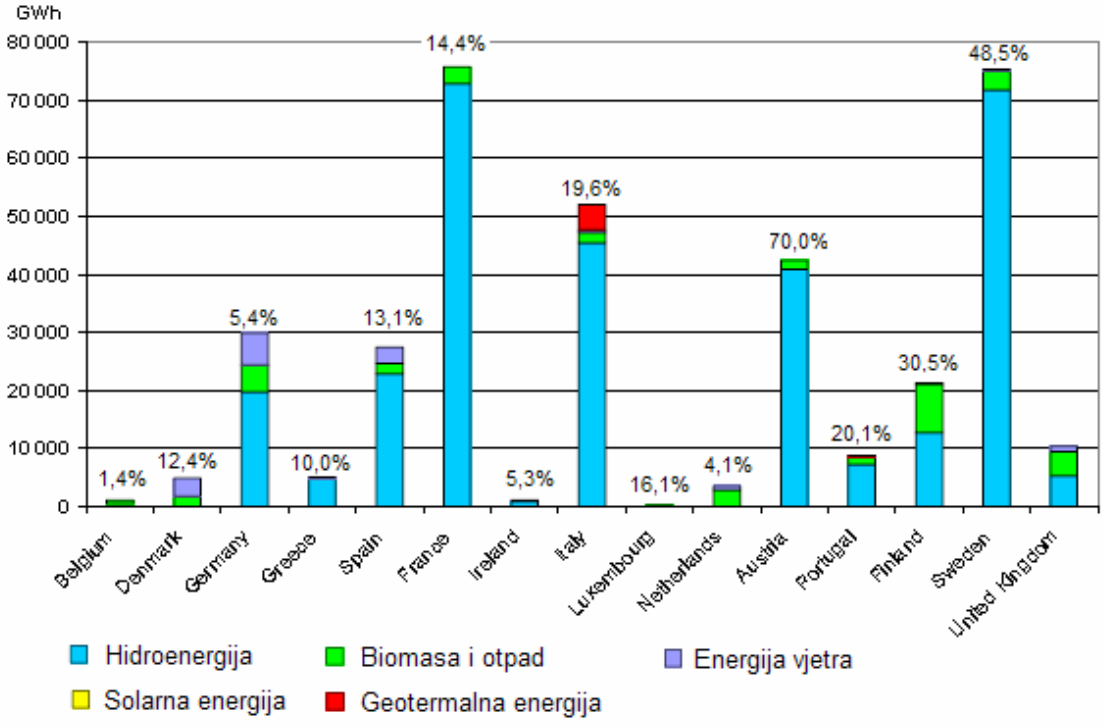
Korištenje biomase za proizvodnju energije raste, naročito u sjevernim zemljama, a 1990. godine udio je dosegao 7,3%.

Obnovljivi izvori se najviše koriste u Švedskoj, Austriji, Finskoj i Portugalu s udjelom potrošnje između 13,1 i 26,9 %. U Danskoj, Italiji, Francuskoj, Španjolskoj i Grčkoj je udjel potrošnje iz obnovljivih izvora između 5 i 9 %. U ostalim zemljama taj je udjel zanemariv.

Ukupna proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora je u EU bila 358,5 TWh u 1999. godini, a to je bilo 14,15% od ukupne potrošnje električne energije, slika 3.2. *[3.2]*



Slika 3.1. Ukupna potrošnja energije iz obnovljivih izvora u EU po godinama



Slika 3.2. Postotak proizvodnje el. energije iz obnovljivih izvora u EU u 1999. godini

Trenutna predviđanja o ukupnoj potrošnji energije iz obnovljivih izvora za 2010. i 2020. godinu su dana u tablici 3.2. U 2020. godini očekuje se da će 20% ukupne energije biti proizvedeno iz obnovljivih izvora.

Tablica 3.2. Udjel obnovljivih izvora energije u EU-15 do 2020. godine (Mtoe) [2.2]

	2000.		Cilj 2010.		Cilj 2020.	
Vrsta energije	Mtoe	% od ukupno	Mtoe	% od ukupno	Mtoe	% od ukupno
1.Vjetar	1,92	0,13	14,4	0,91	38	2,4
2.Hidro	27,6	1,9	30,6	1,94	33	2,1
3.Fotonapon	0.01	-	0,3	0,02	3,6	0,2
4.Biomasa	54,5	3,37	125,5	7,96	205	13,0
5.Geotermalna	3,32	0,22	6,2	0,4	12,4	0,8
6.Sunce-toplina	0,38	0,02	3	0,2	24	1,5
UKUPNO	87,8	6,0	180	11,43	316	20

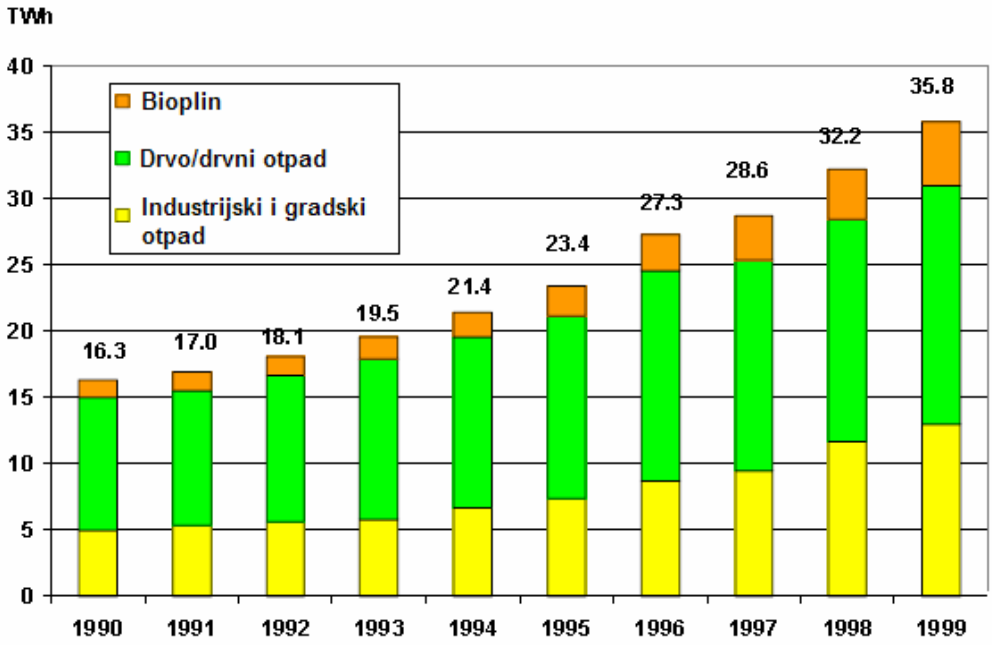
(Mtoe-milijuna tona ekvivalenta nafte (*engl. Million Tons of Oil Equivalent*))

3.1.1. Kruta biogoriva

Europska unija je u 2003. god. zadovoljavala 4% svojih energetskih potreba biomasom. Ako bi koristila sve svoje potencijale, mogla bi do 2010. godine udvostručiti korištenje (sa 69 Mtoe u 2003. na oko 185 Mtoe u 2010.) primjenom suvremenih poljoprivrednih metoda, osiguravanjem održive proizvodnje biomase i bez značajnog utjecanja na proizvodnju hrane.

Mjerama koje se poduzimaju, očekuje se u 2010. godini ukupni udio obnovljivih izvora od oko 12 %. U proizvodnji biogoriva potrebno je ostvariti 5,75%. [3.3]

Udjel biomase u proizvodnji električne energije u EU u periodu 1990. do 1999. godine, podijeljen prema izvorima na drvo i otpad od drveta, industrijski i gradski otpad te bioplin, prikazan je na slici 3.3. [3.2]



Slika 3.3. Proizvodnja električne energije iz biomase u EU u periodu od 1990. do 1999. godine

Stalni porast proizvodnje električne energije iz krutih biogoriva nastavljen je pa je u 2004. godini iznosio 38 TWh a u 2005. godini 44,1 TWh, što je povećanje od 16%. [3.4]

Prema raznim ekonomskim i znanstvenim studijama povećanje korištenja biomase donijet će sljedeće koristi u 2010. godini:

- raznovrsnost dobave energije u EU, povećanje udjela obnovljivih izvora energije za 5% i smanjenje ovisnosti o uvezenoj energiji s 48 na 42%
- smanjenje emisije stakleničkih plinova od 209 milijuna tona CO_2eq godišnje
- direktno zapošljavanje 250 do 300 tisuća ljudi, pretežno u ruralnim predjelima (pod pretpostavkom da se 70-90% biomase proizvodi u Europi)
- smanjenje cijene nafte, kao rezultat manje potražnje za naftom.

Koristi se također mogu očekivati i zbog tehnološkog vodstva EU u ovom sektoru i to bez popratnih pojava zagađenja i uništavanja okoliša.

3.1.2. Tekuća biogoriva

Trenutačno se u EU koriste dvije vrste tekućih biogoriva: bioetanol i biodizel.

Bioetanol ima udio od 19,5% u proizvodnji biogoriva u EU. U 2006. godini proizvodnja mu je iznosila oko 1.186.000 t, dok je u istoj godini Španjolska kao najveći proizvođač u EU proizvela 317.000 t. Najveći porast u odnosu na 2005. godinu imala je Njemačka, s proizvodnjom od

315.760 t ili povećanjem od 263% i Francuska s proizvodnjom 234.306 t ili povećanjem od 234%. U tablici 3.3 prikazana je proizvodnja bioetanola u EU u periodu 2004. do 2006. godine.

Tablica 3.3. Proizvodnja bioetanola u EU u periodu od 2004. do 2006. godine (t) [3.4]

Država	**2004.**	**2005.**	**2006.**
Španjolska	202.354	240.000	317.000
Švedska	56.529	130.160	57.600
Njemačka	20.000	120.000	315.760
Francuska	80.887	99.780	234.306
Poljska	38.270	68.000	104.000
Finska	3.768	36.800	0
Mađarska	0	11.840	4.818
Litva	0	6.296	14.400
Nizozemska	11.146	5.971	11.680
Republika Češka	0	1.120	13.200
Latvija	9.800	960	9.600
UKUPNO EU (t)	**422.754**	**720.927**	**1.185.524**

Biodizel je najvažnije biogorivo u EU, s proizvodnjom od 4.890.000 t u 2006. godini. Ta je proizvodnja veća za 1.706.000 t od one u 2005. godini, što predstavlja povećanje od 53,6% (tablica 3.4). Njemačka je proizvela 53,4% od ukupne količine ili 2.662.000 tona u 2006. godini, što predstavlja povećanje od 59,5% u odnosu na prethodnu godinu.

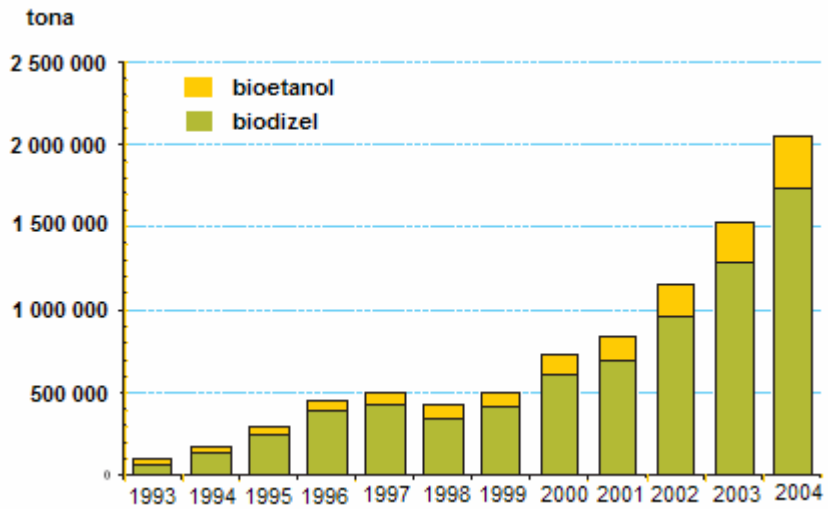
Tablica 3.4. Proizvodnja biodizela u zemljama EU u periodu od 2004. do 2006. godine (t) [3.5]

Država	**2004.**	**2005.**	**2006.**
Njemačka	1.035.000	1.669.000	2.662.000
Francuska	348.000	492.000	743.000
Italija	320.000	396.000	447.000
Republika Češka	60.000	133.000	107.000
Poljska	0	100.000	116.000
Austrija	57.000	85.000	123.000
Slovačka	15.000	78.000	82.000
Španjolska	13.000	73.000	99.000
Danska	70.000	71.000	80.000
Velika Britanija	9.000	51.000	192.000
Slovenija	0	8.000	11.000
Estonija	0	7.000	1.000
Litva	5.000	7.000	10.000
Latvia	0	5.000	7.000

Tablica 3.4. Proizvodnja biodizela u zemljama EU u periodu od 2004. do 2006. godine (t) [3.5] *– nastavak*

Država	**2004.**	**2005.**	**2006.**
Grčka	0	3.000	42.000
Malta	0	2.000	2.000
Belgija	0	1.000	25.000
Švedska	1.400	1.000	13.000
Cipar	0	1.000	1.000
Portugal	0	1.000	91.000
Nizozemska	0	0	18.000
Rumunjska	0	0	10.000
Bugarska	0	0	4.000
Irska	0	0	4.000
UKUPNO EU	**1.933.400**	**3.184.000**	**4.890.000**

Europska unija nije dosegla planiranu proizvodnju od 2% udjela tekućih biogoriva u 2005. godini (vidi tablicu 3.7). Prema Europskoj direktivi o promociji upotrebe biogoriva u prometu (2003/30/EC), cilj Unije je 5,75% u 2010. godini. Za taj cilj potrebna je površina od 10 milijuna hektara za 15 zemalja Unije ili 17 milijuna hektara (170.000 km^2) na bazi 25 zemalja članica. Za usporedbu, u EU-25 ima 82,4 milijuna hektara oranica. [3.6]



Slika 3.4. Proizvodnja biogoriva u EU od 1993. do 2004. godine (EU25) [3.7]

Za implementaciju direktive, mnoge se zemlje članice oslanjaju na odredbu direktive 2003/96/EC od 27.10.2003. kojom se preporučuje oslobađanje od poreza. Mnoge zemlje članice zahtijevaju od distributivnih kompanija obavezno uključivanje određenog postotka biogoriva u gorivo koje stavljaju na tržište. Njemačka je postigla veliko povećanje proizvodnje

vrlo povoljnom poreznom politikom za biodizel i njegove mješavine. Zbog velikog povećanja cijene goriva od 1.9.2006. uvela je porez od 0,10 € za čisti odnosno 0,15 € za litru mješavine biodizela. Od 1.1.2007. godine stupio je na snagu u Njemačkoj kvotni režim za biogoriva (*engl. Biofuel Quota Act*), s kojim je nastupilo postepeno smanjenje poreznih olakšica za biodizel i biljna ulja (tablica 3.5) [3.8].

Tablica 3.5. Stopa poreza za biogoriva u Njemačkoj [3.8]

	Stopa poreza za biodizel (centa / l)	**Stopa poreza za biljna ulja (centa / l)**
2007.	9	0
2008.	15	10
2009.	21	18
2010.	27	26
2011.	33	33
od 2012.	45	45

Francuska je uspostavila vrlo ambiciozan plan za biogoriva do 2015. godine, prema kojem planira ostvariti 5,75% biogoriva u prometnom sektoru do 2008. godine, odnosno 7% do 2010. i 10% do 2015. godine.

Sve navedene mjere će pojednostavniti uvođenje biogoriva druge generacije u zemljama EU.

3.2. Potencijal proizvodnje biomase u EU

Tablica 3.6 sadrži procjenu potencijala EU-a za proizvodnju biomase za energetske svrhe. Ove procjene su konzervativne zato što su bazirane na sljedećim pretpostavkama:

- nema utjecaja na proizvodnju hrane za vlastitu upotrebu
- nema porasta utjecaja na trenutno korištene poljoprivredne površine
- nema porasta pritiska na okoliš kroz resurse zemlje i vode
- nema korištenja prethodno trajnih pašnjaka
- prelazak na ekološku zemljoradnju, s nekim površinama ostavljenim neobrađenim za ekološku proizvodnju
- stopa iskorištavanja šuma je prilagođena ravnoteži lokalnih hranjiva zemlje i riziku od nastanka erozije.

Tablica 3.6 prikazuje količinu biomase korištene za energetsku upotrebu u EU u 2003. godini i procijenjene potencijale u 2010., 2020. i 2030. godini. Ukupan potencijal za 2010. godinu je 2,5 puta veći od onog iz 2003. Potencijal za 2020. godinu je 3 do 3,5 puta veći a potencijal za 2030. godinu je 3,5 do 4,5 puta veći od onog iz 2003. godine. Šumarstvo, korištenje otpada i zemljoradnja zajedno čine veliki doprinos tom porastu potencijala. Povećanje od šumarstva dolazi od povećanja kako godišnjeg prirasta tako i od ostataka. Povećanje od poljoprivrede će se postići reformom trenutne poljoprivredne politike.

Tablica 3.6. Proizvodnja biomase u EU (Mtoe) [3.9]

Mtoe	**Proizvodnja biomase u 2003.**	**Potencijal 2010.**	**Potencijal 2020.**	**Potencijal 2030.**
Drvo iz šuma (prirast i otpaci)	67	43	39 - 45	39 - 72
Organski otpaci, otpaci iz drvne industrije, otpaci od zemljoradnje i proizvodnje hrane, gnojivo		100	100	102
Poljoprivredni energetski usjevi	2	43 - 46	76 - 94	102 - 142
UKUPNO	**69**	**186 - 189**	**215 - 239**	**243 - 316**

* Zbog nedostataka podataka ova tablica obuhvaća zemlje EU-25 (bez Rumunjske i Bugarske)

3.3. Prometna biogoriva u EU

Europska komisija je istaknula 2001. godine tri vrste alternativnih goriva za cestovni promet kao najvažnija i to: biogoriva, prirodni plin i vodik.

Tržišni udjel biogoriva je narastao od 0,2% u 2000. godini na 0,8% u 2004. Oko 90% potrošnje biogoriva pokriveno je domaćim sirovinama, a 10% iz uvoza. Od 97 milijuna hektara oranica u EU25 zemljama 1,8 milijuna hektara se u 2005. godini koristilo za proizvodnju sirovina za biogoriva. Udjel biodizela u ukupnoj potrošnji biogoriva je ostao na razini od 70 do 80%.

Povećanje cijene nafte i povećanje interesa na novim tržištima za poljoprivredne proizvode u svjetlu reforme poljoprivredne politike doveli su do većeg uvažavanja prednosti biogoriva na europskoj razini.

Biogoriva druge generacije iz drveta i otpada trenutno su skuplja od biogoriva prve generacije iz poljoprivrednih usjeva i još nisu potpuno u upotrebi za komercijalne svrhe. Koristi od biogoriva prve generacije su već vidljive, a koristi od biogoriva druge generacije će biti vidljive tek iza 2010. godine.

Tablica 3.7. Progres penetracije biogoriva na nacionalnoj razini u EU [3.10]

Zemlja članica	Postignuti udjel tržišta 2003. godine	Ostvareno u 2005. godini	Povećanje za period 2003. - 2005. godine
Austrija	0.06%	2.5%	+2.44%
Belgija	0	2%	+2%
Cipar	0	1%	+1%
Republika Češka	1.12%	3.7% (2006)	+ 1.72%
Danska	0	0%	+0%
Estonija	0	2%	+2%
Finska	0.1%	0.1%	+0%
Francuska	0.68%	2%	+1.32%
Njemačka	1.18%	2%	+0.82%
Grčka	0	0.7%	+0.7%
Mađarska	0	0.4-0.6%	+0.4-0.6%
Irska	0	0.06%	+0.06%
Italija	0.5%	1%	+0,5%
Latvija	0.21%	2%	+1.79%
Lihtenštajn	0	2%	+2%
Luksemburg	0	0%	0%
Malta	0.02%	0.3%	+0.28%
Nizozemska	0.03%	2% (2006)	+0% (promocijske mjere od 2006)
Poljska	0.49%	0.5%	+0.01%
Portugal	0	2%	+2%
Republika Slovačka	0.14%	2%	+1.86%
Slovenija	0	0.65%	+0.65%
Španjolska	0.76%	2%	+1.24%
Švedska	1.32%	3%	+1.68%
Velika Britanija	0.03%	0.3%	+0.27%
EU25	**0.6%**	1.4%	**+0.8%**

3.4. Oslobađanje od poreza i obveze korištenja biogoriva

Zemlje Europske Unije koriste dva alata za implementaciju direktive za biogoriva: oslobađanje od poreza i obveze korištenja biogoriva.

3.4.1. Oslobađanje od poreza

Zemlje članice su napravile dobar potez korištenjem fiskalne politike za promociju biogoriva. Direktiva za oporezivanje energije (2003/96/EC od 27.10.2003.) uspostavila je okvir za dosljedno oslobađanje od poreza.

Članak 15 direktive kaže da zemlja članica može umanjiti poreze na biogoriva ili ih potpuno ukinuti bez prethodnog odobrenja Komisije, sve dok se poštuju sljedeći strogi uvjeti.

Smanjenje poreza ili ukidanje ne može biti veće od iznosa poreza koji bi inače bio plaćen za volumen biogoriva prisutan u proizvodu (mješavini). Nadalje, smanjenje poreza ili njegovo izbjegavanje uvedeno od zemalja članica EU mora biti primijenjeno u skladu s promjenama cijene sirovinskog materijala, kako bi se osiguralo da smanjenje ne dovede do većeg podmirenja dodatnih cijena proizvodnje biodizela. Fiskalne prednosti darovane za gorivo iz obnovljivog izvora ne mogu prijeći razliku između cijene tog goriva i odgovarajućeg fosilnog goriva.

Oslobađanje od poreza može dovesti do sljedeća tri problema:

1. Rizik nepotrebno velikih troškova za državu i nepotrebno velikih plaćanja poduzetnika. Proizvođači biogoriva imaju različite troškove, ali u sustavu oslobađanja od poreza svi dobivaju jednaku razinu odštete. Ako je razina odštete dostatna za proizvođače s visokim troškovima da dođu na tržište, postoji rizik da su odštete za proizvođače s nižim troškovima prevelike. Europska komisija trenutno istražuje više mogućnosti, uključujući određivanje odštete ovisno o korištenoj sirovini.

2. Nedovoljna sigurnost investitora. Direktiva o oporezivanju energije ograničila je period oslobađanja od poreza na šest godina. Zemlje članice EU trebaju razmotriti mjere koordiniranog pristupa za postizanje pozitivne investicijske klime, korištenjem mogućnosti za šestogodišnji period smanjenja poreza te pravovremeno produženje perioda. Konzultacije s dioničarima su dovele do zaključka da je i ovaj period sigurnosti prekratak za neke investicije, naročito za biogoriva druge generacije.

3. Neke od zemalja članica koriste otvoreni pristup potpora dostupan svima, a druge imaju kvotni pristup, ograničavajući količinu biogoriva koje će biti oslobođeno plaćanja poreza i time odabira tvrtki koje će imati koristi od toga.

3.4.2. Obveze korištenja biogoriva

Trenutno je povećan interes zemalja članica EU za primjenu obveze korištenja biogoriva, time što kompanije koje isporučuju gorivo moraju dodavati određeni postotak biogoriva u standardno gorivo ili će biti prisiljene plaćati penale. Obveza je na snazi u Francuskoj, Austriji i Sloveniji od 2006. a u Češkoj i Nizozemskoj od 2007. godine.

Obveze pružaju mnoge prednosti. Odgovornost za problem povećane ovisnosti o nafti se upućuje na sektor kamo i pripada te utječe samo na neznatno povećanje cijene goriva. Daju se

poticaji tvrtkama za isporuku goriva za poticanje smanjenja cijena biogoriva. Time se potiče razvoj biogoriva druge generacije, a i stabilnost ulaganja.

3.5. Alati za kontrolu ravnoteže između domaće proizvodnje i uvoza

U slučaju bioetanola glavni alat za kontrolu ravnoteže je plaćeni porez. Očekuje se da će cijena bioetanola proizvedenog u EU u 2010. godini biti oko 900 EUR/t. Trenutna cijena je veća jer su postrojenja uglavnom mala. Najjeftiniji uvezeni bioetanol iz Brazila može se kupiti u Europi za oko 680 EUR/t. Uvozni bioetanol je opterećen carinama od 0 (za uvoz iz određenih zemalja ili pod određenim uvjetima) pa do 376 EUR/t. Vidi se da je uvezeni etanol jeftiniji od Europskog ako se ne plaćaju carine, a skuplji ako se plaćaju maksimalne carine. U slučaju ukidanja carina cijena domaćeg bioetanola bi bila nekonkurentna i proizvođači bi otpali s tržišta.

Uvoz biodizela ili biljnih ulja kao sirovine vrši se s malom carinom ili bez carine.

Ulje uljane repice proizvedeno u EU je konkurentno na svjetskom tržištu, dok su uvezena ulja od soje i palmino ulje jeftiniji. Nadalje, biodizel proizveden od ova dva ulja ne zadovoljava normu EN 14214. Biodizel proizveden od uljane repice zadovoljava normu čak i ako se miješa s druga dva ulja u koncentraciji do 25%.

Europska komisija vjeruje da se granice u normi EN 14214 mogu prilagoditi te da se dozvoli veća količina drugih ulja (do 50%) za proizvodnju biodizela.

Postoje tri teoretska scenarija za ocjenu količine uvoza biogoriva:

1. minimalni udio uvoza
2. maksimalni udio uvoza
3. uravnoteženi pristup.

Scenarij 1: Minimalni udio uvoza

Prva točka za ocjenu je tehnička izvedivost ove mogućnosti, te da li je dovoljna raspoloživa zemlja za proizvodnju potrebnih usjeva.

Europska komisija procjenjuje da je za ostvarivanje udjela od 5,75% goriva iz biogoriva do 2010. godine potrebno 18,6 Mtoe biogoriva. Većina domaće proizvodnje može doći iz tri usjeva: šećerne repe i žitarica (za bioetanol) i uljane repice (za biodizel). Prosječna proizvodnja biogoriva po hektaru varira ovisno o usjevu, zemlji i klimatskim uvjetima. U tablici 3.8. prikazani su pretpostavljani prosjeci.

Na bazi ovih podataka može se procijeniti da je potrebno oko 17 milijuna hektara poljoprivredne zemlje u EU da bi se zadovoljile potrebe iz vlastite proizvodnje. Ukupna površina oranica u EU je 97 milijuna hektara.

Tablica 3.8. Prosječna proizvodnja biogoriva u Europi iz raznih izvora

Sirovina za proizvodnju biogoriva	Prosječna proizvodnja (t/ha)
Šećerna repa	2.9
Žitarice	0.9
Uljana repica	1.1

Procjenjuje se da EU ima tehničke mogućnosti za ciljanu proizvodnju u 2010. godini, uzimajući u obzir potrebu rotacije sadnje uljane repice.

Postojeći trgovinski aranžmani i Svjetska trgovinska organizacija neće dopustiti EU zabranu uvoza biogoriva i sirovina za njegovu proizvodnju. Oni se trenutno uvoze i nema prijedloga za povećanjem zaštitnih carina na njih. Zbog toga je scenarij od 100% domaće proizvodnje isključivo teoretski i nije moguć u praksi.

Scenarij minimalnog uvoza ima dva nedostatka. Prvi je taj da bi tržište hrane i biogoriva u EU povećalo cijene sirovinskog materijala i to naročito žitarica i uljane repice koje se trenutno prodaju na svjetskom tržištu. Drugi razlog je da bi se smanjio interes za proizvodnjom biogoriva drugdje u svijetu i paralelno s time došlo bi do zastoja u razvoju industrije biogoriva koja može biti značajnim pokretačem razvoja zemalja u razvoju.

Scenarij 2: Maksimalni udio uvoza

Europska komisija vjeruje da se ispravnim pristupom uvoz biljnih ulja može zadržati na oko 50% tržišta biodizela, s time da bi se većina prerade nastavila obavljati u EU.

Uklanjanjem svih taksi na bioetanol, EU bi osigurala da se maksimalni udio potrošnje etanola osigura iz uvoza. Smatra se da bioetanol proizveden u Europi neće moći konkurirati cijenom bioetanolu proizvedenom od šećerne trske u tropskim zemljama. Zbog toga se planira 100% potrošnje etanola u EU pokriti uvozom i domaće proizvodnje bioetanola ne bi bilo.

Pod pretpostavkom da će 56% potrošnje biogoriva biti biodizel (trenutni omjer potrošnje benzina i dizela), proizlazi da će uvezena biogoriva ili njegove sirovine pokrivati 70% tržišta biogorivima u EU.

Za biodizel ovaj pristup ima prednosti jer će i proizvođači u EU i zemlje u razvoju imati koristi od povećanja potrošnje biogoriva u EU. Uz to će se očuvati industrijska proizvodnja u EU.

Opravdana je zabrinutost da povećana proizvodnja biljnih ulja (sojino i palmino) u zemljama u razvoju može prouzročiti uništenje šuma. Zbog toga je prilikom proizvodnje sirovina za biogoriva potrebno kontrolirati utjecaj na okoliš.

Za ruralna područja EU ovaj scenarij nije povoljan jer će cijena uvoznog bioetanola biti 25% niža i neće biti razvoja ruralnih predjela. Bit će i smanjena sigurnost isporuke jer Europa neće imati prednosti od razvoja novog domaćeg izvora goriva. Nadalje, ako ne bude domaćeg razvoja proizvodnje bioetanola, domaći proizvođači će se okrenuti proizvodnji biodizela i na taj način izgurati proizvođače iz zemalja u razvoju.

Scenarij 3: Uravnoteženi pristup

Europska komisija vjeruje da će srednji pristup osigurati izbjegavanje negativnosti prva dva scenarija.

Ovaj pristup treba imati pet elemenata:

1. Izmjena norme EN14214 kako bi se olakšalo korištenje više raznih biljnih ulja za proizvodnju biodizela, do izvodljivih granica bez značajnih loših posljedica na karakteristike goriva.

2. Osigurati takve uvjete pristupa tržištu za uvozni bioetanol koji nisu lošiji od onih koji su osigurani trgovinskim ugovorom koji je trenutno u upotrebi.

3. Pratiti uravnoteženi pristup novim pregovorima o slobodnoj trgovini sa zemljama proizvođačima etanola. EU mora poštovati interese domaćih proizvođača i trgovinskih partnera EU-a, u okviru rastuće potrebe za biogorivima.

4. Uputiti izdavanje izmjena Direktive o biogorivima tako da mogu opstati samo biogoriva čije se sirovine uzgajaju u skladu s minimalnim standardima održivosti.

5. Podržati zemlje u razvoju u proizvodnji biogoriva.

Sustav certifikata treba upotrijebiti na nediskriminirajući način za domaća i uvozna biogoriva. Naročito nediskriminirajući mora biti u odnosu na zahtjeve Svjetske trgovinske organizacije. Sustav mora biti razvijen u skladu s inicijativama za certifikaciju poljoprivrednih i šumarskih proizvoda i može zahtijevati potporu EU-a u svojem predstavljanju. Potencijalni utjecaj na zemlje u razvoju mora se uzeti u obzir prije nego što se predstavi bilo koji sustav certifikacije.

4. PROIZVODNJA BIODIZELA

Rudolf Diesel je 27.2.1892. predao zahtjev, a sljedeće godine je dobio patent u Njemačkoj za novi efikasni toplinski stroj. 1893. godine je izradio svoj prvi model koji je imao stupanj djelovanja od 26% što je bilo više nego dvostruko od tadašnjeg parnog stroja. Konačno, u veljači 1897. godine pokrenut je prvi motor pogodan za praktičnu upotrebu. Diesel je demonstrirao svoj stroj pokretan uljem kikirikija na Svjetskoj izložbi u Parizu 1898. [4.1]

Značajna je i izreka Rudolfa Diesela iz 1912. godine: “Korištenje biljnih ulja kao goriva za motore danas se čini nevažno. Ali takva ulja bi mogla postati s vremenom jednako važna kao proizvodi od nafte i ugljena u današnje vrijeme”

Goriva dobivena iz fosilnih izvora su ubrzo postala dostupna u ogromnim količinama po niskim cijenama te je interes za biljnim uljima nestao.

Naftna kriza 1970-ih i povećanje ekološke svijesti doveli su do ponovnog otkrivanja biljnog ulja kao alternative za goriva na bazi nafte.

Prilikom korištenja biljnih ulja trebalo je riješiti sljedeće probleme:

- Biljna ulja imaju 10 do 20 puta veću viskoznost od suvremenih fosilnih goriva. To uzrokuje loše rasprskavanje goriva i kao posljedicu toga nepotpuno izgaranje.
- Ekstremno visoka točka paljenja biljnih ulja i njihova tendencija toplinskoj i oksidacijskoj polimerizaciji vodi stvaranju nakupina na sapnicama i razrjeđivanju ulja za podmazivanje motora. Zbog ovih problema dugotrajni pogon biljnim uljima ili mješavinama s mineralnim gorivima brzo dovodi do oštećenja motora.

Rješenje ovog problema je moguće ili prilagodbom motora gorivu ili prilagodbom goriva motoru, koja je pogodnija. Transesterifikacija s alkoholima se pokazala kao idealna tehnologija i termin "biodizel" se danas koristi samo za proizvode dobivene ovom tehnologijom.

Metilni ester biljnog ulja je u novije doba po prvi puta bio primjenjen kao zamjena za dizelsko gorivo 1980. godine. U isto vrijeme metilni ester repičinog ulja (RME, *engl. rapeseed oil methyl esters*) je proizveden i testiran kao dizelsko gorivo na Tehničkom univerzitetu u Grazu.

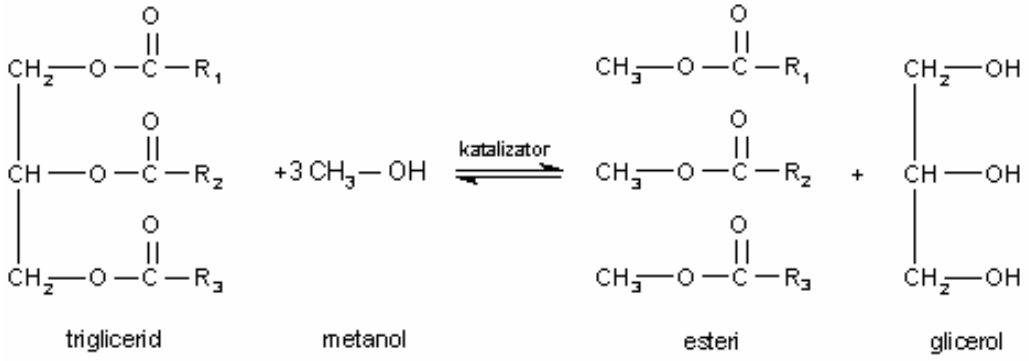
Prvo industrijsko postrojenje za RME je počelo s radom 1991. godine u Aschachu u Austriji, a 1996. dva velika industrijska postrojenja počela su s radom u Rouenu u Francuskoj i u Leeru u Njemačkoj.

4.1. Kemijski princip transesterifikacije

Najjednostavnija formula proizvodnje biodizela iz masti i ulja je sljedeća:

100 kg ulja + 10 kg metanola → 100 kg biodizela + 10 kg glicerola

Ova formula je pojednostavljena formula reakcije transesterifikacije.



Slika 4.1.Transesterifikacija triglicerida s alkoholom (metanol)

Strukturu ulja čine više masne kiseline (na slici 4.1 prikazane kao $OOC{-}R_1$, $OOC{-}R_2$ i $OOC{-}R_3$) koje su preko atoma kisika vezane na glicerol i zajedno s njim tvore spoj koji se naziva triglicerid.

Kemijska reakcija dobivanja biodizela temelji se na reakciji viših nezasićenih masnih kiselina i alkohola (najčešće metanol – CH_3OH) uz prisutnost alkalnih katalizatora (NaOH ili KOH). Ta reakcija se naziva transesterifikacija, u kojoj jedna molekula triglicerida reagira s tri molekule alkohola. Svaka molekula triglicerida otpušta postupno iz svoje strukture tri molekule masnih kiselina. Tri oslobođene molekule masnih kiselina iz jedne molekule triglicerida reagiraju s alkoholom, pri čemu nastaju tri molekule alkilnih estera masnih kiselina (npr. metil ester masnih kiselina – *FAME*), te jedna molekula glicerola kao nusproizvoda.

Zbog pomicanja ravnoteže reakcije u smjeru produkata (veća konverzija sirovina u biodizel), alkohol (metanol), kao reaktant dodaje se u suvišku u odnosu na stehiometrijski odnos reaktanata. Kemijska reakcija mora biti katalizirana kako bi se postigla visoka konverzija pri relativno blagim reakcijskim uvjetima.

Istraživanja kinetike reakcije transesterifikacije su pokazala da je prvi stupanj reakcije, u kojem jedna molekula triglicerida i metanola tvore jednu molekulu diglicerida i metilnog estera, najsporiji, odnosno da je taj korak "usko grlo procesa" . Prilikom određivanja reda reakcije mora se uzeti u obzir da reakcijska mješavina nije homogena tijekom cijelog procesa transesterifikacije. Reakcija je upravo iz tih razloga na svom početku spora dok se ne uspostavi

potpuno homogeni sustav, a nakon toga je vrlo brza i slijedi kinetiku reakcije drugog reda, sve do pred kraj kada gotovo potpuno usporava [4.2].

4.2. Sirovine za proizvodnju biodizela

4.2.1. Ulja i masti

Četiri su najčešća izvora za proizvodnju biodizela: uljana repica s udjelom oko 85%, zatim slijede suncokretovo ulje, sojino ulje i palmino ulje (slika 4.2). Ostali izvori su laneno ulje, životinjske masti i ulja i otpadno jestivo ulje.

a) uljana repica

b) suncokret

c) soja

d) palma (palmino ulje)

Slika 4.2. Najčešće korištene sirovine za proizvodnju biodizela

Informacije o sastavu masnih kiselina, sadržaju joda i tipičnom prinosu po hektaru vide se u tablici 4.1. Masne kiseline koje sačinjavaju trigliceride prikazane su s dva broja, razdvojena dvotočkom. Prvi broj označava broj ugljikovih atoma od kojih je sačinjena molekula a drugi označava broj dvostrukih veza između susjednih atoma ugljika u molekuli masne kiseline.

Tablica 4.1. Sastav masnih kiselina najčešćih sirovina za proizvodnju biodizela [4.2]

	12:0 mas %	14:0 mas %	16:0 mas %	18:0 mas %	18:1 mas %	18:2 mas %	18:3 mas %	Ostale masne kiseline (mas %)	Sadržaj joda (g I_2)	Tipični prinos (kg/ha)
Repičino ulje (Brassica napus)								C 20:1; 1-2 C 22:0; 0,5		
Low-erucic acid	-	-	3-5	1-2	55-65	20-26	8-10	C 20:0; 1 C 20:1; 7-9	96-117	1000
High-erucic acid	-	-	2-4	1-2	14-18	13	8-10	C 22:1; 45-52 C 24:1: 1	98-108	-
Sojino ulje (Glycine max)	-	-	11-12	3-5	23-25	52-56	6-8	-	121-143	375
Suncokretovo ulje (Helianthus annuus)	-	-	6	3-5	17-22	67-74	-	C 22:0; 0.6	127-142	800
High-oleic acid	-	-	4	4	78	13	-		85	-
Palmino ulje (Elaeis guineensis)	0,5	1-2	40-48	4-5	37-46	9-11	0,3	C 20:0; 0.3	53-57	5000
Palm olein	0,5	1	31.5	3	49	14	0,3	C 20:0; 0.4	-	-
Palm stearin	0,3	1,5	62	5	24,5	6	0,.3	C 20:0; 0,4	-	-

4.2.1.1. Repičino ulje

Repičino ulje (*lat. Brassica napus L.ssp. oleifera*).

Zbog visokog sadržaja monozasićenih masnih kiselina i niskog sadržaja zasićenih i polizasićenih kiselina te zbog karakteristika izgaranja, oksidacijske stabilnosti i ponašanja pri niskim temperaturama ovo je idealna sirovina za proizvodnju biodizela. Repičino ulje je najčešća sirovina za proizvodnju biodizela u Europi s dugom tradicijom u proizvodnji.

Od 1960. godine u upotrebi je kultivar "Canola" s reduciranom razinom eručne kiseline i glukosinolata. Danas je najpopularnija vrsta "dvostruka nula - 00" u kojoj je manje od 2% eručne kiseline i razina glukosinolata je ispod 30 μmol/g .

Uljana repica sadrži 40-45% ulja, 20-25% proteina i 25% ugljikohidrata. [4.3]

Ozima uljana repica ima godišnji prinos oko 3 t/ha a proljetna oko 2,1 t/ha.

Uljana repica se može uzgajati na istom polju samo svake treće ili četvrte godine zbog ekonomskih i ekoloških razloga (plodored). [4.4]

4.2.1.2. Suncokretovo ulje

Suncokretovo ulje (*lat. Helianthus annuus*) je druga po redu sirovina u Europi za proizvodnju biodizela (Španjolska, Italija i Grčka). U južnim krajevima Europe uzgaja se zato što je prinos

uljane repice tamo manji. Visoki sadržaj linolenske kiseline ograničava mogućnost korištenja suncokretovog ulja za proizvodnju goriva. Također i vrijednost joda je veća od 120 g I_2/100 g propisane normom EN 14214 (vidi tablicu 6.2).

4.2.1.3. Sojino ulje

Sojino ulje (*lat. Glycine max*) je glavna sirovina za proizvodnju biodizela u SAD, a i najčešće proizvedeno ulje u svijetu. Slično kao i kod suncokretovog ulja sadržaj joda je veći od 120 g I_2/100 g i time se ograničava korištenje čistog metilnog estera sojinog ulja kao goriva prema normi EN 14214.

4.2.1.4. Palmino ulje

Palmino ulje (*lat. Elaeis guineensis*) je najvažnija sirovina za biogoriva u jugoistočnoj Aziji.

Glavna prednost palminog ulja je veliki prinos i umjerena cijena u usporedbi s ostalim jestivim biljnim uljima. Nedostatci su mu visok udio slobodnih masnih kiselina i vrlo visoka viskoznost pri niskim temperaturama (začepljenje filtra pri temperaturama ispod +11°C).

4.2.1.5. Životinjske masti i ulja

Životinjske masti i riblja ulja su nusproizvodi prehrambene i prerađivačke industrije (goveđi loj, svinjsko salo i riblje ulje). Glavna prednost im je niska cijena. Imaju visoku razinu zasićenja koja ih čini odličnim gorivom glede visoke ogrjevne vrijednosti i cetanskog broja. Nedostaci su im niskotemperaturna svojstva pa se koriste kao dodatne sirovine za proizvodnju biodizela.

4.2.1.6. Otpadno jestivo ulje

Vrlo niska cijena (pola cijene novog biljnog ulja) i ekološke prednosti čine ova ulja popularnim izvorom za proizvodnju biodizela. Viskoznost i ostaci ugljika (koksa) metilnog estera otpadnog jestivog ulja su nešto veći nego kod RME. Niskotemperaturna svojstva biodizela od otpadnog jestivog ulja su slabija nego kod RME i potrebno ga je tijekom hladnijeg perioda miješati s fosilnim dizelom.

Nusproizvodi industrije proizvodnje jestivih ulja mogu se koristiti kao sirovine za proizvodnju biodizela (prerada riže, palme i soje).

4.2.2. Alkoholi

Najčešće korišteni alkoholi za transesterifikaciju su metanol i etanol. Viša cijena i složeniji procesi proizvodnje isključuju više alkohole, iako su njihovi esteri po niskotemperaturnim svojstvima puno bolji od metilnih estera.

Prednost etanola nad metanolom je i njegova manja otrovnost i povoljniji utjecaj na okolinu, te viša ogrjevna vrijednost proizvedenog biodizela. No, proces s etanolom je energetski zahtjevniji zbog reakcijskih uvjeta i kasnijeg odvajanja estera od glicerola, tako da se u velikoj većini komercijalnih procesa koristi metanol.

Prednosti metanola u odnosu na više alkohole su:

- niža cijena
- visoka reaktivnost u usporedbi s višim alkoholima
- povoljnija svojstva metilnih estera koji nastaju u pogledu njihove nemješljivosti s glicerolom uslijed čega dolazi do razdvajanja smjese produkata na dvije faze. Povoljna svojstva metilnih estera u konačnici uvelike olakšavaju separaciju produkata i omogućavaju visoku konverziju
- metanol se može lako dobiti u bezvodnom obliku tako da se s metanolom ne unosi voda u proces.

Metanol, ili metilni alkohol, je prvi u homolognom nizu alkohola te je ujedno i najjednostavniji alkohol. Ima malu molekulsku masu, hlapljiv je, bez boje i okusa, i ima vrlo slab miris. S obzirom na činjenicu da je zapaljiv i otrovan, potreban je pojačan oprez u postupanju s njim.

4.2.3. Katalizatori

Teoretski, proces transesterifikacije triglicerida metanolom može se odvijati bez ikakvog katalizatora, pod uvjetom da su reakcijski tlak i temperatura dovoljno visoki. Prednosti takvog procesa bez katalizatora su visoka čistoća dobivenih estera i glicerola kao nusproizvoda, ali znatni nedostaci su nisko iskorištenje procesa, dugotrajnost i puno oštriji reakcijski uvjeti (nakon 10 sati pri 235 °C i 62 bar, konverzija sojinog ulja bila je 85%) [4.5].

Jedna od modifikacija procesa bez katalizatora je i proces koji koristi superkritični metanol kao otapalo za masti, ali taj proces zahtijeva isto tako vrlo oštre reakcijske uvjete (350 °C i 430 bar i veliki molarni omjer metanola prema ulju (42:1). Zbog navedenih nedostataka taj proces još nije pronašao svoju primjenu u industrijskoj proizvodnji biodizela.

U kataliziranim reakcijama transesterifikacije moguće je koristiti lužnate, kisele ili enzimske katalizatore.

4.2.3.1. Kiseli katalizatori

Kiseli katalizator ima prednost da nije osjetljiv na slobodne masne kiseline kao lužnati, i samim time ne zahtijeva stupanj predobrade, no reakcijske brzine su vrlo male (transesterifikacija sojinog ulja, katalizator: 1 mas% koncentrirane H_2SO_4, temperature 65°C, molarni omjer metanol : ulje 30:1, bilo je potrebno 69 sati da konverzija ulja prijeđe vrijednost od 90%). Zbog gore navedenih razloga proces je neekonomičan za komercijalnu upotrebu (predugo trajanje reakcije, preveliki utrošak metanola), i zato se kiselinski katalizatori koriste isključivo u procesima predobrade sirovine, odnosno za smanjenje količine prisutnih slobodnih masnih kiselina. Od kiselih katalizatora, korištenih u istraživanjima i u procesima predobrade sirovine, prevladava koncentrirana sumporna kiselina, kao homogeni katalizator. Nedostaci H_2SO_4 kao katalizatora su sklonost korodiranju te koncentrirana H_2SO_4 dijelom oksidira nezasićene masne kiseline što onda uzrokuje i tamnu boju. U upotrebi su još i različite sulfonske kiseline koje stvaraju manje problema u rukovanju i ne napadaju dvostruke veze u početnim materijalima.

4.2.3.2. Lužnati katalizatori

Lužnati katalizatori se najčešće upotrebljavaju za proizvodnju biodizela.

Njihove prednosti su u tome što omogućavaju blage reakcijske uvjete uz visok stupanj konverzije, a istodobno i relativno kratko vrijeme zadržavanja. Glavni nedostatak te vrste katalizatora je osjetljivost na slobodne masne kiseline, odnosno podložnost reakcijama saponifikacije. Tako se u slučaju kada se za sirovinu koristi otpadno jestivo ulje cijena proizvodnje u postrojenju koje koristi lužnati katalizator povećava zbog potrebe za procesima predobrade kojima će se ukloniti nepoželjni sastojci (slobodne masne kiseline).

Od lužnatih katalizatora uglavnom se koriste kalijeva i natrijeva lužina. Kalijev hidroksid je, u usporedbi s natrijevim pogodniji, jer zbog veće molekulske mase povećava gustoću sloja u kojem se nalazi glicerol. Povećanje gustoće sloja s glicerolom dodatno pospješuje razdvajanje slojeva, što pogoduje izdvajanju glicerola iz smjese produkata. Isto tako zbog smanjene tendencije za stvaranjem sapuna, koja je prisutna kod KOH u odnosu na NaOH, primjenom KOH smanjuju se količine estera otopljenih u fazi koja sadrži glicerol, tako da su i gubitci konačnog proizvoda manji. Ako se za naknadnu obradu lužnate smjese glicerola i katalizatora koristi fosfatna kiselina, prednost KOH je u tome što je sol koja nastaje, kalijev dihidrogen fosfat (K_2HPO_4), vrijedan nusproizvod koji se može koristi kao mineralno gnojivo. S druge strane prednosti NaOH su u tome što je jeftinija, i što reakcije, u kojima se koristi kao katalizator, brže završavaju.

Optimalna koncentracija homogenih lužnatih katalizatora kreće se od 0,5 – 1,0 mas% prema količini sirovine.

4.2.3.2. Enzimni katalizatori

Enzimni katalizatori (enzimi lipaze iz raznih mikroorganizama) predstavljaju zanimljivu alternativu lužnatim katalizatorima, no osjetljivost na promjene reakcijskih uvjeta i na prisutnost određenih nečistoća, kao i složenost samog procesa s takvim katalizatorima, priječe njihovu širu upotrebu.

4.3. Tehnološki proces proizvodnje biodizela

4.3.1. Skladištenje sirovina

Sirovine je potrebno skladištiti u prikladnim spremnicima, pri čemu se najčešće koriste sljedeći konstrukcijski materijali:

- aluminij
- čelik
- teflon
- fluorirani polietilen ili polipropilen.

Ako sirovine za proizvodnju biodizela sadrže masti, spremnike je, ovisno o temperaturi okoline, potrebno dodatno zagrijavati kako bi sirovina bila u tekućem stanju i spremna za proizvodnju. Također, potrebno je zadovoljiti zahtjeve u pogledu čistoće ulaznih sirovina, posebice s obzirom na udio vode i slobodnih masnih kiselina, što ima štetno djelovanje na proces proizvodnje u kojem se koristi lužnati katalizator.

4.3.2. Predobrada ulja

Prije transesterifikacije ulja je potrebno rafinirati kako bi se uklonile nečistoće (fosfati, slobodne masne kiseline, voskovi ili boje).

Prvi korak pročišćavanja koji uklanja fosfate poznat je kao degumiranje. Provodi se dodavanjem vode ulju na 60-90°C i naknadnim centrifugalnim odvajanjem vode od pročišćenog ulja.

Sljedeći korak je smanjenje užegnutog mirisa slobodnih masnih kiselina koji se provodi neutralizacijom s lužinama. Ukoliko je kiselost ulja prevelika (otpadna jestiva ulja) preporučuje

se predesterifikacija s metanolom ili etanolom uz kiseli katalizator. Nakon odvajanja dobivenih estera i neutralizacije rafiniranog ulja može se primijeniti transesterifikacija uz lužnati katalizator.

Izbjeljivanje i deodorizacija su metode za uklanjanje boje i mirisa iz sirovina. Izbjeljivanje se provodi dodavanjem silikagela ili aktivnog ugljena. Mirisi se odvajaju parnom destilacijom.

Dehidracija će ukloniti tragove vode koji su prisutni u mastima i uljima.

4.3.3. Transesterifikacija s metanolom

Proces transesterifikacije predstavlja glavnu fazu u cjelokupnom procesu proizvodnje biodizela. U osnovi postoje dvije vrste procesa:

- šaržni
- kontinuirani.

Šaržni proces je prikladniji za manja postrojenja (kapaciteta proizvodnje 500 – 10.000 tona biodizela godišnje), i zahtijeva jednostavniju, a samim time i jeftiniju procesnu opremu. Za veća postrojenja (od 30.000 tona godišnje na više) kontinuirani proces proizvodnje biodizela se pokazuje ekonomičnijim od šaržnog, unatoč složenijoj i skupljoj procesnoj opremi, te dodatnom trošku koji predstavlja sustav za vođenje. Za kontinuirani proces vrlo je bitno osigurati dovoljne zalihe sirovina i skladišnih kapaciteta za proizvode, kako bi postrojenje radilo kontinuirano, bez zastoja u proizvodnji.

Homogenizacija reakcijske smjese

Homogenizacija reakcijske smjese je jedan od ključnih parametara za brzinu odvijanja procesa. Naime, topljivost metanola u ulju i mastima je slaba, tako da reaktanti na početku procesa tvore nehomogeni sustav u kojemu se u gornjoj fazi nalazi metanol, a u donjoj ulje. Nasuprot tome, metilni esteri koji nastaju reakcijom su u velikoj mjeri mješljivi s metanolom.

Pretpostavlja se da parcijalni gliceridi i sapuni koji nastaju djeluju kao emulgatori na reakcijsku smjesu, tako da ona postaje homogena nakon kratkog početnog perioda. Međutim kada se u procesu oslobodi znatna količina glicerola dolazi opet do uspostavljanja dvofaznog sustava, koji se onda sastoji od gornje faze u kojoj je ester i donje faze u kojoj je glicerol. Upravo zbog toga dolazi do usporavanja reakcije, a taj fenomen se objašnjava izdvajanjem glicerola s kojim iz reakcijske smjese odlaze i značajne količine katalizatora i metanola.

Homogenizacija se može ostvariti na više načina:

- snažnim i temeljitim miješanjem komponenata, što se pokazalo uspješnim kako za šaržni tako i za kontinuirani proces

- upotrebom niskofrekventnog ultrazvučnog zračenja kako bi se stvorila emulzija ulja i alkohola

- dodavanjem zajedničkog otapala (toluen, tetrahidrofuran, superkritični metanol), koje smanjuje otpore prijenosu tvari zato jer otapa i ulje i metanol; ovaj način se pokazao neekonomičnim zbog velikog utroška otapala (volumni omjer otapala prema ulju 1:1) i zbog potrebe naknadnog izdvajanja otapala iz smjese produkata.

Procesni parametri [4.2, 4.6]

Reakcijski tlak

Reakcijski tlak u procesu ovisi o tome da li se radi o visokotlačnom ili niskotlačnom procesu. Kod visokotlačnih procesa su tlakovi do 100 bar i temperature od oko 250 °C, s molarnim suviškom metanola od 700 – 800%. U visokotlačnim procesima katalizatori su ili lužnatog tipa ili se za tu svrhu koriste prijelazni metali. Prednosti visokotlačne transesterifikacije leže u tome što se u procesu mogu koristiti sirovine koje sadrže i više od 20% slobodnih masnih kiselina bez prethodne obrade, i u tome što se dobije glicerol visoke čistoće koji je komercijalno vrijedan nusproizvod. No zbog visokih pogonskih troškova, takvi procesi nisu prikladni za proizvodnju biodizela.

Znatno ekonomičniji su niskotlačni procesi, koji se odvijaju i na nižim temperaturama, tako da danas oni čine okosnicu svjetske proizvodnje biodizela. U Europi postoji uspješna komercijalna primjena kontinuiranog procesa proizvodnje biodizela od rafiniranog ulja uljane repice transesterifikacijom uz lužnati katalizator pri atmosferskom tlaku.

Reakcijska temperatura

Reakcijska temperatura za niskotlačni proces transesterifikacije, kao i za proces predobrade ulja (esterifikacija slobodnih masnih kiselina metanolom uz kiseli katalizator) kreće se do temperature od 70 °C. Pri atmosferskom tlaku je ta temperatura obično oko 65 °C, što je ujedno i temperatura vrelišta metanola.

Molarni omjer metanol : ulje

Prema Khanu [4.3] optimalni molarni omjer metanola prema ulju ovisi o korištenom katalizatoru. Stehiometrijski omjer je 3:1, dakle prema kemijskoj reakciji je potrebno dodati trostruko veću množinu metanola u odnosu na ulje. No zbog ranije spomenutog pomicanja ravnoteže reakcije prema produktima, u procesu je potreban suvišak metanola. Preporučeni omjer za proces

transesterifikacije s lužnatim katalizatorom je (3 do 5):1. Taj omjer se obično ne povećava zbog toga što metanol onda počinje stvarati znatnije probleme prilikom odvajanja glicerola.

Kod procesa esterifikacije slobodnih masnih kiselina s kiselim katalizatorom, koji se provodi u okviru predobrade sirovine, molarni omjer metanola prema ulju kreće se od 6:1 pa sve do 30:1, ovisno o sadržaju slobodnih masnih kiselina u sirovini.

4.3.4. Separacija i pročišćavanje produkata

Ako se proces transesterifikacije odvija u nekoliko istovjetnih koraka (obično dva ili tri reaktora u nizu), potrebno je nakon svakog od tih koraka odvojiti fazu koja sadrži glicerol i ukloniti je iz reakcijske smjese. Kada se kao reaktant koristi metanol, odvajanje faza se odvija spontano, odnosno nakon nekog vremena dolazi do taloženja glicerola i odvajanja faze koja sadrži glicerol od one koja sadrži estere.

Brzina razdvajanja se može pospješiti:

- mehanički – upotrebom koalescencijskih filtara, dekantera ili centrifuga
- kemijski – dodatkom vode, dodatne količine glicerola ili heksana ili ekstrakcijom raznim otapalima
- toplinski – hlađenjem smjese pospješuje se razdvajanje faza
- električki – pod visokim naponom smjesa se razdvaja na polarnu fazu (glicerol, alkohol i ostaci katalizatora) i na nepolarnu fazu (esteri i alkohol)

Pročišćavanje faze koja sadrži ester

Nakon što su faze razdvojene, potrebno je pročistiti gornju fazu koja sadrži estere i donju u kojoj se nalazi glicerol, kako bi nastali proizvodi imali zadovoljavajuću kvalitetu i kako bi se regenerirale sirovine za ponovnu upotrebu (metanol, slobodne masne kiseline).

Iz faze koja sadrži estere potrebno je izdvojiti:

- metanol – može se izdvojiti zagrijavanjem smjese

- glicerol – tragovi glicerola mogu se ukloniti višekratnim pranjem vodom ili vodenom otopinom kiseline čime se također smanjuju i količine zaostalog metanola i katalizatora. Najlakše ga je ukloniti, skupa s parcijalnim gliceridima, prevođenjem u trigliceride (to se postiže dodavanjem dodatne količine lužnatog katalizatora i grijanjem smjese na temperaturu od 80 do 100 °C) koji se mogu jednostavno odvojiti od metilnih estera;

glicerol i parcijalni gliceridi reagiraju s novonastalim metilnim esterima i dobivamo trigliceride koji se, nakon što se uklone tragovi sapuna i estera, uvode ponovno u proces kao sirovine zajedno s uljima, dok se reakcijom oslobođeni metanol otparava

- slobodne masne kiseline – mogu se izdvojiti iz faze koja sadrži estere destilacijom zahvaljujući činjenici da je vrelište metilnih estera općenito 30 – 50 °C niže od vrelišta slobodnih masnih kiselina

- katalizator – za izdvajanje ostataka katalizatora iz smjese primjenjuju se:

    - ionska izmjena uz pomoć smolnih izmjenjivača bez prisustva vode

    - adsorpcija na raznim adsorbentima

    - silikagel ili sintetski magnezijev silikat

    - pranje faze s esterima prethodno odvojenom fazom s glicerolom, kako bi se uklonili metanol i katalizator

Pročišćavanje faze koja sadrži glicerol

U cilju što većeg povećanja konverzije ulja u estere, faza koja sadrži glicerol također se mora pročistiti, jer su u njoj sadržane slobodne masne kiseline, male količine dobivenih estera i sapuni. Prvi korak u pročišćavanju je dodatak fosforne ili sumporne kiseline kako bi se razgradili sapuni i stvorile slobodne masne kiseline. Ako se za pročišćavanje koristi fosforna kiselina (H_3PO_4), a u procesu transesterifikacije korišteni katalizator je bio kalijev hidroksid (KOH), onda nastaje sol kalijev dihidrogen fosfat (KH_2PO_4), koja kao nusproizvod svoju primjenu ima u umjetnim gnojivima. U protivnom, ako se ne koristi KOH umjesto NaOH, nastale soli se odvajaju kao čvrste tvari i tretiraju kao otpad. Slobodne masne kiseline koje su nastale nakon dodatka kiseline nisu topljive u glicerolu tako da one formiraju novu fazu koja se može lako odvojiti. Odvajanje se eventualno može ubrzati procesom mikrofiltracije.

Odvojene slobodne masne kiseline se onda ili esterificiraju i odvajaju, ili prevode u trigliceride koji se nakon odvajanja vraćaju u reaktor kao sirovine na početku procesa. Mittelbach i Koncar razvili su proces esterifikacije slobodnih masnih kiselina metanolom ili etanolom u prisutnosti sumporne kiseline, p-toluen sulfonske kiseline ili smolnih ionskih izmjenjivača. Proces je zamišljen tako da se produkti tog procesa vraćaju na ulaz u proces transesterifikacije kao sirovine.

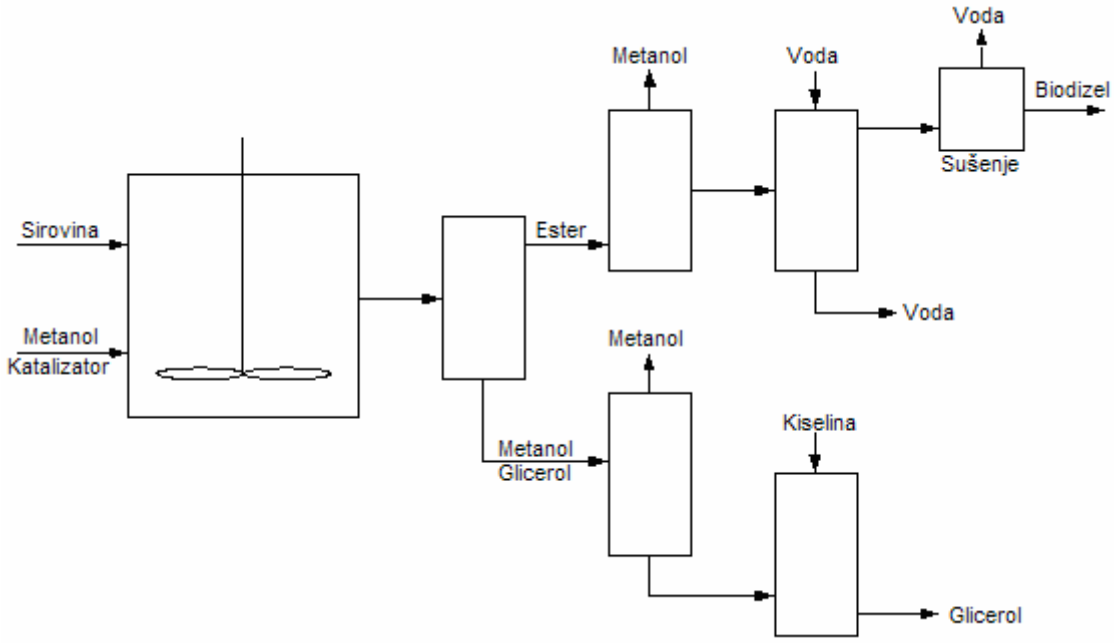
4.3.5. Blok shema tehnološkog procesa

Na slici 4.3 prikazana je blok shema tipičnog šaržnog procesa proizvodnje biodizela. Moguće je koristiti i višestupanjski (obično dvostupanjski) proces kod kojeg se nakon svakog stupnja odvaja nastali glicerol i reakcijska smjesa uvodi u sljedeći reaktor u kojem se dodaju svježe količine metanola i katalizatora. Prednost koju donosi takav višestupanjski proces se očituje u povećanju prinosa biodizela (konverzija iznad 95%).

Proces transesterifikacije odvija se u reaktoru u koji se prvo uvodi ulje, a zatim metanol i katalizator. Sustav mora biti dobro miješan za cijelo vrijeme trajanja reakcije. Po završetku reakcije miješanje se prekida. Prema shemi je vidljivo da se, po završetku reakcije, reakcijska smjesa pumpa u taložnik ili centrifugu, gdje se faza koja sadrži ester odvaja od one koja sadrži glicerol. U nekim procesima se reakcijska smjesa po prestanku miješanja ostavlja u reaktoru kako bi se slegla i kako bi se postigla inicijalna separacija.

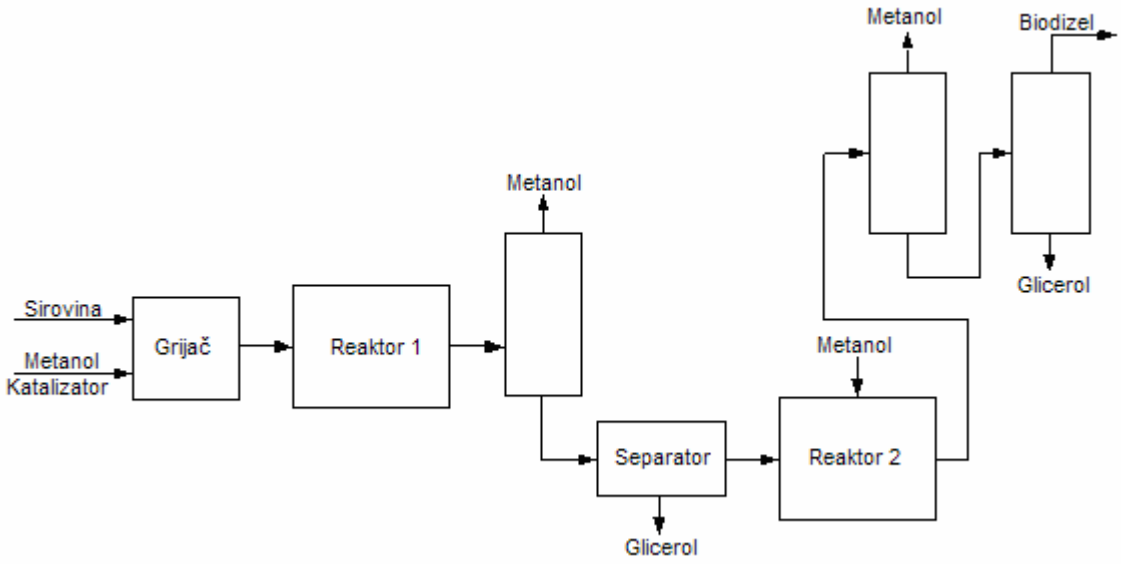
Sljedeći korak je odvajanje metanola iz obje faze isparavanjem (vrelište 65 °C) u isparivačima ili ravnotežnim odvajačima (flash-separatori). Nakon toga se iz faze koja sadrži ester pranjem toplom (50 – 60 °C), blago zakiseljenom vodom neutraliziraju i uklanjaju preostale nečistoće. Na kraju je još potrebno estere osušiti, odnosno izdvojiti vodu isparavanjem uz grijanje ili molekulskim sitima, silikagelom i sl.

Fazi koja sadrži glicerol dodaje se kiselina kako bi se neutralizirao preostali katalizator. Nakon toga se glicerol odvaja od čvrstih tvari i nečistoća te se ili spaljuje kao gorivo, ili se dalje pročišćava kako bi se dobio čisti glicerol koji se može prodati.



Slika 4.3. Blok shema šaržnog procesa proizvodnje biodizela

Na slici 4.4 prikazan je dvostupanjski kontinuirani proces proizvodnje biodizela.



Slika 4.4. Blok shema kontinuiranog procesa proizvodnje biodizela

Smjesa sirovine, metanola i katalizatora mora se prvo zagrijati, kako bi u reaktor ušla na radnoj temperaturi. Proces je vrlo sličan kao i šaržni, pa se tako može primijetiti da je i ovdje potrebno nakon izlaska iz prethodnog reaktora odvojiti iz reakcijske smjese glicerol prije ulaska u sljedeći reaktor. Time se povećava prinos biodizela i skraćuje se vrijeme potrebno za transesterifikaciju.

4.4. Biogoriva druge generacije

Proizvodnjom bioetanola iz celuloze dobiva se zamjena za benzin koja je identična bioetanolu proizvedenom od šećera ili žitarica. Sintetski enzimi omogućuju razbijanje molekule celuloze na jednostavnije supstance, koje se kasnije fermentiraju u etanol i pročišćuju na isti način kao i konvencionalni bioetanol.

Prvo demonstracijsko postrojenje je pustila u rad tvrtka Iogen (4 milijuna litara godišnje u Kanadi) a slijedilo ga je postrojenje tvrtke ETEK (150.000 litara godišnje, pilot postrojenje u Švedskoj) koje je bilo podržano regionalnim fondovima EU-a. Treće postrojenje izgrađuje tvrtka Abengoa (5 milijuna litara godišnje u Španjolskoj). Enzimska hidroliza bi trebala postati konkurentna u srednjem periodu zbog smanjivanja cijene enzima i niske cijene sirovinskog materijala (npr. slama i drvo), koji su kritični elementi formiranja cijene biogoriva.

Biodizel druge generacije je kemijski različit od biodizela dobivenog od biljnih ulja. Pretvaranjem biomase u plin proizvodi se "sintetski plin" koji se sastoji uglavnom od ugljičnog monoksida i vodika. Pod utjecajem odgovarajućeg katalizatora pretvara se u ugljikovodike (Fischer-Tropsch sinteza), koji će kasnije proizvesti mješavinu benzina, avionskog goriva i dizela. Zbog visoke cijene avionskog goriva, odlične kvalitete dizelske frakcije i niske kvalitete benzinske frakcije (niski oktanski broj), proces se obično optimizira za proizvodnju avionskog goriva i dizela.

Različiti koraci u procesu već su demonstrirani u komercijalnoj upotrebi za Fischer-Tropsch sintezu plina dobivenog od ugljena i prirodnog plina. Optimizaciju je potrebno napraviti za pretvaranje biomase u plin od različitih sirovina i nakon toga pročišćavanje do kvalitete sintetskog plina. Veliko pilot postrojenje (15.000 tona godišnje) izgrađeno je u Freibergu (Njemačka) od strane tvrtke Choren. Nadalje, Choren i Schell trenutno razvijaju prototip komercijalnog postrojenja s kapacitetom od 200.000 tona godišnje koje će prema iskustvu s pilot postrojenjem biti pušteno u rad između 2009. i 2010. godine. Paralelno s iskustvom koje će se dobiti od procesa "biomasa u tekućinu" (*engl. biomass to liquid, BTL*), brojna velika postrojenja procesa BTL, od kojih je nekoliko u Kataru, će tijekom narednih godina dati vrijedna iskustva.

Alternativno se može sintetski plin pretvoriti u bio-dimetileter (DME), koji se također može koristiti kao zamjena za dizelsko gorivo u modificiranom Dieselovom motoru.

Prednost druge generacije biodizela je dijelom u tome da je osnovna operacija sirovinskog materijala (pretvaranje u plin) moguća za svaki organski materijal, a dijelom u tome da se dobiva dizelsko gorivo vrhunske kvalitete, koje se može koristiti samostalno ili u mješavini s mineralnim dizelom. Njegova emisija CO_2 od izvora do kotača (WTW) ovisi o tome da li je

energetska sirovina samo biomasa ili je korišten vanjski energetski izvor, te da li je biomasa otpadni proizvod (npr. slama) ili izvor energije. Ovo također utječe na cijenu.

U pripremi su također i hibridi između prve i druge generacije biogoriva. Tvrtka Fortum (Finska) planira svoju rafineriju u Porvoou (Finska) proširiti za preradu biljnih ulja i životinjskih masnoća kao sirovina. Rezultat bi bila proizvodnja dizela jednako visoke kvalitete kao BTL, uz manje investicije ali sa sirovinskim materijalom veće cijene (približno kao konvencionalni biodizel).

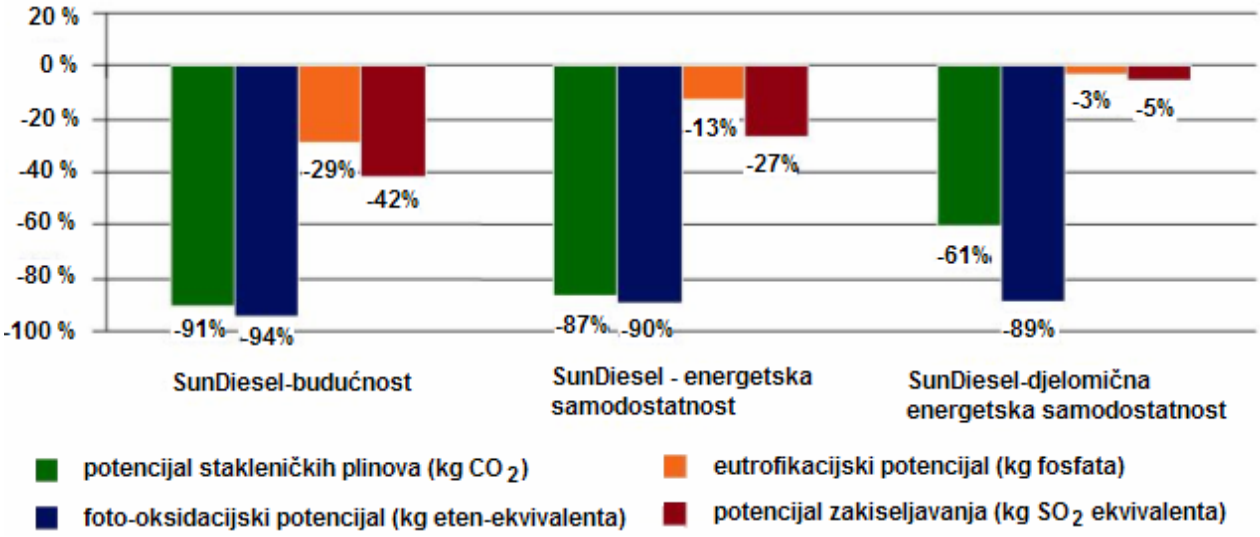
4.4.1. SunDiesel

Tvrtke DaimlerChrysler AG i Volkswagen AG predstavile su gorivo SunDiesel, proizvod tvrtke Choren. Prvo industrijsko postrojenje SunDiesela pod nazivom Beta Plant bit će završeno u 2007. godini i tada će biti dostupna značajna količina SunDiesela.

SunDiesel se može miješati s konvencionalnim dizelskim gorivom ili koristiti samostalno. Trenutno se daje prednost smjesama pošto se izgaranje u motoru značajno poboljšava ukoliko se doda samo 10-20% SunDiesela. Emisije stakleničkih plinova koje utječu na klimatske promjene, mogu biti smanjene za 85-90% upotrebom SunDiesela umjesto fosilnog dizela.

Analiza životnog ciklusa pripremljena za Beta Plant u Freibergu pokazala je da se skoro 90% CO_2 može izbjeći kada je biomasa isporučena, prerađena, skladištena, transportirana i transformirana u SunDiesel i zatim korištena kao gorivo za vozila.

Na slici 4.5 je prikazan utjecaj na okoliš korištenjem SunDiesel-a umjesto fosilnog dizela. Ukoliko je biomasa korištena kao ekskluzivni izvor energije i ako se potrebe za električnom energijom za pomoćna postrojenja pokrivaju iz samog procesa to je osnovni samodostatni scenarij. Djelomično samodostatni scenarij se odnosi na proces u kojem je maksimizirana proizvodnja dizelskog goriva, pri čemu se 6,6% ukupne korištene energije osigurava iz vanjskog izvora korištenjem električne energije. Budući scenarij se odnosi na povećanje proizvodnje uz dodavanje vodika u proces.



Slika 4.5. Utjecaj na okoliš korištenjem SunDiesel-a umjesto fosilnog dizela

4.4.1.1. Proizvodnja biomase za proces SunDiesel

Prema Agenciji za obnovljive izvore Njemačke, uz postojeću tehnologiju poljoprivredne proizvodnje, s jednog hektara se može dobiti 3.300 litara SunDiesela godišnje. Ova vrijednost će vjerojatno i porasti s napredovanjem tehnologije proizvodnje sirovina do 8.000 litara SunDiesela.

Oko 1.000.000 t suhe tvari godišnje je potrebno za opskrbu sirovinom velikog industrijskog postrojenja za proizvodnju SunDiesel-a. Bilo kakvu vrstu biomase je moguće koristiti pod uvjetom da je suha i rastresita. Za sada je najveći problem osiguranje dovoljne količine biomase koja služi kao sirovina za proizvodnju SunDiesela, dovoljno brzo i jeftino iz istog izvora.

Primjeri biomase koji se mogu koristiti za proizvodnju SunDiesela su:

- drvno iverje od sječe stabala
- drvno iverje od intenzivne proizvodnje biomase
- briketi od slame
- brzorastuća biljka "miscanthus"
- otpadci od proizvodnje žitarica
- otpadni proizvodi iz pilana
- reciklirano drvo.

4.4.1.2. Brzorastuće vrste za proces SunDiesel

Brzorastuće vrste drveća obično se uzgajaju u ritmu 3 ili 4 godine i ruše u zimskom periodu. Pod utjecajem aktivnosti mikroba, sadržaj vode pada u roku nekoliko mjeseci na oko 30 % bez ikakve obrade.

Veliki napredak je postignut u tehnikama uzgajanja. Ovisno o lokaciji i korištenoj vrsti prinos iznosi od 10 do 20 t suhe tvari po hektaru svake godine.

Brzo rastući nasadi imaju mnoge prednosti:

- mali utjecaj na ravnotežu tla
- stalno obogaćivanje tla humusom
- malu potrebu za prihranjivanjem
- malu potrebu za pesticidima
- aktivacija hranjiva iz dubljih slojeva tla
- idealni su za vlažna podneblja
- obrada tla je potrebna samo u prve dvije godine
- skoro neometano stanište za divlje životinje
- potrebno je malo rada.

Briketi od slame

Velike količine slame proizvedene na poljoprivrednim površinama trenutno su neiskorištene. I pored potrebe za ostavljanjem određene količine slame na poljima zbog ravnoteže humusa, postoji ogroman potencijal u slami.

Slama se može prešati u bale i skladištiti na rubovima polja ili u poljoprivrednim zgradama. Odande se može transportirati direktno u proizvodna postrojenja SunDiesela ili u postrojenja za izradu briketa. Na taj način se postiže ekonomska isplativost za promet na veće udaljenosti npr. željeznicom ili brodovima.

Brzo rastuća biljka miscanthus

Trenutno se najviše koristi vrsta *miscanthus giganteus*.

Slika 4.6. Biljka Miscanthus giganteus

Sterilni hibrid Miscanthus giganteus ili "E-grass" koristi se u Europi kao sirovina za biogorivo od 1980-ih godina. Može narasti do visine od preko 3,5 m u jednoj sezoni a prinos doseže 25 t/ha. Biljka traje do 20 godina, žetva se obavlja zimi, sadržaj vlage je ispod 20% a pesticidi su potrebni samo u početku uzgoja.

Brzi rast, mali sadržaj minerala i visoki prinos biomase čine biljku Miscanthus idealnim izborom za proizvodnju biogoriva.

4.4.1.3. Potencijal proizvodnje biomase

Više od 40 milijuna tona slame uzgojene svake godine na njemačkim farmama vraća se u tlo, pošto se trenutno ne može drugačije iskoristiti. Ta količina bi bila dovoljna za proizvodnju 4.000.000 t SunDiesela ili oko 14% potrošnje dizela u Njemačkoj. Ukoliko bi se iskoristila trenutno neobrađena zemlja u Njemačkoj (oko 10 %) za proizvodnju biomase, moglo bi se proizvesti dodatnih 3 do 6 milijuna tona SunDiesela.

Prema prof. Schefferu s Univerziteta u Kasselu, ukupni bioenergetski potencijal u Njemačkoj je ekvivalentan 56 milijuna tona nafte. Ta količina bi bila dovoljna za proizvodnju 30 milijuna SunDiesela ili 50 % potrošnje goriva za promet (uključujući i zračni promet). U isto vrijeme ne bi bila ugrožena proizvodnja hrane.

Nadalje, prof. Kaltschmitt s Instituta za energetiku i okoliš iz Leipziga je izračunao da je u EU-25 dovoljno biomase za proizvodnju oko 115 milijuna tona sintetskih automobilskih goriva svake godine. U 2004. godini je na bazi EU-25 ukupno potrošeno u prometu oko 350 milijuna tona ekvivalenta nafte [4.7].

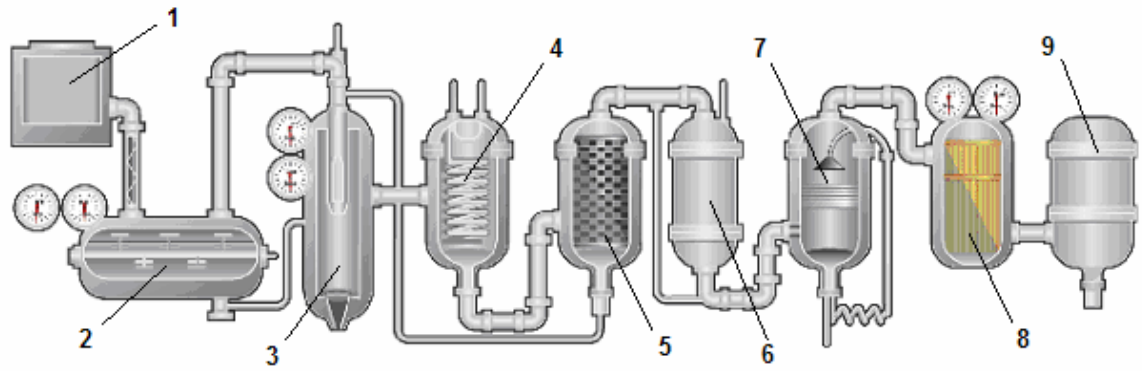
4.4.1.4. Proces Carbo-V® i njegove prednosti

Fischer-Tropsch sinteza se koristi za pretvorbu sintetiziranog plina u automobilsko gorivo. Tijekom tog procesa, reaktivni dijelovi sintetiziranog plina (CO i H_2) uz djelovanje katalizatora pretvaraju se u ugljikovodike. FT sinteza je razvijena u Njemačkoj 1920-ih godina i korištena je intenzivnije u Južnoj Africi za proizvodnju automobilskih goriva iz ugljena.

Količinu SunDiesela može se povećati tako da se smole koje se formiraju tijekom procesa FT sinteze, obrade korištenjem procesa hidrokrekinga (*engl. hydrocracking*), koji je standardni postupak koji se koristi u petrokemijskom sektoru kako bi se iskoristili otpadni materijali u rafineriji.

Zbog svog jedinstvenog višefaznog pristupa, Carbo-V proces ima sljedeće prednosti:

- mogućnost upotrebe širokog spektra sirovina
- proizvodnja visokokvalitetnog plina sa sadržajem katrana ispod minimalnih granica i vrlo malih koncentracija metana (<0,5% pri 5 bara)
- potpuno iskorištavanje materijala korištenog kao sirovine
- široka upotrebljivost proizvedenog goriva (električna energija, grijanje, hlađenje, metanol, sintetska automobilska goriva, vosak itd.)
- efikasnost pri pretvaranju u plin > 80 %
- efikasnost električne energije do 35 %
- niske razine emisija stakleničkih plinova
- pepeo se pretvara u čvrstu granuliranu šljaku pogodnu za potrebe građenja.



Slika 4.7. Tehnološki proces Carbo-V

Na slici 4.7 prikazani su dijelovi postrojenja procesa Carbo-V i to:

1. Doziranje biomase. Osušena i usitnjena biomasa dozira se u niskotemperaturni pirolitički destilator.

2. Niskotemperaturni pirolitički destilator. Biomasa se grije na 400 – 500 ºC i rastavlja se na ispareni katran i kruti ugljen.

3. Carbo-V pirolitički destilator. Plinoviti dijelovi idu u visokotemperaturnu komoru Carbo-V pirolitičkog destilatora gdje djelomično oksidiraju u dodiru s kisikom i parom. Iznad 1400 ºC čestice pepela se tope a ugljikovodici dugačkih lanaca se rastavljaju na CO i H_2 što rezultira plinom bez katrana.

4. Kemijsko gašenje. Mljeveni ugljen u prahu upuhuje se u plinove ispod komore izgaranja. Endotermno uplinjavanje ugljena uzrokuje skoro istovremeni pad temperature na 800 ºC i tako se proizvodi plin visoke ogrjevne vrijednosti.

5. Rekuperator. Plin bez katrana, temperature oko 800 ºC hladi se u izmjenjivaču topline pri čemu se dobiva para za industrijske procese ili proizvodnju struje.

6. Odvajanje prašine. Čestice pepela i ugljena koje nisu potpuno konvertirane odvajaju se od plina u odprašivaču. One se tada vraćaju u Carbo-V komoru izgaranja gdje rastopljeni pepeo stvara zaštitni sloj i završava proces isparavanja. Nakon toga se plin ubacuje u posudu za odvajanje sumpora (*engl. scrubber*) na daljnju obradu.

7. Posuda za odvajanje sumpora. Nečistoće poput klora i sumpora čiste se tako što se ubrizgava tekućina u struju pare.

8. Fischer-Tropsch sinteza. Fischer-Tropsch sinteza uz pomoć kobalta kao katalizatora pretvara ugljik i vodik u dugačke lance parafinske tekućine i voska.

9. Unapređenje. Završen SunDiesel dobiva se iz sirovog sintetiziranog proizvoda u višestupanjskom procesu.

Završni Fischer-Tropsch proizvodi mogu biti destilirani i obrađeni kako bi se dobio SunDiesel visokog cetanskog broja.

4.5. Biodizel od algi

GreenFuel bioreaktor proizvodi visokokvalitetno biogorivo uz pomoć algi, koje koriste sastojke dima iz dimnjaka energetskih postrojenja. Cijena ovog goriva je konkurentna cijeni goriva od konvencionalnih fosilnih izvora. Biogoriva se proizvode za vrijeme rada energetskog postrojenja s time da proces reducira NO_x do 86% i CO_2 za 40% iz emisija dimnjaka.

Slika 4.8. Bioreaktor za proizvodnju biodizela od algi

Osnovna jedinica sustava sastoji se od serije 2,5 metara visokih bioreaktora trokutastog oblika od polikarbonatskih cijevi promjera 10 do 20 cm, kroz koje voda i alge kontinuirano cirkuliraju, koji je prikazan na slici 4.8.

Hipotenuza trokuta je orijentirana prema suncu zbog fotosinteze, a horizontalni i vertikalni dio trokuta su u sjeni. Fluid teče kroz hipotenuzu, zatim kroz tamne katete i ponovno u hipotenuzu. Cirkulacija se uravnotežuje kako bi se algama osigurala optimalna izloženost svjetlu. Dimni plinovi se upumpavaju u donji dio svakog trokuta, a alge uklanjaju NO_x i CO_2 u jednom prolazu kroz bioreaktor (trokut). Dimni plinovi se ne recirkuliraju niti upumpavaju u više od jednog trokuta. [4.8]

Alge reduciraju NO_x i danju i noću bez obzira na situaciju sa svjetlom. Čak i mrtve alge smanjuju sadržaj NO_x do 70 %.

Uzgojene alge se mogu koristiti za proizvodnju obnovljivih biogoriva, a time elektrane zadovoljavaju regulativu za smanjenje CO_2 i obnovljivu proizvodnju energije. [4.9]

Tijekom ispitivanja, bioreaktori su bili izloženi dimnim plinovima sa sadržajem CO_2 oko 13% . Alge koje su odabrane prema protokolu NASA-e i koje nisu bile GMO (genetički modificirani organizmi) su preradile dimne plinove. Plinovi koji su prošli preradu u bioreaktoru izlaze na vrhu a alge se ispuštaju na dnu svaki dan i mogu se koristiti za proizvodnju biodizela i sl. [4.10]

Slika 4.9. Diatom alge 400 puta povećane

GreenFuel sustavi (engl. GreenFuel systems) zahtijevaju nesmetanu izloženost suncu na većoj površini. Zbog toga je potrebno osigurati hektare slobodnog prostora u blizini termoelektrana, što nije svugdje na raspolaganju. Trenutno su manja postrojenja u probnom radu, a početak rada s velikim postrojenjem očekuje se u 2008. godini.

Proizvodnja bioreaktora je 14 litara/m^2 [4.11] pa je prema tome za Hrvatsku potrebno (1,2 milijuna t dizela godišnje) oko 8700 ha. Za istu količinu goriva proizvedenog od uljane repice potrebna je površina od oko 1,2 milijuna ha (12.000 km^2) !

4.6. Mikroreaktor za proizvodnju biodizela

Istraživači odjela za kemijsko inženjerstvo na Oregon State University-u u suradnji s Oregon Nanoscience and Microtechnologies Institute (ONAMI) otkrili su mali kemijski reaktor za proizvodnju biodizela koji je efikasan, brz i prenosiv te omogućava zemljoradnicima proizvodnju biodizela korištenjem vlastitih sirovina.

Mikroreaktor uklanja potrebu za miješanjem, čekanjem za separaciju i potencijalno potrebu za katalizatorom. Veličina mu je slična polovici kreditne kartice.

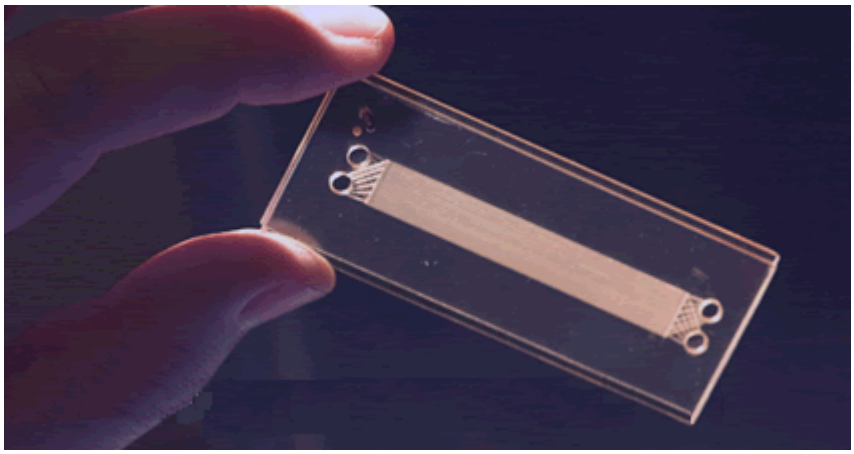
Mikroreaktor se sastoji od serije paralelnih kanala, manjih od ljudske vlasi kroz koje se biljno ulje i alkohol istovremeno pumpaju (slika 4.10).

U tako malim dimenzijama kemijska reakcija konverzije ulja u biodizel je skoro trenutna.

Pošto je kapacitet proizvodnje jednog mikroreaktora neznatna potrebno ih je spajati u setove kako bi se proizvodnja povećala. Paralelnim spajanjem na dimenziju malog kofera može se proizvesti dovoljno biodizela za nekoliko imanja.

Korištenjem mikroreaktora brzina proizvodnje biodizela može se ubrzati 10 do 100 puta u odnosu na tradicionalne metode. Jednostavniji proces, bez potrebe za katalizatorom je temelj za širu upotrebu.

Smatra se da je centralizirana proizvodnja energije jeftinija, ali disperzirana proizvodnja pruža mogućnost pojedinim zemljoradnicima da proizvode energiju za svoje potrebe na vlastitim imanjima od vlastito uzgojenih proizvoda.



Slika 4.10. Mikroreaktor za proizvodnju biodizela

5. PREGLED POTENCIJALA HRVATSKE POLJOPRIVREDE ZA PROIZVODNJU SIROVINA ZA BIODIZEL

Proizvodnju biodizelskog goriva u Hrvatskoj potrebno je poticati zbog:

- porasta ovisnosti o nafti u idućih dvadesetak godina
- zadovoljenja obveza prema Kyotskom protokolu, koji se odnosi na smanjenje emisije stakleničkih plinova
- postizanja ravnoteže u plodoredu
- direktive Europske unije (2003/30/EC) koja je propisala upotrebu biodizelskog goriva, koja je obavezna kako za postojeće, tako i za buduće članice, dakle i za Hrvatsku.

Pošto Hrvatska još nema ozbiljno organiziranu proizvodnju biodizela (osim pogona u Ozlju), potrebno je hitno izraditi akcijski plan za biogoriva koji bi korištenjem iskustava zemalja Europske unije dostigao proizvodnju biodizelskog goriva u skladu s Direktivom (2003/30/EC). To će sigurno biti jedan od zahtjeva prilikom pristupanja Uniji.

Unija ne propisuje kako će država članica ili ona koja je već dobila pozitivno mišljenje za pristup doći do biodizela. Nepridržavanje ovih odredbi za sobom povlači kazne za članice i zemlje kandidate. Proizvodnja biodizela u Hrvatskoj je mnogo bolja mogućnost od uvoza budući da postoje dostatne neobrađene površine poljoprivrednog zemljišta.

5.1. Potrošnja energije u prometu u Hrvatskoj

Utrošak goriva i energije u prometu tijekom perioda od 2000. do 2005. godine prikazan je u tablici 5.1. U 2005. godini ukupna potrošnja energije u prometu povećana je za 4,5% u odnosu na prethodnu godinu. Nastavljen je trend porasta potrošnje dizelskih goriva i smanjenja potrošnje benzina. Tako je u odnosu na prethodnu godinu potrošnja dizelskog goriva u 2005. godini bila veća za 7,9%, a potrošnja benzina je smanjena za 2,1%. Tijekom promatranog šestogodišnjeg razdoblja potrošnja dizelskih goriva povećavala se uz prosječnu godišnju stopu od 13,3%, dok se potrošnja benzina smanjivala s prosječnom godišnjom stopom od 2,1%. Veliko je povećanje potrošnje ukapljenog plina u odnosu na prethodnu godinu od čak 33,3% te godišnja stopa porasta koja je iznosila 25,2%. Vrlo veliko povećanje ostvareno je i u potrošnji mlaznog goriva, koje je bilo veće za 18,9%, odnosno stopa porasta tijekom proteklog razdoblja

iznosila je 5,7%. Potrošnja električne energije povećana je za 5,8%, odnosno prosječna godišnja stopa porasta od 2000. do 2005. godine iznosila je 1,6%. [5.1]

Tablica 5.1. Neposredna potrošnja goriva u prometu u Hrvatskoj po godinama [5.1]

	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2005./04.	2000./05.
	PJ						%	
Ukapljeni plin	0,46	0,59	0,62	0,62	0,78	1,04	33,3	25,2
Motorni benzin	34,23	32,93	33,24	33,12	31,65	30,97	-2.1	-2.1
Dizelsko gorivo	26,13	27,98	31,17	36,85	40,27	43,47	7,9	13,3
Mlazno gorivo	3,18	3,18	3,02	2,99	3,44	4,09	18,9	5,7
Loživa ulja	0,06	0,14	0,29	0,27				
Električna en.	1,01	0,95	1,01	1,03	1,03	1,09	5,8	1,6
UKUPNO	**65,07**	**65,77**	**69,35**	**74,88**	**77,17**	**80,67**	**4,5**	**4,8**

PJ = peta Joul, $P=10^{15}$

Potrošnja energije u pojedinim vrstama prometa u razdoblju od 2000. do 2005. godine prikazana je u tablici 5.2. U 2005. godini ostvareno je povećanje potrošnje energije u svim vrstama prometa. Izraženo u postocima, najveće povećanje potrošnje ostvareno je u zračnom i ostalom prometu. Potrošnja energije u zračnom prometu bila je veća za 18,9%. U pomorskom i riječnom prometu povećanje potrošnje iznosilo je 7,4%. Najmanje povećanje potrošnje ostvareno je u cestovnom prometu u kojem se troši najviše energije, a iznosilo je 3,7%. [5.1]

Tablica 5.2. Potrošnja energije pojedinih vrsta prometa u Hrvatskoj [5.1]

	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.	2005.	2005./04	2000./05.
	PJ						%	
Željeznički prom.	1,74	1,76	1,79	1,81	1,84	1,93	4,9	2,2
Cestovni promet	57,47	58,11	61,54	66,98	69,02	71,56	3,7	4,9
Zračni promet	3,24	3,25	3,08	3,13	3,54	4,21	18,9	6,0
Pomorski i riječni	1,25	1,34	1,59	1,59	1,35	1,45	7,4	3,2
Javni gradski pr.	1,25	1,27	1,28	1,30	1,34	1,41	5,2	2,6
Ostali promet	0,11	0,06	0,07	0,08	0,08	0,11	37,5	0
UKUPNO	**65,06**	**65,77**	**69,35**	**74,88**	**77,17**	**80,67**	**4,5**	**4,8**

Na slici 5.1 prikazana je ukupna potrošnja nafte, domaća proizvodnja i uvoz nafte u periodu od 2000. do 2005. godine, a u tablici 5.3 potrošnja dizelskog goriva u Hrvatskoj u periodu 2000. do 2005. godine. [5.1]

Slika 5.1. Ukupna potrošnja sirove nafte u Hrvatskoj u periodu 2000. do 2005. godine [5.1]

Tablica 5.3. Ukupna potrošnja dizelskog goriva u *Hrvatskoj u periodu 2000. do 2005. godine* [5.1]

	2000.	**2001.**	**2002.**	**2003.**	**2004.**	**2005.**	**2005./04**	**2000./05.**
	tisuća t						**%**	
Promet	611,0	655,2	729,7	868,2	942,9	1017,9	8,0	13,3
-željeznički	27,2	28,0	27,8	28,1	29,4	30,5	3,7	2,4
-cestovni	533,2	576,3	658,4	779,9	857,8	927,3	8,1	14,8
-zračni	0,3	0,3	0,2	0,6				
-pomorski, riječni	25,7	25,6	27,9	28,6	29,1	31,8	9,3	4,7
-javni gradski	24,6	25,0	25,2	25,6	26,6	28,3	6,4	3,0
Opća potrošnja	252,0	270,1	265,9	282,9	278,9	293,6	5,3	3,3
-poljoprivreda	186,6	202,4	189,5	189,0	183,1	183,0	-0,1	-0,4
-graditeljstvo	65,4	67,7	76,4	93,9	95,8	110,6	15,4	13,8
UKUPNO	**863,7**	**925,3**	**995,6**	**1145,7**	**1221,8**	**1311,5**	**7,3**	**10,4**

5.2. Proizvodnja uljarica u Hrvatskoj

Najčešće ratarske kulture za proizvodnju biljnih ulja u Hrvatskoj su uljana repica, suncokret i soja te u primorskom dijelu masline. Proizvodnja ulja i biljnih masnoća nužna je za suvremenu prehranu stanovništva, a proizvodnja sačme neophodna je u stočarstvu. Nadalje, uljarice predstavljaju nužnu kulturu u plodoredu i omogućavaju optimalnu proizvodnju drugih ratarskih kultura.

Proizvodnja uljarica je u Hrvatskoj u zadnjih nekoliko godina u porastu, a površina koja se koristila u 2005. godini iznosila je 118.129 ha. Proizvodnja uljarica u Hrvatskoj 2005. godine iznosila je oko 239.000 tona. Detaljni podaci o proizvodnji uljarica (površina, proizvodnja i prosječni urod) prikazani su u tablici 5.4.

Tablica 5.4. Proizvodnja uljarica u Hrvatskoj po godinama [5.2]

Godina	**1997.**	**1998.**	**1999.**	**2000.**	**2001.**	**2002.**	**2003.**	**2005.**
Uljana repica								
Površina (ha)	5.356	8.949	16.234	12.886	10.319	13.041	15.524	20.149
Proizvodnja (t)	11.181	21.967	32.581	29.436	22.456	25.585	28.596	41.275
Prinos (t/ha)	2,09	2,45	2,40	2,28	2,18	1,96	1,84	2,05
Suncokret								
Površina (ha)	16.946	28.642	41.996	25.715	25.336	26.835	28.211	49.769
Proizvodnja (t)	36.138	62.206	72.374	53.956	42.985	62.965	69.253	78.006
Prinos (t/ha)	2,13	2,17	1,72	2,10	1,70	2,35	2,45	1,57
Soja								
Površina (ha)	16.030	34.015	46.336	47.484	41.621	47.897	49.860	48.211
Proizvodnja (t)	39.469	77.458	115.853	65.299	91.841	129.470	82.591	119.602
Prinos (t/ha)	2,46	2,28	2,50	1,38	2,21	2,70	1,66	2,48
Ukupno uljarica (t)	**86.788**	**161.631**	**220.808**	**148.691**	**157.282**	**218.020**	**180.440**	**238.883**
Ukupno uljarica (ha)	**38.332**	**71.606**	**77.667**	**86.085**	**77.276**	**87.773**	**93.595**	**118.129**

* podaci za 2004. godinu nisu dostupni.

Uljana repica se zbog visokog sadržaja ulja od 42-46% i bjelančevina preko 20% svrstava među najznačajnije uljarice. Sljedeća prednost uljane repice pred suncokretom i sojom je i njena stabilnost i kontinuitet prinosa.

Uljana repica ima dvije forme: ozimu i jaru. U Europi se pretežno uzgaja ozima jer daje bitno veće prinose. Nakon ekstrakcije ulja iz sjemenki uljane repice zaostaje sačma koja sadrži 35-40% sirovih bjelančevina vrlo povoljnog aminokiselinskog sastava te je dobra komponenta krmne smjese. Zbog visokog sadržaja gitrogenih supstanci glukozinolata u sastavu do nedavno je njihovo korištenje kao izvora bjelančevina u krmnim smjesama bilo ograničeno. Smanjenjem sadržaja glukozinolata sa 150 μmol/g na današnjih 20-25 μmol/g postignuto je oplemenjivanje ove kulture stvaranjem "00" kultivara.

U Hrvatskoj dominiraju "00" kultivari uljane repice iz Njemačke i Francuske (Silvia, Erika, Eurol i Honk), koji imaju povećani postotak ulja, povećani sadržaj oleinske i linolne kiseline, smanjen sadržaj eručne kiseline te nizak sadržaj glukozinolata (11-13 μmol/g).

Za uzgoj uljane repice od klimatskih faktora najznačajniji su temperatura i oborine. Minimalne temperature klijanja sjemena su 2 - 3°C, a optimalne 22 - 25°C. Uljana repica dobro podnosi niske temperature do -15°C, a pod snježnim pokrivačem i do -25°C. Naše podneblje osigurava potrebnu sumu temperatura koje zahtijeva uljana repica od 2300 - 2500°C. Uljana repica najbolje uspijeva na tlima dobrih fizikalnih i kemijskih značajki, ali dobri prinosi mogu se ostvariti i na osrednjim tlima, pa čak i na teškim tlima uz odgovarajuće agrotehničke zahvate.

Prinos uljane repice koja je najpogodnija za proizvodnju biodizela trebalo bi povećati sa sadašnjih 2 do 2,4 t/ha na prosječno 3 t/ha. Hrvatski Sabor je 2005. godine propisao minimalni urod uljane repice po hektaru od 1,7 t/ha. Ukoliko je urod manji gubi se pravo na državni poticaj.

Hrvatska proizvodi samo 52% svojih potreba za uljaricama te su zbog toga državni poticaji veći za uljarice nego za npr. pšenicu i kukuruz, koji se proizvode u dovoljnim količinama. Državni poticaji za uljarice te pšenicu i kukuruz su prikazani u tablici 5.5.

Tablica 5.5. Državni poticaj za uljarice, pšenicu i kukuruz u Hrvatskoj

Uljarica	**Poticaj (kn/ha)**
Uljana repica	2.250
Suncokret	2.250
Soja	1.650
Pšenica	1.650
Kukuruz	1.250

Samo povećanje poticaja bi moglo povećati i proizvodnju uljarica. Tako proizvođači uljane repice iz Osječko-Baranjske županije traže povećanje poticaja na 2.800 kn/ha. Povećanje poticaja bi svakako utjecalo na povećanje proizvodnje uljarica. S više iskustva u proizvodnji urod bi se povećao i nakon nekog vremena bi se mogao korigirati poticaj.

U Hrvatskoj je bilo 2004. godine 478.222 ha ugara, neobrađenih oranica i vrtova (tablica 5.6)[5.2]. Ovaj problem se pokušava riješiti uvođenjem poreza na neobrađeno obradivo poljoprivredno zemljište (N.N. broj 59/2001). Porez se kreće od 250 kn/ha za livade, 500 kn/ha za oranice sve do 1000 kn/ha za voćnjake, vinograde i maslinike.

Tablica 5.6. Ugari, neobrađene oranice i vrtovi po županijama, 31.5.04. [5.2]

Županija	Ukupno, ha	Pravne osobe, ha	Obiteljska gospodarstva, ha
Zagrebačka	16.640	7.750	8.890
Krapinsko-zagorska	1.949	166	1.783
Sisačko-moslavačka	68.311	10.899	57.412
Karlovačka županija	82.274	15	82.259
Varaždinska županija	1.911	442	1.469
Koprivničko-križevačka	4.828	3.841	987
Bjelovarsko-bilogorska	26.357	10.881	15.476
Primorsko-goranska	25.588	47	25.541
Ličko-senjska	33.599	6.123	27.476
Virovitičko-podravska	15.129	9.908	5.221
Požeško-slavonska	23.484	10.609	12.875
Brodsko-posavska	20.588	13.262	7.326
Zadarska	12.248	1.874	10.374
Osječko-baranjska	25.471	20.155	5.316
Šibensko-kninska	19.425	618	18.807
Vukovarsko-srijemska	5.986	3.324	2.662
Splitsko-dalmatinska	41.056	1.171	39.885
Istarska	41.802	14.185	27.617
Dubrovačko-neretvanska	5.424	1.976	3.448
Međimurska	4.216	1.306	2.910
Grad Zagreb	1.936	70	1.866
Republika Hrvatska	**478.222**	**118.622**	**359.600**

5.2.1. Proizvodnja i potrošnja ulja u Hrvatskoj

Nacionalne potrebe za biljnim uljima bile su pokrivene 1993. godine 83% a 1995. godine 71%. Ostatak uljarica uvozio se i prerađivao u domaćim tvornicama ulja:

- Zvijezda d.d. Zagreb – najveći proizvođač jestivih ulja u Hrvatskoj
- Sojara u Zadru – kapacitet prerade 300.000 t soje godišnje
- Tvornica ulja Čepin – kapacitet 500 t/24 h prerađene sirovine, odnosno 100 t/24h proizvedenog rafiniranog ulja (150.000 t uljarica godišnje).

Za zadovoljavanje trenutnih potreba potrošnje ulja za jelo trebalo bi osigurati 75.000 t sirovog ulja (pod uvjetom da izvoz ostane na razini od 7.500 t), te je za tu količinu potrebno:

- 25.000 t sojinog ulja ili 150.000 t sjemena,
- 8.000 t ulja uljene repice ili 20.000 t sjemena i
- 40.000 t suncokretovog ulja ili 100.000 t suncokretovog sjemena.

Potrebe stočarstva Hrvatske su oko 200.000 t sačme godišnje. Ukupne potrebe Hrvatske za uljaricama riješilo bi se zasijavanjem 130.000 ha ili oko 9% ukupnih obradivih površina.

Tablica 5.7. Proizvodnja jestivih ulja u Hrvatskoj za period 1999. do 2004. (t) [5.2]

Godina	1999-2000.	2000-2001.	2001-2002.	2002-2003.	2003-2004.
Ulje uljane repice	11.142,70	10.067,10	7.679,55	8.750,07	9.779,83
Suncokretovo ulje	27.357,40	20.385,40	16.258,30	23.800,80	26.177,60
Sojino ulje	18.768,20	10.578,40	14.878,20	20.974,10	13.379,70
Maslinovo ulje	5.609,00	2.486,00	3.215,00	4.689,80	4.765,80
Ukupno	**62.877,30**	**43.526,90**	**42.021,05**	**58.214,77**	**54.102,93**

5.2.2. Otpadno jestivo ulje kao sirovina za proizvodnju biodizela

Potencijalna količina otpadnog jestivog ulja se za Hrvatsku procjenjuje na oko 2 litre po stanovniku godišnje, što predstavlja potencijal od oko 9 milijuna litara. Na području Zagreba je provedeno istraživanje količina otpadnog ulja od poslovnih subjekata [5.4] te je dobiven podatak o 1.400.000 litara godišnje.

Poznato je da je cijena proizvodnje biodizela direktno ovisna o cijeni sirovine pa je i cijena biodizela iz otpadnog jestivog ulja znatno manja od onog proizvedenog od uljane repice.

Otpadno jestivo ulje koje nastaje u procesu pripreme hrane se prema Zakonu o otpadu (NN br.178/04) definira kao neopasni tehnološki otpad za čije zbrinjavanje plaća onečišćivač odnosno posjednik otpada.

Otpadno jestivo ulje pripada u kategoriju bezopasnog komunalnog otpada, bez obzira na njegovo porijeklo i mora se prikupljati od strane ovlaštene osobe. Kazna za nepridržavanje propisa o prikupljanju vrijednog otpada propisuje kaznu od 300.000 do 700.000 kn za pravne osobe.

Osim što može poslužiti kao sirovina za proizvodnju biodizela, prednosti prikupljanja otpadnog jestivog ulja su i smanjenje troškova pročišćavanja otpadnih voda. Ujedno se smanjuje i brojnost glodavaca u odvodnim sustavima koji otpadno ulje koriste kao hranu.

Više je manjih privatnih tvrtki koje se bave prikupljanjem otpadnog ulja, većinom u Istri i Dalmaciji, koje se ne koristi za proizvodnju biodizela. Trenutno otpadno jestivo ulje za proizvodnju biodizela prikuplja lanac restorana McDonalds koji prikupljeno ulje odvozi u Austriju na preradu te Virovitička tvrtka Vitrex koja prikuplja jestiva otpadna ulja i masti iz restorana te proizvodi biodizel.

Da bi se organiziralo kvalitetno prikupljanje otpadnog jestivog ulja potrebno je:

- organizirati sakupljanje otpadnog ulja od poslovnih subjekata i kućanstava proširenjem djelatnosti postojećih komunalnih poduzeća ili dodjelom koncesija na razini gradova ili županija. Otpadno ulje od poslovnih subjekata sakuplja se u posudama od 60 do 80 litara koje moraju biti adekvatno obilježene. Poslovni subjekti se obilaze prema unaprijed određenom redu i ulje se odvozi u skladište/sabirni centar gdje se odlaže u posude od 1t, do zbrinjavanja. Otpadno ulje od kućanstava bi se trebalo sakupljati u posudama od 1 do 3 litre koje se nakon punjenja dostavljaju u sabirna mjesta.
- informirati poslovne subjekte o uspostavljenom sustavu organiziranog sakupljanja otpadnog jestivog ulja te o njihovim obvezama
- pojačati nadzor (inspekcija zaštite okoliša)
- uspostaviti strateško partnerstvo s domaćim proizvođačem biodizela
- informirati javnost o važnosti zbrinjavanja otpadnog jestivog ulja.

5.3. Potrebe za biodizelom u Hrvatskoj

Hrvatska Vlada je Uredbom o kakvoći biogoriva, (N.N. broj 178/2004), a u cilju osiguranja tržišta s minimalnim udjelom biogoriva i drugih obnovljivih goriva za potrebe prijevoza radi zaštite okoliša, postavila nacionalni cilj stavljanja u promet do 31. prosinca 2010. godine, biogoriva u ukupnom udjelu goriva do 5,75% po uzoru na EU.[1.2] Tablica 5.8 prikazuje potrebne količine biodizela za Hrvatsku do 2010. godine.

U Hrvatskoj postoji oko 400.000 ha neobrađene zemlje koja je pogodna za sijanje uljane repice. Pod pretpostavkom da se raspoloživa površina koristi samo svake treće godine zbog plodoreda (jedne godine pšenica, druge kukuruz a treće uljana repica) dobiva se površina od oko 133.000 ha koja je dovoljna za proizvodnju oko 146.300 tona biodizela (1,1 t/ha). Ta količina bi mogla zamijeniti 9,46 % potrošnje dizela pod pretpostavkom da će se 2010. godine trošiti 1.545.967

litara dizela (tablica 5.8). Uljana repica se, do sada sijala na najlošijim tlima i davala skromnije prinose.

Tablica 5.8. Potrebne količine biodizela za Hrvatsku u periodu 2005. do 2010.

Godina	Potrošnja dizela (t) *	% biogoriva	Potrebno biodizela (t)	Poljoprivredne površine (ha) **
2004.	1.221.800			
2005.	1.270.672	2	25.413,44	23.103,12
2006.	1.321.499	2,75	36.341,22	33.037,47
2007.	1.374.359	3,5	48.102,56	43.729,6
2008.	1.429.333	4,25	60.746,66	55.224,23
2009.	1.486.507	5	74.325,33	67.568,48
2010.	1.545.967	5,75	88.893,09	80.811,9

* pretpostavljeno je godišnje povećanje od 4% potrošnje dizela u odnosu na potrošnju u 2004.

** proizvodnja biodizela 1,1 t/ha

Prilikom ispitivanja na poljima Poljoprivrednog poduzeća Orahovica tijekom tri godine (2001. do 2003.) dobiven je prosječni prinos uljane repice od 3.785 kg/ha. [5.5] Prinosi za pojedine sorte prikazani su u tablici 5.9.

Tablica 5.9. Prinos uljane repice na poljima Poljoprivrednog poduzeća Orahovica u periodu 2001. do 2003. godine (kg/ha) [5.5]

Godina	ALASKA	BRISTOL	EUROL	Prosjek
2001.	5.108	5.480	5.024	5.204
2002.	2.982	3.530	2.864	3.125
2003.	2.968	3.198	2.910	3.025
Prosjek	**3.686**	**4.069**	**3.599**	**3.785**

Vidi se da Hrvatska bez problema može proizvesti potrebnu količinu biodizela (5,75% u 2010. godini) uz pretpostavku organizacije neobrađenih površina (133.000 ha), vidi tablicu 5.8. Uz to, organizacija proizvodnje biodizela bi oživjela ruralne krajeve i dovela do otvaranja novih radnih mjesta.

5.4. Proizvodni kapaciteti biodizela u Hrvatskoj

Za sada u Hrvatskoj postoji samo jedan pogon za proizvodnju biodizela u Ozlju, tvrtka Modibit (slika 5.2) s kapacitetom 30.000 tona godišnje. Sirovinu za proizvodnju trenutno uvoze jer na hrvatskom tržištu nema dovoljno uljane repice, a sav proizvedeni biodizel se prodaje u Austriju i Italiju.

Slika 5.2. Prvi proizvodni pogon biodizela u Hrvatskoj, tvrtka Modibit u Ozlju

Pokraj bivšeg silosa Đergaj u blizini Vukovara tvrtka EuropaMil je započela izgradnju pogona za proizvodnju biodizela iz uljane repice s godišnjom proizvodnjom od 35.000 tona. Radovi bi trebali završiti krajem sljedeće godine. Na istoj lokaciji bi potom započeli radovi na izgradnji pogona za proizvodnju bioetanola, godišnjeg kapaciteta 80.000 tona, te spalionice biomase (ostaci u proizvodnji biogoriva) s godišnjom proizvodnjom od 75 GWh.

Zadarska tvrtka Kepol planira izgraditi tvornicu biodizela u kojoj bi se godišnje proizvodilo 25.000 tona biodizela. Tvornica bi zapošljavala 40 radnika, a ulaganje je vrijedno 20 milijuna eura. Planira se da će tvornica početi raditi u sljedeće dvije godine te da će do 2010. umjesto prvotnih 25.000 tona proizvoditi 100.000 tona biodizela.

Grad Zagreb će po povoljnim uvjetima ponuditi prostor za pogon za preradu uljane repice i otpadnog ulja u biodizel na lokaciji bivše tvornice Sljeme u Sesvetama. Proizvedeni biodizel bi se koristio kao gorivo u javnom autobusnom prijevozu i teretnim vozilima čistoće ili Zagreb parking paucima i sl.

Tvornica ulja Čepin d.o.o. kreće u investiciju vrijednu 45 milijuna eura, a koja će se realizirati pod nazivom "Dizelsko postrojenje". Projekt bi trebao biti završen u prvoj polovici 2009. godine. Na prostoru postojećeg tvorničkog kruga u tom intervalu planira se izgraditi pogon za ekstrakciju, novi silosni kapaciteti, industrijski kolosijek na pravcu Đakovo - Osijek u dužini većoj od dva kilometra te pogon za proizvodnju biodizela s kapacitetom od 60.000 tona godišnje. Novo postrojenje bi zaposlilo novih 60-ak radnika.

Virovitička tvrtka Vitrex prikuplja jestiva otpadna ulja i masti iz restorana, ugostiteljskih objekata te školskih, studentskih i drugih kuhinja iz cijele Hrvatske, čime godišnje prikupe 60 tisuća litara. Prerađuju ulje i masti u biodizel, kojeg koriste za zagrijavanje kotlovnice i grijanje prostorija tvrtke, a i teretna vozila koja prikupljaju otpadna jestiva ulja voze na proizvedeni biodizel.

U Luci Brod (Slavonski Brod) na 40.000 četvornih metara gradit će se tvornica biodizela koju će podići konzorcij BIO-ADRIA. Investicija je vrijedna 35 milijuna eura, a u tvornici će biti zaposleno 30 radnika. U tvornici će na godinu dana biti proizvedeno 150.000 t biodizela.

5.5. Trenutni projekti u izgradnji za proizvodnju biogoriva u regiji

Slovenija

Slovenska tvrtka Nafta i njen austrijski partner CMB Maschinenbau iz Graza započeli su gradnju tvornice za proizvodnju biodizela, koja će se ove godine sagraditi u Lendavi na mjestu nekadašnje rafinerije nafte. Vrijednost investicije je 16,8 milijuna eura pri čemu će se iskoristiti i sredstva europskih fondova.

Proizvodnja će započeti sljedeće godine, a proizvodit će se 60.000 tona godišnje.

Na početku proizvodnje planira se uvoziti ulja za preradu u biodizel, ali će se u proizvodnju uskoro početi uključivati i domaći poljoprivrednici. Pri tome se vodi i prilika za restrukturiranje domaće poljoprivrede, jer bi se uljanom repicom i drugim uljaricama moglo zasijati oko 60.000 hektara površina.

Mađarska

Švicarska tvrtka Sirabel zajedno s mađarskim investitorima planira izgradnju postrojenja za proizvodnju bioetanola vrijednog 203 milijuna Eura, pored mjesta Fadd-Dombori. Kapacitet proizvodnje biogoriva bit će 100.000 tona godišnje, a proizvodnja bi trebala početi 2008. godine.

Proizvodnja biogoriva je rješenje za prekomjernu proizvodnju žitarica u Mađarskoj. Cilj vlade je proizvodnja 800.000 tona bioetanola iz 2,5 milijuna tona žitarica godišnje. Za ostvarenje tog cilja u sljedećih nekoliko godina će biti otvoreno 30-ak manjih i 4 velika postrojenja za proizvodnju etanola.

Srbija

Tvrtka Victoria Group iz Šida završila je izgradnju pogona vrijednog 15 milijuna Eura u kojem će se proizvoditi 100.000 tona biodizela godišnje iz uljane repice, soje i suncokreta.

Rumunjska

Tvrtka Martifer gradi pogon za proizvodnju biodizela u mjestu Lehliu Gara. Projekt je vrijedan 47 milijuna Eura i bit će dovršen do 2007. Planirani kapacitet iznosi 100.000 tona biodizela godišnje.

Tvrtka MAN Ferrostal gradi pogone u Atelu i Loamnesu. Dovršetak projekta se planira do 2008. godine s proizvodnjom od oko 120.000 tona biodizela.

Naftna tvrtka Rompetrol planira godišnju proizvodnju od 60.000 tona biodizela

Bugarska

Tvrtka Astra Bio Plant u općini Slivo Pole gradi postrojenje za preradu 60.000 tona biodizela iz suncokreta i uljane repice, koje će biti pušteno u pogon u travnju 2007.

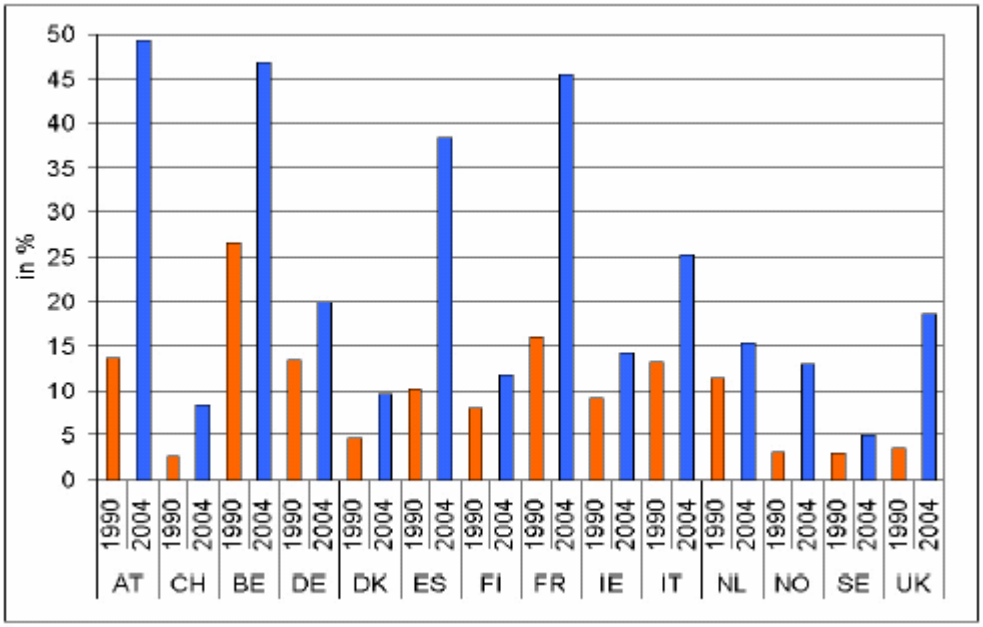
Tvrtka EKO Petroleum planira izgradnju pogona za preradu 150.000 tona biodizela u Vidinu. Projekt je vrijedan 60 milijuna Eura i bit će dovršen do 2008.

Španjolska tvrtka GreenFuel planira izgradnju postrojenja za proizvodnju biodizela i bioetanola u regiji Pleven. Vrijednost investicije se procjenjuje na 36 milijuna eura a početak izgradnje bi bio već u ovoj godini. Cijeli projekt predviđa izgradnju tvornice kapaciteta 110.000 tona biodizela i 60 milijuna tona bioetanola a sirovinska baza bi se osiguravala iz mjesta Gulyantsi, Knezha, Dolna Mitropolia i Pleven.

6. ANALIZA ZNAČAJKI BIODIZELA S OBZIROM NA NJEGOVU PRIMJENU ZA POGON MOTORA

Najveći stupanj djelovanja dostiže približno 44% kod najboljih Dieselovih motora za teška teretna vozila, a svega 36% kod najboljih Ottovih motora za putnička vozila, a postiže se u radnoj točci koja je relativno blizu najvećeg opterećenja motora. Međutim, u području smanjenog opterećenja, koje odgovara uvjetima gradske vožnje, prednosti Dieselovog motora su još veće. Niža potrošnja goriva znači i manju emisiju CO_2.

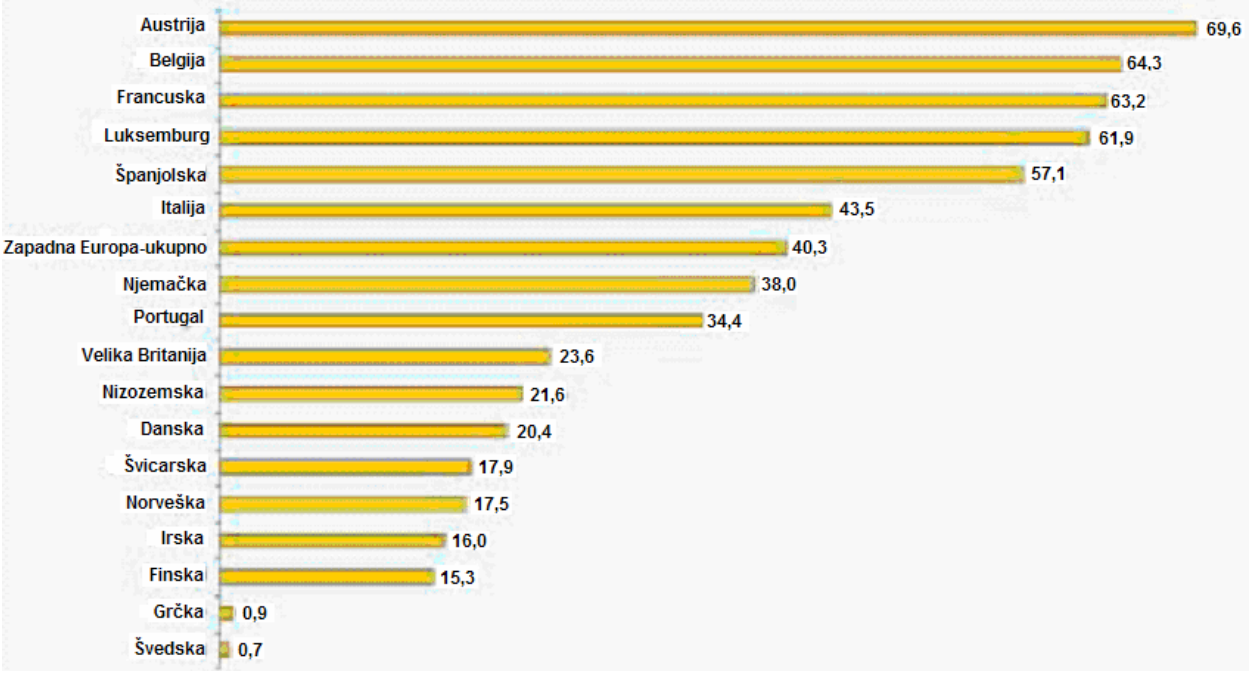
Premda se Dieselov motor za pogon cestovnih vozila primjenjuje preko 80 godina, intenzivnije korištenje za osobna vozila u Europi počinje tek krajem 1980-ih godina, kada tehnološke inovacije poput novih sustava izravnog ubrizgavanja i turbopunjača smanjuju buku i povećavaju zakretni moment i snagu Dieselovih motora i na taj način povećavaju komfor i vozivost dizelskih vozila. Manja cijena dizelskog goriva povećava udjel dizelskih motora u većini europskih zemalja u zadnjih 15-ak godina. U Francuskoj je udjel dizelskih motora u broju registriranih vozila rastao s 4,7% u 1980. godini na 16% u 1990. te zatim na 35,6% u 2000. i 45,5% u 2004. godini. U Austriji, Belgiji i Španjolskoj je također bio veliki porast udjela dizelskih motora u ukupnom broju registriranih osobnih vozila. (slika 6.1) [6.1].



Slika 6.1. Udjel dizelskih motora u registriranim osobnim vozilima u 14 europskih zemalja u 1990. i 2004. [6.1]

AT-Austrija, CH-Švicarska, BE-Belgija, DE-Njemačka, DK-Danska, ES-Španjolska, FI-Finska, FR-Francuska, IE-Irska, IT-Italija, NL-Nizozemska, NO-Norveška, SE-Švedska, UK-Velika Brit.

Na slici 6.2 je prikazan udjel prvo registriranih dizelskih osobnih automobila u zapadnoj Europi po zemljama te je također prikazan i ukupni postotak za zemlje Zapadne Europe koji je u 2002. godini iznosio 40,3 % [6.2]. U 2004. godini udjel prvo registriranih dizelskih osobnih automobila je narastao na 48,2 %.



Slika 6.2. Udio prvo registriranih dizelskih osobnih automobila u Zapadnoj Europi, 2002. [6.2]

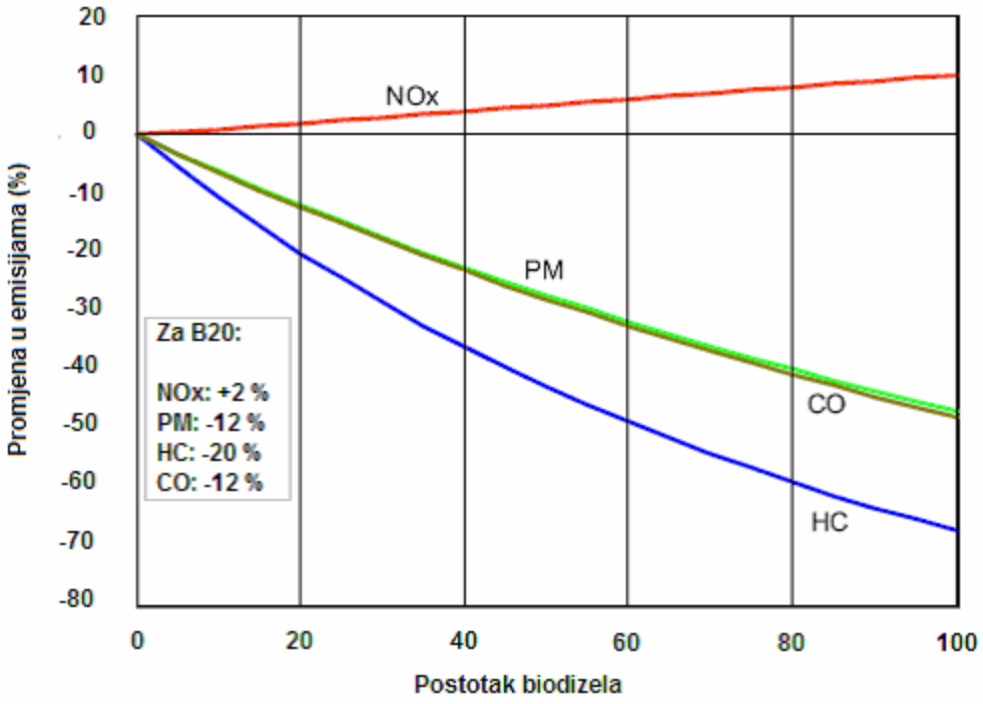
U Hrvatskoj je u travnju 2007. godine prodano 7.077 novih automobila pri čemu je udio dizelskih motora bio 41%.

Biodizel radi u dizelskim motorima isto kao i klasično dizelsko gorivo. B20 (smjesa od 20 % biodizela i 80 % fosilnog dizela) radi u svakom dizelskom motoru, obično bez ikakvih preinaka na motoru ili sustavu dobave goriva te osigurava sličnu snagu, okretni moment i prijeđene kilometre po litri goriva kao i klasični dizel.

6.1. Promjena emisija korištenjem biodizela

Korištenje biodizela u konvencionalnim dizelskim motorima rezultira znatnim smanjenjem neizgorenih ugljikovodika, ugljičnog monoksida i čestica. Emisije dušikovih oksida se ili malo smanjuju ili malo povećavaju, ovisno o ciklusu motora i korištenoj metodi testiranja.

Biodizel ima prednost pred fosilnim dizelom u pogledu smanjenja emisija tako da smjesa B20 smanjuje emisiju ugljikovodika za 20 %, ugljičnog monoksida i čestica za 12 %, a sumpora za oko 20 %. Emisija NOx-a se istovremeno povećava za 2 %, što se može vidjeti na slici 6.3 [6.3].

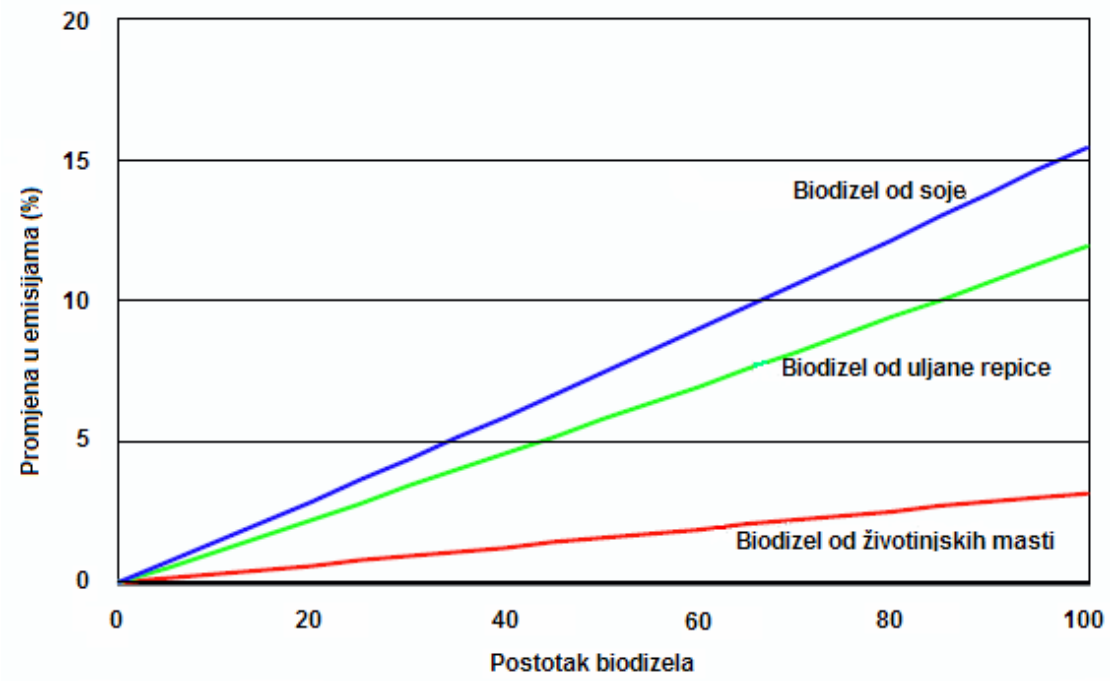


Slika 6.3. Promjena u emisijama u ovisnosti o postotku biodizela u gorivu [6.3]

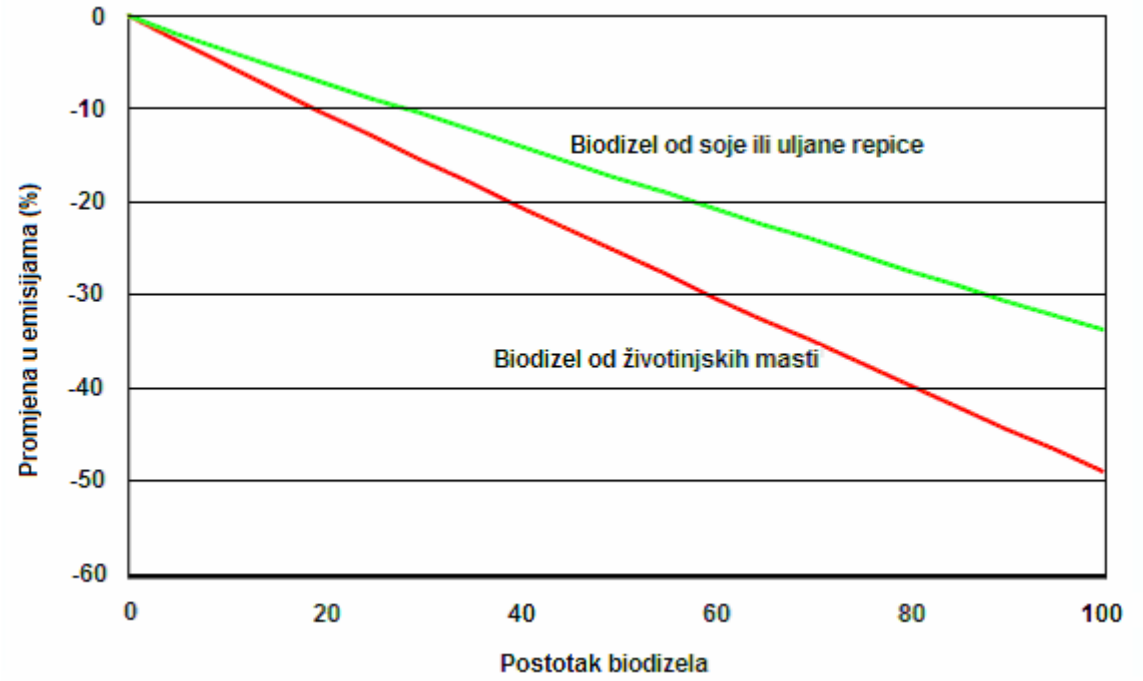
Emisije čestica u konvencionalnim dizelskim motorima općenito se dijele na tri komponente. Prva komponenta koja je povezana s vidljivim dimom iz ispuha dizel motora je ugljik sastavljen od sub-mikronskih ugljikovih čestica koje se stvaraju tijekom izgaranja dizela. Druga komponenta su ugljikohidrati koji su apsorbirani u ugljične čestice i odnose se na topivi dio. Dio ovog materijala rezultat je nekompletnog izgaranja goriva, a preostali dio se odnosi na motorno ulje koje prođe kroz uljne prstene klipa. Treći dio čestica sadržava sulfate i vodu. Ovaj dio je direktno vezan za sadržaj sumpora u gorivu.

Korištenje biodizela smanjuje udjel krutog ugljika u česticama (pošto kisik iz biodizela omogućuje potpunije izgaranje u CO_2), eliminira udjel sulfata (pošto nema sumpora u gorivu), dok NO_x ostaje nepromijenjen ili se povećava. Na taj način, biodizel je usporediv s novim tehnologijama kao što su primjena katalizatora, hvatači čestica i recirkulacija dimnih plinova.

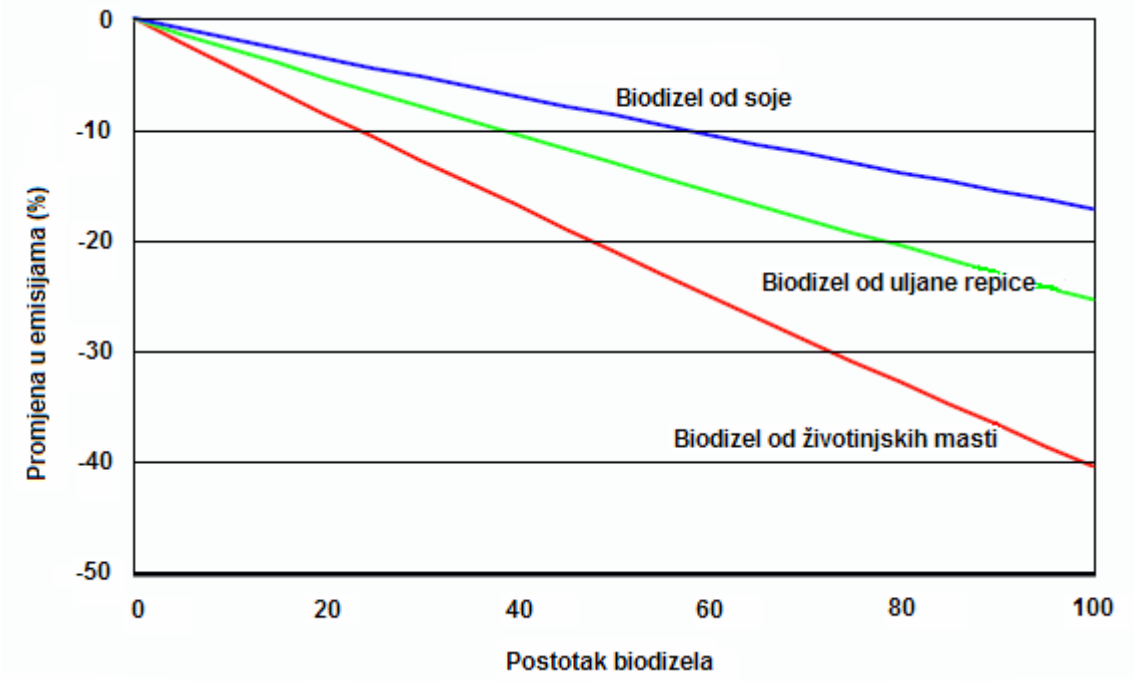
U ovisnosti o sirovini od koje je proizveden biodizel razlikuju se i rezultati promjena emisija. Rezultati promjene emisija za NOx su prikazani na slici 6.4, za čestice (PM) na slici 6.5 a za CO na slici 6.6 [6.3].



Slika 6.4. Promjena emisija NOx u ovisnosti o izvoru sirovine i postotku biodizela u gorivu [6.3]



Slika 6.5. Promjena emisija čestica u ovisnosti o izvoru sirovine i postotku biodizela u gorivu [6.3]



Slika 6.6. Promjena emisija CO u ovisnosti o izvoru sirovine i postotku biodizela u gorivu [6.3]

6.2. Ostale karakteristike biodizela

Biodizel ima mnoge pozitivne karakteristike u eksploataciji ali najčešće spominjana od korisnika je sličnost u karakteristikama rada u usporedbi s konvencionalnim dizelskim gorivom, te potreba za vrlo malim preinakama u radu i održavanju (uglavnom je potrebno promijeniti crijeva koja su osjetljiva na biodizel). U nastavku će biti objašnjene ostale karakteristike biodizela te mješavine biodizela i dizela u usporedbi s konvencionalnim dizelom.

6.2.1. Biološka razgradivost

U raznim studijama je uspoređivana biološka razgradivost biodizela u vodenim otopinama u usporedbi s dizelskim gorivom i dekstrozom. Uzorci biodizela razgradili su se brže od dekstroze i to 95 % nakon 28 dana. Dizelsko gorivo se razgradilo oko 40 % nakon 28 dana [6.4].

Potrebno je naglasiti da miješanje biodizela s dizelskim gorivom ubrzava biološku razgradivost dizelskog goriva. Npr. smjesa od 20% biodizela i 80% dizelskog goriva razgrađuje se duplo brže od dizelskog goriva D2 [6.4]. Na taj način, korištenje biodizela povećava biološku razgradivost u smjesama s dizelskim gorivom.

6.2.2. Plamište

Plamište je temperatura kod koje goriva tekućina ispušta u okolni zrak upravo toliko para da iznad tekućine nastaje goriva smjesa koja se može upaliti stranim izvorom zapaljenja.

Razna ispitivanja pokazala su da plamište biodizela raste s porastom postotka biodizela u smjesi. Zbog toga su čisti biodizel i smjese dizelskog goriva s biodizelom sigurnije za skladištenje, rukovanje i upotrebu od konvencionalnog dizelskog goriva.

Plamište metilnog estera repičinog ulja bitno ovisi o sadržaju metanola. Plamište čistog metilnog estera repičinog ulja je na oko 170 ºC, a povećanjem sadržaja metanola u metilnom esteru repičinog ulja za 0,2 % plamište pada na vrijednost od oko 100 ºC. [6.4]

6.2.3. Otrovnost

Djelovanje na zdravlje može se mjeriti otrovnošću po ljudski organizam ili utjecajem na zdravlje zbog utjecaja ispušnih plinova.

Akutna oralna doza LD50 (srednja smrtna doza) je veća od 17,4 g/kg tjelesne težine. Za usporedbu, kuhinjska sol (NaCl) je približno 10 puta otrovnija.

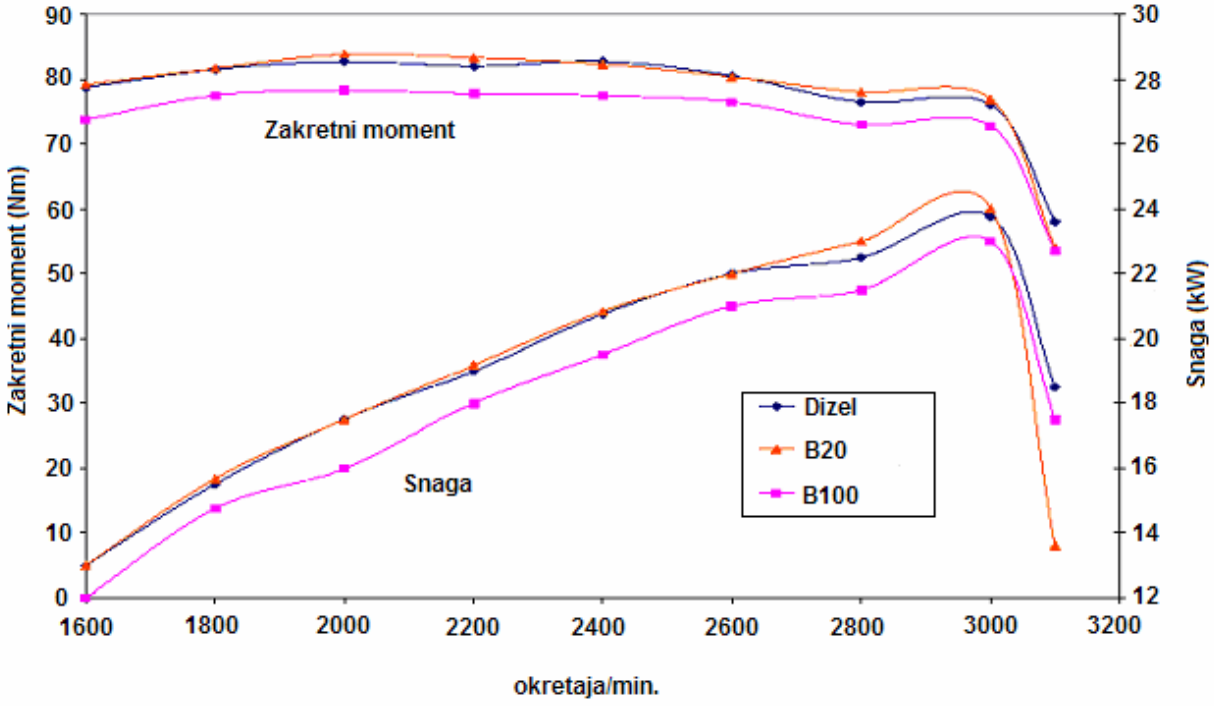
Test ljudske kože na iritaciju pokazao je da izloženost čistom biodizelu 24 sata izaziva vrlo blagu iritaciju.

Test akutne vodene toksičnosti je proveden s kuhinjskom soli (NaCl), dizelom i biodizelom na Daphnia Magna-u (vodeni beskralježnjak). Vrijednost LC50 (koncentracija gdje je 50 posto vrste Daphnia Magna stradalo a 50 posto preživjelo) je bila za kuhinjsku sol 3,7 ppm (dijelova u milijunu), 1,43 ppm za dizelsko gorivo, a za biodizel između 23 i 332 ppm [6.4]. Ovi rezultati pokazuju da je biodizel manje toksičan od dizela i kuhinjske soli.

6.2.4. Zakretni moment i krivulja snage

Krivulja zakretnog momenta i snage za dizel, B20 i B100 je prikazana na slici 6.6. Snaga je prikazana na desnoj strani a zakretni moment na lijevoj.

Na dijagramu je vidljiva mala razlika između običnog dizela i biodizela B20. B100 pokazuje 5 % smanjenje u snazi u usporedbi s dizelom, što je manje od očekivanih 10 %. Ove krivulje su uprosječene višestrukim testiranjem radi preciznosti, a brzina je mijenjana u oba smjera kako bi se eliminirala greška histereze.



Slika 6.7. Usporedba zakretnog momenta i snage za različita goriva [6.4]

6.2.5. Utjecaj na zdravlje

Brojna ispitivanja pokazala su da su čestice u ispušnim plinovima Dieselovog motora kancerogene. Korištenje biodizela smanjuje sadržaj čestica u dimnim plinovima, a time i njihov negativni utjecaj.

Nadalje, ukupna masa neizgorenih ugljikovodika je u ispušnim plinovima pri pogonu motora biodizelom manja od one izmjerene kod konvencionalnog dizela (vidi tablicu 6.1), a time je i negativan utjecaj na ozonski sloj smanjen za isti iznos. Značajno smanjenje većine aldehidnih smjesa je također primijećeno. Za formaldehide i acetaldehide primijećeno je 30 postotno smanjenje sadržaja u ispušnim plinovima u odnosu na konvencionalno dizelsko gorivo.

6.2.5.1. Utjecaj uzgoja uljane repice na ljudsko zdravlje

Mnogo je testiranja provedeno za utvrđivanje povezanosti izlaganju uljanoj repici tijekom njenog rasta s alergijskim i iritirajućim reakcijama. Simptomi uključuju groznicu s kihanjem, iritaciju očiju i grla te glavobolju. Sustavno ispitivanje utjecaja ove kulture na zdravlje provedeno je 1997. godine. [6.5]

Zaključci su sljedeći:

Postoje dokazi da neki ljudi mogu imati alergijske reakcije na pelud uljane repice. Uglavnom reakciju pokazuju ljudi koji reagiraju na druge vrste peluda i uobičajene alergene. Reakcija isključivo na pelud uljane repice je vrlo rijetka. Ne postoje dokazi da su simptomi drukčiji ili intenzivniji od onih uzrokovanih drugim alergenima.

Pelud uljane repice je teži u usporedbi s ostalim peludima i zbog toga ga vjetar ne može odnijeti daleko od biljke. Zbog toga pelud ne utječe na ukupnu količinu peluda u okolišu u vrijeme cvjetanja uljane repice.

Kao i većina ostalih biljaka koje cvatu i uljana repica ispušta hlapive organske spojeve (VOC, *engl. volatile organic compounds*) za vrijeme cvatnje. Količina hlapivih organskih spojeva može biti velika kod uljane repice zbog veličine cvijeta. Zaključeno je da ne postoji direktna veza između hlapivih organskih spojeva uljane repice i nepovoljnog utjecaja na zdravlje.

Istraživane su kemikalije poljoprivredne zaštite korištene na uljanoj repici, od kojih se većina koristi i za ostale kulture i na kojima nije primijećena jače rasprostranjena alergijska reakcija. Ne postoje dokazi da kemikalije imaju neki dodatni utjecaj na zdravlje koji bi se mogao pripisati uljanoj repici.

Gljivični uzročnici mogu se povezati s uljanom repicom kao i sa svakom drugom vrstom usjeva. U izvješću je zaključak da ne postoji nikakav dokaz da gljivice pronađene na uljanoj repici mogu imati bilo kakav utjecaj na ljudsko zdravlje.

6.2.5.2. Utjecaj uljane repice na ptice koje obitavaju na poljoprivrednim površinama

Prilikom analize biodizela iz uljane repice potrebno je analizirati i njen utjecaj na okoliš te poljoprivredni ekosustav. Prilično je malo istraživanja napravljeno po pitanju biološke raznolikosti bioenergetskih kultura. Kraljevsko društvo za zaštitu ptica u Velikoj Britaniji napravilo je analizu utjecaja različitih bioenergetskih usjeva na ptice koje borave na poljoprivrednim zemljištima, kao pokazatelj biološke raznolikosti [6.7]. Uljana repica je poznata po tome da osigurava sigurno mjesto za hranidbu i gniježđenje za mnogo ptica koje obitavaju na poljoprivrednim površinama. Tipični predstavnici su: poljska ševa, žuta pliska, trstenjak trščar, močvarna strnadica i velika strnadica. Močvarna strnadica čiji je broj padao krajem 1970-ih i početkom 1980-ih godina je pokazala sklonost gniježđenju u poljima uljane repice u odnosu na ostala polja. Pogodnost gniježđenja na otvorenom polju se povećava tijekom rasta kulture u sezoni. Produktivnost močvarne strnadice (i ostalih vrsta) može se povećati ostavljanjem biljaka na polju što duže je moguće.

Uljana repica podržava relativno veliki broj i raznolikost vrsta insekata u usporedbi sa žitaricama tijekom ljeta i brojne vrste ptica uključujući poljskog vrapca, močvarnu strnadicu i neke druge

koje koriste usjeve za pronalaženje hrane tijekom gniježđenja. Konopljarka i obična grmuša daju prednost gniježđenju u gustišima koji su pokraj polja uljane repice, a studija o 18 drugih vrsta ptica je dokazala da je postotak učestalosti ptičjih vrsta porastao u slučaju postojanja usjeva uljane repice.

Ptice poput vrapca pokućara, zelentarke, zimovke i konopljarke se hrane na uljanoj repici dok je uspravna biljka. Smatra se da je raspoloživost uljane repice tijekom 1980-ih pomoglo sporijem smanjenju populacije konopljarke. Poljska ševa preferira uljanu repicu zasijanu u jesen za prezimljavanje u odnosu na žitarice zasijane u jesen.

Zaključak je nakon svega navedenog da uljana repica osigurava biološku raznolikost za brojne ptice koje obitavaju na poljoprivrednim površinama, čiji je broj bio u opadanju.

6.2.6. Podmazivanje

Noviji propisi o količini sumpora u gorivu i korištenje niskosumpornih goriva dovelo je do povećavanja problema vezanih uz trošenje i kvarove na pumpama za ubrizgavanje goriva. Zbog toga proizvođači preporučuju korištenje aditiva za poboljšavanje mazivosti kako bi se izbjegli navedeni problemi vezani uz niski sadržaj sumpora.

Testiranja provedena u raznim institutima dokazala su da biodizel osigurava značajno poboljšanje mazivosti u usporedbi s dizelskim gorivom. Testiranja su dokazala da i smjese s manje od 1 % biodizela u konvencionalnom dizelskom gorivu značajno poboljšavaju mazivost goriva.

6.2.7. Infrastruktura

Standardne procedure u skladištenju i manipulaciji za dizelsko gorivo mogu biti korištene za biodizel. Gorivo mora biti uskladišteno u čistom, suhom i tamnom okruženju. Potrebno je izbjegavati ekstremne temperature. Prihvatljivi materijali za spremnike uključuju nehrđajuće čelike, polietilen i polipropilen. Biodizel ima efekt otapanja koji može osloboditi nakupine prije uskladištenog goriva koje su akumulirane na stjenkama spremnika i u cijevima. Oslobađanje nakupina može dovesti do začepljivanja filtara, što je potrebno spriječiti.

6.2.8. Miješanje i skladištenje biodizela

Biodizel se dobro miješa s dizelskim gorivom u svim omjerima i ostaje pomiješan čak i na niskim temperaturama. Studija provedena nakon 24 mjesečnog skladištenja na Univerzitetu Idaho-a dokazala je da se biodizel skladišti isto kao i dizelsko gorivo. Ta studija je pokazala da se snaga

motora smanjuje za 2 % a viskoznost, gustoća, vrijednost peroksida i kiseline povećavaju za skladišteni biodizel.

Materijali pogodni za skladištenje biodizela su: nelegirani čelici, nehrđajući čelici, fluorirani etilen i fluorirani polipropilen. Pošto biodizel ima tendenciju nagrizanja betona potrebno je izbjegavati skladištenje istoga u betonskim i armiranobetonskim spremnicima. Preporuka je da se biodizel ne skladišti duže od 6 mjeseci ili najviše jedne godine. Ta je preporuka slična onoj za skladištenje dizelskog goriva.

Zahtjevi kod izgradnje nadzemnih skladišta za mješavine biodizelskog goriva s mineralnim isti su kao i kod izgradnje nadzemnih skladišta za mineralni dizel. Za skladištenje čistog biodizela mogu se koristiti skladišta u kojima se skladište biljna ulja. Zahtjevi kod izgradnje podzemnih skladišta za čisti biodizel i mješavine jednaki su kao za mineralni dizel.

6.2.9. Potrošnja goriva

Potrošnja goriva je ključni faktor za ocjenu ekonomske vrijednosti biodizela. Razne specifikacije proizvođača vozila pokazuju da je potrošnja biodizela veća 10% od potrošnje fosilnog dizela. S druge strane su iskustva korisnika biodizela koje kažu da se potrošnja povećava do 5%.

Energetska vrijednost biodizela je volumetrijski oko 10% manja od vrijednosti za mineralni dizel.

S druge strane, svojstva biodizela (sadržaj kisika, veći cetanski broj itd.) doprinose boljem sagorijevanju u motoru.

Potvrđeno je prosječno povećanje potrošnje od 5% u usporedbi s fosilnim dizelskim gorivom.

6.3. Utjecaj biodizela na motor

Istraživanja su pokazala da biodizel može pokretati konvencionalni dizelski motor u dužem vremenu bez ikakvih problema. Ispitivanja su provođena na dizelskim motorima pick-up vozila, gradskih autobusa, teretnih vozila i traktora s različitim omjerima biodizelskog i dizelskog goriva. Te su smjese bile od 2% (B2), 20% (B20) pa sve do 100% biodizela (B100). Rezultati svih ovih istraživanja bili su pozitivni.

Standardni dizelski motor može raditi na 100% biodizelsko gorivo, ali na temperaturama nižim od -12°C počinje proces stinjavanja (*engl. cold filter plugging point*) te počinje izlučivanje čvrstih tvari iz goriva što može dovesti do začepljivanja filtra goriva. Biodizel se počinje stinjavati na višoj temperature od dizelskog goriva ali postoje aditivi koji sprječavaju stinjavanje. Miješanje biodizela s dizelskim gorivom će smanjiti točku stinjavanja. Ugradnja grijača u spremnik goriva

ili u cjevovode goriva također može pomoći u sprječavanju stinjavanja u zimskom periodu. Miješanje biodizela s dizelskim gorivom će smanjiti točku stinjavanja ali se ono može i dalje događati ukoliko nema grijača goriva.

Novi zahtjevi za sniženom količinom sumpora u gorivu u cilju smanjenja štetne emisije ispušnih plinova smanjuju također i sposobnost podmazivanja goriva. Ovo će skratiti životni vijek sustava ubrizgavanja. Smjese s biodizelom, čak i u malim omjerima (2%), uzrokuju poboljšanje podmazivanja što će doprinijeti smanjenju trošenja i produženju životnog vijeka motora. Povećanje podmazivanja je naročito pozitivno za visokotlačnu pumpu goriva, a time i za ukupno trošenje. Problem su nakupine tvrdih naslaga koje se mogu formirati na brizgaljkama goriva [6.8] i prstenovima klipa [6.9]. Ova pojava je obrađena u više studija i ovisna je o motoru, izvoru biodizela i metodi proizvodnje.

Istraživanja pokazuju da dolazi do pogoršanja brtvljenja visokotlačne pumpe goriva na starijim motorima (izrađenim prije 1993.). Oni uglavnom imaju brtve od gumenih materijala u sustavu pumpe goriva i sustavu goriva, koji mogu zakazati u slučaju korištenja 100% biodizelskog goriva. Najbolje ih je zamijeniti onima izrađenim od Vitona ili nekog drugog negumenog materijala u slučaju korištenja 100% biodizela. Smjesa od 20% biodizela može biti korištena u starijim motorima bez izmjena, ali je preporuka kontrolirati propuštanja. Istraživanja su također pokazala da je potrebno filtar goriva promijeniti ubrzo nakon prelaska na biodizelsko gorivo (nakon približno 1000 km).

6.3.1. Priprema vozila

Biodizel je odlično otapalo pa svi dijelove koji dolaze u kontakt s biodizelom moraju biti otporni na djelovanje tog otapala. Biodizel može prodirati u molekularnu strukturu crijeva i brtvi što može dovesti do propuštanja i djelomičnog rastvaranja. Materijali od fluorougljične gume podesni su za korištenje biodizela. Ovo se odnosi na plastična ili gumena crijeva koja dolaze u kontakt s gorivom kao i odgovarajuća brtvila u sustavu napajanja. U novim vozilima (od 1996. godine, za većinu proizvođača) ugrađene komponente su već serijski izrađene od odgovarajućih materijala. Većinu postojećih vozila potrebno je opremiti crijevima i brtvama otpornima na biodizel. Ovo je jedina prilagodba potrebna za korištenje biodizelskog goriva.

Zbog biodizelovog svojstva otapanja može doći do otapanja naslaga u spremniku i sustavu goriva stvorenih prijašnjom upotrebom dizela. To može dovesti do začepljenja filtara goriva. Zbog toga je potrebno preventivno promijeniti filtar goriva ubrzo nakon prelaska na biodizelsko gorivo.

Biodizel može oštetiti lakirane dijelove pa je potrebno voditi posebnu brigu prilikom punjenja goriva u spremnik vozila. Ukoliko dođe do kontakta biodizela s lakiranim dijelovima vozila, potrebno ga je što prije ukloniti.

Biodizel ne sadrži sumpor pa ispušni plinovi ne sadrže sumporni dioksid, koji uzrokuje zakiseljavanje.

Za uklanjanje zagađivača iz ispušnih plinova može se ugraditi oksidacijski katalizator. On u vozilu pokretanom biodizelom značajno smanjuje vrijednosti štetnih ispušnih plinova i gotovo potpuno smanjuje tipični miris izgaranja biodizela. Također se smanjuju i emisije čestica koje su kritična vrijednost u dizelskim motorima. S novim propisima se zahtjeva njihovo smanjenje.

6.3.2. Motorno ulje

U određenom području opterećenja dizelskih motora mala količina goriva može proći kroz prstene klipa u motorno ulje. Kod mineralnog dizela ovo gorivo ispari i izađe kroz sustav ventilacije kućišta motora. Biodizel isparuje na relativno visokoj temperaturi i zbog toga se miješa s motornim uljem. Zbog dobrih karakteristika graničnog podmazivanja biodizela može se smatrati da razblaživanje motornog ulja nije opasno. Nema sustavnih istraživanja o utjecaju propuštanja biodizela u motorno ulje. Kako bi se izbjeglo moguće oštećenje motora proizvođači preporučuju skraćivanje intervala zamjene motornog ulja, što utječe na povećanje troškova održavanja, kao i na povećanje količine otpadnog motornog ulja koja se mora zbrinuti.

Kako bi se izbjegli problemi, treba redovito kontrolirati kvalitetu ulja.

Vrijednost TBN (*engl. total base number*) se također može koristiti za donošenje odluke o kvaliteti ulja za podmazivanje. TBN testom određuje se vrijednost zalihe lužnatosti u mazivu. S povećanjem broja sati rada smanjuje se vrijednost TBN. Pravilo je da vrijednost TBN ne smije biti niža od 50 % vrijednosti kod novog ulja, koja je između 12 i 14 mg KOH/g.

Abrazija metala pronađenih u ulju za podmazivanje određuju svojstva podmazivanja ulja. Svojstva podmazivanja ulja su bolja kada se koristi biodizel nego kada se koristi mineralni dizel, čak i ako se smanji njegova viskoznost. Ova pozitivna karakteristika je često uzrokovana razrjeđivanjem ulja biodizelom.

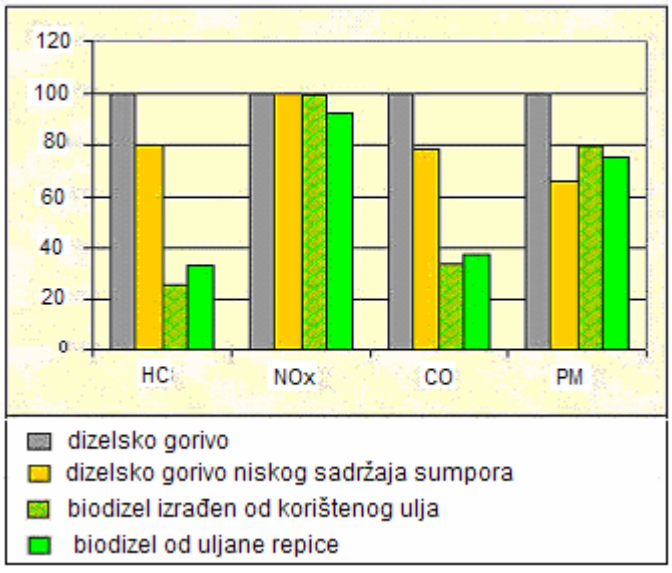
6.3.3. Vrijeme ubrizgavanja i brzina upaljivanja

Fizikalna svojstva biodizela odgovorna su za povećanje temperature u cilindru, zbog čega se povećava emisija NO_x. Ovo svojstvo se manifestira različito ovisno o izvedbi sustava za ubrizgavanje goriva. Veća brzina zvuka u biodizelu uzrokuje da val tlaka u gorivo putuje brže od

visokotlačne pumpe goriva do brizgaljke. [6.10] Veća brzina uzrokuje ranije ubrizgavanje, a količina je ovisna o duljini tlačnog cjevovoda goriva. Zbog ovoga je sustav pumpa-cjevovod-brizgaljka osjetljiviji na ovaj efekt od sustava ubrizgavanja koji nema visokotlačne cjevovode između pumpe i brizgaljke. Veći cetanski broj biodizela također doprinosi njegovom bržem paljenju.

Kombinacija ovih efekata može ubrzati vrijeme paljenja i do 4° koljenastog vratila [6.11]. Ranije vrijeme paljenja povećava vršni tlak u cilindru pri čemu se povećavaju emisije NO_x. Neophodno je usporiti vrijeme ubrizgavanja, kako bi se dovela točka paljenja bliže projektnoj radnoj točki motora.

Slika 6.8 prikazuje utjecaj na CO, HC, NO_x, i čestice (PM) u ispušnim plinovima prilagodbom 6 cilindarskog common rail motora prema EURO 3 normama, kako bi se njegove karakteristike optimirale za rad s biodizelom. Tlak ubrizgavanja je povećan za 100 bara, a vrijeme ubrizgavanja je pomaknuto za 3° koljenastog vratila. Emisije su uspoređene s emisijama sa standardnim dizelskim gorivom (oznaka na slici Diesel) koje sadrži 390 ppm sumpora i s dizelskim gorivom niskog sadržaja sumpora koje sadrži samo 7 ppm sumpora. Sadržaj sumpora u korištenom ulju iz kojeg je napravljen biodizel (RVO) je bio 11 ppm, a u onom napravljenom od uljane repice (RME) 14 ppm. Rezultati su dobiveni ispitivanjem prema europskom prijelaznom ciklusu (*engl. European Transient Cycle*) koji oponaša stacionarnu, gradsku i izvangradsku vožnju.



Slika 6.8. Utjecaj primjene raznih goriva na emisije HC, NOx, CO i čestice u ispušnim plinovima Dieselovog motora Euro 3 [6.12]

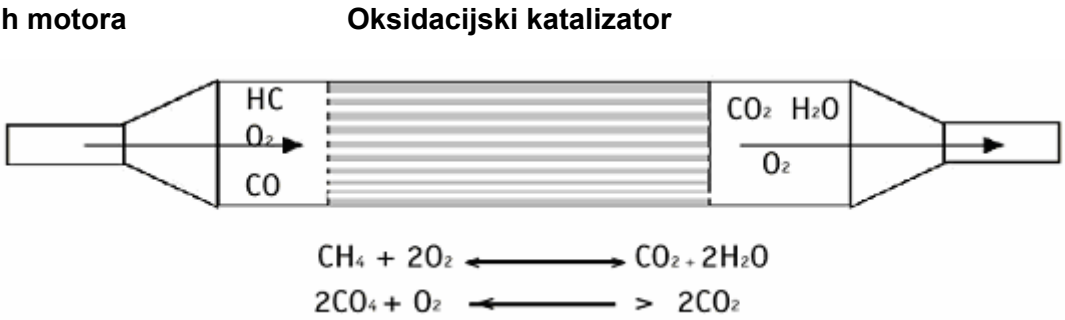
6.3.4. Formiranje naslaga u ispuhu

Razlog stvaranja ovih nakupina može biti u većim kapljicama u mlazu ubrizgavanoga goriva u cilindru povezanih s biodizelom. Veličina kapi goriva je povezana s površinskom napetošću, gustoćom i viskoznošću. Pošto je viskoznost biodizela veća od one kod fosilnog dizela, kapljice goriva su veće i zbog toga ne mogu potpuno izgorjeti. Preostali biodizel se može raspasti tek na višoj temperaturi (430-480°C)[6.13] i zbog toga stvara naslage. Viskoznost biodizela je jako ovisna o temperaturi. Tijekom inicijalnog starta motora gorivo je u obliku sirupa. Nakon nekog vremena u radu spremnik goriva postaje prilično topao zbog recirkulacije goriva.

Predgrijavanje goriva može poboljšati izgaranje zbog smanjenja kapljica goriva. Mali spremnik goriva se može zagrijavati električnim grijačem na idealnu temperaturu za start, a nakon starta otpadna toplina motora će predgrijavati glavni spremnik goriva.

6.3.5. Biodizel i katalitički katalizator

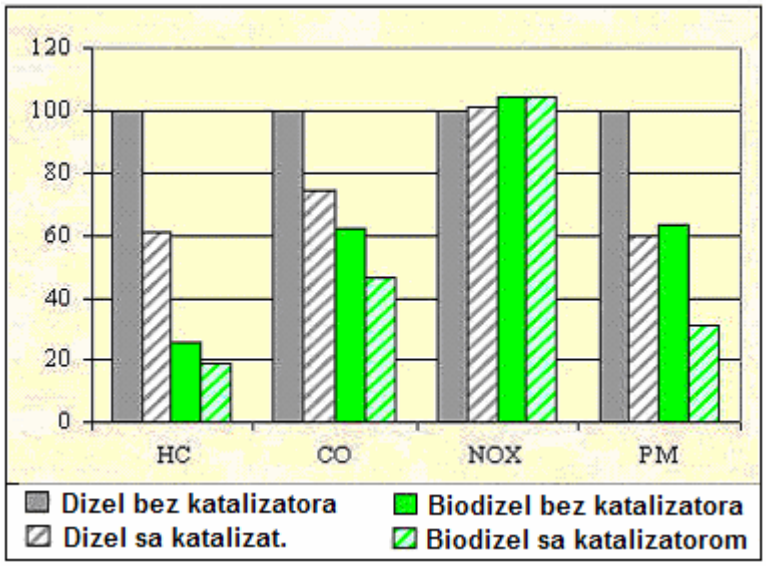
Katalitički katalizator može smanjiti emisije čestica, policikličkih aromatskih ugljikovodika i ugljičnog monoksida znatno ispod postojećih razina, ali može se koristiti samo za niskosumporno dizelsko gorivo.



Slika 6.9. Struktura oksidacijskog katalizatora

Katalizator međutim može povećati emisije NO_x. Biodizel ima niski ili zanemariv sadržaj sumpora i može koristiti nove tehnologije katalizatora. Ove niske količine sumpora u biogorivima su prirodne i nisu rezultat skupih i energetski zahtjevnih spojeva ili izdvajanja sumpora. Studija koju je proveo Christopher Sharp (Southwest Research Institute, USA) prikazuje testiranje tri dizelska motora s i bez oksidacijskog katalizatora i to s dizelskim gorivom (476 ppm), biodizelom i smjesom B20. Slika 6.10 prikazuje relativne emisije za dizelsko gorivo i 100% biodizel. Testiranje je provedeno na motoru Cummins B5.9.

Svi rezultati prikazani su u masenim postotcima, a normalizirani su po jedinici proizvedenog rada. Na slici se može vidjeti da oksidacijski katalizator daje slične omjere smanjenja emisija kod primjene biodizela, premda se startalo s manjim emisijama nego kod običnog dizela.



Slika 6.10. Relativne emisije motora Cummins B5.9 za dizelsko gorivo i 100 % biodizel [6.14]

Biodizel postiže s katalizatorom bolje rezultate u odnosu na dizel u svim kategorijama osim NO_x, gdje je razlika gotovo zanemariva.

6.4. Priprema vozila za korištenje biodizela

Dizelski motori moraju biti prilagođeni za korištenje čistog biodizela i mješavine s fosilnim dizelom. U praksi je dokazano da nema štetnog djelovanja na motor pri korištenju do 20% biodizela i da nisu potrebne nikakve preinake. Koncentracija do 5% je granična vrijednost za koju većina proizvođača dizelskih motora daje garancije.

Na motorima predviđenim za rad na fosilni dizel potrebno je izvršiti određene preinake kako nakon prelaska na biodizelsko gorivo ne bi došlo do oštećenja dijelova motora te kako bi se izbjeglo smanjenje radnog vijeka njegovih dijelova. Proizvođači vozila već nekoliko posljednjih godina nude na tržištu motore koji su tvornički opremljeni za pogon biodizelom pa takva vozila nakon isporuke nije potrebno prilagođavati. Osim motora i druge komponente vozila, kao što je sustav za dodatno grijanje, moraju biti prilagođene.

Ako se radi o autobusima koji nisu tvornički opremljeni za pogon biodizelom, preinake za prelazak s fosilnog dizela na biodizel uobičajeno se izvode na modelima autobusa proizvedenima nakon 1990. Kada se pristupa preinakama, tada se u pravilu zamjenjuju sljedeći dijelovi dizelskog motora [6.15]:

- gumena brtva čepa spremnika goriva,
- plastični poklopac uljevnog voda,
- gumena cijev koja povezuje uljevni otvor sa spremnikom goriva,
- ispusni ventil spremnika goriva i vod koji povezuje ventil sa spremnikom,
- vodovi za gorivo,
- pokazivač razine (za motore s rednom pumpom za gorivo),
- predfiltar goriva,
- vodovi ispusta ulja,
- elektronički hidraulički prekidač (na modelima s upravljanjem putem sustava EDC),
- uređaj za dodatno grijanje,
- vod goriva k uređaju za dodatno grijanje.

Proizvođači dizelskih motora i dijelova za dizelske motore pri ispitivanju motora obično navode odnose li se rezultati ispitivanja na biodizel određenog porijekla, kao npr. biodizel od uljane repice (RME), otpadnog jestivog ulja, ulja soje, suncokretovog ulja, palminog ulja, životinjske masti ili drugog, ili se rezultati pak odnose na čitavu skupinu biodizelskih goriva dobivenih transesterifikacijom, skraćenog naziva FAME, odnosno metil ester masne kiseline. Biodizel svojim svojstvima i kvalitetom u svakom slučaju mora zadovoljiti normu EN 14214.

Za korištenje FAME iznad koncentracije od 5 % u mješavini s fosilnim dizelom potrebno je dobiti odgovarajuće odobrenje proizvođača za određeni tip motora i tip vozila. Iskustva tvrtki za javni gradski prijevoz, kao što je GVB iz Graza, pokazuju da se tvornički prilagođeni i naknadno prilagođeni autobusi (za koje je predviđeno korištenje biodizela) mogu pokretati biodizelom 100 %-tne koncentracije te da ovo gorivo niti nakon više od 250.000 km ne uzrokuje probleme i smetnje u radu dizelskog motora, niti oštećuje komponente motora. Prilagodba podrazumijeva izmjenu dijelova motora originalno izrađenih od materijala koji se razgrađuju u dodiru s metil esterom. To su u pravilu brtve i crijeva za gorivo te drugi dijelovi koji dolaze u dodir s gorivom.

Ukoliko se prelazi s fosilnog dizelskog goriva na biodizel, a koncentracija biodizela premašuje volumni udjel od 5% u mješavini goriva, potrebno je osigurati sljedeće:

- svi dijelovi motora koji dolaze u dodir s gorivom moraju biti izrađeni od materijala otpornog na biodizel, inače može doći do razgradnje materijala i propuštanja,

- gorivo kojim se pune spremnici autobusa moraju u potpunosti zadovoljavati normu EN 14214, a ako se priprema mješavina biodizela i fosilnog dizela, tada mješavina mora zadovoljiti normu EN 590; ako goriva ne zadovoljavaju ove norme, može doći do oštećenja dijelova za ubrizgavanje goriva (koksiranje, začepljenje brizgaljki, korozija, smanjeni vijek trajanja zbog povišenih tlakova, trošenje sjedišta brizgaljki), korozije ostalih metalnih dijelova, otežanog kretanja dijelova u pokretu i začepljenja filtra za gorivo,

- nakon prijeđenih približno 1.000 km od početka rada s biodizelom potrebno je zamijeniti filtar za gorivo i filtar za ulje, inače može doći do začepljenja talogom koji je od ranije prisutan u sustavu, a kojeg biodizel otapa,

- propisati intervale izmjene ulja za podmazivanje i filtra ulja koji su u pravilu kraći od intervala kada se koristi fosilni dizel, zbog svojstva biodizela da razrjeđuje ulje za podmazivanje; prilikom redovitih održavanja potrebno je vizualno provjeravati dijelove koji dolaze u dodir s gorivom,

- ako vozila prometuju u uvjetima niskih vanjskih temperatura tada u vozilo mora biti ugrađen uređaj za dodatno grijanje koji mora biti prilagođen za rad s biodizelom, u protivnom je potrebno osigurati dodatni spremnik dizelskog goriva za pogon ovog uređaja,

- želi li se utjecati na intenzitet mirisa ispušnih plinova, u ispušni sustav vozila potrebno je ugraditi katalitički konverter oksidacijskog tipa s pomoću kojeg se intenzitet mirisa smanjuje,

- prilikom utakanja goriva u spremnik vozila potrebno je voditi računa da biodizel ne dođe u kontakt s lakiranim površinama vozila, a ako se to dogodi potrebno je odmah obrisati mjesto na kojem je došlo do dodira, inače na zahvaćenoj površini može nastati oštećenje laka,

- biodizel u usporedbi s fosilnim dizelom ima manju ogrjevnu vrijednost te se uslijed toga snaga motora smanjuje za 5 do 10 %, a u istoj se mjeri povećava potrošnja goriva.

6.5. Zahtjevi za gorivo

Biodizelsko gorivo mora biti u skladu s normom EN 14214 "*Automotive fuels - Fatty acid methyl esters (FAME) for diesel engines - Requirements and test methods"* koja je stupila na snagu 30.10.2004. Prije donošenja ove norme postojale su nacionalne norme npr. ÖNORM C 1192 iz 1995. godine za RME, ÖNORM C 1191 iz 1997. godine za FAME, DIN E 51606 iz 1997. godine

za FAME, ASTM –D-6751-02 iz 2002 za FAME. Rad s gorivom koje je slabije kvalitete može dovesti do oštećenja dijelova motora i neispravnog rada.

Tablica 6.1. Karakteristike biodizela prema EN 14214

Svojstvo	Granice	Mjerna jedinica
Sadržaj estera	≥ 96,5	% m/m
Gustoća na 15 ºC	860 – 900	kg/m^3
Viskoznost na 40 ºC	3,5 – 5,0	mm^2/s
Viskoznost na -20 ºC	≤ 48	mm^2/s
Plamište	≥ 110	ºC
CFPP	vidi EN590	ºC
Sadržaj sumpora	≤ 10,0	mg/kg
CCR / 10% ostataka destilacije	≤ 0,30	%m/m
Cetanski broj	≥ 51,0	-
Pepeo sulfata	≤ 0,02	%m/m
Sadržaj vode	≤ 0,05	%mg/kg
Ukupno zaprljanje	≤ 24	mg/kg
Korozija bakra (3h na 50 ºC)	klasa 1	ocjena
Oksidacijska stabilnost	≥ 6,0	h
Toplinska stabilnost	-	h
Stabilnost skladištenja	-	-
Neutralizacijski broj	≤ 0,50	mgKOH/g
Jodni broj	≤ 120	-
Nezasićeni metilni esteri: C 18:4+	≤ 1,0	% m/m
Polinezasićeni metilni esteri	≤ 1,0	% m/m
Sadržaj metanola	≤ 0,20	% m/m
Sadržaj monoglicerida	≤ 0,80	% m/m
Sadržaj diglicerida	≤ 0,20	% m/m
Sadržaj triglicerida	≤ 0,20	% m/m
Slobodni glicerin	≤ 0,02	% m/m
Ukupni glicerin	≤ 0,25	% m/m
Metali grupe I (Na-K)	≤ 5,0	mg/kg
Metali grupe II (Ca-Mg)	≤ 5,0	mg/kg
Sadržaj fosfora	≤ 10,0	mg/kg

Korištenje dizelskog goriva s dodatkom 5% biodizela smatra se aditiviranjem i može se koristiti i u motorima koji nisu prilagođeni radu s biodizelom. Ovakvo gorivo ne zahtijeva promjenu intervala zamjene ulja.

Norma EN 14214 definira stabilnost za biodizelsko gorivo (tablica 6.2) pri hladnom vremenu.

Tablica 6.2. Zahtijevana stabilnost za biodizelsko gorivo pri hladnom vremenu prema EN 14214

Period	Stabilnost pri hladnom vremenu
15.4. – 30.9.	0 ºC
1.10. – 15.11.	-10 ºC
16.11. – 28.2.	-20 ºC
1.3. – 14.4	-10 ºC

Ukoliko je stabilnost goriva na hladno vrijeme neadekvatna ili ako su okolne temperature niže, potrebno je upotrijebiti sustav predgrijavanja goriva. Dodavanje aditiva za poboljšavanje protoka ne mijenjaju stabilnost pri hladnom vremenu za biodizelska goriva.

6.6. Garancije proizvođača motora i vozila za primjenu biodizela

Prve garancije za korištenje biodizela u dizelskim motorima izdane su za poljoprivredne strojeve, prvenstveno za traktore i kombajne (npr. Same, Steyr, John Deere, Massey-Ferguson, Lindner, Mercedes-Benz itd.).

Tablica 6.3. Motori za koje proizvođači dozvoljavaju upotrebu biodizela [6.16]

Proizvođač	Vrsta vozila	Serije
Audi	osobna vozila	svi TDI modeli od 1996.
BMW	osobna vozila	525 tds od 1997.
Mercedes-Benz	osobna vozila	C220, E220, C200 i 220 CDI
Seat	osobna vozila	sve TDI serije od 1996.
Škoda	osobna vozila	sve TDI serije od 1996.
Volkswagen	osobna vozila	sve TDI serije i sve nove SDI serije od 1996.
Volvo	osobna vozila	serije S80-D, S70-TDI i V70-TDI
Case IH	traktori	svi modeli od 1971.
Claas	kombajni, traktori	garancija postoji
Fiatagri	traktori	za nove modele
Ford AG	traktori	za nove modele
Iseki	traktori	serije 3000 i 5000
John Deere	kombajni, traktori	garancija od 1987.
KHD	traktori	garancija postoji
Kubota	traktori	serije OC, Super Mini, O5, O3
Lamborghini	traktori	serija 1000
Same	traktori	od 1990.
Steyr	traktori	od 1988.
Valmet	traktori	od 1991.

Razvojem sofisticiranijih marketinških strategija fokus se proširio i na ostala vozila pokretana dizelskim motorom kao što su gradski autobusi, taksi vozila, brodovi i osobna vozila.

Daljnje proširenje je ostvareno dobivanjem garancija za novu generaciju modernih sustava sa visokotlačnim ubrizgavanjem, kao što su "common-rail" sustavi (npr. Mercedes-Benz, Peugeot, Volkswagen). Tablica 6.3 prikazuje trenutno stanje garancija korištenja biodizela u vozilima.

MAN AG: [6.17]

Korištenje biodizela dopušteno je za vozila s motorima iz serija L2000, M2000, M2000-L, F2000 i TGA prema normi Euro 2 i Euro 3 koji rade s klasičnim sustavom ubrizgavanja goriva, oznake motora:

- D 08: od broja motora xxx8953591xxxx i
- D 28: od broja motora xxx8953001xxxx,

kao i za vozila serije TGA s motorima u kojima se koristi tehnologija sa zajedničkim visokotlačnim spremnikom (*engl. common rail*) za ubrizgavanje goriva, a koja nose oznaku D20 i D28.

Za nove motore opremljene paketom FAME originalno jamstvo za vozilo vrijedi ukoliko se korisnik vozila pridržava uputa proizvođača o smanjenim intervalima izmjene ulja za podmazivanje, ukoliko se koristi gorivo koje ispunjava uvjete postavljene normom EN 14214 te ukoliko vozilo ne miruje dulje od 4 tjedna. Ako vozilo miruje dulje od ovog vremena, tada je potrebno sustav za gorivo "isprati" s dva punjenja spremnika fosilnim dizelom. Od uređaja za dodatno grijanje, trenutno su jedino uređaji proizvođača Eberspächer prilagođeni za korištenje biodizela.

Mercedes-Benz:

Tvrtka Mercedes-Benz daje sljedeću listu motora koji su provjereni za rad s biodizelom, a primjenjuju se za autobuse:

Tablica 6.4. Lista Mercedes-Benz-a s motorima koji mogu raditi s biodizelom [6.18]

	Pogodno za rad s biodizelom (FAME)	**Potrebna prilagodba**
BR 300	Proizvedeno od 1988	Ne
BR 400	Proizvedeno od 1988	Da
OM 457 LA	Od početka proizvodnje	Ne
BR 900	Od početka proizvodnje	Ne
BR 500	Od početka proizvodnje	Ne
OM 601/602	Nije odobreno	

Na motorima BR 400 potrebno je cjevovode goriva zamijeniti verzijom koja je otporna na biodizel i spojiti ih na spremnik goriva. Nadalje, na motorima EURO 2 koji su opremljeni sustavom EHAB (elektrohidrauličko gašenje), standardni sustav EHAB mora biti zamijenjen s verzijom otpornom na biodizel (FAME).

Evobus:

Tvrtka Evobus daje garanciju za korištenje biodizela za sljedeće modele:

- O 405/408/550 s motorom OM 447 hLA
- O 530 s OM 906 hLA i OM 457 hLA

6.7. Iskustva nekih europskih tvrtki za javni gradski prijevoz

Više gradova u Europi primjenjuje biodizel za pogon gradskih autobusa. Primjeri su Graz (Austria), Heinsberg [6.19] i Neuwied [6.20] (Njemačka). Najpoznatiji je primjer uvođenja biodizela u vozila autobusne flote grada Graza, koji će biti detaljnije predstavljen.

6.7.1. Tvrtka Grazer Verkehrsbetriebe (GVB)

Grad Graz je proveo akciju uvođenja biodizela u sve autobuse gradskih linija pod geslom "Iz tave u tank". [6.21] Projekt je započeo još 1994. kada je gradska uprava počela surađivati s nekoliko istraživačkih institucija te je ubrzo dogovoreno pokretanje probnog programa u trajanju od tri godine. U program su uključena dva vozila iz autobusne flote tvrtke GVB u koja se točio biodizel dobiven od otpadnog jestivog ulja.

Prilagodba motora za korištenje biodizela je provedena tako što su gumeni i plastični dijelovi motora koji dolaze u dodir s gorivom, poput crijeva za gorivo i brtvi, bili zamijenjeni materijalima otpornima na biodizel. Troškovi zamjene ovih dijelova iznosili su između 1.000 i 1.500 € po vozilu. Zamjena se izvodi samo jednom tako da su i troškovi jednokratni. Inženjersko osoblje je pri prilagodbi vozila vodilo računa o tome da i drugi uređaji koji koriste biodizel, kao što je dodatni sustav za grijanje, imaju odobrenje proizvođača za primjenu biodizela.

Po završetku probnog programa, motor jednog vozila (autobusa proizvođača MAN, tip NL 202) je u potpunosti rastavljen i pregledan. Stanje dijelova uspoređeno je sa stanjem snimljenim prije početka programa i ustanovljeno je da nakon prijeđenih 270.000 km na biodizel nema dodatnog neuobičajenog trošenja u odnosu na trošenje koje se može uočiti pri pregledu motora koji radi na fosilni dizel. Osim toga, u određenim vremenskim intervalima je provjeravana kakvoća ulja za podmazivanje. Suprotno raznim tehničkim izvješćima u kojima je zabilježeno razrjeđenje ulja

uslijed miješanja s biodizelom, ovakva zapažanja nisu potvrđena tijekom provjera. Promjene svojstva ulja bile su u dopuštenim granicama te se nastavilo koristiti isto ulje koje je korišteno i do tad za rad s fosilnim dizelom. Intervali izmjene ulja za motore na biodizel smanjeni su za 25 %, na prijeđenih 40.000 km. Testiranja su ipak pokazala i jedan nedostatak, a to je prosječno povećanje potrošnje biodizela od približno 6 % u odnosu na potrošnju fosilnog dizela. Vozači testnih autobusa tijekom vožnje nisu uočili smanjenje snage motora, kao što se navodi u nekim izvješćima. Snaga motora održala se jednakom i pri osjetljivoj gradskoj vožnji. Nadalje, iskustvo je pokazalo da biodizel koji je proizveden od otpadnog ulja ne uzrokuje probleme u zimi do temperatura od -4° C. Ukoliko je hladnije, autobusi koriste gorivo miješano s običnim dizelom, a u najhladnijem dijelu godine autobusi koriste čisto fosilno dizelsko gorivo.

Ohrabreni pozitivnim učincima koji su proizašli iz probnog programa, u tvrtki GVB odlučeno je kako će se nastaviti s korištenjem biodizela. Tako su u 1998. godini stopostotnim biodizelom bila pokretana 14 autobusa, a u 2004. godini biodizel se tankira u svih 139 autobusa flote. Godišnje oni prevale ukupno 8,5 milijuna kilometara. Svako novo vozilo mora biti tvornički opremljeno za rad s biodizelom. Proizvođač Mercedes-Benz daje potpuno jamstvo da su autobusi tipa CITARO s dizelskim motorima spremni za pogon na biodizel odmah nakon isporuke. Gorivo koje se nabavlja za autobuse GVB-a proizvedeno je sukladno normi EN 14214, a tvrtka ima vlastitu stanicu za gorivo.

Danas tvrtka GVB provodi program ugradnje oksidacijskog katalizatora za čestice (*engl. particle oxidation catalyst, POC*) od nehrđajućeg čelika na svim autobusima flote. Kako bi se ispitao učinak ugradnje katalizatora, Institut za motore s unutarnjim izgaranjem i termodinamiku (*engl. Institute for combustion engines and thermodynamics*) Tehničkog sveučilišta u Grazu proveo je mjerenja na autobusima Mercedes Benz, model Citaro s ugrađenim POC katalizatorima. Radi se o autobusima s motorima snage 185 kW koji zadovoljavaju normu EURO III. Nakon ugradnje POC katalizatora emisija čestica se smanjila ispod razine propisane normom EURO IV. Ukupni trošak ugradnje katalizatora u sve autobuse flote iznosio je oko 500.000 €, što iznosi otprilike 3.600 € po vozilu.

Može se spomenuti i da je nakon uvođenja biodizela u gradske autobuse u tijeku uvođenje istog goriva u taksi vozila pa tako trenutno 60 % vozila (otprilike njih 120) koristi biodizel.

6.8. UVOĐENJE BIODIZELSKOG GORIVA U VOZILA ZET-a

S 295 autobusa ZET osigurava opsežan, moderan i pouzdan javni promet u Zagrebačkoj regiji. Trenutno se vozni park ZET-a sastoji od vozila MAN (162 kom.) i Mercedes-Benz (133 kom.). U autobuse je ugrađeno ukupno 24 različitih tipova ili izvedbi motora, od čega u vozila MAN 19 tipova/izvedbi, a u vozila Mercedes-Benz 5 tipova/izvedbi motora (stanje 5. 2006. godine).

Prilikom uvođenja biodizela u vozni park ZET-a dva su ograničavajuća faktora: mogućnost korištenja biodizelskog goriva s obzirom na izvedbu motora i količina raspoloživog goriva te način njegove distribucije.

6.8.1. Mogućnost korištenja biodizelskog goriva u autobusima ZET-a

U tablici 6.5 prikazano je stanje voznog parka ZET-a u svibnju 2006. s obzirom na mogućnost korištenja biodizelskog goriva. S obzirom da se vozni park stalno obnavlja, promjena brojčanog stanja autobusa može ići samo u prilog povećanju broja vozila opremljenih za uporabu biodizela jer se novi autobusi isporučuju s paketom FAME.

Tablica 6.5. Pregled autobusa ZET-a s obzirom na sposobnost uporabe biodizela (stanje: 5. 2006.) [5.3]

	Mercedes-Benz	**MAN**	**UKUPNO**
Sposobni za biodizel, s paketom FAME	15	11	26
Sposobni za biodizel, bez paketa FAME	74	77	151
Sposobni za biodizel, ali stariji od 1996.	3	19	22
Nisu sposobni za biodizel	41	55	96
UKUPNO	**133**	**162**	**295**

Trenutno se u sastavu autobusne flote ZET-a nalazi 177 vozila za koje proizvođač izdaje odobrenje za korištenje biodizela. Od toga je 26 autobusa tvornički opremljeno paketom FAME, što znači da su njihovi motori spremni za korištenje FAME bez ikakvih preinaka, uz pridržavanje preporuka proizvođača o eksploataciji i održavanju. U tablici 6.6 su podaci za vozila MAN, a u tablici 6.7 su podaci za vozila Mercedes-Benz koja imaju mogućnost pogona na FAME.

Tablica 6.6. Vozila MAN u sastavu autobusne flote ZET-a s mogućnošću pogona na FAME

TIP VOZILA/ TIP MOTORA	BROJ VOZILA U FLOTI	PROSJEČNA STAROST (u godinama)
SÜ 313 / D2866	1	1,2
SL 283 / D0836	8	1,2
NG 313 / D2866	12	1,7
SL 263 / D0826	1	4,7
NL 263 / D2866	34	5,1
NM 222 / D0826	2	8,3
EL 262 / D0826	10	8,5
NG 312 / D2865	20	8,8
UKUPNO	**88**	

Za vozila proizvedena prije 1996. godine, koja nisu predviđena za korištenje biodizela, preporučuje se korištenje biodizela kao aditiva u gorivu u koncentracijama do 5%.

Tablica 6.7. Vozila Mercedes-Benz iz ZET-ove autobusne flote s mogućnošću pogona na FAME

TIP VOZILA	BROJ VOZILA U FLOTI	PROSJEČNA STAROST (u godinama)
MB O 345 C	8	0,9
MB O 345 H	1	0,9
MB O 530	29	2,2
MB O 530 G	1	2,8
MB O 405 N2	25	6,9
MB O 405 GN2	25	9,0
UKUPNO	**89**	

Cijena paketa FAME iznosi između 1.000 i 1.500 €, a vrijeme zamjene dijelova neotpornih na biodizel traje 6-10 sati. U autobusima ZET-a za grijanje putničkog prostora koristi se isključivo uređaj Webasto (tip 300 i 350), koji se može isporučiti u izvedbi s oznakom "Namijenjen za biodizel". Pretpostavlja se da stariji autobusi imaju izvedbu koja nije prilagođena za biodizel pa je potrebno ili zamijeniti grijače (grijači tvrtke Eberspächer prilagođeni su za korištenje biodizela) ili ugraditi dodatni spremnik dizelskog goriva čiji troškovi iznose oko 1.300 €.

Novija vozila ZET-a zadovoljavaju normu za gorivo EURO III a iskustvo Graz-a nam kaže da su ugradnjom oksidacijskog katalizatora za čestice dobili rezultate emisija čestica ispod razine

propisane normom EURO IV. Ukupni trošak ugradnje katalizatora je oko 3.600 € po vozilu (izvor: VGB Graz).

6.8.2. Skladištenje i napajanje gorivom u spremištima ZET-a

Spremišta autobusa ZET-a nalaze se na tri lokacije: u Dubravi, Podsusedu i Velikoj Gorici. Kao gorivo se trenutno koristi isključivo Eurodizel.

U spremištu u Dubravi se tankiraju, garažiraju i održavaju vozila marke Mercedes-Benz (oko 120 kom.). Gorivo se skladišti u dva podzemna spremnika s kapacitetom 2x50.000 litara. Dnevno se u autobuse toči oko 15.000 litara, a nedjeljom oko 9.000 litara goriva. Na lokaciji ima dovoljno prostora za ugradnju novih spremnika.

U spremištu Podsused se tankiraju, garažiraju i održavaju vozila marke MAN (oko 150 kom.). Gorivo se skladišti u dva podzemna spremnika s kapacitetom 2x50.000 litara. Dnevno se u autobuse toči između 14.000 i 18.000 litara (ovisno o godišnjem dobu). Na lokaciji ima dovoljno prostora za ugradnju novih spremnika.

U spremištu Velika Gorica garažira se i održava 30-ak starijih vozila marke Mercedes-Benz i MAN, a na lokaciji nema spremnika za gorivo. Autobusi se pune gorivom iz cisterni koje se dovezu u spremište ili se pune na pumpnim stanicama izvan spremišta.

Pumpna stanica za biodizel mora zadovoljiti iste zakonske uvjete kao i stanica na kojoj se poslužuje fosilni dizel. Za podzemno skladištenje koriste se isti spremnici kao za fosilni dizel, a za pumpni agregat treba provjeriti je li namijenjen za biodizel. Svi dijelovi agregata koji dolaze u kontakt s gorivom moraju biti izrađeni od materijala otpornog na biodizel. Pri korištenju biodizela veličina mreže usisnog filtra i filtra pumpe može ostati ista kao pri korištenju fosilnog dizela.

Pri nabavci novog spremnika za gorivo i pumpnih agregata potrebno je voditi računa da su otporni na biodizel i da se za njih može dobiti jamstvo proizvođača o korištenju biodizela. Preporuča se izbjegavati komponente izrađene od cinka, bakra ili bakrovih legura. Biodizel može razgraditi slojeve cinka, a bakar djeluje kao oksidacijski katalizator i utječe na smanjenje oksidacijske stabilnosti. Ako se postojeći spremnik koji je služio za skladištenje fosilnog dizela želi koristiti za skladištenje biodizela, tada je potrebno spremnik potpuno isprazniti, osušiti i očistiti. Iz preventivnih razloga se preporuča čišćenje spremnika svake dvije godine. Ako se spremnik koristi za mješavinu fosilnog dizela i biodizela i mješavina se priprema u spremniku, potrebno ga je opremiti odgovarajućom opremom za miješanje.

6.8.3. Dinamika uvođenja biodizela u vozila ZET-a

Program uvođenja biodizelskog goriva uzima u obzir mogućnosti vozila koja mogu koristiti čisti biodizel i količinu biodizela koja je potrebna za autobuse ZET-a pa je preporučena petogodišnja dinamika koja je prikazana u tablici 6.8. Za početak je predviđen 1.1.2007. [5.3]

Tablica 6.8. Dinamika uvođenja biodizela u autobuse ZET-a

Godina	Broj autobusa na B100	Broj autobusa na B5*	Broj autobusa na dizel
2007.	10	100	190
2008.	20	280	0
2009.	40	260	0
2010.	80	220	0
2011.	120	180	0

* Pretpostavlja se da će se flota sastojati od 300 autobusa i da se njihov broj ne mijenja u idućih 5 godina

Prosječno autobus ZET-a godišnje prijeđe 85.000 km a prosječna potrošnja goriva je 46,9 litara na 100 kilometara. Iz toga se može izračunati koliko će biti potrebno biodizela za vrijeme uvođenja biodizela u autobuse ZET-a (tablica 6.9) [5.3], uzimajući u obzir da je potrošnja biodizela 10% veća od one koja se računa za dizelsko gorivo.

Tablica 6.9. Potrebna godišnja količina biodizela za vrijeme uvođenja u autobuse ZET-a

Godina	Količina biodizela (litara)
2007.	640.000
2008.	1.440.000
2009.	2.280.000
2010.	3.960.000
2011.	5.640.000

U prvoj godini bi se izabralo po 5 autobusa marke MAN i Mercedes Benz od novodobavljenih koji imaju garancije za korištenje čistog biodizela. 100 vozila bi se pogonilo s gorivom B5, a ostala vozila s običnim dizelskim gorivom. U prvoj godini bi se trošilo 440.000 litara biodizela za autobuse koji bi koristili čisti biodizel, a 220.000 litara za 100 autobusa koji bi koristili B5 gorivo.

Prva godina uvođenja biodizelskog goriva bi poslužila za stjecanje iskustva. Poznato je koje su specifičnosti u održavanju motora pokretanih biodizelskim gorivom ali smatra se da nagli prelazak na novu vrstu goriva ne bi bio pozitivan, te se zbog toga gorivo zamjenjuje postupno.

U drugoj godini programa potpuno bi se povuklo iz uporabe fosilno dizelsko gorivo pa bi svi autobusi koji ne koriste čisti biodizel koristili smjesu B5.

Nakon završetka prve godine mogla bi se i revidirati dinamika uvođenja biodizela, ovisno o količini raspoloživog goriva i broju autobusa koji bi imali garanciju za korištenje biodizelskog goriva.

7. UTJECAJ BIODIZELA KAO POGONSKOG GORIVA U PROMETU NA OKOLIŠ U USPOREDBI S MINERALNIM DIZELSKIM GORIVOM

7.1. Ograničenje emisija kao posljedice Protokola iz Kyota

Ublažavanje klimatskih promjena i sprečavanje negativnih utjecaja na okoliš jedna je od najvažnijih globalnih zadaća u zaštiti okoliša. Glavni cilj Okvirne konvencije Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC) je da se u skladu s odredbama Konvencije uspostavi stabilnost koncentracija stakleničkih plinova u atmosferi na razinu koja će spriječiti opasni antropogeni utjecaj na klimatski sustav. UNFCCC u svojim polaznim načelima kaže: “odgovornost mora biti zajednička ali i različita, s obzirom na gospodarske i druge osobitosti”. Kyotski protokol stupio je na snagu 16. veljače 2005. godine, čime je ostvaren korak naprijed u postavljenim ciljevima Konvencije, odnosno, obveza smanjenja emisije stakleničkih plinova u razdoblju od 2008. do 2012. godine.

Prema Nacionalnoj strategiji zaštite okoliša, klimatske promjene svrstane su u drugu skupinu prioritetnih tema. Međutim, dugoročno gledano, klimatske promjene mogle bi postati ograničavajući faktor razvoja u Republici Hrvatskoj, zbog značajnog utjecaja na okoliš te razvoj pojedinih područja i gospodarstva u cjelini. Republika Hrvatska je, kao zemlja ranjiva na klimatske promjene, osobito zbog vrlo velikog obalnog područja i otoka te relativno velikog područja dolina na sjeveru, aktivna u međunarodnim naporima za rješavanje klimatskih promjena. Republika Hrvatska je 1996. godine ratificirala Okvirnu konvenciju Ujedinjenih naroda o promjeni klime - UNFCCC (N.N.- Međunarodni ugovori, 02/96) te preuzela obveze zacrtane u Prilogu I kao zemlja koja prolazi kroz tranzicijski proces prema tržišnom gospodarstvu, čime se obvezala da će održati emisiju stakleničkih plinova na razini iz 1990. godine.

Hrvatski Sabor je 27. travnja 2007. godine ratificirao Kyotski protokol (N.N. - Međunarodni ugovori, 05/07), što je jedan od uvjeta za primanje Hrvatske u punopravno članstvo EU. Ratifikacijom Kyotskog protokola Hrvatska se obvezala na smanjenje emisije stakleničkih plinova za 5 posto u odnosu na baznu 1990. godinu, tijekom razdoblja obveze od 2008. do 2012. godine. Ispunjenje obveza prema Kyotskom protokolu i provedba mjera za ublažavanje klimatskih promjena imat će značajan utjecaj na održivi razvoj u Republici Hrvatskoj. S obzirom na relativno nisku razinu emisija u 1990. godini te uslijed smanjenja gospodarskih aktivnosti uzrokovanog ratom i tranzicijskim procesom koji je uslijedio nakon 1990. godine, Hrvatska je postavila zahtjev međunarodnoj zajednici za uvažavanjem specifičnosti u određivanju visine

emisije stakleničkih plinova u baznoj godini, kako bi imala istu početnu poziciju kao i ostale zemlje s gospodarstvom u tranziciji. Bazna godina, na osnovu koje se utvrđuje potrebno smanjenje emisije, nije realna za Hrvatsku. To je bio razlog pokretanju postupaka pregovora oko njezine izmjene. Nakon pet godina pregovora, na Dvanaestoj konferenciji stranaka UNFCCC u studenom 2006. godine u Nairobiju, usvojena je Odluka 7/CP.12 o visini emisije stakleničkih plinova Hrvatske u baznoj godini. Konferencija stranaka je odlučila da će, pozivajući se na članak 4.6 Konvencije, Hrvatskoj biti odobreno da doda 3,5 Mt CO_2-eq na razinu emisije stakleničkih plinova iz 1990. godine, u svrhu definiranja razine emisije bazne godine za provedbu svojih obveza. Prema toj odluci, emisija bazne godine Hrvatske iznosi 34,62 Mt CO_2-eq.

Osim obveze smanjenja emisije, UNFCCC i Kyotski protokol postavljaju i druge zahtjeve prema zemljama članicama. Prvenstveno se to odnosi na zahtjeve u pogledu praćenja i izvješćivanja o emisijama i ponorima stakleničkih plinova, uspostavi nacionalnog registra stakleničkih plinova, istraživanjima i praćenju klimatskih promjena te stvaranju preduvjeta za korištenje fleksibilnih mehanizama Kyotskog protokola.

Konvencija nudi neke prednosti povezane s orijentacijom prema održivom razvoju, uključujući tehnologije prihvatljive za okoliš, prijenos znanja, iskustva i tehnologija te mogućnosti financiranja putem različitih mehanizama, poput Globalnog fonda za okoliš (engl. Global Environment Facility, GEF) i ostalih međunarodnih i bilateralnih fondova.

Na temelju scenarija razvitka u svim sektorima utjecaja (energetika, promet, industrija, poljoprivreda, gospodarenje otpadom i šumarstvo) određene su projekcije emisija do 2020. godine, koje ukazuju da će Hrvatska uz provedbu svih raspoloživih mjera za kontrolu i smanjenje emisija stakleničkih plinova vrlo teško ispuniti obvezu prema Kyotskom protokolu. Jedan od uvjeta primanja Hrvatske u punopravno članstvo Europske unije je ratifikacija Kyotskog protokola. To znači prilagodbu gospodarskih subjekata, koji predstavljaju izvore emisija, novim uvjetima na tržištu koji direktno utječu na njihovu učinkovitost i konkurentnost, što ukazuje na potrebu aktivnog uključivanja svih interesno-utjecajnih strana kao i izradu Nacionalne strategije ublažavanja klimatskih promjena.

Prema navedenim ciljevima i obvezama prema Kyotskom protokolu, provedba mjera za ublažavanje klimatskih promjena, uz korištenje najbolje raspoloživih tehnologija u odnosu na troškove i ekološku prihvatljivost, imat će značajne implikacije na održivi razvoj.

7.1.1. Emisija stakleničkih plinova u Republici Hrvatskoj

Hrvatska je potpisala i ratificirala Okvirnu konvenciju Ujedinjenih naroda o promjeni klime [7.1], potpisala Protokol iz Kyota te ga ratificirala 27.4.07. Prema Prilogu B Protokola [7.2], Hrvatska ima obvezu smanjenja emisije stakleničkih plinova za 5 % u odnosu na emisiju referentne godine 1990. Nakon rekalkulacije u posljednjem nacionalnom inventaru [7.3] emisija referentne godine iznosi 31.123.535 tona CO_2-eq.

Hrvatskoj je odobreno da doda 3,5 Mt CO_2-eq na razinu emisije stakleničkih plinova iz 1990. godine, u svrhu definiranja razine emisije bazne godine za provedbu svojih obveza. Prema toj odluci, emisija bazne godine Hrvatske iznosi 34,62 Mt CO_2-eq.

Ukupna emisija stakleničkih plinova u Hrvatskoj za 2003. iznosila je 29.866.800 tona CO_2-eq [7.4], a za 2004. godinu 29.242.989 tona CO_2-eq [7.3] .

Republika Hrvatska ima status kandidata za članstvo u EU i vodi pristupne pregovore s EU. Stjecanjem očekivanog statusa punopravnog člana Hrvatska će morati preuzeti nove obveze zajedničke svim članicama EU. Ključna obveza Hrvatske u području politike ublažavanja promjene klime na razini EU bit će uključivanje u shemu trgovanja emisijama (*engl. Emissions trading scheme - ETS*) koja predstavlja tržišno orijentirani mehanizam za smanjenje emisija stakleničkih plinova.

Projekcije emisija stakleničkih plinova za Hrvatsku u razdoblju do 2020. ne uzimaju u obzir utjecaj uslijed sudjelovanja u shemi trgovanja na smanjenje emisija, nego samo utjecaj na smanjenje uslijed primjene domaćih mjera.

Kako je vidljivo iz navedenih podataka o stvarnim ukupnim emisijama stakleničkih plinova u Hrvatskoj, već su se u 2003. i 2004. godini ukupne emisije stakleničkih plinova približile graničnoj emisiji zadanoj Protokolom (bez dodatka od 3,5 Mt CO_2-eq) . Uz prosječnu dosadašnju godišnju stopu rasta emisija stakleničkih plinova od oko 3 %, izvjesno je da će granična emisija biti premašena u 2010. godini.

Sudjelovanje u europskoj shemi trgovanja emisijama može proizvesti za Hrvatsku povoljne učinke i imati pozitivan utjecaj na smanjenje razine ukupne emisije. Osim toga, uključivanje u ETS omogućuje strankama Protokola da u fleksibilnim mehanizmima sudjeluju i postrojenja obveznici sheme, što se smatra dodatnom prigodom za smanjenje, odnosno uklanjanje emisije. Zbog toga se učinci nastali kao rezultat mehanizama ETS-a ne smiju izostaviti iz razmatranja o primjeni fleksibilnih mehanizama u Hrvatskoj.

7.1.2. Fleksibilni mehanizmi Kyotskog protokola

Protokolom iz Kyota definirana su tri fleksibilna mehanizma s ciljem minimizacije ukupnih troškova smanjenja emisije za ispunjenje obveze. Ovi mehanizmi pružaju strankama Protokola priliku da ostvare smanjenje emisije ili uklanjanje emisije stakleničkih plinova iz atmosfere u drugim zemljama uz manje troškove, nego što to mogu izvesti na domaćem tlu. Stranke Protokola tako uz domaće mjere imaju na raspolaganju i dopunska sredstva smanjenja i uklanjanja emisija.

Fleksibilne mehanizme čine:

- mehanizam čistog razvoja (*engl. clean development mechanism - CDM*),
- zajednička provedba (*engl. joint implementation – JI*),
- trgovanje emisijama (*engl. emissions trading - ET*)

7.1.2.1. Mehanizam čistog razvoja – CDM

CDM je tzv. "projektni mehanizam" što znači da se smanjenje odnosno uklanjanje emisija stakleničkih plinova postiže realizacijom projektnih aktivnosti. Pri izvedbi projekta potrebno je provesti proceduru CDM-a i registrirati projekt pri nadležnom tijelu CDM-a.

Sudionici projekta CDM su s jedne strane stranka Priloga I Konvencije, kao investitor i korisnik jedinica smanjenja odnosno uklanjanja emisije i s druge strane zemlja koja nije stranka Priloga I, ali koja je stranka Protokola i koja se naziva nositelj projekta (*engl. host country*), odnosno projekt se fizički realizira na njenom tlu. Provedbom projekta nastaje korist za obje strane: stranka Priloga I ima mogućnost ulagati u smanjenje odnosno uklanjanje emisije u drugim zemljama gdje se to može ostvariti pri nižim cijenama, a nositelj projekta ostvaruje smanjenje emisije primjenom prihvatljive i po okoliš sigurne tehnologije te dobiva priliku za transfer takvih tehnologija i znanja o primjeni tehnologija.

Do kraja listopada 2006. registrirano je u svijetu nešto manje od 400 projekata, izdano oko 20 milijuna jedinica CER, a od registriranih projekata se do kraja 2012. očekivalo 680 milijuna jedinica. (CER, *engl. certified emission reduction*, jedinice ovjerenog smanjenja emisije)

Najveći prodavatelj jedinica od projekata CDM dosad je bila Kina, s više od 70 % ukupne količine jedinica CER koje potječu najviše od velikih projekata za smanjivanje emisije plina HFC-23. Do listopada 2006. Kina je odobrila 123 projekata vrijedna potencijalnih 89 milijuna jedinica godišnje.

Prosječna cijena jedinice CER u prvom kvartalu 2006. iznosila je oko 9 €, odnosno preko 60 % više nego u 2005. kada je prosječna cijena iznosila oko 5,5 €. U 2004. se cijena kretala oko 4€.

7.1.2.2. Zajednička provedba – JI

Za razliku od mehanizma CDM u kojem sudjeluju i stranka Priloga I i država koja nije stranka Priloga I, mehanizam zajedničke provedbe namijenjen je isključivo strankama Priloga I Konvencije. Jedna od njih ulaže u projekt smanjenja, odnosno uklanjanja emisije kako bi zaradila jedinice emisije, a druga predstavlja zemlju nositelja u kojoj se projekt fizički provodi.

Broj projekata JI (engl. joint implementation) kontinuirano raste. Prema raspoloživim podacima [7.5], u kolovozu 2006. u procesu je bilo oko 120 projekata od kojih se očekuje smanjenje emisije u iznosu od približno 71 milijun jedinica ERU do kraja 2012. (ERU – *engl. emission reduction unit*, jedinica smanjenja emisija.)

Jedinice ERU mogu se izdati tek u 2008., a kvalificirati se mogu svi projekti koji zadovoljavaju uvjete projekta JI, a generirali su smanjenje emisije nakon 2000.

Za vrijeme prvog kvartala 2006. prosječna cijena jedince ERU iznosila je oko 6 €. U čitavoj 2005. prosječna cijena jedinice ERU bila je oko 4 €, a u 2004. se kretala oko 5 €.

7.1.2.3. Trgovanje emisijama – ET

Trgovanje emisijama je međunarodno trgovanje emisijama u kojem se jedinice prenose iz državnog računa jedne u državni račun druge stranke. Trgovanje emisijama omogućuje strankama Priloga I Konvencije stjecanje jedinica emisije od drugih stranaka Priloga I radi ispunjenja obveze smanjenja emisije definiranim Protokolom, a sve u skladu s člankom 17 Protokola. Time se strankama omogućuje da iskoriste jeftinije opcije za smanjenje emisije, bez obzira iz koje stranke dolaze jedinice emisije.

Kako bi se otklonila mogućnost da neka stranka proda preveliku količinu jedinica i time dovede u pitanje ispunjenje obveze, svaka stranka je obvezna u svom registru zadržati minimalnu količinu jedinica AAU, RMU, ERU i CER koja se naziva "pričuva razdoblja obveze". (AAU – *engl. assigned amount unit*, RMU – *engl. removal unit*). Ova se pričuva računa kao manja od sljedeće dvije vrijednosti:

- vrijednost jednaka 90% dodijeljenog iznosa stranci (očekuje se da će se na ovaj način pričuva računati za stranke koje će na kraju razdoblja obveze biti kupci emisija u neto iznosu),

- iznos ostvarene emisije prema posljednjem dostavljenom inventaru emisija pomnožen s pet (vjerojatan način izračunavanja pričuve za stranke koje će na kraju razdoblja obveze biti prodavatelji emisija u neto iznosu).

Kada se izvodi prijenos jedinica iz registra jedne u registar druge stranke Priloga I Konvencije, moraju se primjenjivati pravila za računanje dodijeljenog iznosa definirane Protokolom. Ako se radi o međunarodnom prijenosu jedinica, i u slučajevima kada se jedinice prenose između domaćih ili regionalnih shema, moraju se poštivati sva pravila izvedena temeljem članka 17. Protokola koji govori o trgovanju emisijama.

7.1.3. Ponuda i potražnja na tržištu emisije CO_2

Ponuda i potražnja za jedinicama emisije CO_2 formiraju njihovu tržišnu cijenu. U europskoj shemi trgovanja emisijama ponuda je primjerice određena nacionalnim planovima raspodjele emisijskih kvota, odnosno političkim čimbenikom. Ovim se aktima kvote raspodjeljuju na postrojenja, rezervira pričuva za nova postrojenja i definira udjel jedinica nastalih od projektnih mehanizama Protokola koje se mogu koristiti za ispunjenje obveze. Što su kvote emisije manje, očekivana ponuda je manja. Potražnja je određena ukupnom količinom emisije postrojenja u odnosu na zbroj nacionalnih kvota za raspodjelu.

Ukupna ispuštena emisija iz postrojenja ovisi o nekoliko čimbenika:

- o vremenskim prilikama, budući da o temperaturi ovisi potražnja za električnom energijom i toplinom, a o padalinama ovisi koliko će biti iskorišten hidropotencijal,
- o cijenama goriva, pri čemu relativne cijene ugljena, mazuta i plina utječu na izbor goriva u proizvodnji energije.

Sudionici na tržištu ocjenjuju kako cijena goriva ima najveći utjecaj na cijenu prava emisije. Slika 7.1 prikazuje dimaniku cijene ETS-a u razdoblju od prosinca 2004. do rujna 2006. [7.6]. Krajem listopada 2006. cijena prava emisije iznosila je oko 11 €, međutim ta cijena se ne može uzeti kao referentna za očekivanu razinu u idućim godinama jer oslikava stanje ponude i potražnje na tržištu u razdoblju 2005.-2007.

Slika 7.1. Kretanje cijena prava emisija (allowance – EUA) na izvanburzovnom tržištu i putem burze u razdoblju od 12.2004. do 9.2006. [7.6]

Na gornjem dijagramu je vidljivo da je cijena prava emisije dosegla 30 EUR. Kada su objavljena izvješća obveznika ETS-a o emisijama, iz čega se vidjelo da članice EU-a uspijevaju postići zadana ograničenja, u vrlo kratkom vremenu se dogodio nagli pad cijene s 30 na 9 EUR. Nepredviđeno visoka cijena prava emisije pojačala je potražnju privatnog sektora ETS-a za emisijskim kreditima projekata CDM i JI.

7.2. Emisije stakleničkih plinova iz cestovnog prometa

Za procjenu emisija stakleničkih plinova iz cestovnog prometa za slučaj upotrebe biodizela korišten je software COPERT III [7.7] i [7.8] . Implementacija programa COPERT III zahtijeva prikupljanje raznih podataka kao što su: količina i tip goriva, sadržaj sumpora i olova u gorivu, broj vozila, prosječna godišnja kilometraža vozila, kilometraža i prosječna brzina u ruralnoj, gradskoj i vožnji autocestama, minimalne i maksimalne mjesečne temperature itd. Najvažniji izvor informacija je baza podataka o motornim vozilima od Centra za vozila Hrvatske.

Ministarstvo unutarnjih poslova i Centar za vozila Hrvatske su odgovorni za sakupljanje podataka o motornim vozilima (starost vozila, tip motora, radni volumen motora itd.). Podaci o potrošnji goriva dobiveni su od Energetskog instituta “Hrvoje Požar” a karakteristike goriva od tvrtke "INA". Podaci o civilnom avionskom prometu, željezničkom i pomorskom prometu dobiveni su od Zavoda za statistiku.

Cestovni promet proizvodi značajne količine ugljikovog dioksida (CO_2), metana (CH_4) i dušikovog oksida (N_2O), kao i ugljikovog monoksida (CO), dušikovog oksida (NO_x), nemetanskih hlapivih organskih spojeva (NMVOC), sumpornog dioksida (SO_2), čestica (*engl.*

particulate matter, PM), teških metala i postojanih organskih onečišćivača, koji utječu na probleme sa zagađenjem zraka.

Ukupna emisija stakleničkih plinova izražava se pomoću ekvivalentne emisije ugljikovog dioksida (CO_2-eq). Budući da stakleнički plinovi različito doprinose efektu staklenika, kako bi se omogućilo njihovo međusobno zbrajanje i ukupni prikaz emisije, emisija svakog plina pomnožena je s njegovim stakleničkim potencijalom (*engl. Global Warming Potential, GWP*). GWP je mjera utjecaja nekog plina na stakleнički efekt u odnosu na utjecaj CO_2, koji je dogovorno uzet kao referentna vrijednost.

Tablica 7.1. Stakleнički potencijal najčešćih stakleničkih plinova u različitim periodima [7.9]

Plin	**Životni vijek (godina)**	**Stakleнički potencijal u periodu**		
		20 godina	**100 godina**	**500 godina**
Ugljični dioksid CO_2		1	1	1
Metan CH_4	12	62	23	7
Dušični oksid N_2O	114	275	296	156
Fluorougljikovodik HFC-134a	13,8	3300	1300	400
Fluorougljikovodik HFC-23	260	9400	12000	10000

7.2.1. Odabir metode izračuna

Emisije CO_2 izračunavaju se na bazi količine i vrste goriva te njegovog sadržaja ugljika. Emisije CH_4 i N_2O je teže računati pošto emisijski faktor ovisi o tehnološkoj razini vozila, gorivu te značajkama i opterećenju motora.

Nekoliko alternativnih pristupa može se koristiti za izračun emisija CH_4 i N_2O, na temelju prijeđenih kilometara vozila s određenom tehnologijom ili na temelju potrošnje goriva. Ukoliko postoje podaci o gorivu za određeni tip vozila, kontrolni tehnološki podaci za svako vozilo i podaci o prijeđenim kilometrima za svaki tehnološki tip, preporučuje se najdetaljniji pristup (Tier 3) (npr. COPERT, MOBILE).

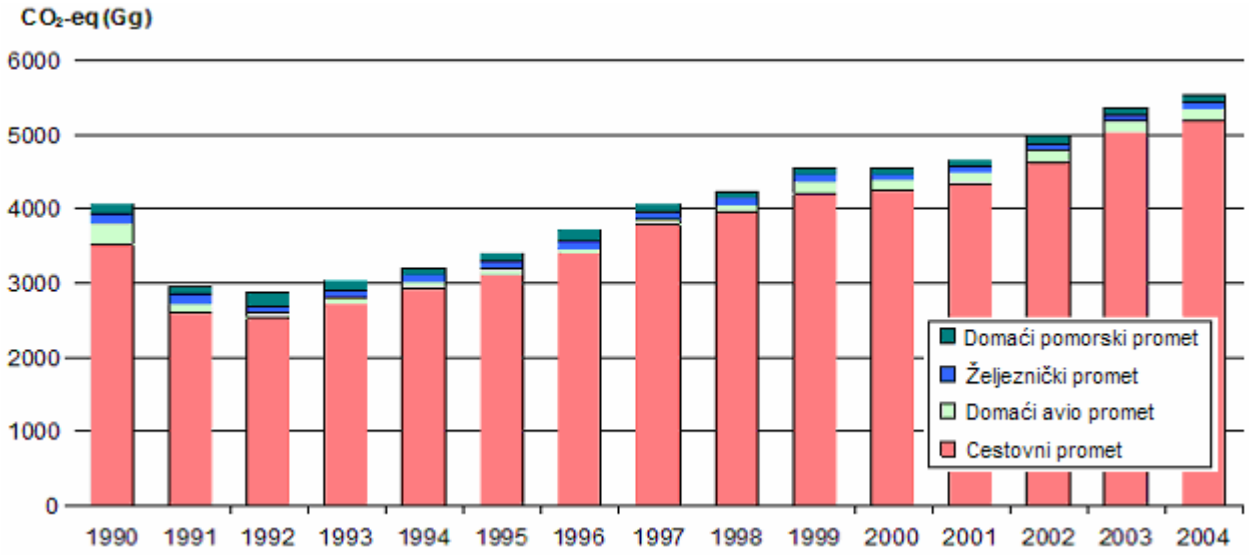
7.2.2. Emisije stakleničkih plinova od prometa

Promet uključuje cestovni, zračni, željeznički i pomorski promet. U tablici 7.2 prikazane su emisije stakleničkih plinova prema tipu prometa i po godinama.

Tablica 7.2. Emisije CO_2 (Gg) od prometa [7.10]

	1990.	1995.	2000.	2001.	2002.	2003.	2004.
Cestovni promet	3.475	3.036	4.114	4.169	4.453	4.843	4.988
Domaći avioprome t	296	87	125	162	156	141	159
Željeznički promet	138	106	85	88	87	88	92
Domaći pomorski promet	133	98	86	92	111	111	91
Ukupni promet	**4.041**	**3.328**	**4.410**	**4.510**	**4.806**	**5.182**	**5.330**

Udio iz prometa u ukupnim emisijama iz energetskog sektora je 18 do 24 %. Najveći udio emisija u prometu otpada na cestovni promet i to 86 do 94 %, zatim na domaći avionski promet, željeznički i pomorski promet (slika 7.2). Povećanje emisija iz ovog sektora je posljedica povećanja mobilnosti i broja cestovnih motornih vozila.



Slika 7.2. Emisije CO_2-ekvivalenta iz prometa u Republici Hrvatskoj [7.10]

Cestovni promet

Programski paket COPERT III (metoda Tier 2/3) korišten je za izračun emisija iz cestovnog prometa u periodu od 2001. do 2004. godine. Emisije CO_2 za period 1990. do 2000. pretpostavljene su Tier 1 pristupom, na bazi potrošnje goriva i odgovarajućih emisijskih faktora, dok je emisija za CH_4 i N_2O izračunata korištenjem interpolacije emisijskog faktora između IPCC zadane vrijednosti za 1990. godinu i prosječnog emisijskog faktora iz programa COPERT III za goriva u 2001. Emisije CO_2 izračunate s programom COPERT III bile su gotovo identične onima izračunatima metodom Tier 1 što je ujedno i dobra računska kontrola. Značajna razlika je u CO_2

emisijskim faktorima za LPG, ali zbog male količine korištenog LPG-a njegov utjecaj na ukupne emisije CO_2 također je malen.

Broj cestovnih vozila u Hrvatskoj po vrstama prikazan je u tablici 7.3 dok su potrošnja goriva i emisije stakleničkih plinova (GHG) iz cestovnog prometa prikazani u tablici 7.4.

Tablica 7.3. Broj cestovnih motornih vozila u Republici Hrvatskoj [7.10]

	1990	**1995**	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**
Osobna vozila	852.585	710.910	1.124.825	1.195.450	1.244.252	1.293.421	1.337.538
Teretna vozila	70.477	73.497	122.516	129.497	138.743	148.275	154.790
Autobusi	6.398	3.897	4.660	4.770	4.792	4.833	4.869
Motocikli	11.847	9.933	21.868	24.305	28.188	33.925	39.315
Ukupno	**941.307**	**798.237**	**1.273.869**	**1.354.022**	**1.415.975**	**1.480.454**	**1.536.512**

Tablica 7.4. Emisije stakleničkih plinova iz cestovnog prometa [7.10]

	1990	**1995**	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**
Potrošnja goriva							
Benzin (1000 t)	740	558	764,2	734,9	742,8	739,6	705,2
Dizel (1000 t)	366	406	557,8	601,0	683,6	810,9	888,1
LPG (1000 t)		13,7	9,8	12,6	13,2	13,2	16,7
Emisije							
Motorni benzin (t/TJ)			2.432,7	2.339,4	2.365	2.354,4	2.244,9
Dizel (t/TJ)			1.749,5	1.885,7	2.145	2.544,3	2.786,5
LPG (t/TJ)			35,9	46,2	48	48,4	61,2
CO_2 emisije (Gg)	**3.475,3**	**3.036,5**	**4.218,1**	**4.271,3**	**4.558**	**4.947,1**	**5.092,6**
Motorni benzin (t/TJ)			1.376	1.244	1.184	1.112	1.056,6
Dizel (t/TJ)			148	101	108	121	136,2
LPG (t/TJ)			11	11	11	11	15
CH_4 emisije (Mg)	**755,9**	**792,7**	**1.535**	**1.356**	**1.303**	**1.244**	**1.207,8**
Motorni benzin (t/TJ)			164	192	228	258.4	260
Dizel (t/TJ)			154	183	212	247.4	276
LPG (t/TJ)			3	3	3	3	4
N_2O emisije (Mg)	**29,7**	**140,3**	**321**	**378**	**443**	**508,8**	**540**

U tablici 7.5 prikazane su emisije onečišćujućih tvari iz cestovnog prometa u Hrvatskoj za vozila koja imaju dizelski motor, prema podacima za 2004. godinu.

Tablica 7.5. Emisije onečišćujućih tvari iz cestovnih prometa (dizelski motori) za Hrvatsku u 2004. godini

	CO (t)	NO_x (t)	Ugljikovodici	PM (t)	SO_2 (t)
Putnička vozila					
Dizel <2000 ccm	3.372	3.667	737	933	2.636
Dizel >2000 ccm	511	679	111	138	404
Teretna vozila					
Dizel <3,5 t	2.381	3.708	441	615	1.744
Dizel 3,5-7,5 t	691	745	390	80	217
Dizel 7,5-16 t	1.583	3.568	957	353	1.083
Dizel 16-32 t	225	870	117	52	250
Dizel >32 t	1	4	0	0	1
Autobusi					
Gradski	151	531	42	21	108
Međugradski	329	1.288	182	66	307
UKUPNO	**9.244**	**15.060**	**2.977**	**2.258**	**6.750**

7.3. Software za izračunavanje emisija cestovnog prometa COPERT III

7.3.1. Podaci za vozila i emisijski faktori

Podaci za vozila su dobiveni od Centra za vozila Hrvatske, na temelju godišnjih tehničkih pregleda vozila. Baza podataka sadrži sljedeće podatke: tip vozila (osobno vozilo, laka i teška teretna vozila, autobusi, mopedi i motocikli)

- tip motora (benzinski četverotaktni i dvotaktni, dizelski, rotacijski motor i elektromotor)
- radni volumen motora (<1.4 lit, 1.4-2.0 lit, >2.0 lit)
- klasa težine (<3.5 t, 3.5-7.5 t, 7.5-16 t, 16-32 t, >32 t)
- starost vozila (distribucija vozila po ECE kategorijama)
- mjesto registracije
- godišnja prosječna kilometraža

Podaci potrebni za proračun emisija iz cestovnog prometa korištenjem programa COPERT o potrošnji goriva dobiveni su od Energetskog Instituta Hrvoje Požar, a karakteristike goriva (sadržaj sumpora u gorivu) od tvrtke INA.

Dodatni podaci za npr. prosječno prijeđene kilometre u urbanoj vožnji, ruralnoj i na autocestama, prosječnoj brzini različitih vrsta vozila, vrsti vozila, prosječnoj dnevnoj dužini putovanja, beta vrijednost (dio mjesečne kilometraže vožene prije nego što su motor i dijelovi ispuha dostigli radnu temperaturu) i temperatura po mjesecima pretpostavljeni su na temelju statističkih podataka ili su korišteni zadani podaci programa COPERT.

COPERT računa emisijske faktore u skladu s podacima o uvjetima vožnje (prosječna brzina po tipu vozila i ceste), vrsti goriva i klimatskim uvjetima (podaci o prosječnoj mjesečnoj temperaturi). Emisijski faktori su izračunati za :

- vrstu emisija (toplinski stabilan rad motora (toplo), faza zagrijavanja (hladni start) i isparavanje goriva)
- kategorije vozila i klase
- različite uvjete vožnje (urbani, ruralni, autoceste)

7.3.2. Metodologija

Sektor cestovnog prometa uključuje emisije proizvedene izgaranjem i ishlapljivanjem goriva i emisije od automobilskih guma i trošenja kočnica.

Metodologija programa COPERT III pokriva emisije iz ispuha: CO, NO_x, NMVOC, CH_4, CO_2, N_2O, NH_3, SO_x, dizelske ispušne čestice (*engl. PM*), postojani organski onečišćivači (*engl. Persistant Organic Polutants, POP*), policiklični aromatski ugljikovodici (*engl. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAH*), dioksini i furani itd. te teški metali sadržani u gorivu (olovo, kadmij, bakar, krom, nikal, selen i cink).

Programski paket COPERT je razvijen od Europske agencije za okoliš (*engl. European Environment Agency, EEA*) kao dio programa Air Emission - Data Exchange Module (AE-DEM).

Ukupno procijenjene emisije su kombinacija tehničkih podataka (npr. emisijski faktor) i podataka o aktivnosti (npr. ukupni prijeđeni kilometri za vozilo) koje je pribavio korisnik. Ukupne emisije se računaju zbrajanjem emisija iz raznih izvora.

$$E_{TOTAL}=E_{HOT}+E_{COLD}+E_{EVAP}$$

gdje je:

E_{TOTAL} – ukupne emisije (g) svih zagađivača,

E_{HOT} – emisije (g) tijekom stabilnog (toplog) rada motora,

E_{COLD} – emisije (g) tijekom zagrijavanja hladnog motora,

E_{EVAP} – emisije (g) od isparavanja goriva. Emisije od isparavanja su jedino relevantne za NMVOC iz vozila pogonjenih benzinom.

Nadalje, emisije od vozila su jako ovisne o radnim uvjetima motora. Različite situacije u vožnji nameću različite uvjeta rada motora i odgovarajuće emisije. U skladu s time razlikujemo gradski, međugradski i režim na autocestama, što je prikazano sljedećim izrazom.

$$E_{TOTAL}=E_{URBAN}+E_{RURAL}+E_{HIGHWAY}$$

gdje je:

E_{URBAN}, E_{RURAL}, $E_{HIGHWAY}$ – ukupne emisije (g) zagađivača za pojedine uvjete vožnje

Prema COPERT metodologiji potrebno je podijeliti vozila na više kategorija, klasa i ECE regulativi što je prikazano u tablici 7.6.

Tablica 7.6. Podjela vozila prema kategorijama i klasama

Kategorije vozila	Klase vozila	ECE regulativa	Godina proizvodnje vozila
Osobna vozila	Oto - 4T	PRE ECE	- 1971.
M1	< 1.4 l	ECE 15/00-01	1972. - 1977.
		ECE 15/02	1978. - 1980.
		ECE 15/03	1981. - 1985.
		ECE 15/04	1986. - 1992.
		Improved Conventional	
		Open Loop	
		Euro I - 91/441/EEC	1993. - 1996.
		Euro II - 94/12/EC	1997. - 2000.
		Euro III - 98/69/EC Stage 2000	2001. - 2005.
		Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	2006. -
	Oto - 4T	PRE ECE	- 1971.
	1.4 – 2.0 l	ECE 15/00-01	1972. - 1977.
		ECE 15/02	1978. - 1980.
		ECE 15/03	1981. - 1985.
		ECE 15/04	1986. - 1992.
		Improved Conventional	
		Open Loop	
		Euro I - 91/441/EEC	1993. - 1996.
		Euro II - 94/12/EC	1997. - 2000.
		Euro III - 98/69/EC Stage 2000	2001. - 2005.
		Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	2006. -
	Oto - 4T	PRE ECE	- 1971.
	> 2.0 l	ECE 15/00-01	1972. - 1977.
		ECE 15/02	1978. - 1980.
		ECE 15/03	1981. - 1985.
		ECE 15/04	1986. - 1992.
		Euro I - 91/441/EEC	1993. - 1996.
		Euro II - 94/12/EC	1997. - 2000.
		Euro III - 98/69/EC Stage 2000	2001. - 2005.
		Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	2006. -
	Dizel	Conventional	- 1991.
	< 2.0 l	Euro I - 91/441/EEC	1992. - 1996.
		Euro II - 94/12/EC	1997. - 2000.
		Euro III - 98/69/EC Stage 2000	2001. - 2005.
		Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	2006. -
	Dizel	Conventional	- 1991.
	> 2.0 l	Euro I - 91/441/EEC	1992. - 1996.
		Euro II - 94/12/EC	1997. - 2000.
		Euro III - 98/69/EC Stage 2000	2001. - 2005.
		Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	2006. -
	LPG	Conventional	- 1991.
		Euro I - 91/441/EEC	1992. - 1996.
		Euro II - 94/12/EC	1997. - 2000.
		Euro III - 98/69/EC Stage 2000	2001. - 2005.
		Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	2006. -
	Oto - 2T	Conventional	

Tablica 7.6. Podjela vozila prema kategorijama i klasama- nastavak

Kategorije vozila	Klase vozila	ECE regulativa	Godina proizvodnje vozila
Laka teretna vozila	Oto - 4T	Conventional	- 1992.
N1	< 3.5 t	Euro I - 93/59/EEC	1993. - 1997.
		Euro II - 96/69/EC	1998. - 2000.
		Euro III - 98/69/EC Stage 2000	2001. - 2005.
		Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	2006. -
	Dizel	Conventional	- 1992.
	< 3.5 t	Euro I - 93/59/EEC	1993. - 1997.
		Euro II - 96/69/EC	1998. - 2000.
		Euro III - 98/69/EC Stage 2000	2001. - 2005.
		Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	2006. -
Teška teretna vozila	Oto - 4T > 3.5 t	Conventional	
N2, N3	Dizel	Conventional	- 1991.
	3.5 - 7.5 t	Euro I - 91/542/EEC Stage I	1992. - 1995.
		Euro II - 91/542/EEC Stage II	1996. - 2000.
		Euro III - 2000 Standards	2001. - 2004.
		Euro IV - 2005 Standards	2005. -
	Dizel	Conventional	- 1991.
	7.5 - 16 t	Euro I - 91/542/EEC Stage I	1992. - 1995.
		Euro II - 91/542/EEC Stage II	1996. - 2000.
		Euro III - 2000 Standards	2001. - 2004.
		Euro IV - 2005 Standards	2005. -
	Dizel	Conventional	- 1991.
	16 - 32 t	Euro I - 91/542/EEC Stage I	1992. - 1995.
		Euro II - 91/542/EEC Stage II	1996. - 2000.
		Euro III - 2000 Standards	2001. - 2004.
		Euro IV - 2005 Standards	2005. -
	Dizel	Conventional	- 1991.
	> 32 t	Euro I - 91/542/EEC Stage I	1992. - 1995.
		Euro II - 91/542/EEC Stage II	1996. - 2000.
		Euro III - 2000 Standards	2001. - 2004.
		Euro IV - 2005 Standards	2005. -
Autobusi	gradski autobusi	Conventional	- 1991.
M2, M3		Euro I - 91/542/EEC Stage I	1992. - 1995.
		Euro II - 91/542/EEC Stage II	1996. - 2000.
		Euro III - 2000 Standards	2001. - 2004.
		Euro IV - 2005 Standards	2005. -
	međugradski	Conventional	- 1991.
	autobusi	Euro I - 91/542/EEC Stage I	1992. - 1995.
		Euro II - 91/542/EEC Stage II	1996. - 2000.
		Euro III - 2000 Standards	2001. - 2004.
		Euro IV - 2005 Standards	2005. -
Mopedi	< 50 ccm	Conventional	- 1998.
L1		97/24/EC Stage I	1999. - 2000.
		97/24/EC Stage II	2001. -
Motocikli	Oto - 2T	Conventional	- 1998.
L2, L3, L4	> 50 ccm	97/24/EC	1999. -
	Oto - 4T	Conventional	- 1998.
	< 250 ccm	97/24/EC	1999. -
	Oto - 4T	Conventional	- 1998.
	250 - 750 ccm	97/24/EC	1999. -
	Oto - 4T	Conventional	- 1998.
	> 750 ccm	97/24/EC	1999. -

7.4. WELL-TO-WHEEL analiza potrošnje energije i emisija stakleničkih plinova goriva u prometu

Prilikom ocjene nekog goriva važno je uzeti u obzir cijeli ciklus, od izvora do njegove potrošnje u vozilu. Gorivo koje ima male emisije prilikom korištenja vozila može emitirati jako velike količine plinova prilikom proizvodnje. Također, gorivo koje je jako pogodno za korištenje u vozilima može biti komplicirano i skupo za skladištenje i promet. Zbog toga je potrebno prilikom ocjene nekog goriva uzeti u obzir cijelu povijest, od sirovine do finalnog korištenja.

Razvoj novih pogonskih sustava, poput hibridnih pogona i gorivnih članaka, nametnuo je potrebu drugačijeg vrednovanja vozila opremljenih različitim sustavima i pogonjenih različitim gorivima. Metoda koja obuhvaća analizu potrošnje energije i emisija stakleničkih plinova od izvora goriva do pogonskog kotača vozila je Well-to Wheel analiza (WTW). Ona je postala opće priznatim alatom za rješavanje ovakvih problema jer daje najrealnije i međusobno usporedive pokazatelje energetske učinkovitosti i utjecaja na okoliš.

U ovom radu će se za WTW – analizu koristiti šest različitih goriva koja se primjenjuju u prometu: benzin, dizel, prirodni plin, etanol, biodizel i vodik. Dizelsko gorivo pokazuje najbolje rezultate što se tiče energetske učinkovitosti i emisija stakleničkih plinova. Inovacije u korištenju vodika i etanola za sada ne pokazuju najbolje rezultate u dijelu Well-to-Tank (od sirovine do spremnika) ali ova zelena goriva bi s napretkom tehnologije trebala prestići tradicionalna fosilna goriva.

Za kvalitetniju ocjenu cijelog životnog vijeka prometnog goriva, lanac se obično dijeli na sljedećih pet faza:

1. proizvodnja sirovine
2. promet sirovine
3. proizvodnja goriva
4. distribucija goriva
5. korištenje goriva u vozilu.

Ove faze se također mogu podijeliti na dva dijela: Well-to-Tank (od izvora do spremnika) i Tank-to-Wheel (od spremnika do kotača). Analiza Well-to-Tank razmatra gorivo od proizvodnje sirovine, prometa i proizvodnje goriva te njegove distribucije. Analiza Tank-to-Wheel pak razmatra korištenje goriva u vozilu. Well-to Wheel analiza integrira obje ove analize u jednu kompletnu povijest goriva.

Analiza goriva Well-to-Wheel pomaže nam u ocjeni različitih parametara tijekom životnog ciklusa goriva, kao što su potrošnja energije, emisije stakleničkih plinova, sigurnost goriva, tehnologije i infrastrukture, cijene i tržišni potencijal [7.13] i [7.14].

Tablica 7.7. Karakteristike trenutno najčešće korištenih goriva [7.13]

Gorivo	Porijeklo	Metoda konverzije	Energetski sadržaj (MJ/l)	Masa[1)]	Volumen[2)]	Otrovnost[3)]
Benzin	fosilno	preradom nafte	31,2	46 kg	68 l	+++
Dizel	fosilno	preradom nafte	35,7	100 %	88 %	+++
Prirodni plin LNG (l)	fosilno	sušenje i pročišćavanje	23,3	140 %	180 %	--
Etanol	biomasa	hidroliza ili fermentacija biomase	21,2	165 %	151 %	++
Biodizel	biomasa	esterifikacija biljnih ulja	32,8	117 %	100 %	--
Vodik	voda	elektroliza vode	8,9	154-269 %	376-515 %	--

[1)] Masa sustava spremnika vozila (uključujući spremnik) koji sadrži energetski ekvivalent 55 litara benzina. Benzin je izražen u kg a ostali u postotku u usporedbi s benzinom.

[2)] Volumen sustava spremnika (uključujući spremnik) koji sadrži energetski ekvivalent 55 litara benzina. Benzin je u litrama a ostali u postotku u usporedbi s benzinom.

[3)] Relativna sigurnost i rizik za zdravlje. Oznaka + označava veći rizik dok – označava da nema rizika.

7.4.1. Potrošnja energije

Za ocjenu "obnovljivosti" biodizelskog goriva bitno je odrediti koliko je potrebno fosilne energije za njegovu proizvodnju. Što je više fosilne energije upotrijebljeno to je energetski izvor manje obnovljiv.

Procjena energetske efikasnosti nam pomaže u određivanju količine energije potrebne za pretvorbu energije, sadržane u energetskom izvoru, u korisno prometno gorivo.

Postoje dva tipa energetske efikasnosti. Prva je cjelokupna "energetska efikasnost životnog ciklusa" a druga "udio fosilne energije ".

Energetska efikasnost životnog ciklusa se dobije dijeljenjem energije finalnog goriva i ukupne primarne energije. Efikasnost računa gubitke energetskog izvora i dodatne potrebe za energijom koja je potrebna za proizvodnju goriva.

Energetska efikasnost životnog ciklusa = energija finalnog goriva / ukupna primarna energija

Udio fosilne energije nam daje podatak da li je neki energetski proizvod obnovljiv ili ne. On je omjer finalnog energetskog proizvoda i količine fosilne energije potrebne za njegovu proizvodnju:

Udio fosilne energije = energija goriva / uložena fosilna energija

Ukoliko je udio fosilne energije 1, gorivo je neobnovljivo, a ako se broj povećava, povećava se i obnovljivost goriva (potpuno obnovljivo gorivo ne zahtjeva korištenje fosilne energije). Nadalje, veći udjel fosilne energije ukazuje na manje emisije CO_2.

7.4.1.1. Potrošnja energije za vrijeme ukupnog životnog ciklusa za dizelsko gorivo

Ukupna potreba za energijom u ključnim fazama proizvodnje dizelskog goriva prikazana je u tablici 7.8. Za proizvodnju 1 MJ dizelskog goriva potrebno je 1,2007 MJ primarne energije. To odgovara energetskoj efikasnosti životnog ciklusa od 83,28% (1 / 1,2007=0,8328).

Za crpljenje nafte iz zemlje se troši 93% primarne energije. Za rafiniranje dizelskog goriva se troši oko 7% primarne energije.

Za analizu relativnog doprinosa procesne energije korištene u svakoj fazi proizvodnje, potrebno je izuzeti energiju energetskog izvora nafte iz ukupne primarne energije, što je također prikazano u tablici 7.8.

Procesna energija predstavlja 20% energije sadržane u proizvedenom dizelskom gorivu. Oko 90% od ukupne procesne energije se koristi za rafiniranje (60%) i crpljenje (29%).

Tablica 7.8. Ukupne potrebe za energijom u ključnim fazama proizv. dizelskog goriva [7.14]

Faza	Primarna energija (MJ po MJ goriva)	%	Procesna energija (MJ po MJ goriva)
Proizvodnja domaće nafte	0,5731	47,73	0,0361
Proizvodnja uvozne nafte	0,5400	44,97	0,0223
Domaći transport nafte	0,0033	0,28	0,0033
Transport strane nafte	0,0131	1,09	0,0131
Rafiniranje nafte	0,0650	5,41	0,1198
Transport dizelskog goriva	0,0063	0,52	0,0063
UKUPNO	**1,2007**	**100,00**	**0,2009**

U tablici 7.9 su ukratko opisane potrebe za fosilnom energijom u proizvodnji dizelskog goriva. Dizelsko gorivo koristi 1,1995 MJ fosilne energije za proizvodnju 1 MJ energije goriva. To odgovara udjelu fosilne energije od 0,8337. Pošto je glavni izvor energije za proizvodnju

dizelskog goriva također fosilno gorivo, ne iznenađuje da je taj udio gotovo identičan energetskoj efikasnosti životnog ciklusa od 83,28%. Udio fosilne energije se malo razlikuje od udjela energije životnog ciklusa jer je u proizvodnji električne struje mali udjel od hidroelektrana i nuklearnih elektrana.

Tablica 7.9. Potreba za fosilnom energijom u ključnim fazama proizv. dizelskog goriva [7.14]

Faza	**Fosilna energija (MJ po MJ goriva)**	**%**
Proizvodnja domaće nafte	0,572809	47,75
Proizvodnja uvozne nafte	0,539784	45,00
Domaći transport nafte	0,003235	0,27
Transport strane nafte	0,013021	1,09
Rafiniranje nafte	0,064499	5,38
Transport dizelskog goriva	0,006174	0,51
UKUPNO	**1,199522**	**100,00**

7.4.1.2. Potrošnja energije za vrijeme ukupnog životnog ciklusa za biodizelsko gorivo

Ukupne potrebe za primarnom energijom u ključnim fazama proizvodnje biodizelskog goriva su prikazane u tablici 7.10. Za proizvodnju 1 MJ biodizela potrebno je 1,2414 MJ primarne energije. To odgovara energetskoj efikasnosti životnog ciklusa od 80.55% (1/ 1,2414 = 0,8055). Najveći potrošači primarne energije su pretvorba sojinog ulja (87%), drobljenje i poljoprivredna proizvodnja soje.

Tablica 7.10. Ukupne potrebe za energijom u ključnim fazama proizvodnje biodizela [7.14]

Faza	**Primarna energija (MJ po MJ goriva)**	**%**	**Procesna energija (MJ po MJ goriva)**
Poljoprivredna proizvodnja	0,0660	5,32	0,0573
Transport soje	0,0034	0,27	0,0034
Drobljenje soje	0,0803	6,47	0,0794
Transport sojinog ulja	0,0072	0,58	0,0072
Prerada sojinog ulja	1,0801	87,01	0,0801
Transport biodizela	0,0044	0,35	0,0044
UKUPNO	**1,2414**	**100,00**	**0,2318**

Kada se izuzme primarna energija u razmatranju procesne energije, vidi se da prerada sojinog ulja nije dominantna. Drobljenje soje i prerada sojinog ulja troše najviše procesne energije (34,25 i 34,55%), slijedi ih poljoprivredna proizvodnja soje sa oko 25% dok se u transportima troši svega 2-3% procesne energije.

U tablici 7.11 su ukratko opisane potrebe za fosilnom energijom za životni ciklus biodizela. Pošto je 90% potreba energetskog izvora obnovljivo (sojino ulje), udio fosilne energije je povoljan. Biodizel koristi 0,3110 MJ fosilne energije za proizvodnju jednog MJ goriva, pa je prema tome udio fosilne energije jednak 3,215. To znači da se dobije više od tri puta veća energija od energije iz fosilnih izvora, koju koristimo za proizvodnju biodizela. [7.14]

Tablica 7.11. Potreba za fosilnom energijom u životnom ciklusu biodizela [7.14]

Faza	**Fosilna energija (MJ po MJ goriva)**	**%**
Poljoprivredna proizvodnja soje	0,0656	21,08
Transport soje	0,0034	1,09
Drobljenje soje	0,0796	25,61
Transport sojinog ulja	0,0072	2,31
Prerada sojinog ulja	0,1508	48,49
Transport biodizela	0,0044	1,41
UKUPNO	**0,3110**	**100,00**

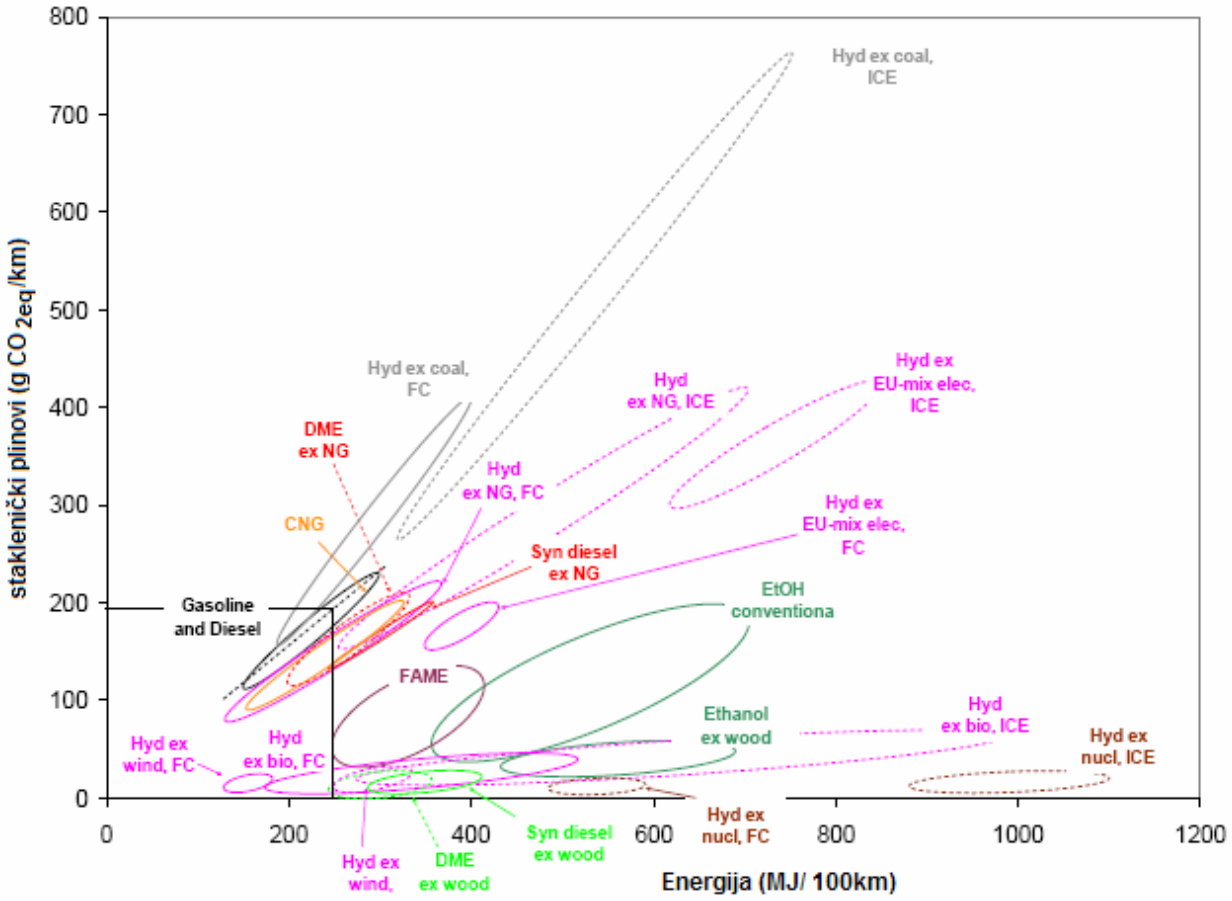
7.4.2.3. Energetske potrebe i emisije stakleničkih plinova za različita goriva

Na slici 7.3 je prikazana usporedba proizvodnje stakleničkih plinova (g CO_2eq/100km) u odnosu na ukupnu energiju potrebnu za proizvodnju i dopremu goriva te vožnju vozila u dužini 100 km (kW/100km) prema NEDC (engl. New European Driving Cycle) režimu vožnje za konvencionalna i razna alternativna goriva. [7.15]

Vidi se da biodizel (FAME) ostvaruje niže vrijednosti stakleničkih plinova ali je istovremeno energetski intenzivniji. Etanol je još nepovoljniji po energetskom intenzitetu od biodizela.

Vodik daje jako različite rezultate ovisno o izvoru iz kojega se dobiva (može se dobiti iz skoro svakog izvora) te o tehnologiji korištenja goriva. Najpovoljnije rezultate ostvaruje proizveden iz vjetroelektrana uz korištenje gorivnih članaka.

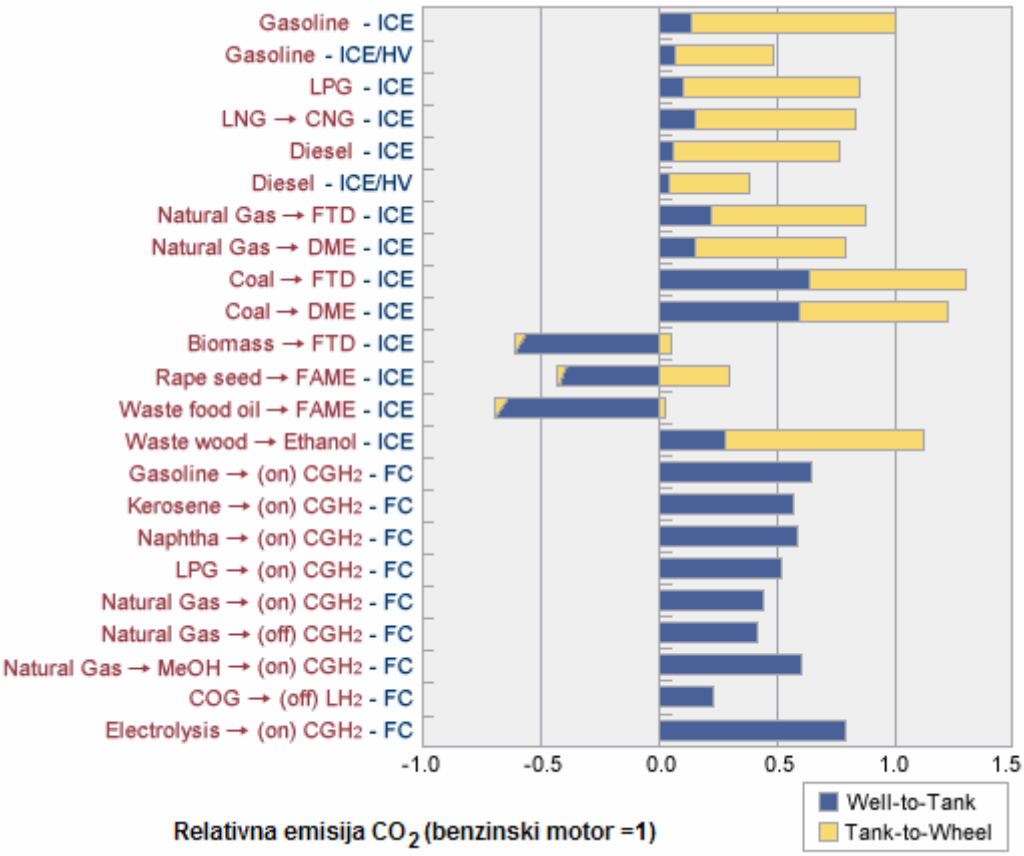
Na slici 7.4 prikazana je emisija stakleničkih plinova izrađena Well-to-Wheel analizom, korištenjem putničkog vozila (limuzina) u stacionarnim uvjetima. Studija je izrađena prema procijenjenoj well-to-tank potrošnji, emisijama stakleničkih plinova i energetskoj efikasnosti trenutnih i automobilskih goriva iz bliske budućnosti u Japanu. [7.16] Za emisiju stakleničkih plinova su kombinirani i podaci tank-to-wheel studije.



Slika 7.3. Well-to-Wheel energija i staklenički plinovi za različite skupine goriva [7.15]

Legenda: Gasoline and Diesel – benzin i dizelsko gorivo, Hyd ex wind – vodik proizveden energijom vjetra, Hyd ex bio – vodik proizveden iz biogoriva, Hyd ex nucl – vodik proizveden nuklearnom energijom, Hyd ex coal – vodik proizveden iz ugljena, Hyd ex NG – vodik proizveden iz prirodnog plina, Hyd ex EU-mix elec – vodik proizveden električnom energijom (EU mješavina), DME ex NG – di-metil eter iz prirodnog plina, DME ex wood – di-metil eter iz drvne mase, CNG – komprimirani prirodni plin, Syn diesel ex wood – sintetsko dizelsko gorivo (Fischer-Tropsch), Syn diesel ex NG – sintetsko dizelsko gorivo iz prirodnog plina, FAME – biodizel, EtOH conventional – konvencionalni etanol, Ethanol ex wood – etanol iz drvne mase,

ICE – motor sa unutarnjim izgaranjem, FC – gorivni članci



Slika 7.4. Relativna emisija CO_2 - izračun emisija stakleničkih plinova Well-to-Wheel analizom [7.16]

Legenda: Gasoline – benzin, LPG – ukapljeni naftni plin, CNG – stlačeni prirodni plin, Natural Gas – prirodni plin, FTD - Fisher-Tropsch dizel, DME - dimetil eter, Coal – ugljen, Biomass – biomasa, Rape seed – uljana repica, Waste food oil – otpadno jestivo ulje, Waste wood – otpadno drvo, FAME – biodizel, Ethanol – etanol, CGH_2 – komprimirani vodik, Kerosene – kerozin, MeOH – metanol, COG - Coke-Oven plin, LH_2 – ukapljeni vodik, Electrolysis – elektroliza, ICE – motor sa unutarnjim izgaranjem, HV – hibridno vozilo, FC – gorivni članci.

8. EKONOMSKA OPRAVDANOST UVOĐENJA I PRIMJENE BIODIZELA U RH

Sljedeći faktori utječu na odluku o uvođenju biodizelskog goriva u RH:

- obveza korištenja biodizelskog goriva u EU od 5,75% u 2010. godini
- sve veće cijene nafte na svjetskom tržištu
- velike površine neobrađene zemlje u Hrvatskoj
- velika nezaposlenost ruralnog stanovništva.

Za ocjenu opravdanosti uvođenja biodizela potrebno je najprije izračunati stvarnu cijenu biodizela koji će se proizvoditi u Hrvatskoj. Nakon toga će uz pomoć analize osjetljivosti biti analizirani pojedini faktori koji utječu na proizvodnu cijenu biodizela. Pošto je proizvodna cijena biodizela još uvijek veća od one za dizelsko gorivo fosilnog porijekla, predložen je model kako će biodizel biti konkurentan dizelskom gorivu na tržištu. Na kraju, račun dobiti će dokazati da je korištenje biodizela pozitivno za održivi razvoj prometa u Hrvatskoj.

8.1. Izračun cijene biodizela proizvedenog u Republici Hrvatskoj

Cilj sljedeće analize je utvrditi kakvi se ekonomski učinci za poljoprivredne proizvođače mogu ostvariti različitim mogućnostima uzgoja uljane repice i njenom preradom u biodizel.

Razmotrit će se tri mogućnosti s obzirom na veličinu proizvodnje i to:

- Mogućnost 1 – proizvodnja na pojedinom poljoprivrednom gospodarstvu

  Ova mogućnost će analizirati proizvodnju biodizela iz sirovine proizvedene na pojedinom gospodarstvu te njegovo korištenje na samom gospodarstvu, bilo kao čisti biodizel ili kao mješavinu s dizelskim gorivom.

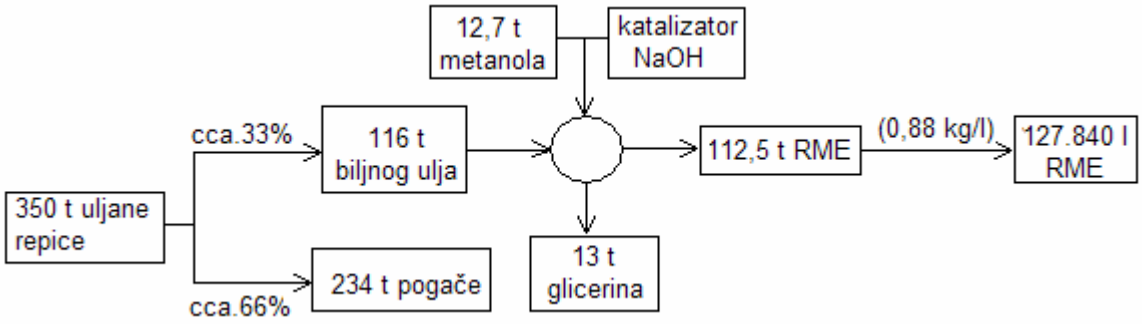
- Mogućnost 2 – regionalno udruženje poljoprivrednih proizvođača

  Ova mogućnost će analizirati slučaj udruživanja 80 do 100 poljoprivrednih proizvođača s ciljanom količinom uljane repice od ukupno 15.000 tona, što predstavlja oko 10 % proizvodnje s neobrađenih površina u Hrvatskoj.

- Mogućnost 3 – srednje veliko postrojenje s godišnjom preradom oko 90.000 tona uljane repice.

8.1.1. Mogućnost 1 - Proizvodnja biodizela na pojedinom poljoprivrednom gospodarstvu

U ovom slučaju radi se o korištenju preše za uljarice s kapacitetom 180 -200 kg/h uljane repice ili 300 l ulja za 8 sati (Tehnopan, 7,5 kW) [8.1]. Pogača, koja bi ostala kao nusproizvod, imala bi visok sadržaj ulja od oko 10% i samim time visoku nutritivnu vrijednost, te bi se mogla koristiti za prehranu stoke na samom gospodarstvu. Vrijednost pogače se procjenjuje na 880 kn/t.
Drugi proces je proizvodnja biodizela s postrojenjem Fuel Meister od firme Greenfuels [8.2]. Sustav prerađuje 300 litara biljnog ulja koristeći metanol i NaOH kao katalizator. Poslužitelj treba ručno dodati ulje za proces koji je šaržnog tipa i traje oko 60 minuta po šarži. Postrojenje se može instalirati u postojeću zgradu na imanju i zahtijeva 4 x 2 metra prostora.
Masena bilanca za jednu godinu:



Tablica 8.1. Proizvodna cijena biodizela za Mogućnost 1 (pojedino poljoprivreno. gospodarstvo)

Investicije (oprema)	**Cijena (kn)**	**Napomene**
1. Tehnopan preša	50.000	
2. Fuel meister	60.000	
3. Instalacija postrojenja	30.000	
4. INVESTICIJE UKUPNO	140.000	1. + 2. + 3.
Troškovi rada		
5. Godišnji trošak kapitala	30.800	(140.000 x 1,1) / 5 = 30.800
6. Cijena sirovine	556.500	350 t x 1.590 kn/t = 556.500
7. Radna snaga	48.000	4.000 kn x 12 = 48.000 kn
8. Energija	16.800 (0,6 kn/kWh)	350 x 80 x 0,6 = 16.800 kn
9. Godišnje održavanje	3.500	140.000 x 2,5 % = 3.500
10.Potrošni materijal	45.000	12,7 t x 3.000 = 38.100 kn + NaOH
11.Ostali troškovi	20.000	(5. + 8. + 9. + 10.) x 0,2 = 19.220 kn
12. UKUPNO	719.800	5. + 6. + 7. + 8. + 9. + 10. + 11.
13. Zarada prodajom pogače i glicerina	220.220	234 t x 880 kn/t + 13 t x 1100 kn/t
CIJENA BIODIZELA	**485.380**	**719.800 - 220.220 = 499.580 kn**
CIJENA BIODIZELA (kn/l)	**3,91**	**499.580 kn / 127.840 l = 3,91 kn/l**

Pretpostavke:

- korištenje postojeće zgrade za instalaciju opreme
- godišnji trošak kapitala: povrat investicije u 5 godina uz 10% kamata
- cijena sirovine: 350 t uljane repice po cijeni 1.590 kn/t (9. 2006.) [8.3]
- radna snaga : 4.000 kn mjesečno
- energija : 80 kWh/t po 0,6 kn
- godišnje održavanje : 2,5% cijene investicije
- potrošni materijal : 12,7 t metanol po 3000 kn/t, katalizator NaOH
- ostali troškovi: 20% troškova rada
- pogača: 234 t po 880 kn /t (9. 2006.) [8.3]
- glicerin : 13 t po 1100 kn/t

8.1.2. Mogućnost 2 - Proizvodnja biodizela na regionalnoj bazi

U ovom slučaju se koristi oprema Njemačke tvrtke RHB Gmbh [8.4] koja se koristi na mnogo mjesta u Njemačkoj i Austriji. Oprema se sastoji od preše za ulje i postrojenja za transesterifikaciju. Zbog modularnosti sustav se može povećavati prema potrebi. Spremnici za sirovo ulje, metanol, glicerin i biodizel su uključeni u sustav kao i zgrada, postrojenje za ispiranje i laboratorij.

Masena bilanca za jednu godinu:

15.000 t uljane repice → 5.000 t biljnog ulja → 4.850 t RME→ 5.511.363 l RME

10.000 t pogače 564 t glicerina

Tablica 8.2. Proizvodna cijena biodizela za Mogućnost 2 (regionalna proizvodnja uljane repice), 15.000 (t/god) uljane repice

Investicije (oprema)	**Cijena (kn)**	**Napomene**
1. Preša za ulje	4.950.000	
2. Postr. za transesterifikaciju	13.200.000	
3. Spremnici i infrastruktura	6.600.000	
4. Teren i izgradnja	8.850.000	
5. INVESTICIJE UKUPNO	33.600.000	1. + 2. + 3. + 4.
Troškovi rada		
6. Godišnji trošak kapitala	7.392.000	(33.600.000 x 1,1) / 5 = 7.392.000
7. Cijena sirovine	23.850.000	15.000 x 1.590 kn /t = 23.850.000
8. Radna snaga	480.000	(5 x 5.000 kn + 15.000 kn) x 12

Tablica 8.2. Proizvodna cijena biodizela za Mogućnost 2 (regionalna proizvodnja uljane repice), 15.000 (t/god) uljane repice – nastavak

Investicije (oprema)	**Cijena (kn)**	**Napomene**
9. Energija	720.000 (0,6 kn/kWh)	15.000 x 80 x 0,6 = 720.000
10. Godišnje održavanje	672.000	33.600.000 x 2 % = 672.000
11. Potrošni materijal	1.800.000	550 t x 3000 = 1.650.000 kn + NaOH
12. Ostali troškovi	2.116.800	(6. + 9. + 10. + 11.) x 0,2 = 2.116.800
13. UKUPNO	37.030.800	6. + 7. + 8. + 9. + 10. + 11. + 12.
14. Zarada prodajom pogače i glicerina	9.420.400	10.000 t x 880 kn/t + 564 t x 1100 kn/t
CIJENA BIODIZELA	**27.610.400**	**37.030.800 - 9.420.400 = 27.610.400**
CIJENA BIODIZELA (kn/l)	**5,01**	**27.610.400 / 5.511.363 = 5,01 kn/l**

Pretpostavke:

- godišnji trošak kapitala: povrat investicije u 5 godina uz 10% kamata
- cijena sirovine: 15.000 t uljane repice po cijeni 1.590 kn/t [8.3]
- radna snaga : 4 radnika x 5.000 kn mjesečno + tajnica 5.000 kn + direktor 15.000 kn
- energija : 80 kWh/ toni po 0,6 kn
- godišnje održavanje : 2% cijene investicije
- potrošni materijal : 550 t metanola po 3.000 kn/t , katalizator NaOH
- ostali troškovi: 20% troškova rada
- pogača (9% ulja) 10.000 t po 880 kn /t [8.3]
- glicerin : 564 t po 1100 kn/t

8.1.3. Mogućnost 3: Proizvodnja biodizela u srednje velikom postrojenju

Ovaj sustav je baziran na opremi od dva proizvođača, De Smet Rosedowns (preša za ulje) [8.5] i Ballestra (postrojenje za esterifikaciju). [8.6]

Količina uljane repice je 90.000 t.

Postrojenje za esterifikaciju je projektirano za proizvodnju oko 30.000 t godišnje.

Masena bilanca za jednu godinu:

90.000 t uljane repice → 29.970 t biljnog ulja → 29.070 t RME → 33.034.090 l RME
60.030 t pogače 3.380 t glicerina

Tablica 8.3. Proizvodna cijena biodizela za Mogućnost 3 (srednje veliko postrojenje), 90.000 (t/god) uljane repice

Investicije (oprema)	**Cijena (kn)**	**Napomene**
1. Postr. za prešanje ulje	11.000.000	
2. Postr. za transesterifikaciju	26.400.000	
3. Spremnici i infrastruktura	50.000.000	
4. Teren i izgradnja	24.000.000	
5. INVESTICIJE UKUPNO	111.400.000	1. + 2. + 3. + 4.
Troškovi rada		
6. Godišnji trošak kapitala	24.508.000	(111.400.000 x 1,1) / 5 = 24.508.000
7. Cijena sirovine	143.100.000	90.000 x 1.590 kn /t = 143.100.000
8. Radna snaga	1.584.000	vidi pretpostavke dolje
9. Energija	4.320.000 (0,6 kn/kWh)	90.000 x 80 kWh/t x 0,6 = 4.320.000
10. Godišnje održavanje	3.899.000	111.400.000 x 3,5 % = 3.899.000
11. Potrošni materijal	11.000.000	3.300 t x 3000 kn/t = 9.900.000 + NaOH
12. Ostali troškovi	8.745.400	(6. + 9. + 10. + 11.) x 0,2 = 8.745.400
13. UKUPNO	197.156.400	6. + 7. + 8. + 9. + 10. + 11. + 12.
14. Zarada prodajom pogače i glicerina	56.544.400	60.030 x 880 + 3.380 x 1100
CIJENA BIODIZELA	**140.612.000**	**197.156.400 – 56.544.400**
CIJENA BIODIZELA (kn/l)	**4,26**	**140.612.000 / 33.034.090 = 4,26**

Pretpostavke:

- iskorištenje 97 %
- godišnji trošak kapitala: povrat investicije u 5 godina uz 10% kamata
- cijena sirovine: 90.000 t uljane repice po cijeni 1.590 kn/t [8.3]
- radna snaga : 16 radnika (presa) x 6.000 kn mjesečno, laborant x 6.000 kn, rukovoditelj x 10.000 kn mjesečno, tajnica 5.000 kn + direktor 15.000 kn
- energija : 80 kWh/ toni po 0,6 kn
- godišnje održavanje : 3,5% cijene investicije
- potrošni materijal : 3.300 t metanola po 3000 kn/t, katalizator NaOH
- ostali troškovi: 20% troškova rada
- pogača (9% ulja): 60.030 t po 880 kn /t [8.3]
- glicerin : 3.380 t po 1100 kn/t

8.1.4. Usporedba proizvodne cijene biodizela iz raznih postrojenja

Proizvodne cijene biodizela iz 3 mogućnosti (350 t, 15.000 t i 90.000 t uljane repice koje su izračunate u točkama 8.1.1 do 8.1.3.) potrebno je razmatrati s obzirom na pretpostavke koje su uzete prilikom izračuna.

Proizvodna cijena biodizela za mogućnost 1 je najmanja što je povezano s time da u izračunu nije uzeto skladištenje biodizela u spremnike (korištenje biodizela na samom gospodarstvu) te korištenje postojeće zgrade. Iz izračuna za mogućnosti 2 i 3 se vidi da je proizvodna cijena iz većeg postrojenja manja što se i očekivalo jer povećanjem postrojenja za esterifikaciju sa 20.000 na 50.000 t biodizela, nabavna cijena za postrojenje se povećava za samo 25%. Nadalje, isti broj radnika je potreban za postrojenje koje proizvodi 30.000 i 100.000 t biodizela.

8.2. Analiza osjetljivosti (Sensitivity analiza)

Za ocjenu rizika potrebno je napraviti analizu osjetljivosti koja će pokazati utjecaj pojedinih ulaznih podataka na konačnu proizvodnu cijenu biodizela. Za analizu je odabrana Mogućnost 3, odnosno postrojenje za preradu 90.000 tona uljane repice godišnje. To postrojenje ima izlaznu cijenu koja je konkurentna u usporedbi s fosilnim dizelskim gorivom. Analiza će pokazati koji su kritični dijelovi za postizanje konkurentne cijene biodizela.

Osnovni ulazni podaci koji će se analizirati su:

- Cijena uljane repice kao sirovine
- Iskorištenost postrojenja
- Vrijednost nusproizvoda
- Cijena ulaganja.

8.2.1. Cijena uljane repice kao sirovine

Cijena sirovine ima najveći utjecaj na proizvodnu cijenu biodizela. Trenutno je cijena uljane repice (9.2006.) na Hrvatskom tržištu (1,59 kn/kg) [8.3] i manja je od one na Europskom tržištu (Hamburg 1,93 kn) [8.3], pa su za analizu osjetljivosti odabrane cijene uljane repice: 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 2,0 i 2,2 kn/kg. U tablici 8.4 vidi se utjecaj različitih cijena uljane repice na konačnu cijenu biodizela, uvrštavanjem istih za Mogućnost 3 (90.000 t uljane repice) u tablicu 8.3.

Tablica 8.4. Utjecaj cijene uljane repice na proizvodnu cijenu biodizela

Cijena uljane repice (kn/kg)	Cijena biodizela (kn/l)
1,5	4,01
1,59	4,26
1,7	4,56
1,8	4,83
2,0	5,37
2,2	5,92

Iz tablice se vidi da povećanje cijene sirovine (uljane repice) od 10 lipa/kg povećava cijenu biodizela za oko 27 lipa po litri.

8.2.2. Iskorištenje postrojenja

Finalna cijena biodizela povećava se ukoliko se smanjuje iskorištenost postrojenja jer su fiksni troškovi isti (godišnji trošak kapitala, trošak radne snage, godišnje održavanje postrojenja) a smanjuje se količina prerađene sirovine, energije i potrošnog materijala.

Cijena od 4,26 kn/l je iskazana za iskorištenje postrojenja od 100 %. Za iskorištenje kapaciteta od 90 % se uvrštavaju u tablicu 8.3 (Mogućnost 3) smanjene količine (90%) sirovine, metanola i NaOH, te smanjene količine dobivene pogače i glicerina, tako da se povećava proizvodna cijena biodizela po litri. Dobiveni rezultati prikazani su u tablici 8.5.

Tablica 8.5. Utjecaj iskorištenosti kapaciteta postrojenja na cijenu biodizela

Iskorištenje kapaciteta postrojenja (%)	Cijena biodizela (kn/l)
100	4,26
90	4,38
80	4,54
70	4,73
60	5,00

Vidi se da smanjenje iskorištenja kapaciteta postrojenja od 10% povećava cijenu biodizela za 12 lipa po litri (90%) pa sve do 74 lipa po litri (60%).

8.2.3. Vrijednost nusproizvoda

Dobit ostvarena prodajom nusproizvoda u proizvodnji biodizela od uljane repice značajno smanjuje proizvodnu cijenu. U tablici 8.6 je analiziran utjecaj variranja cijene pogače, a u tablici 8.7 utjecaj variranja cijene glicerina na proizvodnu cijenu biodizela, uvrštavanjem podataka u

tablicu 8.3. Kao što se može vidjeti, promjena cijene pogače ima veći, a cijena glicerina manji utjecaj na konačnu cijenu biodizela.

Trenutna cijena pogače je 880 kn/t a u tablici 8.6 su izračunate cijene biodizela (uvrštavanjem podataka u tablicu 8.3) variranjem cijene od 800 do 1000 kn/t.

Tablica 8.6. Utjecaj cijene pogače na cijenu biodizela

Cijena pogače (kn/t)	Cijena biodizela (kn/l)
800	4,40
850	4,31
880	4,26
950	4,13
1000	4,04

Trenutna cijena glicerina je 1100 kn/t a u tablici 8.7 su izračunate cijene biodizela (uvrštavanjem podataka u tablicu 8.3) variranjem cijene od 1000 do 1200 kn/t.

Tablica 8.7. Utjecaj cijene glicerina na cijenu biodizela

Cijena glicerina (kn/t)	Cijena biodizela (kn/l)
1000	4,266
1050	4,262
1100	4,256
1150	4,251
1200	4,246

Iz tablica 8.6 i 8.7 se vidi da promjena cijene nusproizvoda ne utječe jako na finalnu cijenu biodizela po litri.

Dobava glicerina se znatno povećala u Europi, jer je od sredine 1990-ih znatno povećana proizvodnja biodizela. Trenutna mu je vrijednost preko 1100 kn/t. Očekuje se daljnji pad cijene glicerina na europskom tržištu.

8.2.4. Cijena ulaganja

U tablici 8.8 prikazan je utjecaj cijene ulaganja u postrojenje na konačnu cijenu biodizela. Cijena postrojenja (Mogućnost 3) je 111,4 milijuna kn, a za analizu su korištene vrijednosti od 80 do 140 milijuna kn. Kao što se vidi, cijena ulaganja nije kritičan faktor za cijenu biodizela, čak i u slučaju povećanja cijene od 25% (140 milijuna kn).

Tablica 8.8. Utjecaj cijene ulaganja na cijenu biodizela

Ulaganje u postrojenje (kn)	Cijena biodizela (kn/l)
80.000.000	3,97
100.000.000	4,15
110.000.000	4,26
120.000.000	4,34
140.000.000	4,52

Povećanje cijene ulaganja u postrojenje od 10 milijuna kn utječe na cijenu biodizela u iznosu od oko 8 lipa po litri.

8.3. Formiranje tržišne cijene biodizela u Hrvatskoj

Tržišna cijena dizelskog goriva sastoji se od proizvodne cijene te trošarine i naknade za autoceste (HAC) u iznosu od 1,4 kn/l. Na taj se iznos obračunava PDV u iznosu od 22%. Izračunata tržišna cijena biodizela za tri prikazane opcije prikazana je u tablici 8.9.

Tablica 8.9. Tržišna cijena biodizela opterećena trošarinom i naknadom za ceste

Mogućnost	Proizv. cijena (kn/l)	Trošarina +HAC (kn/l)	PDV (22%) (kn/l)	Prodajna cijena (tr.+HAC+PDV) (kn/l)
Mogućnost 1 (350 t)	3,91	1,4	1,19	6,47
Mogućnost 2 (15.000 t)	5,01	1,4	1,45	7,82
Mogućnost 3 (90.000 t)	4,26	1,4	1,27	6,91
Dizelsko gorivo (INA, 8.6.07)				7,2

Kao što se vidi u tablici 8.9, cijena biodizela nije konkurentna fosilnom dizelskom gorivu u Hrvatskoj ukoliko se u cijenu uključi trošarina i naknada za autoceste u iznosu od 1,4 kn i PDV od 22%, uzimajući u obzir da je potrošnja biodizela u odnosu na fosilno dizelsko gorivo veća 10%.

Usprkos jakom političkom protivljenju, Europski Parlament je u veljači 1994. godine usvojio 90 postotno oslobađanje poreza na biodizel. Kombinacija zakonodavstva koje podržava korištenje alternativnih goriva te različiti porezni poticaji i subvencije za proizvodnju uljane repice pridonijeli su konkurentnosti biodizela u usporedbi s fosilnim dizelskim gorivom u mnogim europskim zemljama.

U tablici 8.10 prikazana je tržišna cijena biodizela za tri opcije proizvodnje bez trošarine i naknade za ceste, uz obračunavanje PDV-a od 22%.

Tablica 8.10. Tržišna cijena biodizela neopterećena trošarinom i naknadom za ceste (kn/l)

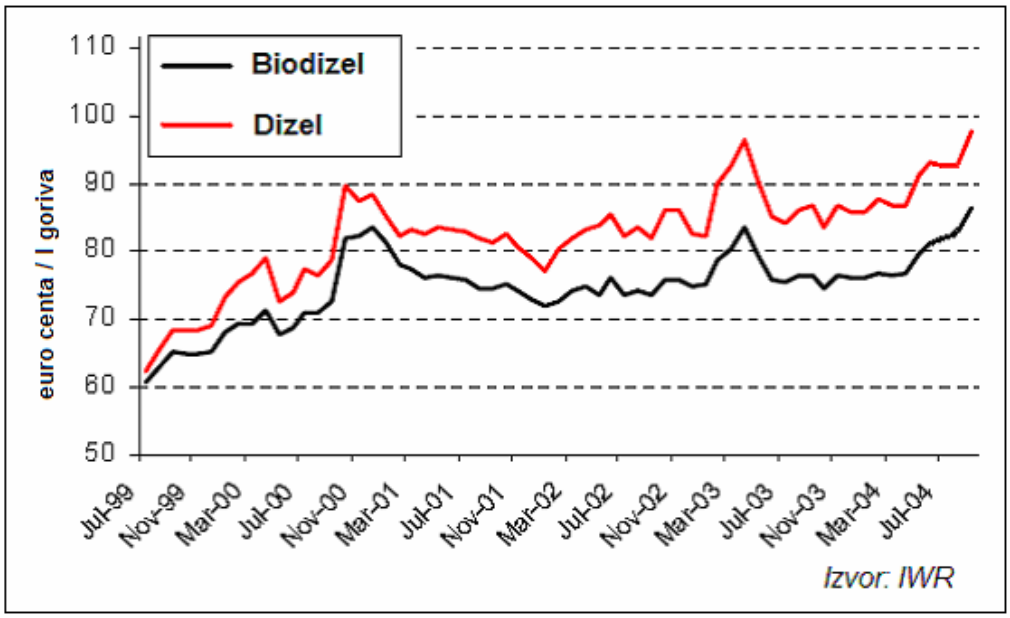
Mogućnost	**Proizv. cijena (kn/l)**	**PDV(22%) (kn/l)**	**Prodaja (bez troš. i HAC) s PDV, (kn/l)**	**Prodaja uvećana za 10% (bez troš. i HAC) s PDV,(kn/l)**
Mogućnost 1 (350 t)	3,91	0,86	4,77	5,25
Mogućnost 2 (15.000 t)	5,01	1,1	6,11	6,72
Mogućnost 3 (90.000 t)	4,26	0,93	5,19	5,71

Da bi se cijena biodizela učinila konkurentnom potrebno je ukinuti ili umanjiti trošarinu i naknadu za ceste, kao što je prikazano u tablici 8.10, po uzoru na zemlje Europske unije. Ukoliko se uzme u obzir da je potrošnja biodizela 10% veća od one za fosilni dizel, uz pretpostavku ukidanja trošarine i naknade za ceste, i Mogućnost 2 bi postala konkurentna fosilnom dizelskom gorivu (7,2 kn/l, 6. 2007.).

Zbog zaostajanja Hrvatske u korištenju biogoriva za Europskom unijom potrebno je stimulirati njihovu proizvodnju ukidanjem trošarine i naknade za ceste, a prilikom ulaska u EU eventualno korigirati poreznu stopu.

U Republici Hrvatskoj trenutno nema tržišta biodizela pa je u nastavku prikazan primjer Njemačke koja je vodeća zemlja na ovom području u Europi.

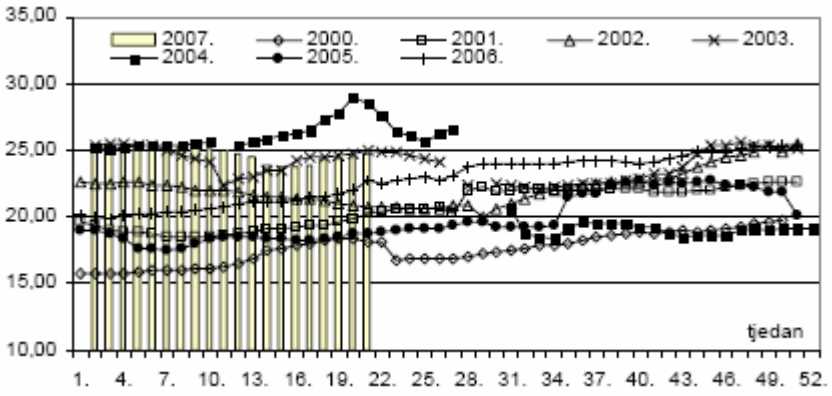
Cijena biodizela je povezana s cijenom fosilnog dizelskog goriva iz praktičnog razloga. Biodizel se trenutno najčešće koristi kao dodatak dizelskom gorivu u određenom postotku pa je važno da bude atraktivan po cijeni. Iz tog razloga je potrebno vezati te dvije cijene. Zbog relativno veće proizvodne cijene biodizela potrebno je prodajnu cijenu osloboditi trošarine ili ju umanjiti. Sljedeća je mogućnost uvećati poticaj koji je danas na razini 2.250 kn/ha na 2850 kn/ha ili po uzoru na EU uvesti posebnu premiju od 45 €/ha za proizvodnju biodizela. Na taj način cijena biodizela postaje atraktivna, kao što se može vidjeti na primjeru usporedbe prodajne cijene biodizelskog i dizelskog goriva u Njemačkoj, u periodu od 1999. do 2005. godine (slika 8.1).



Slika 8.1. Cijene dizela i biodizela u Njemačkoj u periodu 1999.-2005.

Razlika u cijeni dizela i biodizela je na benzinskim crpkama varirala od 5 do 15,7 centa po litri (njemački prosjek). Na pojedinim crpkama je razlika u cijeni bila i do 17 centa po litri.

Pumpne stanice formiraju cijenu biodizela isključivo na temelju cijene fosilnog dizelskog goriva. S druge strane, proizvođačka cijena biodizela ovisi isključivo o poljoprivrednom tržištu (cijeni uljane repice, slika 8.2). Sve veća količina biodizela (domaća proizvodnja i uvoz), utječe na smanjenje njegove proizvodne cijene, dok se cijena na benzinskim crpkama stalno povećava.



Slika 8.2. Proizvođačke cijene uljane repice u Njemačkoj €/100 kg [8.3]

Tablica 8.11. Cijene uljane repice u odabranim zemljama Europske unije [8.3]

	Tjedan 2006.	EUR/100 kg		
		min.	max.	prosjek
Njemačka	36.			24,26
	37.			24,22
	38.			24,22
Mađarska	36.			20,45
	37.			21,62
	38.			21,51
Litva	36.			23,13
	37.			23,5
	38.			23,57
Slovačka	36.	20,67	22,8	21,73
	37.	20,73	23,92	21,92
	38.	20,58	23,25	21,8

Kao što se može vidjeti cijena uljane repice proizvedene u Hrvatskoj od 1,59 kn (tablica 8.1) (9. 2006.) [8.3] (21,63 €/100kg) u rujnu 2006. je slična onoj iz Mađarske i Slovačke, a manja je od cijene u Njemačkoj i Litvi.

8.4. Koristi ostvarene korištenjem biodizela u Hrvatskoj

Koristi ostvarene korištenjem biodizela u Hrvatskoj mogu se podijeliti na sljedeće aspekte:

- smanjenje uvoza nafte
- povećanje proizvodnje umjetnih gnojiva
- smanjenje emisije stakleničkih plinova
- povećanje zaposlenosti
- povećanje količine kvalitetne hrane za stoku
- razvoj apikulture
- neplaćanje kazne za neobrađene površine.

Gubitak Hrvatske vlade na trošarini i naknadi za ceste od 1,4 kn po litri goriva je jedini direktni gubitak u slučaju korištenja biodizela. U slučaju korištenja 5,75 % biogoriva (oko 89.000 tona, tablica 5.5) gubitak bi iznosio 124,6 milijuna kuna. Ovaj gubitak bi se svakako nadoknadio dobitima od primjene biogoriva koje će biti u nastavku detaljnije obrazložene.

8.4.1. Smanjenje uvoza nafte

Ukoliko se pretpostavi da se iz jedne litre nafte dobije jedna litra dizelskog goriva (u rafineriji se od nafte dobije određeni postotak benzina, plina, dizela i loživog ulja), tada bi smanjenje trgovinskog deficita zemlje, uz pretpostavku smanjenja količine dizelskog goriva od 89.000 tona godišnje i cijenu nafte od 70 $/barelu, iznosila 39,1 milijuna $ godišnje (219 milijuna kuna)

8.4.2. Povećanje proizvodnje umjetnih gnojiva

Za proizvodnju oko 89.000 tona biodizela potrebno je, za osiguranje dobrih prinosa, osigurati oko 18.000 tona dušika i 2.400 do 3.000 tona sumpora, što bi dodatno zaposlilo proizvodne kapacitete domaće petrokemijske proizvodnje.

Veleprodajna cijena dušika je oko 1,3 kn/kg tako da bi 18.000 tona dušika donijelo dobit proizvođačima od 23,4 milijuna kuna.

8.4.3. Smanjenje emisije stakleničkih plinova

Prema studijama provedenim u Europi i SAD-u (izvori: Austrian Biofuel Institute, US National Renewable Energy), smanjenje emisija CO_2 iznosi 3 tone za svaku tonu proizvedenog biodizela od biljnih ulja. Na taj način se pomoću postrojenja koje proizvodi 30.000 tona biodizela emisija može smanjiti za 90.000 tona CO_2.

Za izračun uštede odabrana je cijena jedne tone CO_2 (prava emisije) u iznosu od 15 € (vidi sliku 7.1) kao prosječna cijena u zadnjem periodu. Ta cijena se ne može uzeti kao referentna za očekivanu razinu u idućim godinama jer oslikava stanje ponude i potražnje na tržištu u razdoblju 2005.-2007.

Za proizvodnju 89.000 tona biodizela ušteda bi iznosila oko 30 milijuna kuna.

8.4.4. Proizvodnja pogače uljane repice za ishranu stoke

Tvornice krmnih smjesa proizvodile su 1990. godine ukupno 971.000 tona raznih krmnih smjesa. 1994. ta količina je smanjena na 450.000 tona, a nakon toga proizvodnja lagano raste i u 2000. godini je dosegla proizvodnju od 713.000 tona.[8.7] Povećanje udjela krmnih smjesa u obrocima svih vrsta domaćih životinja utječe na mesnatost tovnih životinja i veću mliječnost muznih krava. Sačma i pogača uljane repice su vrlo vrijedna stočna hrana koju ne treba izbjegavati u obrocima stoke.

Sa površine od 150.000 hektara (uz pretpostavku proizvodnje 3 tone uljane repice po hektaru) dobilo bi se oko 300.000 tona pogače uljane repice. Pod pretpostavkom proizvodnje 89.000 tona biodizela proizvelo bi se oko 178.000 tona pogače a njena tržišna vrijednost je oko 160 milijuna kuna (0,9 kn/kg). [8.3]

8.4.5. Povećanje zapošljavanja

Istraživanja u Njemačkoj su pokazala da je za proizvodnju 1000 tona biodizela potrebno 15 radnika (5 direktnih i 10 indirektnih) [8.8] a studija provedena u Austriji [8.9] je izračunala da je za proizvodnju 1000 tona biodizela potrebno 16 radnika.

Za proizvodnju 89.000 tona je iz navedenih podataka potrebno 1335 radnika (15 radnika /1000 t biodizela), što uz prosječnu bruto plaću od 6.000 kn daje godišnji dohodak od 30 milijuna kuna.

8.4.6. Razvoj apikulture

Za ocjenu vrijednosti pčelarstva i za isticanje njegovog naročitog značaja u društvu potrebno je istaći da pčele učestvuju u održavanju biološke raznolikosti i razmnožavanju ogromnog broja biljnih vrsta.

Vrijednost pčela najbolje opisuju riječi direktora Poljoprivrednog odjela države Michigan (SAD) gosp. MacIntirea koji kaže: „Vrijednost pčela ne predstavljaju 1 do 2 milijuna dolara , koliko se na godinu dobije od proizvedenog meda i voska, već to čine onih 150 milijuna dolara koji se dobiju povećanjem proizvodnje, kao rezultat oprašivačke djelatnosti ovog insekta prilikom sakupljanja nektara i polena“.

Potkrjepu ovom podatku možemo naći u proizvodnji voća na našim prostorima tijekom 2002. i 2003. godine kada je zbog kiša u travnju i svibnju , za vrijeme cvatnje izostalo oprašivanje voća pčelama i kada je urod bio vrlo smanjen. Obrnuta situacija je bila 2004. i 2005. godine kada je bila odlična berba voća.

S hektara uljane repice se dobije 40 kg meda. Pošto se u Hrvatskoj uljana repica može uzgajati godišnje na 150.000 ha neobrađene zemlje, a otkupna cijena meda je 8 kn/kg, dobiva se godišnja proizvodnja od 6.000 tona ili 48 milijuna kuna. Ukoliko bi otkupna cijena bila 15 kn, kao što je u EU, tada bi vrijednost meda iznosila 90 milijuna kuna (samo od ispaše na uljanoj repici). Za proizvodnju na površini od oko 89.000 ha uljane repice dobit bi bila 28,5 milijuna kuna.

Za komparaciju potrebno je istaknuti da se današnja proizvodnja meda u Hrvatskoj procjenjuje na 3.000 do 3.500 tona godišnje, a izvozi se oko 1.000 tona u vrijednosti 2,5 milijuna eura.

Iako med od uljane repice ne spada u kvalitetne vrste (okus po repičinom ulju, brzo se kristalizira i poprima sivkastu boju), ispaša pčela na uljanoj repici ima posebnu važnost za razvoj pčelinjih zajednica prije glavne paše.

8.4.7. Plaćanje kazne za neobrađene poljoprivredne površine

Kazne za neobrađenu zemlju su trenutno u Hrvatskoj 250 kn/ha za livade odnosno 500 kn/ha za oranice (N.N. broj 59/2001). Bitno je spomenuti i kazne za neobrađene površine u Europskoj uniji od 350 €/ha, pošto je Hrvatska zemlja kandidat za Europsku uniju.

Ukoliko se računa da bi Hrvatska 2010. godine trebala proizvoditi oko 89.000 tona biodizela koji se dobiva s približno iste površine u hektarima, i ukoliko se računa ušteda od samo 250 kn/ha, dolazimo do godišnje uštede od 22,25 milijuna kuna. Za slučaj izbjegavanja kazni u Europskoj uniji od 350€/ha ušteda bi bila 230,5 milijuna kuna.

8.4.8. Račun dobiti i gubitka uvođenjem biodizela u RH

U slučaju primanja Republike Hrvatske u punopravno članstvo Europske unije, u 2010. godini bit će obavezno korištenje 5,75% biogoriva. S obzirom na količinu neobrađenih površina potrebno je što prije organizirati poljoprivrednu proizvodnju, kako se ne bi moralo uvoziti uljanu repicu za proizvodnju biodizela, a ekonomske koristi bi bile slijedeće:

- Gubitak na trošarini i naknadi za ceste (1,4 kn/l) – 124,6 milijuna kn
- Smanjenje troškova uvoza nafte (70 $/barelu) – 219 milijuna kuna
- Povećanje proizvodnje umjetnih goriva – 23,4 milijuna kn
- Smanjenje emisija stakleničkih plinova – 30 milijuna kn
- Proizvodnja pogače uljane repice – 160 milijuna kn
- Povećanje zapošljavanja – 30 milijuna kn
- Razvoj apikulture – 28,5 milijuna kn
- Izbjegavanje plaćanja kazne za neobrađene polj. površine – 22,25 milijuna kn

Iz navedenih podataka se vidi da je proizvodnja biodizela za Republiku Hrvatsku isplativa jer bi se iskorištavala trenutno neobrađena zemlja, zaposlili ruralni stanovnici a i dobivala bi se kvalitetna hrana za stočarstvo. Direktna korist od prodaje meda uljane repice je zanemariva u odnosu na ukupnu korist koju ona donosi voćarstvu kroz oprašivanje. Dobitak od izbjegavanja

kazni za neobrađenu zemlju i dobitak od smanjenja emisija CO_2 su navedeni radi stjecanja osjećaja njihove veličine iako se zna da tržište emisijama još nije zaživjelo u Hrvatskoj.

Međutim, svi gore navedeni pozitivni elementi moraju se držati pod kontrolom, kako se ne bi dogodilo da se površine trenutno namijenjene proizvodnji hrane koriste za proizvodnju uljane repice za biogoriva. U Meksiku je primjerice povećana proizvodnja kukuruza, za proizvodnju bioetanola, dovela do negativnih trendova proizvodnje hrane koja je poskupila i za tri puta.

Trenutno izgrađeni i kapaciteti u izgradnji za proizvodnju biodizela u Hrvatskoj premašuju 300.000 t. Za tolike kapacitete, domaća proizvodnja uljane repice sa trenutno neobrađenih površina neće biti dovoljna pa je upitno odakle će se dobaviti sirovina, s obzirom da i susjedne zemlje izgrađuju postrojenja za proizvodnju biodizela. Uvoz ulja iz Južne Amerike i Azije povlači za sobom krčenje prašuma i smanjenu apsorpciju ugljičnog dioksida kao glavnog stakleničkog plina.

9. ZAKLJUČAK

Stalno povećanje potrošnje nafte u svijetu traži pronalaženje novih izvora energije. Prema većini izvora vršna proizvodnja nafte će se dostići do 2010. godine. Nedostatak nafte na tržištu će utjecati na povećanje njene cijene i zbog toga je potrebno tražiti zamjenu za fosilna goriva u novim održivim izvorima.

Veća cijena nafte utječe na povećanje troškova proizvodnje dobara i usluga te povećanje inflacije, nezaposlenosti, smanjenje investicija i povećanje deficita buđeta, što povećava kamatne stope.

Moguća rješenja za smanjenje ovisnosti o nafti u prometu su povećanje efikasnosti vozila i uvođenje alternativnih goriva. Postoji više goriva za promet koja se trenutno istražuju. Biodizel i bioetanol imaju prednost zbog toga što se mogu koristiti u postojećim vozilima bez ikakvih ili s malim modifikacijama postojećih motora, što ovisi o koncentraciji biogoriva.

Drugi važan razlog traženja alternative fosilnim gorivima je evidentna promjena klime. Obnovljivi izvori su sposobni odgovoriti na ograničenje trenutno postojećih izvora energije i njihove povećane potrošnje te mogu doprinijeti daljnjoj modernizaciji energetskog sektora i sveukupnoj strategiji održivog razvoja. Nadalje, obnovljivi izvori doprinose industrijskoj konkurentnosti i imaju pozitivan utjecaj na regionalni razvoj i zapošljavanje.

Europska Unija je dokumentom "White Paper" postavila cilj povećanja udjela energije iz obnovljivih izvora sa 6 na 12 % do 2010. godine, što će utjecati na smanjenje stakleničkih plinova, uštede na uvozu goriva i zapošljavanju ljudi. Europska komisija je prepoznala tri vrste alternativnih goriva za cestovni promet kao najvažnija: biogoriva, prirodni plin i vodik. Nadalje, zemlje EU koriste dva alata za implementaciju direktive za biogoriva: oslobađanje od poreza i obvezu korištenja biogoriva.

Hrvatska kao zemlja kandidat za EU treba što prije organizirati proizvodnju sirovina za biodizel i sagraditi postrojenja za proizvodnju biodizela. Pri ulasku u EU na Hrvatsku će se primjenjivati odredbe Direktive o korištenju goriva iz obnovljivih izvora za transport (5,75% u 2010. godini) a koje je propisala i Uredba o kakvoći biogoriva, (N.N. broj 178/2004). Proizvodnja, a ne uvoz biodizela bi za Hrvatsku bilo najbolje rješenje s obzirom da je proizvodnju moguće organizirati i da postoje dostatne površine neobrađene zemlje koje bi se za to mogle upotrijebiti.

Korištenjem trenutno neobrađenih površina uz pridržavanje plodoreda moguće je zadovoljiti Hrvatske potrebe za uljanom repicom u sljedećih nekoliko godina, a izgrađena postrojenja i ona koja su u pripremi će bez problema preraditi uljanu repicu u biodizel. Nadalje, iskorištavanjem

trenutno neiskorištene biomase za proizvodnju biodizela druge generacije, količina biogoriva bi se mogla značajno povećati.

Proizvodnja uljane repice je za sada u Republici Hrvatskoj, kao i u EU, neisplativa bez državnih poticaja. Stoga je potrebno prilagoditi visinu poticaja kako bi proizvodnja bila primamljiva zemljoradnicima. Nadalje, potrebno je odrediti količine biodizela potrebne Hrvatskoj te povećati proizvodnju uljane repice po hektaru, što se može regulirati minimalnom količinom za ostvarivanje poticaja. Povećanje proizvodnje uljane repice će doprinjeti poljoprivrednoj proizvodnji kroz veće korištenje trenutno neobrađene zemlje, a uvođenje treće kulture će donijeti veće zarade poljoprivrednicima i bolje iskorištenje poljoprivredne mehanizacije. Proizvodnja pogače uljane repice kao nusproizvoda u proizvodnji biodizela će poboljšati proteinsku prehranu stoke. Naravno, veća proizvodnja će doprinijeti zapošljavanju ruralnog stanovništva.

Biodizel ima mnoge prednosti pred dizelskim gorivom, a najčešće spominjane su smanjenje emisija, netoksičnost i biorazgradivost. Najčešće spominjana karakteristika u eksploataciji je sličnost u karakteristikama rada s konvencionalnim dizelskim gorivom te potreba za vrlo malim preinakama u radu i održavanju. Smjese s biodizelom uzrokuju poboljšanje podmazivanja što doprinosi smanjenju trošenja dijelova motora. Ostala pozitivna svojstva biodizela te specifičnosti u održavanju motora su detaljno objašnjena u radu, uz obavezno korištenje biodizela koji zadovoljava svojstva norme EN 14214.

Na proizvodnu cijenu biodizela najviše utječe cijena sirovine uljane repice dok manje utječu postotak iskorištenja kapaciteta postrojenja, vrijednost nusproizvoda (pogača i glicerin) i cijena ulaganja. Da bi biodizel iz domaće proizvodnje bio konkurentan cijeni fosilnog dizela potrebno ga je osloboditi plaćanja trošarine i naknade za ceste. U tom slučaju i biodizel proizveden u manjem postrojenju može biti konkurentan.

Uštede ostvarene korištenjem biodizela u Republici Hrvatskoj potrebno je promatrati i kroz smanjenje uvoza nafte, povećanje proizvodnje umjetnih goriva, smanjenje emisije stakleničkih plinova, povećanje zapošljavanja, povećanje količine kvalitetne stočne hrane, obradu trenutno neobrađene zemlje, a time i neplaćanje kazni za neobrađene površine te razvoj apikulture. Međutim, ti navedeni pozitivni elementi moraju se držati pod kontrolom, kako se ne bi površine trenutno namijenjene proizvodnji hrane koristile za proizvodnju uljane repice za biogoriva. Prikupljanje otpadnog jestivog ulja je potrebno unaprijediti. Trenutno izgrađeni i kapaciteti u izgradnji za proizvodnju biodizela u Hrvatskoj premašuju 300.000 t i oni su više nego dovoljni za dostizanje supstitucije fosilnih goriva od 5,75 % gorivima iz obnovljivih izvora do kraja 2010. Međutim, za tolike kapacitete domaća proizvodnja sirovina sa trenutno neobrađenih površina

baš i neće biti dovoljna, pa je upitno odakle će se dobaviti sirovina s obzirom da i susjedne zemlje izgrađuju postrojenja za proizvodnju biodizela. Moglo bi se doduše uvoziti ulje iz Južne Amerike i Azije, ali to pak povlači za sobom krčenje prašuma i uslijed toga smanjenu apsorpciju ugljičnog dioksida kao glavnog stakleničkog plina. Ukratko, provedene analize pokazuju da proizvodnja biodizela u Hrvatskoj ima svoje opravdanje, ali i da se kapaciteti postrojenja približavaju maksimumu za kojeg se pretpostavlja da još nebi trebao izazvati poremećaje na tržištu prehrambenih poljoprivrednih proizvoda. Ukoliko se želi i dalje povećavati kapacitete za proizvodnju biogoriva iza 2010. godine, kako bi se ostvarili proklamirani ciljevi EU, kao sirovinu bi se moglo koristiti drvnu masu, s obzirom na velike količine drvne sirovine u Hrvatskoj. Za to će pak biti potrebna znatno složenija i za sada još upitna postrojenja za proizvodnju biogoriva 2. generacije, ali i prethodne analize mogućih posljedica.

LITERATURA

[1.1] Plummer R.: The rise, fall and rise of Brazil's biofuel, BBC News, 2006.

[1.2] Uredba o kakvoći biogoriva, N.N. broj 178/2004.

[1.3] United States Energy and World Energy Production and Consumption Statistics. USGS. 2006.

[1.4] Bilek M. at al.: Life-Cycle Energy and Greenhouse Gas Emissions of Nuclear Power in Australia, ISA, The University of Sydney, Australia, 2006.

[2.1] U.S. Department of Energy, Energy Information Administration, International Energy Outlook – 2004, April 2004.

[2.2] Davies P.: Quantifying energy, BP Statistical Review of World Energy, London 14 June 2006

[2.3] Hirsch R.L., Bezdek R., Wendling R.: Peaking of world oil production: Impact, mitigation & risk management, 2005.

[2.4] U.S. Department of Energy, Energy Information Administration. Global Oil Supply Disruptions Since 1951, 2001.

[2.5] Hunt B., Isard P., Saxton D.: The Macroeconomic Effects of Oil Price Shocks, National Institute Economic Review No. 179, January 2002.

[2.6] OECD Standing Group on Long-Term Cooperation, The Impact of Higher Oil Prices on the World Economy. 2003.

[2.7] OECD Standing Group on Long-Term Cooperation, and International Monetary Fund, World Economic Outlook, September 2003.

[2.8] Mork K.A.: Business Cycles and the Oil Market, Energy Journal, special issue, 1994, pp. 15-38.

[2.9] Oil-price.net. Oil price, Today and Tomorrow. http://www.oil-price.net

[2.10] U.S. Energy Information Administration. World Petroleum Consumption by Fuel database, 2003, and Oak Ridge National Laboratory. Transportation Energy Data Book, 2003.

[2.11] Mobility 2030: Meeting the challenges to sustainability, The Sustainable Mobility Project Overview 2004. World Business Council for Sustainable Development (WBCSD, Geneva, Switzerland)

[2.12] Internetske stranice: www.lbst.de

[2.13] Yaegashi, T.: Hybrid system selection for maximum efficiency, Auto Technology Special, Toyota Prius, vol. 5, Febr. 2005, ISSN 1616-8216.

[3.1] EREC. Renewable Energy Target for Europe 20% by 2020.

[3.2] European Commission, 2001 – Annual Energy Review, Directorate-General for Energy and Transport. Brussels, January 2002.

[3.3] Biofuels barometer

[3.4] Biofuel production in the EU. EurObserv'ER 2006.

[3.5] European Biodiesel Board, 2006.

[3.6] European Commission – DG Agriculture, Prospects for agricultural markets in the European Union 2003-2010, 2003.

http://europa.eu.int/comm/agriculture/publi/caprep/prospects2003/fullrep.pdf

[3.7] Biofuel production in the EU. Eurobserv'ER 2005.

[3.8] Bockey D.: Biodiesel in Germany 2006: Market Trends and Competition. Union for Promoting Oil and Protein Plants (UFOP). Berlin, 2007.

[3.9] European Environmental. How much biomass can Europe use without harming the environment, 2005.

[3.10] Nacionalna izvješća prema direktivi za bogoriva
http://europa.eu.int/comm/energy/res/legislation/biofuels en.htm

[4.1] Internetske stranice: www.ybiofuels.org /bio_fuels/history_diesel.html

[4.2] Mitelbach M., Remschmidt C.: Biodiesel, The Comprehensive Handbook, Graz, 2004.

[4.3] Hall K.: Crops. Oilseed rape (Brasica napus ssp. oleifera). BioMatNet.Biological Materials for Non-Food Products. www.nf-2000.org/secure/Crops/F590.htm

[4.4] UFOP –Biodiesel Flowerpower: Facts, arguments, tips, Berlin, 2004.

[4.5] Diasakou M. at al.: Kinetics of the non-catalytic transesterification of soybean oil. Fuel 77 (1998), 1297-1302.

[4.6] Khan A.K.: Research into Biodiesel Kinetics & Catalyst Development, Thesis, brisbane, 2002.

[4.7] Green Car Congress. Energy, Technologies, Issues and Policies for Sustainable Mobility http://www.greencarcongress.com/2007/03/energy_consumpt.html

[4.8] Power Engineering. Beta Test Set for Emission-Fighting Algae Bioreactor. November 2004.

[4.9] Electric Light & Power. Algae emissions reduction concept shows new promise, March 2005.

[4.10] Biofutur no 255. An algae-based fuel, May 2005.

[4.11] Journey to Forever. Oil yields and characteristics.

[5.1] Energija u Hrvatskoj 2005. Godišnji energetski pregled. Republika Hrvatska, Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva

[5.2] Statistički ljetopis Republike Hrvatske, 2006.

[5.3] Statistički ljetopis Republike Hrvatske, 2003.

[5.4] Fijan-Parlov S. et al: Studija izvodljivosti: Uvođenje biodizela u javni gradski prijevoz grada Zagreba, 2006.

[5.5] Kiš D.: Iskoristivost uljane repice kao bioenergenta u proizvodnji biodizelskog goriva, Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, 2004.

[6.1] Pock M.: Gasoline and Diesel Demand in Europe: New Insights, Institute for Advanced Studies, Vienna, 2007.

[6.2] Eurostat and the German Association of the Automotive Industry (VDA): International Auto Statistics Edition 2003, Frankfurt 2003.

[6.3] EPA. A Comprehensive Analysis of Biodiesel Impacts on Exhaust Emissions. Draft Technical Report. October, 2002.

[6.4] Internetske stranice: http://www.green-trust.org/biodiesel1.htm

[6.5] EPA report: “A Comprehensive Analysis of Biodiesel Impacts on Exhaust Emissions”

www.epa.gov/otaq/models/analysis/biodsl/p02001.pdf.

[6.6] Courage C., Taylor M., Shuker L.,: IEH assessment on oilseed rape allergenicity and irritancy. Medical Research Council, Institute for Environment and Health, 1997.

[6.7] Anderson G.Q.A., Haskins L.R., Nelson S.H.: The effect of bioenergy crops on farmland birds in the UK: a review of current knowledge and future predictions. pp 199-218, in Parris K Poincet. T (eds) Biomass and Agriculture, Sustainability - markets and policies. IECD, Paris, 2004.

[6.8] Sem, T.R.: Investigation of Injector Tip Deposits on Transport Refrigeration Units Running on Biodiesel Fuel. SAE Technical Paper 2004-01-0091. 2004.

[6.9] Sem, T.R.: Effect of Various Lubricating Oils on Piston Deposits in Biodiesel Fueled Engines. SAE Technical Paper 2004-01-0098. 2004.

[6.10] Tat M.E., Van Gerpen J.H.: Measurement of Biodiesel Speed of Sound and Its Impact on Injection Timing. NREL Subcontractor Report. (NREL/SR-510-31462) 2003.

[6.11] Szybist J.P., Boehman A.L.: Behavior of a Diesel Injection System with Biodiesel Fuel. SAE Technical Paper 2003-01-1039, 2003.

[6.12] Schreier C.: The effect on emissions and opacy of adjusting a 6 cylinder common rail engine to EURO 3 standards to optimise its performance with biodiesel, 2000.

[6.13] Sem T.R.: Effect of Various Lubricating Oils on Piston Deposits in Biodiesel Fueled Engines. SAE Technical Paper 2004-01-0098, 2004.

[6.14] Sharp C.: Southwest Research Institute, USA. Testing of diesel engines with and without oxidative catalyst with low sulphur fossil diesel and biodiesel.

[6.15] Promotivni DVD: "Clean Transport for Modern Cities", Austrian Biofuels Institute, Graz, 2005.

[6.16] Bundesanstalt für Landestechnik: Freigabeliste für Biodiesel, 2003, Wieselburg, Austria

[6.17] MAN Nutzfahrzeuge Vertrieb GmbH. Einsatz von Bio-Diesel (FAME-Kraftstoff nach DIN EN 14214) im Lkw, 2006.

[6.18] DaimlerChrysler Product Information bulletin 2005-001FAME / biodiesel as an alternative to diesel fuel, 2005.

[6.19] Internetske stranice: http://en.wikipedia.org/wiki/Heinsberg

[6.20] Biodiesel in bus fleets, Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen E.V., 2003., objavljeno na: http://www.ufop.de/downloads/RZ_Ufop_Bus_engl(1).pdf

[6.21] Experiences with biodiesel in the bus fleet of the Public Transportation System of the City of Graz, Bernhard Prossnigg, 2000., dostupno putem internetske stranice: http://www.biodiesel.at/Userfiles/LiteraturPDF/Prossnigg-info-engl.pdf

[7.1] Okvirna konvencija Ujedinjenih naroda o promjeni klime, 1992.

[7.2] Protokol iz Kyota, 1997.

[7.3] Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva: Nacionalni inventar stakleničkih plinova za razdoblje 1990-2004., Zagreb, 2006.

[7.4] Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva: Nacionalni inventar stakleničkih plinova za razdoblje 1990-2003., Zagreb, 2005.

[7.5] OECD/IEA, Joint Implementation: Current Issues and Emerging Challenges, Paris, 2006.

[7.6] Internetske stranice: http://www.pointcarbon.com

[7.7] European Environmental Agency: COPERT III Computer Programme to

Calculate Emissions from Road Transport, Methodology and Emission Factors (Version 2.1), ETC/ AEM, Denmark, 2000.

[7.8] European Environmental Agency: COPERT III Computer Programme to

Calculate Emissions from Road Transport, User Manual (Version 2.1), ETC/ AEM, Denmark, 2000.

[7.9] Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 2001: The Scientific Basis (Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001).

[7.10] Ekonerg: National Inventory Report for the Period From 1990 to 2004, Zagreb, 2006.

[7.11] REFIT: Recycling Fuels in innovativen Antrieben und Technologien, Forshungsgesellschaft für Verbrennungskraftmachinen und Thermodynamik GmbH, Institut für Chemie Graz, Joanneum Research, Graz, 2004

[7.12] Arcoumanis C.: A Technical Study on Fuels Technology related to the Auto-Oil II Programme, FINAL REPORT, Volume II: Alternative Fuels, prepared for European Commission Directorate-General for Energy, 152 pp. 2000.

[7.13] IEA : Automotive fuels for the future – The search for the alternatives,1999.

[7.14] Sheehan J. et al.: Life Cycle Inventory of Biodiesel and Petroleum Diesel for Use in an Urban Bus. Final report, 1998.

[7.15] Edwards R., Griesemann J.C., Larivé J.F., Mahieu V.: Well-to-Wheel analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. WELL-to-WHEEL Report, Version 1b, 2004.

[7.16] Toyota Motor Corporation, Mizuho Information & Research Institute, Inc. Well-to-Wheel Analysis of Greenhouse Gas Emissions of Automotive Fuels in the Japanese Context. 2004.

[8.1] Internetske stranice: http://www.tehnopan.com

[8.2] Internetske stranice: http://www.greenfuels.co.uk/biodiesel_products.htm

[8.3] Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva: Tržišni informacijski sustav u poljoprivredi., 2006.

[8.4] Internetske stranice: http://www.rhb-berlin.de

[8.5] Internetske stranice: http://www.rosedowns.co.uk/products/Product_Range.htm

[8.6] Internetske stranice: http://www.desmetballestraoleo.com/biodiesel/biodiesel-and-bio-diesel-desmet-ballestra.html

[8.7] Internetske stranice: http://www.hvd.hr/propisi/poljoprivreda/stra_polj_i_ribarstva/index.htm

[8.8] Schoepe M.: Economic aspects of biodiesel production in Germany; 2nd European Motor Biofuels Forum, Graz 1996.

[8.9] Schroeck T. et al.: Bioenergie-Cluster Oesterreich. Industriewissenschaftl. Institute, Wien 1998.

ŽIVOTOPIS

Tomislav Virkes rođen je 5.6.1969. godine u Ražancu. Osnovnu i srednju školu je završio u Slavonskom Brodu nakon čega upisuje Strojarski fakultet. Diplomirao je 1993. godine i stekao zvanje diplomiranog inženjera strojarstva.

Sredinom 1993. godine zapošljava se u firmi "Đuro Đaković" - Centar za istraživanje i razvoj, u Laboratoriju za ispitivanje energetske opreme. 1995. godine zapošljava se u firmi "Đuro Đaković" - Termoenergetska postrojenja, gdje radi u projektno konstrukcionom odjelu na poslovima projektiranja kotlova i kotlovskih postrojenja. U toku 1997. godine boravi na stručnom usavršavanju u firmi Austrian Energy & Environment u Grazu. Po povratku prelazi u odjel vođenja projekata.

U rujnu 2002. godine zaposlio se u firmi EKONERG – Institut za energetiku i zaštitu okoliša u Zagrebu gdje radi i danas kao konzultant.

Poslijediplomski studij "Sustainable Energy Engineering" upisao je u listopadu 2004. godine na Fakultetu strojarstva i Brodogradnje u Zagrebu.

Govori i piše engleskim jezikom i služi se njemačkim jezikom.

BIOGRAPHY

Tomislav Virkes was born on June 05, 1969 in Ražanac. Primary and secondary school he completed in Slavonski Brod and after that he enrolled at the Mechanical Faculty. He graduate in 1993 and acquired the B. Sc. Mech. Eng. degree.

In the middle of 1993 he was employed at company "Đuro Đaković-Centar za istraživanje i razvoj" in Laboratory for Thermotechnical Reaearch. In 1995 he was employed at company "Đuro Đaković-Termoenergetska postrojenja" and worked in design department on boiler and boiler plants designing projects. He participated on schooling in company Austrian Energy & Environment in Graz during year 1997. After returning he changed department and started to work in Project Management department.

In August 2002 he was employed at company EKONERG – Energy Research and Environment Protection Institute in Zagreb where he is steel working as a consultant.

He enrolled in the masters program "Sustainable Energy Engineering" in October 2004 on Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture of Zagreb University.

He speaks fluently English and uses the German language.