

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Marko LESJAK

**ANALIZA MOŽNOSTI UPORABE ALTERNATIVNIH
VIROV ENERGIJE S POUDARKOM NA UPORABI
BIODIZLA ZA POGON TRAKTORJEV V SLOVENIJI**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

Ljubljana, 2008

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Marko LESJAK

**ANALIZA MOŽNOSTI UPORABE ALTERNATIVNIH VIROV
ENERGIJE S POUDARKOM NA UPORABI BIODIZLA ZA POGON
TRAKTORJEV V SLOVENIJI**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF ALTERNATIVE ENERGY
SOURCES USE WITH FOCUS ON BIODIESEL AS FUEL FOR
TRACTORS IN SLOVENIA**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana 2008

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija agronomije. Opravljeno je bilo na Katedri za strojništvo (Oddelek za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani).

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je odobrila naslov diplomske naloge in je za mentorja imenovala prof. dr. Rajka Bernika.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Franc BATIČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Rajko BERNIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Anton Tajnšek
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora: 09.12.2008

Delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, enaka tiskani verziji.

Marko LESJAK

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 620.92: 662.756.3: 631.371: 656.137 (497.4) (043.2)
KG	biodizel/obnovljivi viri energije/traktorji/RME/oljna ogrščica/emisije izpušnih plinov/alternativna goriva
KK	AGRIS N01/N20
AV	LESJAK, Marko
SA	BERNIK, Rajko (mentor)
KZ	SI – 1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI	2008
IN	ANALIZA MOŽNOSTI UPORABE ALTERNATIVNIH VIROV ENERGIJE S POUDARKOM NA UPORABI BIODIZLA ZA POGON TRAKTORJEV V SLOVENIJI
TD	diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	IX, 47 str., 12 pregl., 18 sl., 46 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Z razvojem tehnologije predelave rastlinskih olj in traktorskih motorjev postaja biodizel (BD) vse pomembnejši alternativni energent. Evropski proizvajalci opreme za proizvodnjo BD že izdelujejo energetske učinkovite in tehnološko dovršene sisteme različnih zmogljivosti, primerne tudi za slovenske razmere. Namen diplomske naloge je ovrednotiti ustreznost slovenskega traktorskega parka za uporabo BD in možnost samooskrbe z gorivom. S tem bi prispevali k energetske osamosvojitvi, zmanjšanju emisij toplogrednih plinov (zaprt krog CO₂), zmanjšanju onesnaževanja kmetijskih površin s fosilnimi gorivi ter zagotovili nova delovna mesta in dodaten zaslužek v kmetijstvu. Analiza podatkov MK, MNZ, MP in SURS, s katerimi smo ovrednotili traktorski park in pridelavo oljne ogrščice v Sloveniji, so pokazale naslednje izsledke: od skupno 80496 registriranih traktorjev, zajetih v raziskavo, je 15061 primernih za uporabo čistega BD (B100), 294 za uporabo 20% BD v plinskem olju (B20) in 65141 traktorjev za uporabo B5, ki je plinsko olje z dodatkom 5% BD v splošni uporabi. Upoštevali smo 90% najbolj zastopanih tipov med registriranimi traktorji. Za zadovoljitev potreb bi morali pridelati 19104 t olja oljne ogrščice ali 47760 t semena. Za to količino bi morali z oljno ogrščico zasejati 20765 ha njiv. Po ocenah KIS razpolagamo z največ 18000 ha, po podatkih Evropske komisije pa z največ 26240 ha. Zadnji podatek prof. Tajnška je največ 15000 ha njiv, razpoložljivih za pridelavo oljne ogrščice. Iz ugotovljenih dejstev lahko sklepamo, da za zagotavljanje samooskrbe kmetijstva z BD Slovenija nima pogojev. Poseči bi morali še po drugih surovinah (živalskih maščobah in odpadnih oljih prehranske industrije), obenem pa za stalno kakovost goriva in pozitivno promocijo urediti trg proizvajalcev in odjemalcev BD.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC UDC 620.92: 662.756.3: 631.371: 656.137 (497.4) (043.2)
CX biodiesel/renewable energy sources/tractor/RME/rapeseed/exhaust
emissions/alternative fuels

CC AGRIS N01/N20
AU LESJAK, Marko
AA BERNIK, Rajko (supervisor)
PP SI – 1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
PY 2008
TI ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF ALTERNATIVE ENERGY SOURCES
USE WITH FOCUS ON BIODIESEL AS FUEL FOR TRACTORS IN
SLOVENIA

DT Graduation Thesis (University Studies)
NO IX, 47 p., 12 tab., 18 fig., 46 ref.
LA sl
AL sl/en

AB Developing technology of bio fuels production and tractor engine construction make biodiesel (BD) the most important alternative fuel. European producers of BD production equipment produce energy efficient systems of different capacities suitable for Slovenian characteristics. The objective of the Graduation Thesis was to evaluate the suitability of Slovenian tractor fleet for using BD and to find a possibility to produce enough BD for Slovenian agricultural needs. This would be a contribution to energetic independence of our country, reduction of the greenhouse gas emissions (closed CO₂ loop), reduction of rural area pollution with fossil fuels, creation of new jobs and additional income for agriculture. Analysis of the data sourced by MAFF, MI, MT and SORS, enabled us to evaluate tractor fleet and rapeseed production in Slovenia and gave us following figures. From 80,496 analysed registered tractors 15,061 are suitable to use pure BD (B100), 294 can use 20% mixture of BD and diesel fuel (B20) and 65,141 tractors can use standard diesel fuel B5 (containing 5% of BD already). 90% of the mostly present types of tractors have been analysed. 19,104 t of rapeseed oil (or 47,760 t of rapeseed) should be produced in Slovenia to cover the needs for the analysed tractor fleet. 20,765 ha of the rural land should be sown to produce enough rapeseed. Agricultural Institute of Slovenia evaluates there are maximum 18,000 ha, but EU Commission says there are maximum 26,240 ha available for producing rapeseed. Last figure by prof. Tajnšek are maximum 15.000 ha of rapeseed available. Gained facts show no conditions for Slovenian agriculture to ensure self-sufficiency with BD production. Additional sources of raw material (animal fats, used plant oils from food industry) should be used as well. The market of BD producers and consumers should be regulated and settled to ensure constant fuel quality and positive promotion.

KAZALO VSEBINE

Ključna dokumentacijska informacija.....	III
Key words documentation.....	IV
Kazalo vsebine.....	V
Kazalo slik.....	VII
Kazalo preglednic.....	VIII
Okrajšave in simboli.....	IX
1 UVOD.....	1
2 PREGLED PODROČJA.....	3
2.1 BENCINSKI MOTORJI IN GORIVA.....	3
2.2 DIZELSKI MOTORJI IN GORIVA.....	4
2.3 VZROKI ZA ISKANJE ALTERNATIVNIH GORIV.....	5
2.4 OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE.....	5
2.4.1 Obnovljivi viri energije v Sloveniji.....	5
2.4.2 Sončna energija.....	6
2.4.3 Energija vetra.....	7
2.4.4 Bioplin.....	8
2.4.5 Biomasa.....	9
2.4.6 Nizkotemperaturna toplota.....	10
2.5 ALTERNATIVNA GORIVA.....	10
2.5.1 Vodik.....	10
2.5.2 Metanol.....	11
2.5.3 Etanol.....	12
2.5.4 Zemeljski plin.....	12
2.5.5 Električna energija.....	15
2.6 OLJE OLJNE OGRŠČICE – SUROVINA ZA IZDELAVO GORIVA, KROŽENJE CO ₂ PRI BIOMASI KOT GORIVU.....	15
2.6.1 Prednosti biodizla v primerjavi s plinskim oljem.....	16
2.6.2 Tehnologija pridelave oljne ogrščice.....	17
2.6.3 Tehnologije predelave olja v biodizel.....	19
2.6.4 Sistemi za predelavo olja v biodizel.....	19
2.6.4.1 Tipični industrijski proces preestrenja.....	20
2.6.4.2 CD postopek predelave.....	20
2.6.4.3 Preestrenje s tehnologijo kavitacije olja v magnetnem polju »BIOKING«.....	21
2.7 PRIDELAVA OLJNE OGRŠČICE IN PROIZVODNJA BIODIZLA V EVROPI.....	23
2.7.1 Oljna ogrščica v Sloveniji.....	25
2.8 STANDARDI ZA BIODIZEL IN KLJUČNE LASTNOSTI.....	25
2.8.1 Standardi za kakovost in lastnosti biodizla.....	26
2.8.2 Vpliv uporabe biodizla na okolje.....	27
2.8.3 Izzivi v uporabi biodizla za prihodnost.....	29
2.8.4 Evropske direktive za uporabo biodizla.....	29
2.9 POTREBNE PRILAGODITVE MOTORJEV IN VPLIV BIODIZLA NA SESTAVNE DELE MOTORJEV.....	31

2.9.1	Konstrukcijske smernice razvoja dizelskih motorjev za uporabo biodizla	33
2.10	ORGANIZIRANA INDUSTRIJSKA PROIZVODNJA BIODIZLA V SLOVENIJI IN RAZVOJ.....	35
3	MATERIAL IN METODE DELA	37
4	REZULTATI.....	38
4.1	ANALIZA TRAKTORSKEGA PARKA V SLOVENIJI.....	38
4.2	SAMOOSKRBA SLOVENSKEGA KMETIJSTVA Z BIODIZLOM.....	39
4.2.1	Izračun potrebne količine biodizla.....	39
4.2.2	Izračun potrebne površine za pridelavo oljne ogrščice.....	40
5	RAZPRAVA IN SKLEP	42
6	POVZETEK	43
7	VIRI.....	45

KAZALO SLIK

Slika 1: Patent za dizelski motor Rudolfa Diesla (Wikipedia, 2008).....	4
Slika 2: Električni sistem za črpanje vode na sončno energijo (Meliss, 1997: 98)	6
Slika 3: Vetrna energija nekoč in danes (Conergy ..., 2008).....	7
Slika 4: Sistem pridobivanja bioplina (Kuhn, 1996: 74).....	8
Slika 5: Sistem za sežiganje biomase – slame za ogrevanje toplovodne in sanitarne vode (Hauke, 1996: 112).....	9
Slika 6: Prilagojeni elementi sistema za uporabo metanola (Owen, 1995: 33).....	11
Slika 7: Sistem za pogon vozila na utekočinjen zemeljski plin in neosvinčeni bencin. (Tehnični ..., 2000: 1).....	14
Slika 8: Bioking PRO sistem za proizvodnjo biodizla (Bioking PRO, 2008).....	22
Slika 9: Predelava biodizla v državah EU leta 2006 (European Biodiesel Board, 2008)....	24
Slika 10: Vsebnost CO v izpuhu z različnimi gorivi ter brez katalizatorja in z njim.....	27
Slika 11: Vsebnost HC v izpuhu z različnimi gorivi ter brez katalizatorja in z njim.....	28
Slika 12: Vsebnost NOx v izpuhu z različnimi ter brez katalizatorja in z njim	28
Slika 13 Predvideno razmerje med plinskim oljem in biodizlom v Nemčiji leta 2020.....	29
Slika 14: Prilagojeni deli motorja za uporabo biodizla (Martini, 1997: 53)	33
Slika 15: Deli motorja, na katere lahko vpliva uporaba biodizla. (Martini, 1997: 64).....	34
Slika 16: Proizvedena količina biodizla v Sloveniji (Partlič, 2008).....	36
Slika 17: Delež traktorjev v Sloveniji glede na vrsto goriva.....	39
Slika 18: Pridelovalne površine oljne ogrščice v Sloveniji – primerjava izračunov različnih institucij	41

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Sedanja raba in potencial obnovljivih virov energije v Sloveniji (Kralj, 2008.)	5
Preglednica 2: Lastnosti biodizla iz tovarne v Leeru v primerjavi s standardom DIN 51606 (Installation of..., 2008).....	20
Preglednica 3: Pretoki in razmerja mas v ločevalniku stranskih produktov (Bioking PRO, 2008).	23
Preglednica 4: Zmožljivosti za predelavo biodizla v EU (European Biodiesel Board, 2008).....	23
Preglednica 5: Pridelek oljne ogrščice v Sloveniji (Statistični letopis Republike Slovenije 2007, 2008).....	25
Preglednica 6: Primerjava lastnosti goriva (Martini, 1997).	26
Preglednica 7: Primerjava standardov za biodizel in plinsko olje (BiodieselFilligStations, 2008).	27
Preglednica 8: Odstopanja v emisijah različnih mešanic biodizla v primerjavi s plinskim oljem (National Biodiesel Board, 2008).....	28
Preglednica 9: Načrtovani delež biodizla v plinskem olju v evropskih državah do 2010 (Carbon Labelling CO ₂ Star, 2008).....	30
Preglednica 10: Število registriranih traktorjev v Sloveniji glede na vrsto goriva, ki ga lahko uporabljajo.....	38
Preglednica 11: Registrirani traktorji v Sloveniji ter predvidena skupna poraba goriva in delež biodizla.....	40
Preglednica 12: Parametri za izračun potrebnih zasejanih površin oljne ogrščice.....	40

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

BD	- biodizel (biodiesel)
MAFF	- Ministry of Agriculture, Forestry and Food
MI	- Ministry of the Interior
MP	- Ministrstvo za promet
MNZ	- Ministrstvo za notranje zadeve
MK	- Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano
MT	- Ministry of Transportation
SORS	- Statistical Office of the Republic of Slovenia
SURS	- Statistični urad Republike Slovenije
P_e	- efektivna moč motorja (W)
V_i	- prostornina motorja (cm^3)
ε	- kompresijsko razmerje motorja (-)
T_m	- vrtilni moment motorja (Nm)
b_a	- specifična poraba goriva (g/kWh)
B	- absolutna poraba goriva (kg/h)
P	- moč motorja (W)
n_{motorja}	- vrtilna frekvenca motorja (min^{-1})
H_i	- kurilna vrednost goriva (kJ/kg)
w	- masni delež (%)
GVŽ	- glava velike živine (500kg)
ρ	- gostota tekočega goriva (pri 15°C) (kg/l)
T	- vrelišče goriva – masni delež goriva, ki se upari pri določeni temperaturi ($^\circ\text{C}$)
OVE	- obnovljivi viri energije
RME	- metil ester olja oljne ogrščice (Raps Metil Ester)
CFPP	- temperatura mašenja hladnega filtra motornega olja – cold filter plugging point ($^\circ\text{C}$)
FFA	- proste maščobne kisline (%)
HFPR	- visoko frekvenčni pulzni reaktor
D2	- evropska oznaka za plinsko olje
μ	- viskoznost – notranje trenje tekočin (kg/ms)
B5	- mešanica plinskega olja in biodizla s 5% deležem biodizla
B20	- mešanica plinskega olja in biodizla z 20% deležem biodizla
B100	- čisti biodizel brez primesi plinskega olja
PJ	- petajoule (10^{15} J) = 278000 kWh
PJ/a	- letna količina energije
CD	- »continuous deglycerolisation« (neprekinjena deglicerolizacija)
PRO	- del trgovskega imena sistema za preestrenje proizvajalca Bioking

1 UVOD

Uporaba naravnih in obnovljivih virov energije (OVE) za pokrivanje energetskih potreb v zadnjih dvajsetih letih pomeni izziv razvitemu svetu. Od prazgodovine do razvoja mehaniziranih industrijskih procesov je bil les zadosten vir, potem se mu je pridružil premog in z nadaljnjim razvojem še nafta, zemeljski plin, jedrska energija... Danes tekoča fosilna goriva pokrijejo 40% svetovnih energetskih potreb, 30% potreb zadovolji premog, ostalo pokrijejo vodni viri, jedrska energija in obnovljivi viri. Najpomembnejše dejstvo pa je, da so zaloge fosilnih goriv omejene in bodo pošle. Ocene količine zalog so različne, trajale naj bi še od trideset do petdeset let.

Zaradi stalnega naraščanja uporabe fosilnih goriv v zadnjih petdesetih letih je prišlo do hitrega globalnega segrevanja Zemlje. Dejstva, ki govorijo proti fosilnim gorivom, so letno nekaj milijonov ton sproščenega SO₂ in milijarda ton sproščenega CO₂, kar povzroča propad gozdov, zakisanje tal in ogrevanje ozračja. Poleg tega so zaradi poškodovanih tankerjev in puščajočih naftovodov ogroženi vodni viri.

Države Evropske unije so zato ratificirale kjotski protokol. Z njim so prevzele obveznost zmanjšanja količine izpustov CO₂ in drugih toplogrednih plinov za 8% v obdobju od 2008 do 2012. Druga obveznost Evropske unije pa je 20-20-20: do leta 2020 za 20% manjša poraba energije in 20% delež OVE. Eden pomembnejših ciljev je energetsko osamosvajanje z izkoriščanjem alternativnih in obnovljivih virov energije. (Kjotski..., 2008)

V kmetijstvu prizadevanja za zmanjševanje emisij toplogrednih plinov potekajo v več smereh: v smeri zmanjševanja porabe energije z razvojem vedno varčnejših porabnikov, v optimiranju proizvodnje (velikost obdelovalnih površin, združevanje orodij, kolobar...) in v gradnji energetsko učinkovitih gospodarskih objektov. Najpomembnejši pa je razvoj in uvajanje OVE, ki naj bi postopoma nadomestili fosilne vire in omogočili energetsko neodvisnost.

Kmetijska gospodarstva lahko energetsko samooskrbo zagotovijo s ponovno uporabo energije, ki nastaja pri kmetijski proizvodnji (predvsem v živinoreji), z izkoriščanjem alternativnih virov (naravnih in biomase) in lastno proizvodnjo goriva za pogon kmetijskih strojev.

Prav slednji bomo v nalogi posvetili največ pozornosti, saj predstavlja zaprt krog kroženja CO₂ v naravi, kar bo iz naravovarstvenih razlogov v prihodnosti vedno bolj pomembno. Uravnotežena proizvodnja biodizla brez uničujočega posega v naravo (tropski deževni gozd) je vsaj kratkoročno najboljši odgovor na pomanjkanje plinskega olja in onesnaževanje zraka. Z dostopno moderno tehniko se stopnja izkoriščenosti vseh treh skupin virov povečuje. Vključevanje teh energetskih virov v gospodarstvo zahteva vlaganja, ki, v primerjavi s trenutno ceno elektrike in nafte, postajajo ekonomsko upravičena, obenem pa odpirajo nova delovna mesta.

Namen diplomske naloge je ugotoviti, ali je v Sloveniji mogoča samooskrba z biodizlom za pogon traktorjev. V ta namen bomo predstavili alternativne in obnovljive vire energije, vplive uporabe na okolje in fosilna goriva primerjali z biogorivi. Osredotočili se bomo na tehnologije predelave olja oljne ogrščice v biodizel, vpliv uporabe biodizla na traktorske motorje traktorjev in na okolje. V pomoč nam bo pregled podatkov o pridelavi surovin in proizvodnje biodizla v Evropi in Sloveniji.

Analizirali bomo traktorski park v Sloveniji glede na primernost za uporabo biodizla in izračunali potrebno količino biodizla za pokritje lastnih potreb kmetijstva. Izračunali bomo potencialno količino biodizla, ki ga lahko sami pridelamo na razpoložljivih površinah, upoštevajoč naravne danosti v Sloveniji in podatke o pridelavi oljne ogrščice preteklih let. Na koncu bomo naredili primerjavo obeh dobljenih rezultatov in s tem ugotovili, ali je v Sloveniji mogoča samooskrba kmetijstva z biodizlom.

2 PREGLED PODROČJA

2.1 BENCINSKI MOTORJI IN GORIVA

Prvi dvotaktni motor z vžigom z vžigalno svečko je nastal 1857. leta v Angliji. Leta 1876 je Nemec Otto uresničil idejo o štiritaktnem ciklu delovanja motorja z notranjim izgorovanjem. Še danes večina bencinskih motorjev deluje po enakem principu.

V dobrih sto letih je razvoj od atmosferskih enovaljnih motorjev z vplinjačem in enostavnim vžigalnim sistemom pripeljal do večvaljnih motorjev s turbopolnilniki in elektronsko podprtim vbrizgalnim sistemom in vžigom. Vzporedno z razvojem motorjev so se razvijala tudi različna goriva. Ob koncu 19. stoletja so pridobivali lažje derivate surove nafte z nizkim oktanskim številom, kar je povzročalo неконтролиране eksplozije in poškodbe v motorjih. Lastnost samovžiga in klenkanja so leta 1920 odpravili z dodajanjem svinečevega tetraetila. S tem so omogočili razvoj motorjev z večjim kompresijskim razmerjem in večjo močjo (Owen, 1995).

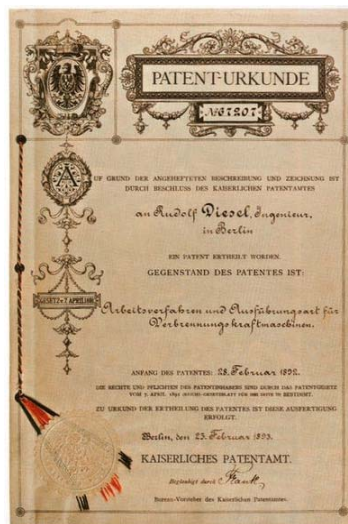
Leta 1929 so določili oktansko skalo za primerjavo kvalitete goriva. Oktanska števila takratnega bencina so bila okoli 70, kar je dopuščalo kompresijsko razmerje 5,5:1 (Owen, 1995).

Velik napredek so rafinerije naredile med drugo svetovno vojno, saj so vojaška letala za dovolj zmogljive motorje potrebovala 100-oktanski kerozin. Pomanjkanje lastnih naftnih virov je nemško armado prisililo v raziskovanje in proizvodnjo sintetičnega bencina. Zaradi visoke cene se proizvodnja ni obdržala. Po vojni so se sprostile velike količine kvalitetnega goriva za avtomobilsko uporabo, kar je pomenilo izziv za razvijajočo se avtomobilsko industrijo. Prvič so pozornost izpušnim plinom posvetili konec šestdesetih let v ZDA in na Japonskem. Začela se je uvedba katalizatorjev izpušnih plinov in uporaba neosvinčenega bencina. Naftne krize v letih 1973, 1977, 1980 in ekološke zahteve so sprožile razvoj motorjev z manjšo porabo goriva in izpopolnjevanje motorjev v smislu čistejšega izpuha. V nekaterih deželah (Brazilija) so začeli iskati alternative gorivom fosilnega izvora. Našli so jo v etanolu, pridobljenem iz sladkornega trsta, razvoju pa je sledila tudi avtomobilska industrija, ki je prilagodila motorje. V Evropi je v času naftnih kriz postajal pomemben utekočinjen zemeljski plin, zaključuje v poglavju o bencinskih motorjih Owen (1995).

Bencinski motorji v kmetijstvu nimajo večjega pomena, saj v glavnem poganjajo majhne delovne stroje.

DIZELSKI MOTORJI IN GORIVA

Razvoj dizelskega motorja in goriva je potekal vzporedno z razvojem bencinskega. Prvi prototip motorja je stekel 1893.



Slika 1: Patent za dizelski motor Rudolfa Diesla (Wikipedia, 2008)

Princip delovanja je samovžig mešanice plinskega olja in zraka zaradi visokega pritiska v zgorevalnem prostoru motornega valja. Owen (1995) navaja, da so hiter razvoj dizelski motorji doživeli po prvi svetovni vojni. Uporabljali so jih kot večje in počasi vrteče se stroje z veliko moči. Po drugi svetovni vojni se je razvoj navidezno ustavil, razmahnil pa se je zaradi naftnih kriz v sedemdesetih letih.

Danes ima večina komercialnih vozil in delovnih strojev motorje z direktnim vbrizgom goriva v izgorevalni prostor. Manjši motorji (pod 2,5 l delovne prostornine) imajo predkomoro, ki zagotavlja postopen vžig in turbulentno širjenje plinov v valj (Owen, 1995).

Motorji s skupnim vodom so pomemben mejnik v razvoju dizelskih motorjev. Bistvo delovanja motorja je stalen visok tlak v dovodih goriva do posameznih šob. Sistem za tišje in mirnejše delovanje pred glavno vbrizgano količino goriva naredi še predvbrizg manjše količine goriva. Sistem skupnega voda (common rail) ima računalniško krmiljen čas in dolžino vbrizgov glede na pogoje delovanja motorja in zunanje razmere, ki jih zaznava s senzorji. To zagotavlja optimalno delovanje, večjo moč in navor, majhno porabo goriva, manjšo obrabo motorja in čistejši izpuh. Večjo količino dovedenega zraka dizelskim motorjem dovaja turbo polnilnik, čistejši izpuh pa zagotavlja še naprava za dodatno izgorevanje izpušnih plinov (Owen, 1995).

Vsi trije elementi skupaj postavijo dizelski motor v vlogo resnega konkurenta Ottovim motorjem. Razvoju vedno zmogljivejših motorjev so morali prilagajati kakovost goriva. Nafto sestavlja mešanica ogljikovodikov: parafinov, naftenov in aromатов v različnih razmerjih, ki vplivajo na lastnosti goriva. Kakovost plinskega olja določa cetansko število, ki se izračunava po posebno določeni formuli in standardih. Za izboljšanje kakovosti goriva rafinerije dodajajo aditive za boljši vžig, odpornost proti nizkim temperaturam,

zaščiti pred korozijo, manjše dimljenje in ropot motorja, preprečevanje penjenja in odpravljanje smrada. Strogo je nadzorovana vsebnost žvepla, vode, usedlina in kislost plinskega olja. Vsi ti parametri imajo velik vpliv na obrabo motorja in emisije izpušnih plinov (Owen, 1995).

2.2 VZROKI ZA ISKANJE ALTERNATIVNIH GORIV

Velikih sprememb lastnosti goriva ni mogoče pričakovati kar naenkrat, ker tehnološko stanje vozil in trg tega ne bi prenesla. Na razvoj bo kratkoročno vplivalo več vzrokov: cena, omejene zaloge in preskrba s surovo nafto, okoljevarstvena prizadevanja in razvoj motorjev z notranjim izgorevanjem.

Cena surove nafte v zadnjih petih letih močno narašča, čeprav se letno svetovna poraba povečuje za 5%. Ker je 66% svetovnih zalog na Bližnjem vzhodu, na ceno vpliva tamkajšnja nestabilna politična situacija. Zaloge naj bi zadostovale še za naslednjih trideset let. Razvoj alternativnih goriv bo omogočal lažji prehod ob pomanjkanju surove nafte. Države z resnimi težavami s kakovostjo zraka bodo vzpodbujale uporabo čistejših in alternativnih goriv. Svetovni problem predstavlja efekt tople grede. Ogljikovi in dušikovi oksidi, izvirajoči iz transportnih sredstev, pomenijo manjši del skupne škodljive količine. Vzpodbujati bo potrebno uporabo motorjev z majhno porabo goriva, povečati delež vozil z dizelskimi motorji in uporabljati alternativna goriva, ki za svoj nastanek preko rastlin s fotosintezo posredno porabljajo ogljikov dioksid iz ozračja, navaja Owen (1995).

2.3 OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE

2.3.1 Obnovljivi viri energije v Sloveniji

Po podatkih Ministrstva za okolje in prostor (Obnovljivi...,2008) ima Slovenija v primerjavi z evropskimi državami zelo velik potencial za rabo OVE. Zaradi velike pokritosti z gozdovi (54% površine) in goste prepletenosti z vodotoki spada v sam evropski vrh. Z razvojem izkoriščanja OVE lahko prispeva k zmanjšanju energetske uvozne odvisnosti, povečuje varnost zalog, energetsko učinkovito rabo, omogoča ustvarjanje novih delovnih mest in prispeva h krepitvi lokalnega razvoja podeželja. V Sloveniji je bil leta 2000 delež OVE vključno z velikimi hidroelektrarnami 9,2% vse primarne energije. To Slovenijo uvršča na peto mesto v Evropi, v kateri je sicer povprečje 5,5%. Z radgonsko deklaracijo se je Slovenija leta 2007 obvezala, da bo glede na izjemne možnosti izkoriščanja OVE le-te v prihodnjih tridesetih letih popolnoma izkoristila za nadomeščanje klasičnih virov energije.

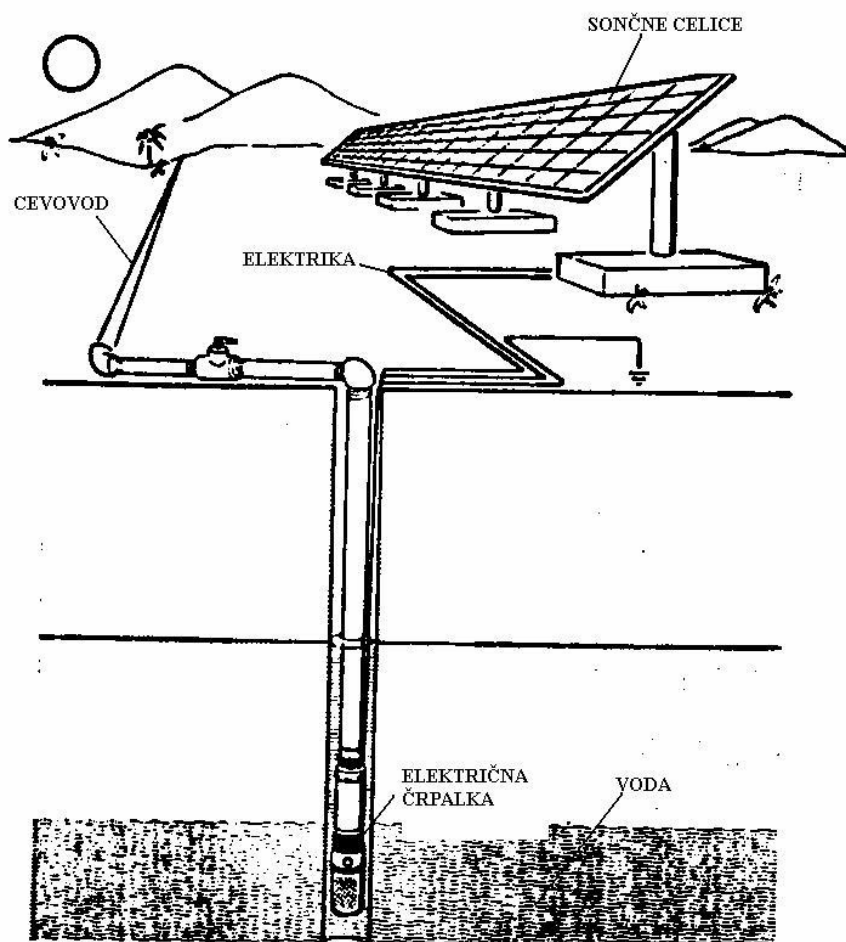
Preglednica 1: Sedanja raba in potencial obnovljivih virov energije v Sloveniji (Kralj, 2008)

Energija	Sedanja letna raba PJ/a	Tehnični potencial PJ/a	Teoretični potencial PJ/a
Energija sonca	0,008	>2440	80000
Energija biomase	18,66	>20	62300
Energija voda	14	>32	69,9
Energija vetrov	0	>11	93
Energija oceanov	-	0	0
Geotermalna energija	0,18	12000	50000

2.3.2 Sončna energija

Izkoriščanje sončne energije se vedno bolj omejuje na uporabo sončnih celic, ki pretvarjajo sončno sevanje direktno v električno energijo. Kljub visokim stroškom postavitve sončnih celic se uporaba počasi, a vztrajno povečuje. Kot navaja Meliss (1997), so prednosti majhnih sistemov dolga življenjska doba, enostavno vzdrževanje in ekološka neoporečnost in sprejemljivost.

Letno kapacitete v Evropi narastejo za okoli 72 MW. Gre za sisteme velikosti od monokristalov do 2 m² velikih modulov. V Nemčiji deluje v kmetijstvu približno 1% vseh naprav. Do leta 2010 nameravajo ob samo 5% izkoriščenosti potenciala postaviti 15000 naprav s skupno močjo 5 MW. Uporabili jih bodo za električno napajanje naprav, ki so oddaljene od poslopij, pašniške napajalnike, prezračevanje in prečrpavanje vode v ribogojnicah, kapljične in nizkotlačne namakalne sisteme v zelenjadarstvu in sadjarstvu, električno oskrbo hlevov, skladišč, rastlinjakov in podobnih objektov. Sistemi upravičijo postavitev v primerih, ko se intenzivnost sončnega sevanja in potreba po električni energiji časovno pokrivata (Meliss, 1997).



Slika 2: Električni sistem za črpanje vode na sončno energijo (Meliss, 1997: 98)

Sistemi, ki delujejo preko celega leta, imajo baterije, ki akumulirajo nekaj energije in tako premostijo obdobja s šibkejšim sevanjem. Najpomembnejši pogoj za postavitev sončnih

celic je uporaba energetske varčnih in primerno močnih porabnikov, torej optimiziran sistem (Meliss, 1997).

V takih razmerah sistem sončnih celic lahko konkurira omrežni električni energiji, generatorjem na pogon s tekočimi gorivi, prenosnim akumulatorjem predvsem manjših kapacitet in tudi črpalkam, gnanim z motorji z notranjim izgorevanjem. V vsakem primeru pa so sončne celice cenejše od omrežne napetosti, če je mesto oskrbe od obstoječega omrežja oddaljeno več kot kilometer. Glede na ta dejstva sistemi sončnih celic olajšajo in poenostavijo delo, prihranijo nekaj energetskih virov in pripomorejo k čistemu okolju, zaključuje Meliss (1997).

2.3.3 Energija vetra

Energija vetra je spremenjena sončna energija. Zaradi različno toplih zračnih mas nastanejo razlike v zračnem tlaku, pri izenačevanju nastane gibanje zračnih mas – veter. Energija vetra je uporabna v primeru, ko je orientirana vzporedno v isto smer. Teoretično je uporabne največ 60% kinetične energije vetra. Moderne naprave v severni Nemčiji imajo izkoristek več kot 45%. Gospodarnost teh naprav je najbolj odvisna od povprečne hitrosti in relativne pogostnosti vetra. Največ vetra je na morskih obalah, pa tudi v notranjosti, kjer pogostnost, moč in glavno smer določajo razne ovire. Za določitev lokacije je potrebno opraviti natančne meritve v daljšem časovnem obdobju. Med velike naprave uvrščamo vetrnice z močjo generatorja nad 100 kW. V severni Nemčiji je po izkušnjah iz začetka 90-ih let optimalna velikost elektrarne na veter 500 do 600 kW pri povprečni hitrosti vetra 5,5 m/s. Pri takih pogojih obratuje približno 2000 ur letno. Po izračunih stroškov postavitve in obratovanja se amortizira v 6 do 8 letih (Hier, 1989).



Slika 3: Vetrna energija nekoč in danes (Conergy ..., 2008)

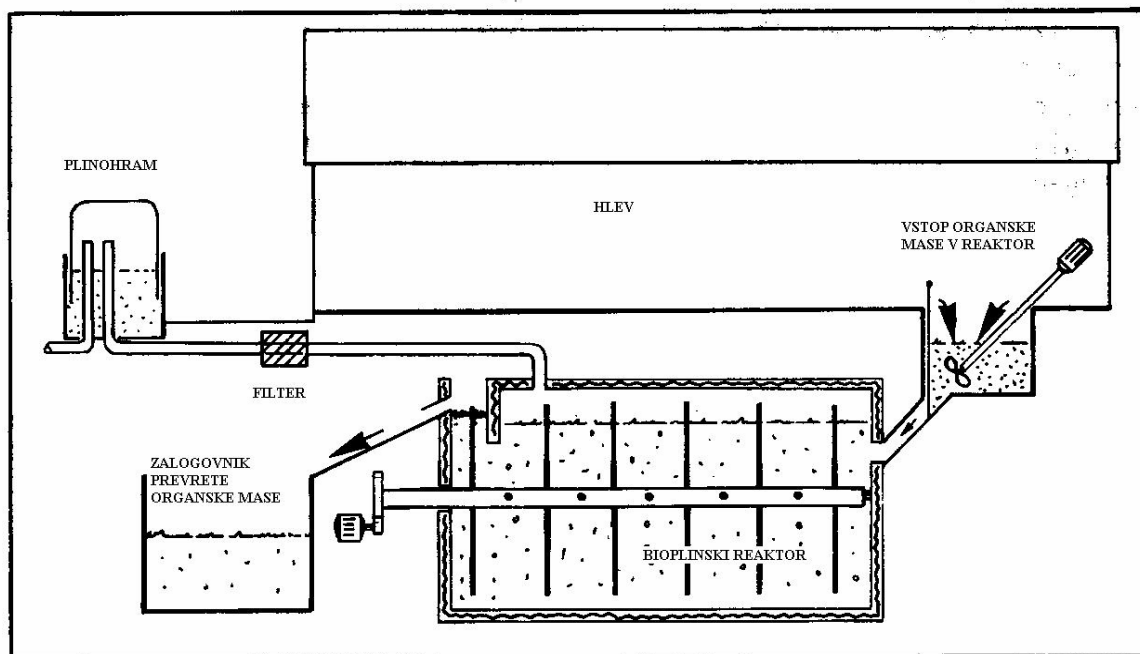
Tem izračunom navkljub govori proti postavitvi kar nekaj dejstev (ekološki in vremenski dejavniki). Polja vetrnic zelo grobo posegajo v naravo, predvsem vplivajo na ptice in v večjih sistemih povzročajo močan, ritmičen hrup. Slednjega so s tehničnimi izboljšavami

uspeli zmanjšati. Energijo vetra lahko izkoristimo na različne načine, direktno preko mehanskih prenosov, kot toplotno energijo zaradi trenja (ogrevanje olja in posredno vode) ali s pretvorbo v električno energijo (Hier, 1989).

V direktno mehansko izkoriščanje lahko uvrstimo pogon različnih črpalk (vodnih in zračnih), zanimivo pa je tudi ogrevanje vode in sušilnic z energijo vetra. Na kmetijah, kjer so ugodne vetrovne razmere, se lahko z energijo vetra pokrije do 45% energetskih potreb, navaja Hier (1989).

2.3.4 Bioplin

Bioplin ima kot OVE v razvitem svetu bogato tradicijo. Vrenje organskih odpadkov iz kmetijske proizvodnje so za pridobivanje bioplina izkoriščali že v 50-ih letih. Prvi val naprav za izkoriščanje bioplina je zamrl zaradi padca cen kurilnega olja. Naftna kriza leta 1974 je razvoj ponovno pospešila. Štirje močni argumenti (pridobivanje energije, varstvo okolja, zmanjšanje količine odpadkov in energetska neodvisnost) postavljajo bioplin spet v ospredje. Glavni problem pa predstavlja gospodarnost pridobivanja. Postavitev naprave je zelo zahtevna, saj je pridobivanje zapleten biološki proces, na katerega vpliva veliko dejavnikov (vrsta, količina in kakovost odpadkov, klimatske razmere) (Kuhn, 1996).



Slika 4: Sistem pridobivanja bioplina (Kuhn, 1996: 74)

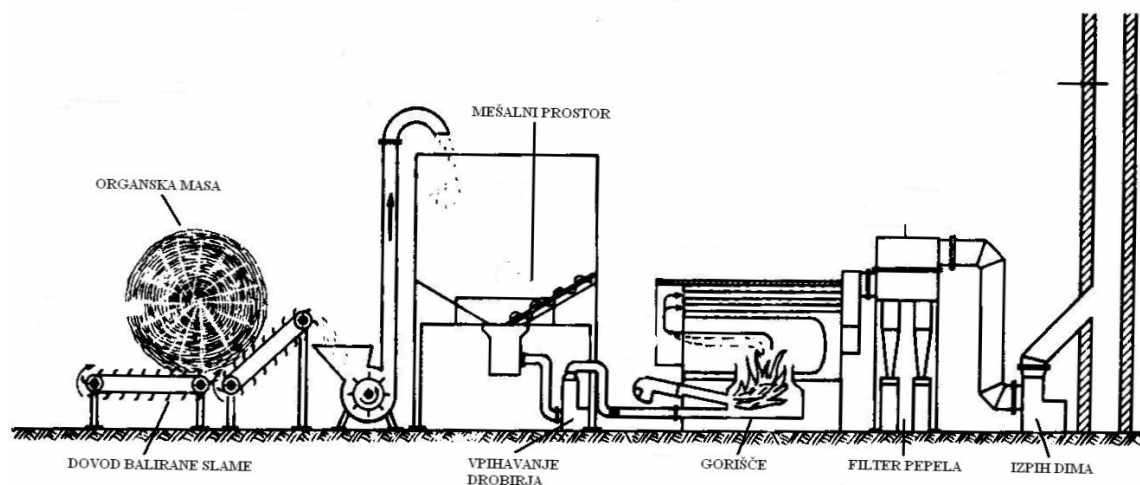
V največji meri gre za uporabo gnojevke, s čimer se izognemo izpiranju nitratov v podtalnico pri pretiranem gnojenju kmetijskih površin. Obenem zmanjšamo količino sproščenega amoniaka pri skladiščenju in raztrosu, rešimo se težav s skladiščenjem odvečnih količin gnojevke, nekontroliranega sproščanja metana in vseh slabih vplivov, ki jih ima polivanje gnojevke na kmetijske površine (zaskorjenje površine, smrad) (Kuhn, 1996).

Biokemični proces pridobivanja bioplina je sestavljen iz večstopenjske reakcije. Organsko snov razgradijo bakterije v brezračnem okolju. Končni proizvod ni toplota, ampak

mešanica plinov. Sestavljajo jo metan (50-70 w), ogljikov dioksid (25-30 w), vodik, žveplovodik in drugi plini. Za doseganje primerne temperature je pogosto potrebno dogrevanje. Hladnejše reakcije potekajo pri 15°C, srednje pri 33°C in tople pri 50°C. Količina pridobljenega bioplina je med 0,2 in 0,6 m³ plina na kilogram dovedene suhe snovi ali 0,6 do 2,5 m³ na GVŽ na dan, če kot substanco uporabljamo gnojevko (Kuhn, 1996). Pomembno je, koliko svojih energetskih potreb pokrije gospodarstvo s pridobljenim bioplinom. Pri prevelikem številu GVŽ (nad 50) lahko pride celo do prevelikih količin bioplina (varno skladiščenje), predvsem poleti, ko je potrebno manj procesne energije zaradi klimatskih razmer. Naprave, katerih surovinska baza je manjša od 15 GVŽ, praviloma niso gospodarne. Bioplin je uporaben v tri namene: za gretje (sanitarna voda, kurjava, sušenje kmetijskih pridelkov), za proizvodnjo električne energije in kot pogonsko gorivo. Bioplin je idealen za proizvodnjo električne energije z manjšimi agregati, obenem pa se lahko uporabi tudi sproščajoča se toplotna energija. Trenutna dinamika razvoja kaže, da bioplin iz dopolnilnega vira energije na robu ekonomičnosti postaja dejavnik ekološkega in ekonomskega razvoja kmetijstva v razvitem svetu, navaja Kuhn (1996).

2.3.5 Biomasa

Glavna vira biomase sta rastlinska proizvodnja in gozdarstvo. Pri rastlinski proizvodnji je najbolj uporaben stranski produkt slama, ki ostane pri pridelavi žit. Uporabna vrednost žitne slame kot energetskega potenciala je v pridobivanju toplotne in električne energije.



Slika 5: Sistem za sežiganje biomase – slame za ogrevanje toplovodne in sanitarne vode (Hauke, 1996: 112)

Zaradi ohranjanja hranilnih snovi in vsebnosti humusa v tleh se pri nas velik del slame podorje ali pa se balira in uporabi za steljo. Ta del se ob gnojenju vrne na pridelovalne površine. Pri ostankih ostalih poljščin je spravilo, baliranje in skladiščenje tehnično zahtevno in predrago, zato se ne uveljavlja, navaja Hauke (1996).

Les je že iz pradavnine pomemben energetski vir. Z začetkom uporabe fosilnih goriv je začel izgubljati pomen in v razvitih industrijskih deželah ne igra pomembnejše vloge v pridobivanju energije. Kljub temu pa postaja kot OVE pomemben odpadni material lesne industrije. Pri čiščenju pogozdenih površin ostaja lesna masa običajno v gozdu zaradi zahtevnega spravila (veje, korenine, štori). Lubje in žaganje postaneta odpadke šele na

žagah pred razrezom lesa. Oboje je uporabno briketirano ali peletirano. Predelani lesni odpadki so primerni za ogrevanje sanitarne vode in prostorov, zaključuje Meliss (1997).

2.3.6 Nizkotemperaturna toplota

Kmečko gospodarstvo za zagotavljanje svojih energetskih potreb uporablja v gospodarskem delu pogonska goriva, električno energijo in kuriva. V stanovanjskem delu sta vira energije elektrika in kuriva. Del energije, ki se sprošča v samem proizvodnem procesu, je v obliki toplotne energije, ki se večinoma izgubi. V živinoreji se toplotna energija izgublja pri prezračevanju hlevov in pri hlajenju mleka. Stranski produkt rastlinske proizvodnje je toplotna energija, ki se sprošča pri kompostiranju organskih odpadkov. Oba vira ostajata večinoma neizkoriščena. Za hlajenje mleka se porablja dodatna energija ali se porabi veliko vode, ki postaja vedno bolj dragocena. Namesto te izgube energije si že s enostavnimi izmenjevalci toplote lahko ogrevamo ali vsaj dogrevamo sanitarno vodo ali vodo za ogrevanje. Z uporabo toplotne črpalke pa je izkoristek še boljši (Orth, 1980).

Zelo zanimivo je izkoriščanje toplega hlevskega zraka. Kakovost izhodnega zraka je odvisna od zunanjih temperatur, vsebnosti vlage v zraku in vrste živali, ki so v hlevu (Orth, 1980).

Izkoriščanje toplotne energije je treba predvideti že ob načrtovanju objekta in opremiti prezračevalni sistem s toplotnimi izmenjevalci in toplotno črpalko. Glede na višanje cen fosilnih goriv in napredek tehnike za izkoriščanje odpadne toplotne energije bo postavitve takih sistemov vsaj na večjih gospodarstvih vedno bolj upravičena. Tehnološko najbolj dovršeno je izkoriščanje toplotne energije, ki ostaja pri hlajenju mleka. Vsak primer pa zahteva ločeno obravnavo in postavitve ustreznega sistema (Orth, 1980).

2.4 ALTERNATIVNA GORIVA

2.4.1 Vodik

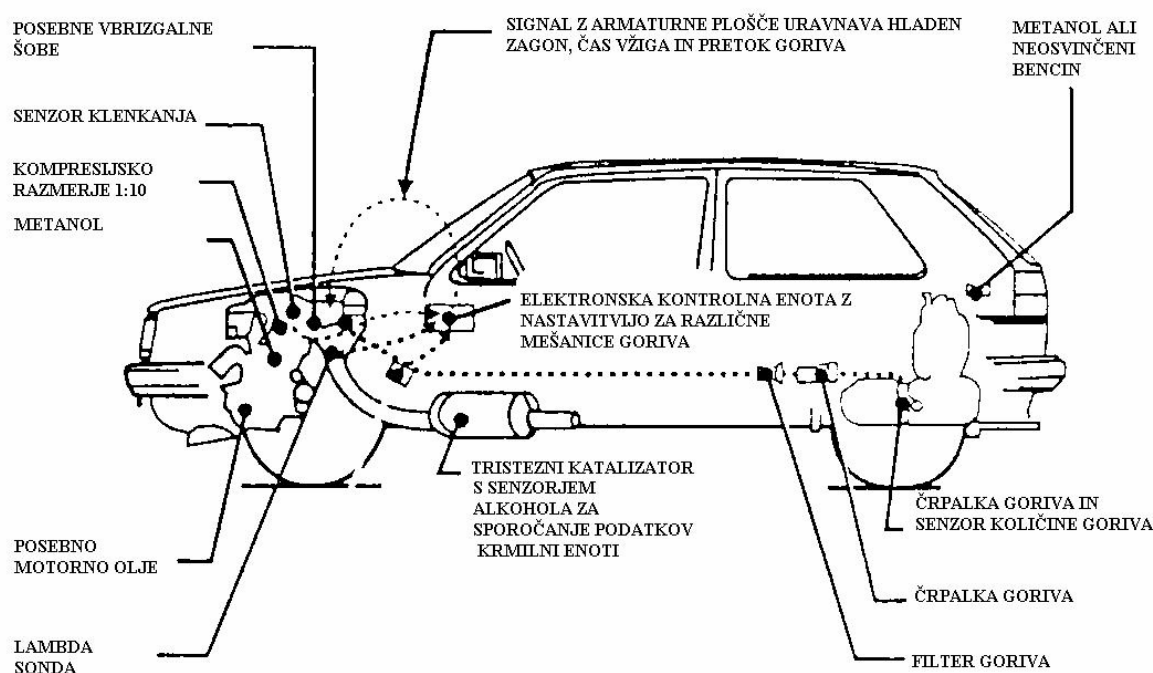
Že v 20. in 30. letih je bil vodik predvsem predmet raziskav. V 60. je spet postal zanimiv in predvsem Japonci in Nemci so zaradi njegove čistosti pospešili razvoj. Vodik je poleg elektrike najčistejše gorivo, saj pri izgorevanju ne nastajajo CO₂ in ogljikovodiki. Shranjevanje je možno v treh oblikah: utekočinjen vodik hranimo v podhlajenih vsebnikih, v stisnjeni obliki v visokotlačnih rezervoarjih pri tlaku 700 barov in vezan na določene kovine kot hidrid v trdnem stanju (Owen, 1995).

Toplotni izkoristek vodikovega motorja je 15% večji od bencinskega, predvsem zaradi višjega oktanskega števila (106), kar dopušča višje kompresijsko razmerje motorja. Energijska gostota vodika je samo 40% energijske gostote bencina, poleg tega pa so za shranjevanje potrebni veliki in izredno težki rezervoarji. S stališča varnosti uporabe vodik ni uvrščen med posebno nevarna goriva. V utekočinjeni podhlajeni obliki zaradi zelo nizke temperature (-253°C) povzroča hude omrzline. Zelo nevaren pa je izpareli utekočinjeni vodik, saj v stiku s plamenom ali iskro izredno hitro eksplodira v širokem razponu mešanic z zrakom (4% do 74%). Vodik lahko pridobivamo iz različnih virov (zemeljskega plina, z elektrolizo vode, visoko temperaturno elektrolizo vodne pare, uplinjanjem premoga). V prihodnosti je najobetavnejša elektroliza vode, seveda v primeru, da relativno veliko vložene električne energije pridobimo iz obnovljivih virov in ne iz elektrarn, gnanih s

fosilnimi ali jedrskimi viri energije. Stroški proizvodnje so v prvi polovici devetdesetih let petkrat presegali stroške predelave surove nafte v bencin, zato vodik ni perspektiven kot alternativno gorivo, zaključuje Owen (1995).

2.4.2 Metanol

Kot alternativno gorivo se je pojavil konec osemdesetih let v Združenih državah. Owen (1995) meni, da je povod za pospeševanje uporabe zagotavljanje neodvisnosti od uvožene surove nafte in reševanje problema onesnaženega zraka v nekaterih urbanih okoljih (predvsem v Južni Ameriki). Uporablja se lahko v bencinskih in prilagojenih dizelskih motorjih. Slabi lastnosti sta, da je strupen in povzroča korozijo.



Slika 6: Prilagojeni elementi sistema za uporabo metanola (Owen, 1995: 33)

Glavna surovina za pridobivanje metanola je zemeljski plin. Tu se pojavi vprašanje, ali je ceneje utekočiniti zemeljski plin in ga uporabiti kot pogonsko gorivo, ali pa iz njega pridobiti metanol, ki ga bolje izkoristimo v motornih vozilih. Metanol ima oktansko število 111 in okoli 10% večjo toplotno vrednost od bencina, zato manjši motorji zagotavljajo enako moč, hkrati pa je lahko povečana kompresija motorja. Vendar so rezervoarji za metanol težji in večji, kar poveča težo vozila in zahteva večjo moč motorja. Vozilo z enako velikim rezervoarjem goriva prevozi 67% razdalje, prevožene z bencinom. Manjšo obrabo bencinskega motorja, lažji zagon in vožnjo s hladnim motorjem dosežemo z uporabo goriva M 85 ali M 90, ki vsebuje 85% ali 90% metanola in preostali delež bencina. V dizelskih motorjih je v izpuhu 80% manj trdnih delcev, 50% manj dušikovih oksidov, nižji pa sta tudi koncentraciji ogljikovodikov in ogljikovega monoksida. Zaradi konstrukcijskih posebnosti in principa delovanja dizelskega motorja metanol ni primerno alternativno gorivo za uporabo v kmetijstvu (Owen, 1995).

2.4.3 Etanol

Owen (1995) navaja, da je etanol najbolj uporabljano alternativno gorivo v vozilih na svetu. Največji proizvajalec in potrošnik je Brazilija z več kot 4,5 milijoni vozil. Etanol ima zelo podobne lastnosti kot metanol in ga večinoma uporabljajo kot 85% do 95% mešanico z bencinom. Ima nižjo kurilno vrednost kot bencin in višjo kot metanol. Ker je etilni alkohol užiten, tudi ni težav s strupenostjo kot pri metanolu. Pridobivanje etanola je dražje kot pridobivanje metanola, vendar je zaradi široke uporabe in lastne neodvisne pridelave surovine zelo cenjen, saj poudarja vlogo domače kmetijske proizvodnje.

Oktansko število etanola je 108. Kot vsi alkoholi ima nizko cetansko število (8, metanol 5, plinsko olje 50), zato je primeren za uporabo v dizelskih motorjih samo z iniciatorji vžiga. Zaradi manjše energijske gostote etanola vozilo s prilagojenim motorjem porabi od 25% do 50% več goriva kot enako vozilo z bencinskim motorjem. Korozivne lastnosti metanola veljajo tudi za etanol. Etanol je strupen za vodne živali, hitro pa izhlapi s talne površine in je ne onesnažuje. Onesnaženje vode ni tako nevarno kot onesnaženje z bencinom ali metanolom, ker je etanol manj strupen in ima prepoznaven okus. Vira za pridobivanje etanola sta biomasa (sladkorni trst, sladkorna pesa, koruza, ostala žita) in zemeljski plin ali surova nafta. Dizelski motorji potrebujejo v mešanici etanola in plinskega olja dodatke za lažji vžig hladnega motorja. Vroči motorji pri polni obremenitvi delujejo tudi na čisti etanol, pri delni obremenitvi pa temperatura motorja že toliko pade, da vžig izpade. Za normalno delovanje motorja na etanol je potrebno dodajati 5, v mrzlem vremenu tudi več odstotkov dragih dodatkov za izboljšanje vžiga. Pojavlja se tudi problem mazanja gibljivih delov v sistemu za gorivo. Alkoholi imajo izredno slabe mazalne lastnosti, zato se uporablja zunanje mazanje, pri čemer se alkohol dovaja v istem sistemu kot plinsko olje. Motorji, ki uporabljajo etanol, proizvedejo v primerjavi z bencinskimi motorji 15% manj CO₂, 30% manj ogljikovodikov, nič benzena, vendar petkrat več acetaldehida. Vrednosti dušikovih oksidov in acetaldehida z uporabo tristeznega katalizatorja padejo pod predpisane dopustne vrednosti. Pri dizelskih motorjih je največja prednost močno zmanjšanje vsebnosti trdnih delcev v izpuhu (odvisno od sistema delovanja hladnega motorja). Prihodnost etanola je v znižanju cene in morebitnem povečanju cene surove nafte, zaenkrat pa uporaba ostaja lokalno omejena na države, ki jih v to silijo lastne energetske razmere.

V Evropi se etanol uporablja kot dodatek bencinu za izboljšanje oktanskega števila in zagotavljanje standarda o uporabi biogoriv (Direktiva EU o pospeševanju rabe biogoriv in drugih obnovljivih goriv 2003/30/ES) (Uredba o nadzoru..., 2008).

2.4.4 Zemeljski plin

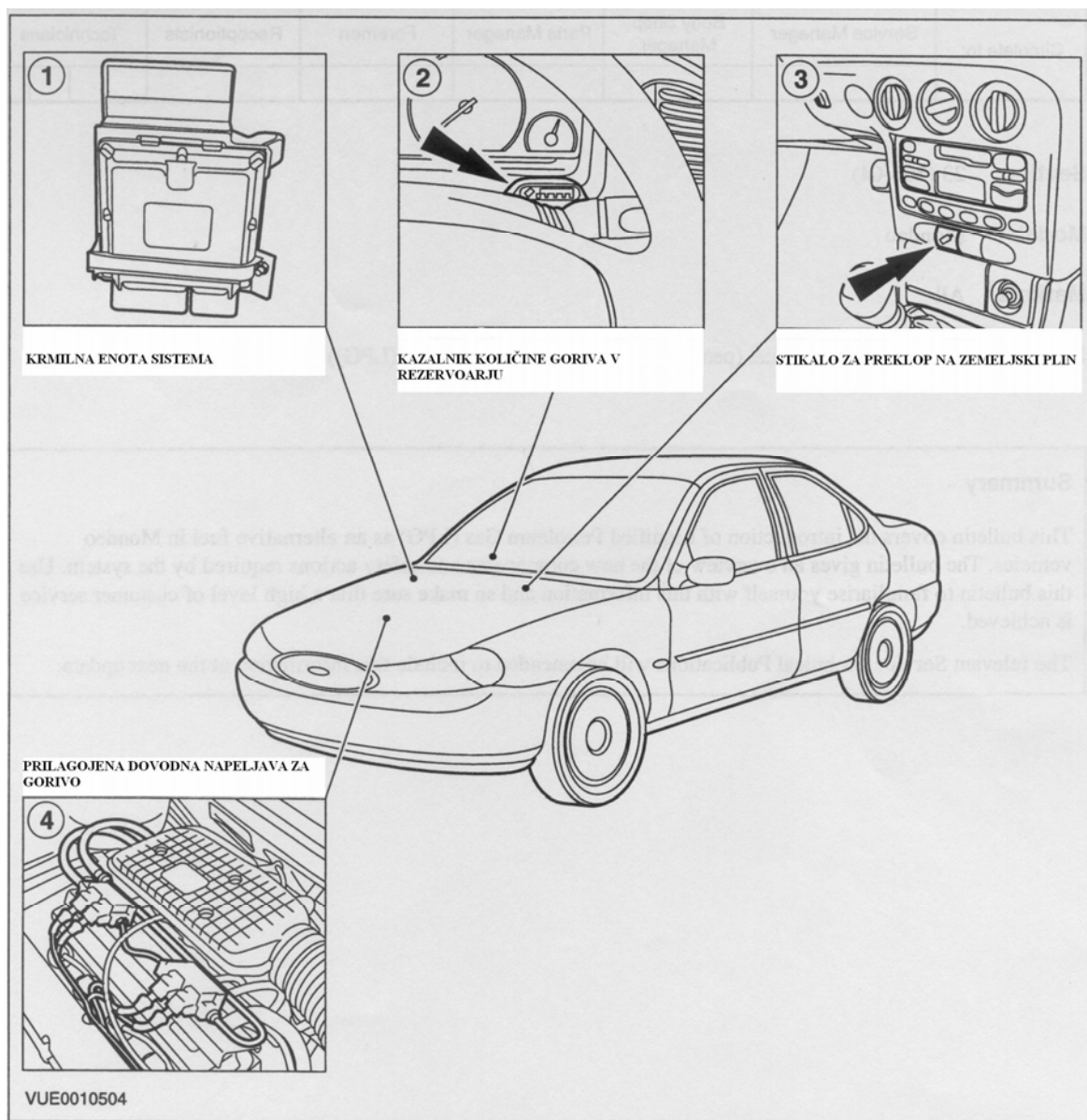
Zemeljski plin se že dolgo uporablja kot gorivo v stacionarnih motorjih, kot transportno gorivo pa se je začel uveljavljati v osemdesetih letih, navaja Owen (1995). To je omogočil razvoj lahkih visokotlačnih rezervoarjev. Poleg shranjevanja pod visokim tlakom ga lahko shranjujemo še v utekočinjeni obliki ali zmrznjenega. Kot pogonsko gorivo ga je sredi devetdesetih let uporabljalo preko milijon vozil po celem svetu.

Večinoma se uporablja v vozilih, ki imajo naknadno prilagojene motorje in v glavnem uporabljajo dvojni sistem za gorivo. Dobre zmogljivosti imajo vozila, katerim že tovarniško vgradijo enojen sistem za uporabo zemeljskega plina, taka vgradnja pa je tudi

cenovno ugodnejša. Motorji imajo boljši izkoristek, podobno moč in čistejši izpuh kot enaki motorji na bencinski pogon. Zemeljski plin ima visoko oktansko število (metan 130), kar omogoča višja kompresijska razmerja in večji toplotni izkoristek. Izkoristek hladnega motorja je veliko večji, kar nadomesti večjo obremenitev vozila zaradi težjega visokotlačnega rezervoarja. Prednost uporabe zemeljskega plina je tudi v nižjih stroških vzdrževanja motorja. Gorivo se ne meša z motornim oljem, v izgorevalnem prostoru ne nastajajo obloge zaradi izgorevanja, vžigalne svečke in batni obročki pa imajo bistveno daljšo življenjsko dobo. Tudi življenjska doba dizelskih motorjev je daljša. Zaradi nizke energijske gostote pri atmosferskem tlaku je potrebno skladiščiti zemeljski plin v visokotlačnih rezervoarjih pri tlaku 200 barov. Zaradi teže in velikosti visokotlačnih rezervoarjev prevozijo vozila z enim polnjenjem zemeljskega plina približno pol tolikšno razdaljo kot z bencinom. Slabost zemeljskega plina, ki ga sestavlja pretežno metan, je tudi pospeševanje ogrevanja atmosfere v primeru puščanja. Metan ni strupen ali karcinogen, kot sta bencin ali plinsko olje. Varnostni ukrepi so zaradi manjše eksplozivnosti pri atmosferskem tlaku manj strogi kot pri bencinu, rezervoarji pa morajo biti preizkušeni na vsaj 300 barov (Owen, 1995).

Pridobivanje zemeljskega plina je enostavno, predelava ni potrebna, poleg zemeljskih virov pa metan pridobivajo iz premoga in biomase. Zaloge metana so v primerjavi z nafto tolikšne, da ga lahko štejemo med alternativne energetske vire, še bolj pa, če ga pridobivamo iz biomase, dodaja Owen (1995).

Bencinski motorji so lahko na uporabo plina prilagojeni na dva načina. Bi-fuel motorji lahko uporabljajo bencin in zemeljski plin. Poleg običajnega sistema za gorivo s šobami za vbrizg goriva in podporno elektroniko imajo še dodatni uplinjač za plin, regulator, zaporne ventile, kontrolni sistem in dodaten rezervoar. Sistema lahko delujeta ločeno s preklopom med vrstama goriva (Owen, 1995).



Slika 7: Sistem za pogon vozila na utekočinjen zemeljski plin in neosvinčeni bencin. (Tehnični ..., 2000: 1)

Dizelski motorji uporabljajo 50% do 75% mešanico zemeljskega plina in plinskega olja ali pa samo zemeljski plin. Zemeljski plin ima nizko cetansko število in se težko vžge kljub visokemu kompresijskemu razmerju. K vžigu mešanice pomaga plinsko olje. Sistem seveda lahko deluje tudi na čisto plinsko olje. Večji motorji za težko mehanizacijo so že tovarniško predelani za uporabo zemeljskega plina. Namesto sistema za vbrizg plinskega olja imajo uplinjač in plinski sistem za gorivo. Metan se enakomerneje meša z zrakom, izgorjevanje je popolnejše in nastaja manj CO in nemetanskih ogljikovodikov. Ker motorji na zemeljski plin ne potrebujejo bogatejše mešanice za hladen zagon motorja, ni večje emisije izpušnih plinov, nastaja pa tudi manj vodne pare. Majhna vsebnost žvepla (5-10 ppm) pripomore k manjšemu onesnaževanju. Drago platinasto prevleko satja katalizatorja lahko zamenja paladij, ki je hkrati zelo dejaven pri oksidaciji neizgoretega metana. V primerjavi z izpuhom bencinskega motorja ima metan manjše razmerje C/H, zato pri

zgorevanju nastaja manj CO₂. Za enako količino proizvedene energije nastane pri zgorevanju metana okoli 30% manj CO₂. Emisija NO_x je pri kombiniranem tipu motorja lahko večja kot pri izgorevanju bencina. Predelani dizelski motorji so bistveno tišji in ne proizvajajo trdnih delcev, razen če gre za kombiniran tip motorja, ki uporablja mešanico metana in plinskega olja. Z razvojem sistemov za gorivo se bodo nižale cene prilagojenih velikih dizelskih motorjev, morda primernih tudi za kmetijsko mehanizacijo (Owen, 1995).

2.4.5 Električna energija

Koncept električnega vozila je znan že več kot sto let. V začetku šestdesetih let je razvoj spet stekel. V ZDA je bil poglavitni vzrok onesnažen zrak v mestih, v letih 1973 in 1974 pa še naftna kriza. Večina vozil je zaradi teže akumulatorjev in majhnega dosega ostala na stopnji prototipov. V osemdesetih letih so proizvajalci avtomobilov začeli resno razmišljati in razvijati serijsko proizvedena vozila na električni pogon. V to jih je prisililo vse večje onesnaženje urbanega okolja (na samem mestu uporabe vozila). Tehnologija polnjenja baterij je toliko napredovala, da z nočnim polnjenjem zadosti dnevnim potrebam za mestno vožnjo. Še vedno pa je potrebno elektriko nekje proizvesti, tu pa se spet srečamo z obremenitvijo okolja. Pojavljajo se vozila s kombiniranim pogonom (motor z notranjim izgorevanjem, elektromotor) in električna vozila, katerih elektromotor se pri ustavljanju spremeni v generator in nekaj energije vrne v baterije. Vendar energetska bilanca govori vedno v prid porabljene energije. Kljub zelo napredujoči tehnologiji baterij so te še vedno velike in težke (Owen, 1995).

Uporaba električne energije je zaradi zgoraj naštetih posebnosti ostala predvsem domena malih in lahkih osebnih vozil. Tudi vozila na pogon z elektriko iz sončnih celic ostajajo lahki in majhni prototipi. Tehnologija gorivnih celic, ki kot elektrolitski sendvič preko izgorevanja vodika proizvajajo elektriko, je praktično še v povojih in po mnenju Owena (1995) tudi ne napoveduje skorajšnje masovne proizvodnje težkih motorjev za kmetijsko mehanizacijo.

2.5 OLJE OLJNE OGRŠČICE – SUROVINA ZA IZDELAVO GORIVA, KROŽENJE CO₂ PRI BIOMASI KOT GORIVU

V zadnjih letih so rastlinska olja pritegnila pozornost razvijajočih se držav, ki se s proizvodnjo biodizla poskušajo energetsko osamosvojiti. V Evropski uniji, Združenih državah in ostalih visoko razvitih državah, v katerih se soočajo z onesnaženjem okolja in iskanjem novih virov energije, veliko raziskujejo biodizel. V Evropski uniji je biodizel nižje obdavčen in pri postavitvi predelovalnih obratov so vlade posameznih držav pripravljene finančno pomagati. K temu vzpodbujajo tudi smernice EU za pospeševanje uvajanja proizvodnje in uporabe biodizla (Direktiva EU o pospeševanju rabe biogoriv in drugih obnovljivih goriv 2003/30/ES).

Že za prve motorje Rudolfa Diesla so poleg tekočih fosilnih goriv lahko uporabljali različna rastlinska in živalska olja. Owen (1995) navaja, da so rastlinska olja v preteklosti uporabljali kot nadomestek plinskega olja v primeru pomanjkanja predvsem v afriških in azijskih državah med drugo svetovno vojno. Možne so različne oblike končne uporabe rastlinskih olj: 100% olje oljne ogrščice, mešanice različnih rastlinskih olj, različne mešanice rastlinskih olj s plinskim oljem, metilni estri rastlinskih olj v čisti obliki ali mešanice s plinskim oljem ter vodne emulzije rastlinskih olj. Večina rastlinskih olj

teoretično lahko direktno zamenja plinsko olje, vendar se pri tem srečamo z nekaterimi praktičnimi problemi. Ti nastanejo zaradi nepopolnega izgorevanja, ki je posledica nastajanja oblog na vbrizgalnih šobah, usedlin v samem motorju, redčenja motornega olja (slabo mazanje), zlepljenja batnih obročkov... Ostale težave, ki se pojavljajo pri delovanju motorjev (zagon hladnega motorja, nereden vžig, manjši toplotni izkoristek), dodatno odvrčajo od dolgotrajne uporabe nemodificiranih rastlinskih olj. To še posebej velja za motorje manjših zmogljivosti in motorje z direktnim vbrizgom, kjer so škodljive posledice še pogostejše. Rastlinska olja so tudi surovina za izdelavo različnih maziv, tako olj kot masti, za mazanje sklopov v gradbeni in kmetijski mehanizaciji.

Poleg olja oljne ogrščice so za predelavo v biodizel primerna tudi druga rastlinska olja, na primer laneno, olje bombažnega semena, soje, sončničnega semena, zemeljskih oreščkov, kokosa in ostalih. Prav tako je mogoče v biodizel predelati že rabljena rastlinska olja (gostinstvo, prehrabena industrija). Primer je predelovalni obrat v Murecku v Avstriji (Bioenergie Mureck, 2008).

Boljše rezultate kot surova rastlinska olja je dala uporaba kemijsko spremenjenih rastlinskih olj (preestrenje), ki se s svojimi lastnostmi zelo približajo plinskemu olju. Najpomembnejši rezultat procesa preestrenja je zmanjšanje viskoznosti olja na 4,5 mm²/s pri 40 °C.

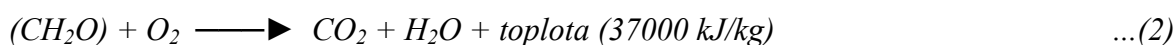
V Evropi je najbolj razširjena uporaba metilestra olja oljne ogrščice (RME) v čisti obliki ali v različnih mešanicah. V skladu z evropsko direktivo (2003/30/ES) pa vsa goriva za dizelske motorje danes že vsebujejo 5% biodizla (Uredba o nadzoru..., 2008).

2.5.1 Prednosti biodizla v primerjavi s plinskim oljem

Glavni argument ekologov je uravnoteženje količine CO₂ v ozračju.



Teoretično lahko ekološko prednost utemeljimo z dejstvom, da je količina CO₂, ki se pri fotosintezi (1) porabi za rast rastlin, enaka količini, ki nastane pri izgorevanju rastlinskih olj (2), pridelanih iz teh rastlin.



Pri predelavi se želimo čim bolj približati lastnostim plinskega olja ali jih celo preseči. Ostale prednosti biodizla so cetansko število 58, nič žvepla, nič aromatov v izpuhu ob uporabi oksidacijskega katalizatorja izpušnih plinov, biorazgradljivost, netoksičnost, velika vsebnost kisika (11%)... (Owen, 1995).

Danes je najboljša in najpogostejša oblika biodizla metilester olja oljne ogrščice (RME). Prav to biodizel gorivo je tudi najbolj raziskano in večina rezultatov se nanaša na njegovo uporabo. Lastnosti RME so zelo podobne lastnostim plinskega olja. Povprečna molekulska masa RME je skoraj enaka plinskemu olju. Čeprav so izgube energije pri izgorevanju RME večje kot pri plinskem olju, ima višje cetansko število (RME: 54-58, plinsko olje: 50-54) in s tem boljšo kvaliteto vžiga. Kurilna vrednost biodizla je 12% manjša od plinskega olja, zato pa je specifična teža 7% večja. Skupna izguba energije je tako med 3% in 5%, če primerjamo enak volumen goriv. Biodizel se s plinskim oljem meša v vseh razmerjih.

Varnostne zahteve pri uporabi biodizla so z okoljevarstvenega stališča zelo ohlapne. Pri razlitju po zemlji se 98% goriva razgradi v treh tednih. Uporaba je zato zelo priporočljiva predvsem na ekološko občutljivih območjih, kot so vodovarstvena območja, kmetijske površine, smučišča in v vodnem prometu (Owen, 1995).

Druga prednost je po mnenju Jejčiča (2005) še velika uporabnost stranskih produktov predelave. Oljna pogača, ki ostane po stiskanju zrnja, je visokohranljiva beljakovinska živalska krma, ostanki bogatih korenin pa ugodno vplivajo na vsebnost organske snovi v tleh. Pomembno je, da je surovina zrnje sort »00«, pri katerih je manj kot 2% eruka kisline v olju in manj kot 0,5% glukozinolatov v tropinah. Z ekonomskega stališča pomeni proizvodnja biodizla energetske osamosvajanje, dodaten vir zaslužka in nova delovna mesta v kmetijstvu.

2.5.2 Tehnologija pridelave oljne ogrščice

Oljna ogrščica po mnenju Tajnška (1986) spada med intenzivne poljščine in pridelava je v celoti mehanizirana. Eden pomembnejših dejavnikov pridelave je izbira ustrezne njive. Ogrščica najbolje uspeva na zračnih, odcednih tleh, kjer delež humusa presega 1,5%. Tla naj bodo ilovnato peščena in bogata z mikroelementi, predvsem z bromom. Na njivi naj ne bo večletnih koreninskih in enoletnih plevelov. Zelo škodljiva je zapleveljenost s križnicami, ker to direktno zmanjšuje kakovost pridelka. Zaradi bolezni in škodljivcev je pomembno kolobarjenje. Pri monokulturni pridelavi se pridelek po 7 letih razpolovi. Enak učinek ima zaporedno pridelovanje križnic na isti njivi.

Ogrščica najbolje uspeva za oziminami (žita), stročnicami ali krmnimi rastlinami, ki jih zgodaj požanjemo. Ugodna predhodnica je tudi krompir. Primer kolobarja: koruza za zrnje ali silažo, pšenica ali koruza za zrnje ali silažo, krompir, ogrščica in naknadni posevek. Kot predhodnica je ogrščica neugodna zaradi semena, ki po žetvi ostane v tleh in je kalivo še več let. Priprava tal je za setev oljne ogrščice zelo zahtevna zaradi drobnega semena, kratkega časa med spraviom predhodne poljščine in setvijo ter običajno neugodnega vremena (suša). Bistvena je že priprava tal, ki je odvisna od predhodnega posevka. Pomembna je zaščita pred pleveli in dobra mehanska obdelava zaradi zelo drobnega semena (Tajnšek 1986).

Pri ekološki pridelavi je treba po navedbah Kocjan – Ačkove (2006b) s ponovnim sejanjem na isto njivo počakati vsaj štiri leta, bolje še dlje. Ogrščica se odlično vključuje v kolobar za strnimi žiti, za voluminoznimi večletnimi stročnicami ali za zrnatimi enoletnimi stročnicami. Nikakor predposevek ne smejo biti križnice in sladkorna pesa. Po žetvi konec junija počakamo, da vznikne osuto seme, ki ga podorjemo in njiva je pripravljena za setev npr. ajde ali prosa (primer: 1. leto koruza, 2. leto jari ječmen in ajda, 3. leto krmni grah ali 3./4. leto ozimna oljna ogrščica in osuto seme oljne ogrščice za podor).

Gnojenje prilagajamo potrebam rastlin v posameznih razvojnih stadijih, založenosti tal s hranili, količini in vrsti ostankov predhodne poljščine, tipu tal, kolobarju in vremenskim razmeram. P in K gnojimo založno ostalim poljščinam v kolobarju in v primeru pomanjkanja povečamo količino za 10% do 30%. Za 3 t pridelka na ha gnojimo s 160-200 kg N (N), 100-115 kg P (P_2O_5) in 180-240 kg K (K_2O). Na kislih tleh s pH pod 5,8 apnimo nezorano strnišče s 1000-2000 kg apna/ha (Tajnšek 1986).

Ogrščica spomladi odžene že februarja, lahko tudi pod snegom. Zaradi hitre rasti je potrebno dognojevanje s 150 kg N/ha. Zaradi premalo N je lahko nastavek luskov slab. Preveliki odmerki povzročajo poleganje. Prvi spomladanski obrok dušika dognojimo še na zmrznjena tla ali na sneg, drugega 4 tedne kasneje, v stadiju D2. Z dognojevanjem preprečimo izpiranje N in popravimo napake prvega dognojevanja (Tajnšek, 1986). Zapleveljenost posevka povzročajo pogosto predhodni posevki, če so bila to žita. Če jih ne zatiramo, je posevek preslegast, ker mlade rastline propadejo. Veliko plevelov je prezimnih in škodo delajo še spomladi (plešec, navadna pasja kamilica, rdeča mrtva kopriiva) (Tajnšek, 1986).

Vzroki za neuspelo setev so lahko neprimerno pripravljeno zemljišče, pleveli, slaba prezimitev ali napad škodljivcev. Za setev izberemo najboljše seme s kalivostjo nad 90% in čistoto 98%. Setvišče pripravimo s predsetvenim brananjem in hkrati uničimo odgnale plevela. Sejemo v drugi polovici avgusta, da se do prezimitve rastline primerno razvijejo. Sejemo 190 do 225 semen/m², ker upoštevamo odstotek kalivosti in izgube čez zimo (Tajnšek, 1986).

Oljna ogrščica ima po navedbah Tajnška (1986) kar nekaj škodljivcev, ki jo napadajo jeseni in spomladi. Takoj po vzniku do stadija treh listov je najnevarnejši ogršični bolhač (*Psylliodes chrysocephala*). Pogosto v jeseni posevek napade ogršična grizlica (*Athalia rosae*). Najnevarnejša je v začetku oktobra, ko samica v liste odloži jajčeca in se po desetih dneh razvijejo pagosenice. Veliko škode lahko spomladi naredi stebelni kljunotaj (*Ceuthorrhynchus napi*). Zatiranje je težavno, ker se nalet razpotegne na daljše časovno obdobje. Zatiramo takoj po ulovu prvih primerkov v rumene lovne posode. Zelo razširjen škodljivec je ogršični sijajnik (*Meligethes aeneus*). Hrošči pri temperaturi 8°C prilezejo iz zemlje in se pričnejo hraniti s cvetnim prahom iz popkov oljne ogrščice. Samice izležejo jajčeca na cvetne popke. Iz njih se izležejo ličinke, ki se hranijo s cvetnim prahom in uničijo cvetove. Ko se iz bub izležejo hrošči, se ti spet hranijo s cvetnim prahom zadnjih cvetov ogrščice ali drugih križnic in sončnic.

Za škropljenje izberemo insekticide, ki niso nevarni za čebele. Rastlinske bolezni na oljni ogrščici po mnenju Tajnška (1986) pri nas še niso pomemben faktor izgub, kljub temu pa je nekaj bolezni, ki lahko v določenih razmerah povzročijo znatno škodo. Zelo nevarna je bela gniloba (*Sclerotinia sclerotiorum*), ki napada tudi druge poljščine (sojo, sončnice, stročnice). Druga razširjena bolezen je koreninski ožig (*Phoma lingam*). Črna listna pegavost (*Alternaria brassicae*) prizadene vse dele rastline in se prenese s prejšnjih okuženih križnic. Posledica okužbe so črne pege. Zaradi zmanjšane listne površine pride do prezgodnjega dozorevanja luskov in osipanja semena. Na oljni ogrščici se lahko pojavljajo še golšavost kapusnic (*Plasmodiophora brassicae*), plesen križnic (*Peronospora brassicae*) in siva plesen (*Botrytis cynerea*), ki pa ne vplivajo bistveno na zmanjšanje pridelka. Veliko lahko za preprečevanje naredimo preventivno s kolobarjenjem in s primerno tehniko pridelave.

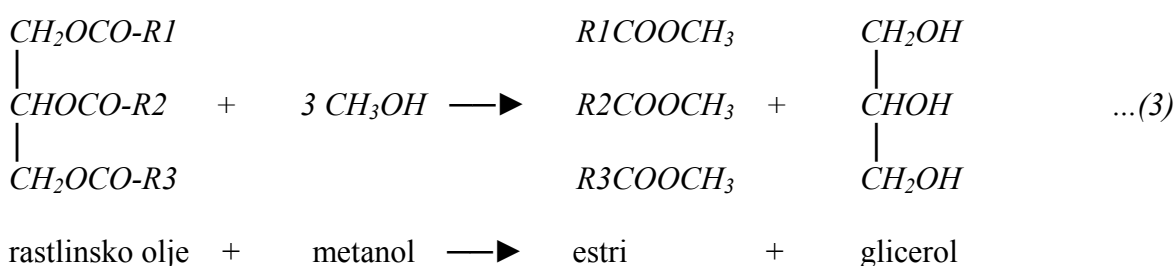
Žetev oljne ogrščice je po mnenju Tajnška (1986) zelo tvegan del pridelave, za katerega mora biti izpolnjenih več pogojev. Biološki pogoji so teža suhega zrnja, velika vsebnost olja v zrnju, majhna vsebnost vode v zrnju in dobra kakovost olja. Ko se zrnje oblikuje, je v njem 80% do 90% vode, ki v obdobju polne zrelosti pade na 25%. Zrnje postane črno. Na dozorevanje vplivata tudi temperatura in vlažnost zraka. Največjo vsebnost olja ima zrnje, ko je v njem še 50% vode, vendar takrat olje vsebuje še preveč klorofila in fosforja.

Olje postane kakovostno, ko se vsebnost vode zmanjša na 30% teže zrnja. Ogrščico lahko žanjemo z žitnim kombajnom, ki pa ga je treba prilagoditi. Kombajniramo, ko je vlažnost zrnja 15%. Če na kombajnu nimamo dodatkov, žanjemo pri nekoliko večji vlažnosti (20%). Najpomembnejša za žetev je torej prava izbira trenutka. V tehnološki zrelosti je oljna ogrščica svetlorjava; stebila in luski so suhi ter zaprti. Le pri tleh je steblo še rumenozelene barve. Zrnje je temnorjavo. Takoj po kombajniranju je treba zrnje posušiti na 7% do 8% vlažnost. Vsebnost olja v semenih oljne ogrščice je 42% do 45% in je sortna lastnost.

2.5.3 Tehnologije predelave olja v biodizel

Proizvodnja biodizla iz ogrščičnega semena se prične z ekstrakcijo olj iz semen z mehanskim stiskanjem ali s pomočjo topil. Mehansko stiskanje je v primerjavi z industrijskim načinom s topili ekološko neoporečno. Poteka lahko pri temperaturi surovine pod 25 °C, pri čemer je vsebnost fosforja pod 10 ppm. Na ta način je že v surovini dosežena z EN590 dovoljena vsebnost fosforja. Pri toplem stiskanju je vrednost običajno presežena, kar zahteva kasnejše drago odstranjevanje fosforja. Biodizel iz rastlinskih olj dobimo s kemično reakcijo preestrenja (3). Surovine za izvedbo reakcije so rastlinsko olje, alkohol in katalizator. V našem primeru je to rastlinsko olje oljne ogrščice, ki je sestavljeno iz 95% gliceridnih komponent in 5% negliceridnih komponent (proste maščobne kisline, voda, ostalo). Negliceridne komponente niso zaželeni. Njihova količina je odvisna od kakovosti pridelka, postopka stiskanja, sušenja semena in časa skladiščenja (Short introduction..., 2008).

Gliceridne komponente so v glavnem trigliceridi (estri višjih maščobnih kislin z glicerolom, zaestrenim s tremi maščobnimi kislinami), nekaj je digliceridov in monogliceridov. Izmed alkoholov je najprimernejši reaktant metanol, s katerim dosežemo največji izkoristek in najkrajši reakcijski čas. Kot katalizator reakcije so najprimernejši bazični katalizatorji (KOH, NaOH), ker pogojujejo majhne prebitke alkohola. Katalizator raztapljamo kar v reakcijskem alkoholu (Short introduction..., 2008).



2.5.4 Sistemi za predelavo olja v biodizel

Raziskave o pridobivanju biodizla se odvijajo že več kot 50 let. Znanstveniki so v ta namen razvili različne metode proizvodnje. Razlikujejo se po poteku reakcije, kakovosti končnega proizvoda in seveda po stroških predelave. V Evropi je več proizvajalcev biodizla, ki so razvili deloma različne tehnologije proizvodnje.

2.5.4.1 Tipični industrijski proces preestrenja

Estri nastanejo z mešanjem olja in metanola ob prisotnosti primerne katalizatorja kot serijski postopek z dodatnim prečiščevanjem z destilacijo, ki je energijsko zelo potraten proces. Zaradi penjenja mora cel proces potekati v vodnem okolju. Reakcija lahko poteka tudi kot stalen proces, vendar pod visokim tlakom (50 do 100 barov) in pri visoki temperaturi (200 do 250°C). Poleg tega v postopku destilacije pride do opaznih izgub končnega proizvoda (Installation of, 2008).

Stroški pridelave biodizla so močno odvisni od cene surovine, manj pa od cene predelave. Cena predelave je različna zaradi različnih tehnologij. Glavni del končne cene biodizla pomeni cena surovine (85% do 95 %), medtem ko je delež stroškov predelave v končni ceni goriva le 15% ali manj (Installation..., 2008).

Zaradi energetske potratnosti in ekološke neprimernosti tipičnega procesa navajam dve metodi, ki sta uveljavljeni v Evropi in sta energijsko učinkoviti ter ekološko sprejemljivi. Pri spodaj opisanih tehnologijah ni odpadnih vod, odpadnih plinov in nobenih ostalih stranskih proizvodov. (Installation..., 2008).

2.5.4.2 CD (»continuous deglycerolization« – neprekinjena deglicerolizacija) postopek predelave

V Evropskem industrijskem razvojnem centru za proizvodnjo biodizla v Leeru v Nemčiji so razvili poceni in energijsko učinkovitejši postopek predelave. Končni proizvod je metilester olja oljne ogrščice (RME) z zelo majhno vsebnostjo glicerina - pod 0,1% ob dveh ponovitvah preestrenja in pod 0,05% s tremi ponovitvami preestrenja. Glavne lastnosti tega postopka so:

1. neprekinjen proces z visoko kapaciteto proizvodnje končnega proizvoda do 15-20 t/h in več, kar je bistveno več, kot je bil industrijski standard do leta 1992 (0,5 do 1,5 t/h),
2. energijsko varčen postopek z možnostjo eliminacije energijsko potratne destilacije,
3. izboljšana in stalna kakovost končnega proizvoda - biodizla.

Preglednica 2: Lastnosti biodizla iz tovarne v Leeru v primerjavi s standardom DIN 51606 (Installation..., 2008)

Lastnost	Standard DIN 51606	Biodizel iz Leera
Gostota pri 15 °C (g/ml)	0,875-0,890	0,883
Plamenišče (°C)	110	>170
Vsebnost vode (ppm)	300	200
Nevtralizacija KOH (mg/g)	0,50	0,15
Skupni glicerol (%)	0,25	0,10
Prosti glicerol (%)	0,02	0,002
Fosfor (ppm)	10,00	<2,00
Metanol (%)	0,30	0,005
CFPP (°C)	-20, -10, 0	zimske razmere: -22

V tem postopku se glicerol neprekinjeno odstranjuje (»neprekinjena deglicerolizacija«) v reakcijskih stolpih s stalnim pretokom. Ta inovacija v postopku se dogaja v separacijski fazi, kjer se glicerol, ki je raztopljen v lahki fazi, sproti ekstrakciji v vodnem okolju. Zaradi manjšega obsega destilacije je za približno tretjino manjša poraba energije. V CD postopku predelave je izgubljena le začetna količina maščobnih kislin, ki jih po končanem

ločevanju lahko prodamo kot take ali posebej preestrimo. Dodatne izgube so tako zanemarljive (Installation..., 2008).

Energetska učinkovitost z uporabo tega postopka je zelo ugodna, razmerje porabljene energije v celotni tovarni proti energiji proizvedenega biodizla pa je 1:3 do 1:5. Tudi zmanjšanje emisij CO₂ je izjemnega pomena. 1 kg plinskega olja sprosti toliko CO₂ kot 2,5 kg RME. Prihranki energije v samem proizvodnem procesu so v primerjavi s preestrenjem pri visoki temperaturi zelo veliki. Poraba električne energije je okoli 25 kWh/t RME, poleg tega je potrebne še okoli 300 kg pare na tono pridelanega RME. To je približno 60% do 70% manj kot pri industrijskem procesu ob uporabi konvencionalne tehnologije. Kakovost biodizla ustreza nemškemu standardu DIN 51606 (Installation..., 2008).

Za doseganje ali celo preseganje tega standarda sta dovolj že dve fazi preestrenja, kar dokazuje izredne zmogljivosti tovarne. Slabost CD postopka preestrenja je predvsem neprimernost predelave kislih surovin (z vsebnostjo maščobnih kislin nad 2%) (Installation..., 2008).

2.5.4.3 Preestrenje s tehnologijo kavitacije olja v magnetnem polju »BIOKING«

Kot primer manjšega sistema si oglejmo sistem proizvajalca Bioking, ki je razvil energetske varčen sistem Bioking PRO s prilagojeno tehnologijo predelave.

Glavne prednosti predelave s tehnologijo kavitacije v magnetnem polju

- Nizkotemperaturna reakcija poteka v reaktorju na molekularni ravni pri sobni temperaturi.
- Vse sestavine so izpostavljene impulzom kavitacije z magnetnim poljem. Molekule maščobnih kislin razpadajo z mikroeksplozijami. To povzroči zmanjšanje viskoznosti, povišanje cetanskega števila, izboljšanje energetskih parametrov bodočega goriva ter pospešitev in dvig kakovosti reakcije preestrenja.
- Kavitacijski moduli so zasnovani tako, da ni potrebna predpriprava olja. Uspešno in enakomerno delujejo s surovim ali rafiniranim oljem. Kot surovina so uporabne različne vrste rastlinskih olj ter živalskih maščob (sončnično olje, olje oljne ogrščice, laneno, palmovo, gorčično in rabljeno rastlinsko olje iz gostinskih obratov in živilsko predelovalnih obratov) brez posebnih nastavitev za posamezno vrsto olja. Kakovost olja ni pomembna.
- Minimalna poraba energije; konvencionalne metode proizvodnje biodizla zahtevajo segrevanje olja na 67-70 °C. Za to je potrebno veliko električne energije. Poleg tega so potrebne še reakcija vračanja metanola in dodatne faze preestrenja ter vakumska dehidracija estra in s tem dodatna energija. Pri kavitacijskem postopku vse to ni potrebno, kar pomeni prihranek energije. Obenem ni potrebna prečiščevalna faza, zato ni problema z odpadno vodo in čistilom.
- Reakcija poteka v eni fazi, saj s tehnologijo kavitacije v magnetnem polju ni potrebe po ponovitvah preestrenja. Zelo se skrajša čas pridelave končnega biodizla, ki tudi kakovostno ustreza standardu EN 14214.
- Majhne dimenzije avtomatiziranih predelovalnih modulov, ki zavzemajo 5- do 10-krat manj talnega prostora kot konvencionalni moduli primerljive zmogljivosti.
- Ni potrebe po prečiščevanju, izpiranju in sušenju

Resen problem konvencionalne predelave v tankih je presežek alkohola, ki ga je potrebno dodajati v rezervoar za uspešno preestrenje, ter na koncu reakcije ponovno ločevanje alkohola. To zahteva dodatno opremo in vložek energije. S kavitacijsko tehnologijo se količina alkohola v reakciji približa razmerju v kemični formuli – minimalni količini, ponovno preestrenje pa ni potrebno. Investicija v drago in nevarno opremo za ločevanje alkohola odpade. S tem je predelava ekološko sprejemljivejša in varna (Bioking PRO, 2008).



Slika 8: Bioking PRO sistem za proizvodnjo biodizla (Bioking PRO, 2008)

Cene rastlinskih olj na svetovnem trgu rastejo, zato ima sistem Bioking veliko prednost, saj kot surovino lahko uporabi različna rastlinska olja, odpadna rastlinska olja in živalske maščobe. V sistem je namreč vključen odstranjevalec prostih maščobnih kislin (FFA) (Bioking PRO, 2008).

V surovih rastlinskih oljih, odpadnih oljih in živalskih maščobah je 1% do 15% FFA, kar negativno vpliva na predelavo. Namesto biodizla zaradi FFA pri preestrenju nastane milo. Milo povzroči prenizko raven nastalih estrov in previsoko raven gliceridov v biodizlu (slaba kakovost). Za doseg standarda EN 14214 za kakovost biodizla mora biti vsebnost FFA v surovini pod 1,5%. To dosežemo z obdelavo v nevtralizatorju, po kateri ostane v rafiniranem olju samo še do 0,2% prostih maščobnih kislin. Obenem nevtralizator odstrani vodo, ki je bila potrebna za proces, na končno vsebnost pod 1% v rafiniranem olju (Bioking PRO, 2008).

Visokofrekvenčni pulzni magnetni reaktor HFPR spremeni biogene maščobe in rastlinska olja v izredno kratkem času dveh do treh sekund. V ločevalniku poteka ločevanje biodizla in glicerina, spiranje biodizla z vodo, ločevanje metanola ter ločevanje biodizla in magnezijevega silikata (Bioking PRO, 2008).

Preglednica 3: Pretoki in razmerja mas v ločevalniku stranskih produktov (Bioking PRO, 2008)

Pretok	Glicerol	Metanol	Voda
500 kg/h (vhodni pretok)	65-70% (w)	27-33% (w)	1-3% (w)
Izhodni pretok	99,9%	99,9%	95%

Sistem je zasnovan kot neprekinjena destilacijska kolona iz pripravljalnega in izhodnega dela. Vhodna masa se v pripravljalnem delu ogreje s preходом skozi kondenzacijski izmenjevalnik toplote metanola in skozi hladilni izmenjevalnik toplote glicerola. V sistemu je končni kondenzor metanola, stranski kondenzor za vodo in spodnji grelec za ponovno gretje mešanice glicerola. Ob prehodu skozi drugi izmenjevalnik prejme latentno toploto metanola s prvega uparjalnika. Tako je ogreta na 70 do 75°C in gre na dno ločevalne kolone. Destilirani metanol gre na vrh destilacijske kolone in iz sistema skozi merilec pretoka. Obenem sistem zapusti odvečna voda. Glicerol z dna ločevalne kolone se odstrani skozi merilec pretoka. Za gretje vhodne mase v sistemu poleg ponovno uporabljene energije ločenih sestavin skrbijo grelna telesa v oljni kopeli - v paketih za dogrevanje glicerola. Sistem nadzoruje elektronska krmilna enota preko tipal za temperaturo in tlak. Celoten proces je avtomatiziran in krmiljen preko nadzorne plošče (Bioking PRO, 2008).

2.6 PRIDELAVA OLJNE OGRŠČICE IN PROIZVODNJA BIODIZLA V EVROPI

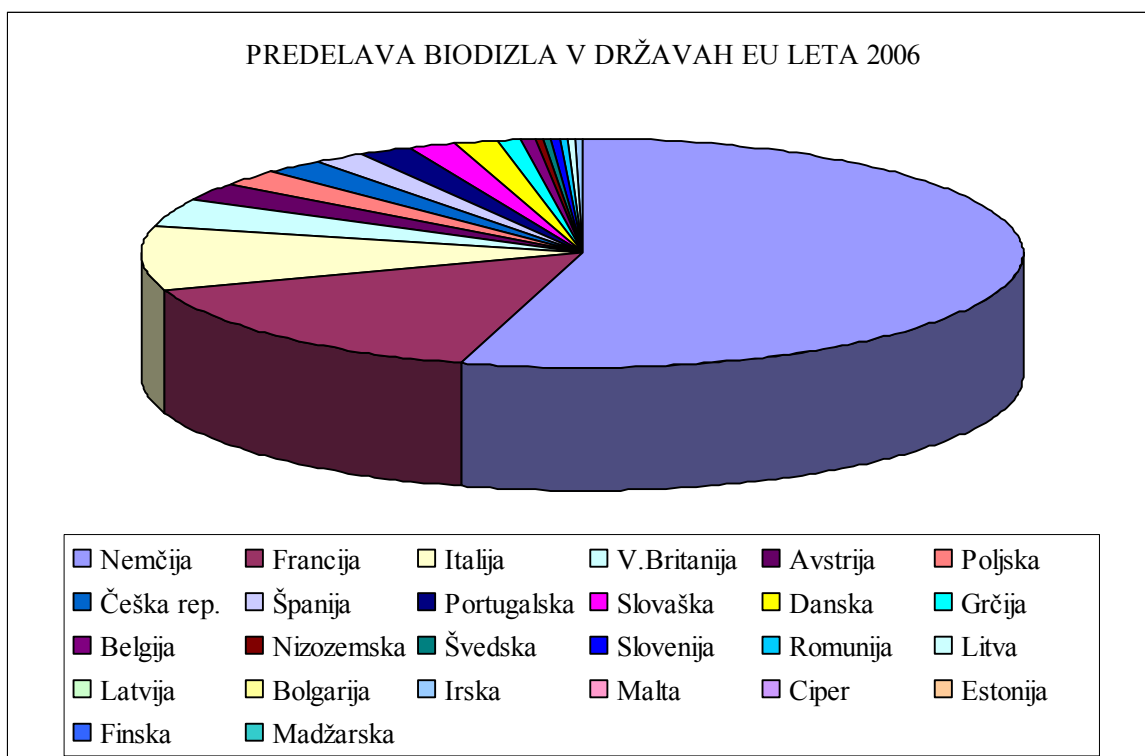
Pridelava rastlinskih olj lahko poteka centralizirano ali decentralizirano. Centralizirana pridelava poteka v velikih industrijskih obratih z dnevno zmogljivostjo nad 5 ton semena. Strokovnjaki Kmetijskega inštituta Slovenije v naših razmerah zagovarjajo decentralizirano predelavo z zmogljivostjo od nekaj sto kilogramov do 5 ton semena dnevno. Glavne lastnosti decentralizirane pridelave so lokacija predelovalnega obrata blizu vira surovin, enostavnost postopka in tehnične opreme ter majhna poraba energije. Prednost decentralizirane proizvodnje so tudi majhni transportni stroški prevoza surovin in proizvodov ter boljše možnosti ponujanja stranskega proizvoda lokalnemu trgu (oljna pogača). Pridelovalci tako ne bi prodajali surovine, temveč bi že dodali nekaj dela, kar pomeni možnost dodatnega zaslužka za kmetijo. Biorafinerije bi tako prevzemale olje, s postopkom mehanske filtracije očiščeno mehanskih primesi (Jejčič, 2006).

Preglednica 4: Zmogljivosti za predelavo biodizla v EU (European Biodiesel Board, 2008)

Država	Predelava2006	Zmogljivost 2007	Poveč. zmogljivosti
	1000 t	1000 t	%
Nemčija	2662	4361	164
Francija	743	780	105
Italija	447	1366	306
V.Britanija	192	657	342
Avstrija	123	326	265
Poljska	116	250	216
Češka rep.	107	203	190
Španija	99	508	513
Portugalska	91	246	270
Slovaška	82	99	121
Danska	80	90	113
Grčija	42	440	1048
			se nadaljuje

nadaljevanje			
Država	Predelava2006	Zmogljivost 2007	Poveč. zmogljivosti
	1000 t	1000 t	%
Belgija	25	335	1340
Nizozemska	18	115	639
Švedska	13	212	1631
Slovenija	11	17	155
Romunija	10	81	810
Litva	10	42	420
Latvija	7	20	286
Bulgarija	4	65	1625
Irska	4	6	150
Malta	2	8	400
Ciper	1	6	600
Estonija	1	35	3500
Finska	0	0	0
Madžarska		21	0
SKUPAJ	4890	10289	210

Potenciali za predelavo biodizla so po navedbah European Biodiesel Board v Evropi ocenjeni na zagotovitev 10% do 15% trenutne porabe plinskega olja. Od leta 2005 je v večini evropskih držav v plinskem olju 5% delež biodizla. S povečanjem tega deleža se povečuje tudi veljavnost biodizla (European Biodiesel Board, 2008).



Slika 9: Predelava biodizla v državah EU leta 2006 (European Biodiesel Board, 2008)

Količino bi lahko bistveno povečali predvsem na račun hiperprodukcije žit in razširitve pridelave oljne ogrščice v deželah vzhodne Evrope ter v Franciji, Španiji, Veliki Britaniji in Nemčiji. Pridelovalne zmogljivosti se vsako leto zelo povečujejo, kar kaže na veliko povpraševanje po biodizlu na evropskih trgih goriva (European Biodiesel Board, 2008).

2.6.1 Oljna ogrščica v Sloveniji

Oljnice so vedno pomembnejše poljščine tudi na slovenskih njivah. Površine z oljno ogrščico so se po podatkih SURS (Statistični..., 2008) v zadnjih petih letih podvojile. V letu 2007 doseženi pridelek oljne ogrščice je bil v primerjavi z letom 2006 skoraj za trikrat večji zaradi večjih površin s to kulturo (za 91%, predvsem zaradi skoraj opuščene pridelave sladkorne pese) in zaradi bogate letine. Dosežen povprečni hektarski pridelek je bil z 2,8 tone na hektar več kot za polovico (za 54%) večji od pridelka, doseženega v letu pred tem.

Preglednica 5: Pridelek oljne ogrščice v Sloveniji (Statistični..., 2008)

Leto	Posejana zemljišča (ha)	Pridelek	
		(t)	(kg/ha)
	oljna ogrščica		
1999	173	450	2601
2000	122	305	2500
2001	398	1156	2905
2002	2433	5179	2129
2003	2705	4831	1786
2004	1945	5418	2785
2005	2260	5352	2368
2006	2809	4991	1776
2007	5358	14740	2751

Mnenja o potencialnih površinah za pridelavo oljne ogrščice v Sloveniji so deljena. V reviji Tehnika in narava (Jejčič, 2005) je naveden podatek o 15000 do 18000 ha razpoložljivih površin. Evropska zakonodaja omejuje površine za pridelavo oljne ogrščice na 15% vseh obdelovalnih površin. V slovenskem primeru je to (po podatkih SURS za leto 2007 od skupno 174932 ha pridelovalnih površin) največ 26240 ha. Zadnji podatek prof. Tajnška s posveta Projekt BIODIESEL – Slovenija (Tajnšek, 2008) je največ 15000 ha njivskih zemljišč, namenjenih pridelavi oljne ogrščice. Na njih bi lahko pridelali surovino za okoli 8000 t biodizla.

2.7 STANDARDI ZA BIODIZEL IN KLJUČNE LASTNOSTI

Prvo spoznanje pri novejših poskusih pogona dizelskih motorjev z rastlinskimi olji je bilo, da tudi najčistejše surovo olje ni primerno kot gorivo za serijske dizelske motorje. Metil-estri rastlinskih olj so po ključnih lastnostih najbližje gorivu mineralnega izvora. Določene lastnosti, po katerih se razlikujejo, so pozitivne (na primer gostota, viskoznost, višja točka vžiga in odsotnost žvepla v rastlinskih oljih, kar je dobrodošlo zaradi odličnih rezultatov vsebnosti SO₂ v izpuhu). Tudi cetansko število biodizla je običajno višje kot pri plinskem olju. Posledica tega je bolj uglajeno delovanje motorja (Martini, 1997).

Biodizel v molekulah vsebuje okoli deset odstotkov kisika, odvisno od dolžine verige maščobnih kislin. Kisik pozitivno vpliva na sestavo izpušnih plinov, vendar negativno vpliva na kalorično vrednost biodizla in s tem na zmogljivost motorja (Martini, 1997).

Pomembna lastnost biodizla je točka zgoščevanja v hladnem oljnem filtru (Cold Filter Plugging Point - CFPP). Metilester oljne ogrščice (RME) z vsebnostjo palmitinske in stearinske kisline, manjšo od 6%, je uporaben pri temperaturah nad -8°C . S popolno odstranitvijo teh dveh kislin je RME uporaben do -36°C , kar je idealno tudi za alpske dežele (Martini, 1997).

Veliko pozornosti so znanstveniki v poskusih posvetili topnosti biodizla v motornem olju in s tem poslabšanju mazalnih lastnosti. Nekaj goriva vedno zaide v motorno olje pri vbrizgu v zgorevalni prostor valjev. Biodizel z veliko vsebnostjo nenasičene linolenske kisline ob mešanju z motornim oljem lahko polimerizira, kar privede do nastanka usedlin in gošče v motornem olju (Martini, 1997).

Preglednica 6: Primerjava lastnosti goriva (Martini, 1997)

Fizikalno-kemične lastnosti	Plinsko olje EN 590	Biodizel (RME) DIN 51606
Standardne lastnosti		
Gostota pri 15°C (kg/m^3)	820-860	875-900
Viskoznost pri 40°C (mm^2/s)	2,00-4,50	3,5-5,0
Plamenište ($^{\circ}\text{C}$)	>55	>110
Žveplo % (w)	$<0,20$	$<0,01$
Cetansko število	>49	>49
Dodatne lastnosti		
Kisik % (w)	0,0	10,9
Kalorična vrednost (MJ/dm^3)	35,6	32,9
Izkoristek %	38,2	40,7

Biodizel ima odlične mazalne lastnosti, ki so potrebne za mazanje sklopov sistema za gorivo. Zato ga v Franciji za izboljšanje mazalnih lastnosti dodajajo gorivu z majhno vsebnostjo žvepla (Martini, 1997).

2.7.1 Standardi za kakovost in lastnosti biodizla

Osnovni pogoj za uspešno trženje, pozitiven odnos do uporabe s strani proizvajalcev motorjev in končnih potrošnikov je uvedba standarda z natančno določenimi kriteriji za zagotavljanje kakovosti (Martini, 1997).

Prvi so standard za biodizel določili Avstrijci, sledili so jim Francozi, Američani, Italijani in Švedi. Danes je najobsežnejši in najstrožji nemški standard DIN 15606. Ta standard je splošno priznan v Evropi tudi s strani velikih proizvajalcev avtomobilov in pogojuje garancijske pogoje (Martini, 1997).

Teoretično lahko biodizel uporabljamo v vseh dizelskih motorjih, vendar proizvajalci sistemov za dovod goriva opozarjajo na možne negativne posledice. Posledice uporabe so zelo odvisne tudi od klimatskih razmer. Z vedno širšo dostopnostjo biodizla uporabnikom se trgu prilagajajo tudi nekateri proizvajalci sistemov za gorivo. Ti opozarjajo, da sistemi niso prilagojeni uporabi biodizla in zato ponujajo elemente za predelavo. Biodizli različnih izvorov niso tako stabilni kot plinsko olje. V primeru razlitja se razgradijo, kar je z

marketinškega stališča sicer pozitivno, z vidika distribucije in skladiščenja pa zelo negativno in potencialno nevarno za sistem goriva (Martini, 1997).

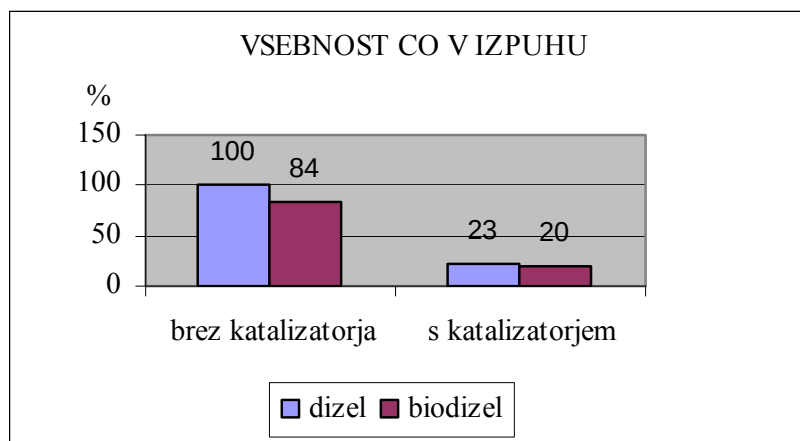
Trenutno imata največjo veljavo standard Evropske komisije in nemški standard, ki sta si zelo podobna. V spodnji tabeli vidimo primerjavo standarda za plinsko olje (EN590) in nemški (DIN51606) ter evropski standard (EN14214) (BiodieselFilligStations, 2008).

Preglednica 7: Primerjava standardov za biodizel in plinsko olje (BiodieselFilligStations, 2008)

Lastnost	D2 (EN590)	Biodizel (DIN 51606)	Biodizel (EN14214)
Gostota pri 15°C (kg/cm ³)	0.82-0.86	0.875-0.9	0.86-0.9
Viskoznost pri 40°C (mm ² /s)	2.0-4.5	3.5-5.0	3.5-5.0
Plamenišče (°C)	>55	>110	>101
Žveplo % (w)	0.20	<0.01	<0.01
Sulfatizirani pepel % (w)	0.01	<0.03	0.02
Voda (mg/kg)	200	<300	<500
Ogljik % (w)	0.30	<0.03	<0.03
Skupne nečistoče	nedoločena	<20	<24
Korozija bakra 3h/50°C	razred 1	razred 1	razred 1
Cetansko število	>45	>49	>51
Metanol % (w)	nedoločen	<0.3	<0.2
Vsebnost estrov % (w)	nedoločen	>96.5	>96.5
Monogliceridi % (w)	nedoločen	<0.8	<0.8
Digliceridi % (w)	nedoločen	<0.4	<0.2
Trigliceridi % (w)	nedoločen	<0.4	<0.4
Prosti glicerol % (w)	nedoločen	<0.02	<0.02
Skupni glicerol % (w)	nedoločen	<0.25	<0.25
Jodovo število	nedoločeno	<115	120
Fosfor (mg/kg)	nedoločen	<10	<10
Bazične kovine Na, K (mg/kg)	nedoločene	<5	<5

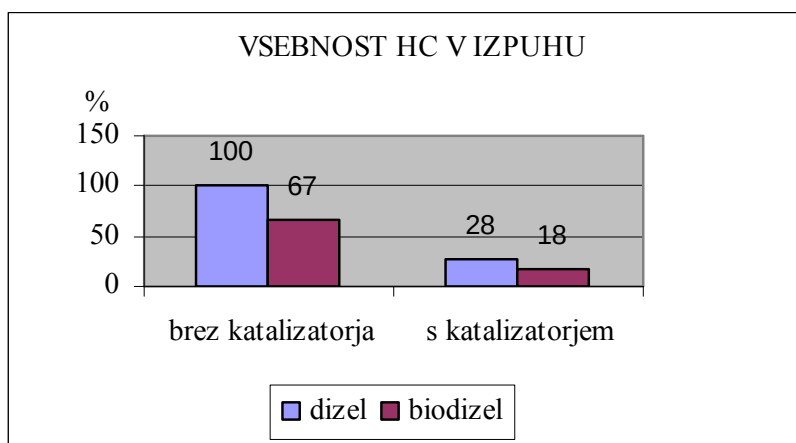
2.7.2 Vpliv uporabe biodizla na okolje

Najpomembnejši vpliv je zagotovo zmanjšanje emisij oziroma zaprt krog CO₂. Drugi pozitiven vpliv je zmanjšanje emisij SO_x, CO, HC, dima in trdnih delcev. Velik vpliv pri zmanjšanju škodljivih emisij ima tudi namestitev oksidacijskega katalizatorja v izpušni sistem motorja. Razlike v posameznih vrednostih plinov v izpuhu motorjev brez katalizatorja ali z njim vidimo v spodnjih preglednicah in grafih (Martini, 1997).

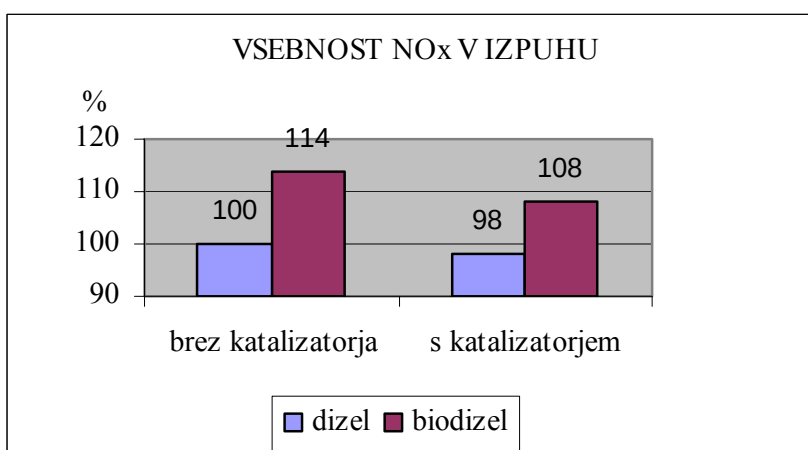


Slika 10: Vsebnost CO v izpuhu z različnimi gorivi ter brez katalizatorja in z njim

Primerjalne vrednosti so izmerjeni izpušni plini v motorjih, ki so uporabljali plinsko olje. V prvih dveh tabelah so čistejši izpušni plini biodizla (v primerjavi s plinskim oljem), viden je tudi vpliv katalizatorja (Martini, 1997).



Slika 11: Vsebnost HC v izpuhu z različnimi gorivi ter brez katalizatorja in z njim



Slika 12: Vsebnost NOx v izpuhu z različnimi ter brez katalizatorja in z njim

Negativen je vpliv emisij NO_x, ki so pri uporabi biodizla večje. Delno jih je mogoče zmanjšati z zakasnitvijo časa vbrizga goriva v valj, spremenjenim kotom vbrizga, visokim tlakom v sistemu za gorivo (skupni vod) in vgrajenim katalizatorjem. Toksičnost biodizla za živa bitja na kopnem in v vodi je zelo majhna. Strokovna mnenja o ekološki sprejemljivosti uporabe biodizla so deljena (Martini, 1997).

Preglednica 8: Odstopanja v emisijah različnih mešanic biodizla v primerjavi s plinskim oljem (National Biodiesel Board, 2008)

	B100	B20
Skupni neizgoreli ogljikovodiki	-68%	-14%
CO	-44%	-9%
Trdni delci	-40%	-8%
Nox	+6%	+1%

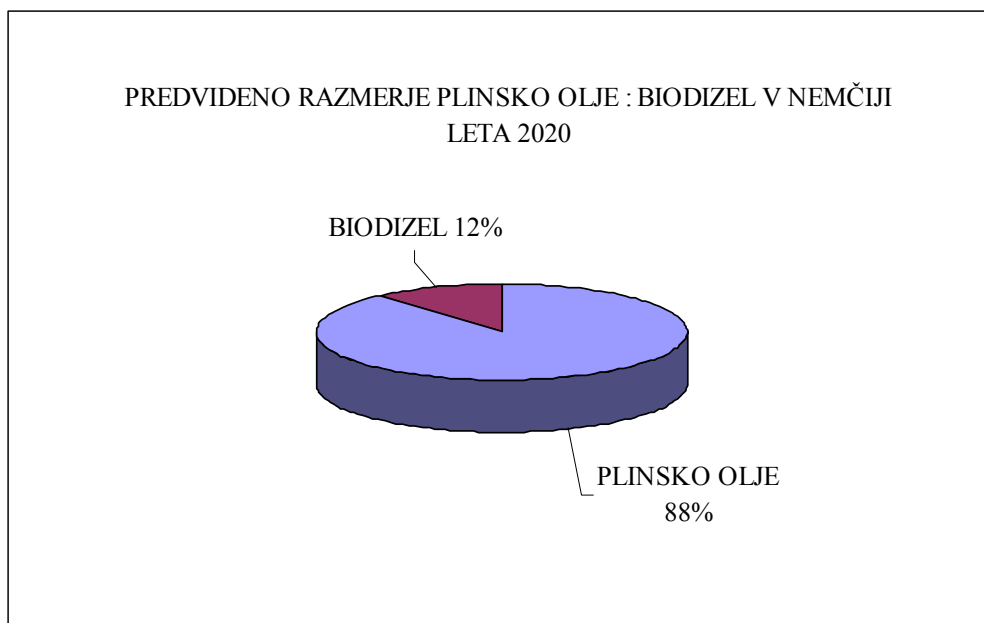
Nekateri znanstveniki opozarjajo na nevarnost pridobivanja oljne ogrščice v monokulturi, na velike vrednosti aldehydov in NO_x v izpuhu. Drugi kot pozitivno ocenjujejo veliko

porabo dušika iz zemlje za rast oljne ogrščice. Primerjalni testi metilestrov olja oljne ogrščice in plinskega olja so pokazali v izpuhu olja oljne ogrščice manjše vsebnosti neizgorelih ogljikovodikov, ogljikovega monoksida in trdnih delcev, obenem pa večje vrednosti dušikovih oksidov (Martini, 1997).

2.7.3 Izzivi v uporabi biodizla za prihodnost

Razvojni potenciali za širjenje pridelave in uporabe biodizla so po mnenju Martinija (1997) na strani proizvajalcev motorjev in pridelovalcev surovin. Proizvajalci motorjev se bodo usmerjali v prilagajanje motorjev v smislu spremenjenih parametrov krmiljenja vbrizga in visokotlačnih sistemov za vbrizg goriva v valje, s tem pa v zmanjšanje možnosti mešanja goriva in motornega olja ter preprečevanje polimerizacije. Pridelovalci surovin se bodo usmerili na pridelavo lokalno najprimernejših surovin z vidika pridelave same in z vidika lastnosti biodizla, da bo primeren za lokalne klimatske razmere. Pozornost bodo morali nameniti povečanemu hektarskemu donosu in večji vsebnosti olja v semenih (od 40% na 50% - do 2,9 tone olja/ha).

Velik potencial se nahaja v pridelavi oljnic v vzhodni Evropi in poskusu zagotavljanja samozadostnosti v oskrbi z energenti (dolgoročni cilj). Predvidevanja za Nemčijo kot najrazvitejšo evropsko državo na področju pridelave in predelave biodizla so za leto 2020 naslednja: skupna poraba plinskega olja naj bi znašala 35000000 ton, od tega 4200000 t biodizla, kar je 12%. Za doseg tega cilja bi z razpoložljivimi površinami za oljno ogrščico (1253448 ha ali 10% vseh kmetijskih površin v Nemčiji) morali pridelati 2,9 t olja na hektar (Martini, 1997). Priporočila Evropske komisije predvidevajo za pridelavo oljne ogrščice v energetske namene do 15% vseh obdelovalnih površin (Bioenergy, 2008)



Slika 13 Predvideno razmerje med plinskim oljem in biodizlom v Nemčiji leta 2020

2.7.4 Evropske direktive za uporabo biodizla

Pinus-TKI (2008) navaja Evropsko direktivo 2003/03/EC o promoviranju biogoriv in ostalih obnovljivih goriv za transport, ki določa, da je potrebno v državah članicah EU:

- do konca leta 2005 2% celotnih fosilnih goriv, namenjenih za transport, zamenjati z biogorivi,
- do konca leta 2010 5,75% celotnih fosilnih goriv, namenjenih za transport, zamenjati z biogorivi,
- do konca leta 2020 predvidoma 20% celotnih fosilnih goriv, namenjenih za transport, zamenjati z biogorivi,
- z davčnimi olajšavami vzpodbujati uporabo biogoriv,
- do leta 2010 zagotoviti 12% energije iz obnovljivih virov.

S pravilnikom o vsebnosti biogoriv v gorivih za pogon motornih vozil (UL RS, št. 108/2005) je evropska direktiva prenešena v slovenski pravni red. Z njim je določeno, da morajo v letu 2009 vsa goriva vsebovati vsaj 4% biogoriv, v letu 2010 pa najmanj 5%. Za proizvodnjo biodizla (Jejčič, 2006) poleg svežih rastlinskih olj uporabimo tudi odpadna jedilna olja (letno jih v Sloveniji nastane 12 do 14 tisoč ton) in odpadne živalske maščobe, ki jih je na leto okoli 8 tisoč ton.

Preglednica 9: Načrtovani delež biodizla v plinskem olju v evropskih državah do 2010 (Carbon Labelling CO₂ Star, 2008)

Država	Leto 2006 (%)	Leto 2007 (%)	Leto 2008 (%)	Leto 2009 (%)	Leto 2010 (%)
Avstrija	2,50	4,30	5,75	5,75	5,75
Belgija	2,75	3,50	4,25	5,00	5,75
Ciper					
Češka	1,78	1,63	2,45	2,71	3,27
Danska	0,1				
Estonija	2,00				5,75
Finska					
Francija			5,75		7,00
Grčija	2,50	3,00	4,00	5,00	5,75
Irska	1,14	1,75	2,24		
Italija	2,00	2,00	3,00	4,00	5,00
Latvija	2,75	3,50	4,25	5,00	5,75
Litva					5,75
Luksemburg	2,75				5,75
Madžarska					5,75
Nemčija	2,00	ni podatka	ni podatka	ni podatka	5,75
Nizozemska	2,00	2,00			5,75
Poljska	1,50	2,30			5,75
Portugalska	2,00	3,00	5,75	5,75	5,75
Slovaška	2,50	3,20	4,00	4,90	5,75
Slovenija	1,20	2,00	3,00	4,00	5,00
Švedska					5,75
Velika Britanija			2,00	2,80	3,50
EU skupaj					5,45

Prihodnji razvoj biodizla bo po navedbah Martinija (1997) potekal v več vzporednih smereh glede na stadij pridelave surovin in tehnologije predelave: v smeri genske tehnologije, selekcije rastlin, proizvodnje surovin, krmiljenja procesov predelave, mešanja in izbire dodatkov rastlinskemu olju, dodelave biodizla z aditivi itd. Lastnosti, ki jih bo moral imeti biodizel v prihodnosti:

- zmanjšana možnost polimerizacije in oksidacije,

- znižanje jodovega števila, kemijsko spreminjanje ogljikovih verig maščobnih kislin,
- zmanjšanje viskoznosti,
- večja vsebnost oleinske kisline,
- nižja točka vrelišča z vstavljanjem molekul enostavnejših maščobnih kislin (vpliv na vsebnost trdnih delcev v izpuhu),
- povečana vsebnost kisika, manj raztapljanja v motornem olju,
- izboljšana sposobnost vžiga (cetansko število; uporaba etanola za preestrenje poviša cetansko število),
- izboljšane lastnosti v zimskih razmerah (kratke verige maščobnih kislin, aditivi), možnost uporabe brez predgretja,
- boljše ali vsaj enako dobre mazalne lastnosti v sistemu za gorivo,
- manj značilen vonj izpuha.

2.8 POTREBNE PRILAGODITVE MOTOREV IN VPLIV BIODIZLA NA SESTAVNE DELE MOTORJEV

Nemške izkušnje kažejo, da je metilester oljne ogrščice (RME) edino alternativno gorivo za moderne dizelske motorje. Olje mora ustrezati standardu DIN 51606, motorji pa morajo biti prilagojeni uporabi biodizla. Samo s tega predpogojema se lahko izognemo škodljivim posledicam in realno lahko pričakujemo 4% do 5% delež biodizla v skupni porabi plinskega olja. Prilagoditve motorja: že prej omenjeni proizvajalci si prizadevajo narediti najbolj ekološko sprejemljiv dizelski motor. Prednosti, kot so kroženje CO₂, manj aromatskih ogljikovodikov, žvepla in trdnih delcev v izpuhu, morajo prevladati nad povečano količino NO_x in aldehydov. To je mogoče samo z uporabo oksidacijskega katalizatorja in zamenjavo množice delov sistema za gorivo, ki morajo biti odporni na biodizel. Gre za zamenjavo veliko kovinskih delov s polimeri, ki niso podvrženi koroziji. Ti deli so objemke in tesnila na senzorjih v rezervoarju goriva, cevi za dovod goriva, tesnila na filtru in črpalki za vbrizg goriva, tesnila na šobah za vbrizg goriva in povratnih vodih (Martini, 1997).

Dizelske motorje za uporabo biodizla lahko prilagodimo z dvema sistemoma: sistemom z enim rezervoarjem goriva ali sistemom z dvema rezervoarjema z biodizlom in plinskim oljem. Vsem predelavam je skupno predgretje goriva in večji premeri dovodnih vodov za gorivo. Končne ugotovitve lahko strnemo v nekaj dejstev. Večina tehničnih težav pri uporabi biodizla, kot so okvare na visokotlačni črpalke, zaribani ventili, zamašeni filtri in podobno, je posledica nečistega goriva. Ključnega pomena je torej kakovost biodizla in zanesljivost vira goriva (Martini, 1997).

Uporaba biodizla skrajša interval menjave motornega olja. Predelani traktorji ustrezajo strogim standardom za emisije izpušnih plinov. Pri nekaterih traktorjih pride do zmanjšane moči motorja, pri nekaterih pa celo do povečane moči. Enega glavnih problemov pomeni zagon hladnega motorja v zimskih razmerah. Običajno je potrebno predgretje motorja na 40 °C. V ekstremnih razmerah lahko že delovanje traktorja pri polovični obremenitvi ali v prostem teku povzroči preveliko ohladitev motorja, zaradi česar lahko pride do težav v pretoku biodizla. Predelava motorja stane od 1200 do 14000 €, odvisno od tipa traktorja. Ekonomska upravičenost je zaradi gibanja cen goriv vprašljiva, vendar zanimiva v primeru subvencij in davčnih olajšav s strani države (Eder B in Eder F, 2006).

Po mnenju Martinija (1997) so ključne lastnosti, ki vplivajo na kakovost in uporabo RME: vsebnost vode, vsebnost glicerina in gliceridov, jodovo število, vsebnost fosforja, točka vžiga in nizkotemperaturna odpornost.

Voda: biodizel je v nasprotju s plinskim oljem higroskopičen in pri sobni temperaturi lahko absorbira okoli 1700 ppm vode. V takem gorivu se začnejo razvijati mikroorganizmi. Če se to zgodi v vozilu, pride do okvar na motorju. DIN 51606 zato omejuje vsebnost vode na največ 300 mg/kg in pri tej vsebnosti še ni potrebno dodajati strupov za preprečevanje razvoja mikrobov. Z dodajanjem strupov bi namreč izničili okoljevarstvene prednosti biodizla. V primeru velike vsebnosti vode pride do korozije kromove obloge na delih sistema za gorivo ali raztapljanja cinka iz medeninastih delov. Prisotnost kovin katalizira polimerizacijo biodizla in nastajanje gumijastih delcev, ki mašijo sistem za vbrizg goriva v valje. Pri nizkih temperaturah lahko pride do ločevanja vode, zmrzovanja in mašenja sistema za gorivo. Kot navaja Martini (1997), na vsebnost vode vplivajo način transporta, distribucije, skladiščenja in trajanje skladiščenja.

Glicerini in gliceridi: glicerini in monogliceridi imajo OH skupine, ki so zelo kemično agresivne do neželeznih kovin in kromovih zlitin. Pri prekomerni vsebnosti teh spojin se lahko zgodi, da s parami goriva pridejo v ohišje motorne gredi in tam razjedajo neželezne zlitine. Lahko pride do kompleksnih reakcij in raztapljanja zlitin ter na primer izločanja bakra. Poškodbe nastanejo na kompresijskih batnih obročkih, kromanih površinah ležajev motorne gredi in podobnih delih. Največje mejne vrednosti prostega glicerina so 0,02 w (masni delež v %), monogliceridov 0,8 w, digliceridov 0,1 w in trigliceridov 0,1 w. Digliceridi in trigliceridi povzročajo nastajanje oblog na šobah za vbrizg goriva in v izgorevalnih prostorih valjev. V primeru nepravilnega skladiščenja pride do hidrolize in nastanka glicerina in monogliceridov ter s tem škodljivih vplivov na motor (Martini, 1997).

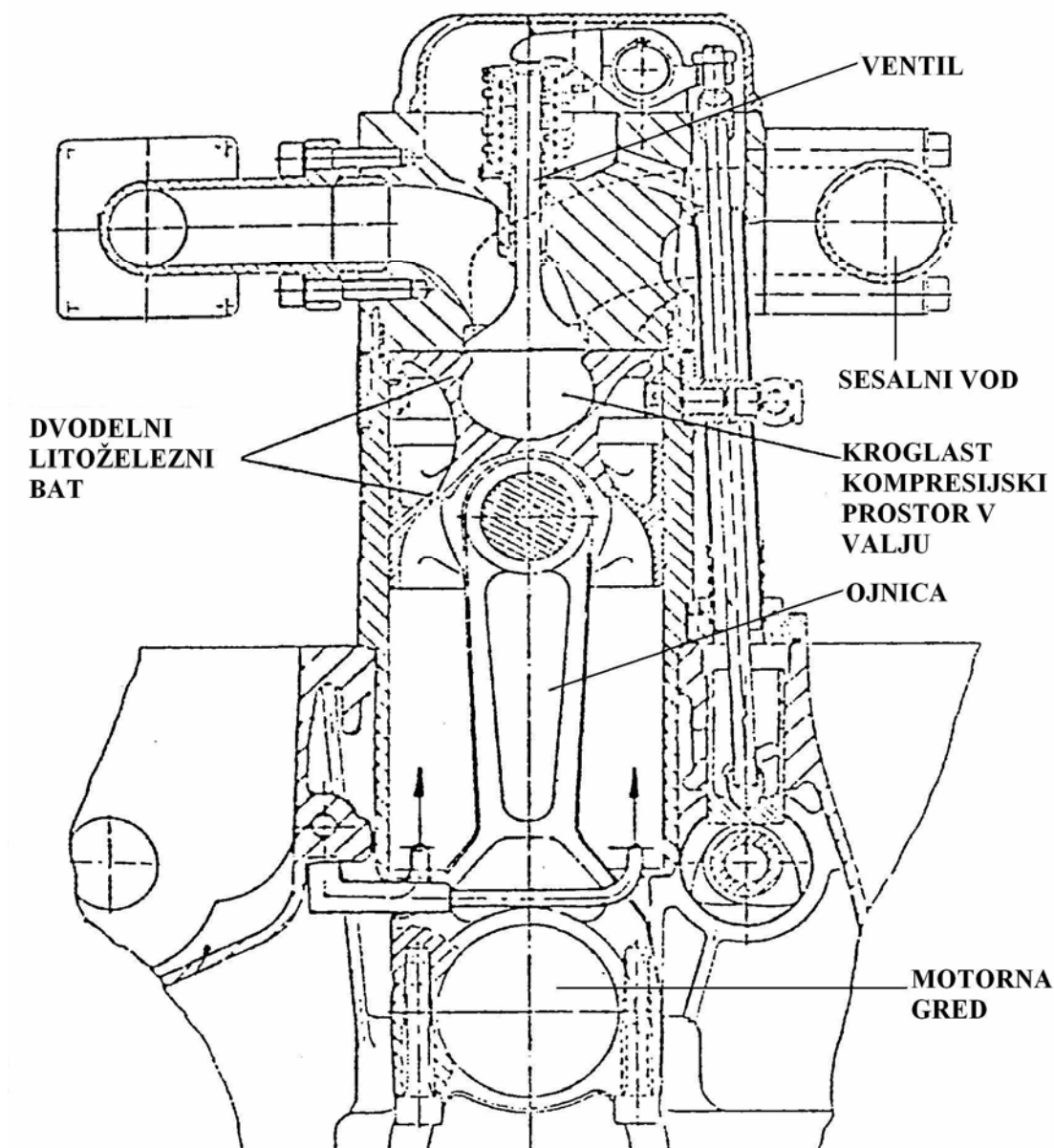
Jodovo število: jodovo število nam pove število dvojnih vezi v molekulah maščobnih kislin ustreznih estrov in metil-estrov. Testi so pokazali, da pri uporabi biodizla z jodovim številom, večjim od 115, na vbrizgalnih šobah in utorih batnih obročkov nastajajo obloge. Do tega pojava pride zaradi toplotne nestabilnosti dvojnih vezi, ki so v maščobnih kislinah. Zaradi pregrevanja pride do polimerizacije, karbonizacije in nastajanja oblog, pri mešanju biodizla z motornim oljem pa zaradi enakega procesa nastajajo usedline. Biodizel iz olja oljne ogrščice je edino gorivo iz industrijske oljnice, ki ima to število nižje od 115 (96 – 110) (Martini, 1997).

Vsebnost fosforja: v metil-estrih rastlinskih olj vsebnost fosforja ne sme presegati vrednosti 10 g/kg, ker v nasprotnem primeru pride do nastajanja obloge na satovju oksidacijskega katalizatorja in posledično poškodb le-tega. V primeru okvare katalizatorja izpuh motorja ni več v mejah predpisanih emisijskih standardov. Prisotnost fosforja v biodizlu je znak slabe predelave in povzroča mašenje sistema za gorivo (Martini, 1997).

Točka vžiga: pri kakovostnem biodizlu je vedno nad 100 °C, v nasprotnem primeru je znak onesnaženja z metanolom ali mešanja z bencinom ali plinskim oljem. Visoka točka vžiga je lastnost, ki je pomembna za varnost pri skladiščenju in distribuciji – posebni varnostni ukrepi niso potrebni, kar je dobrodošlo za male končne uporabnike (Martini, 1997).

Nizkotemperaturna odpornost: za biodizel velja enak standard kot za plinsko olje po EN590. Izkušnje so pokazale, da ni vedno tako, še posebej, če je biodizel dlje časa skladiščen. Za daljše skladiščenje je priporočljivo dodajanje aditivov za lažji pretok goriva.

Seveda morajo biti tudi ti biorazgradljivi, torej drugačni od tistih, ki se uporabljajo pri plinskem olju (Martini, 1997).



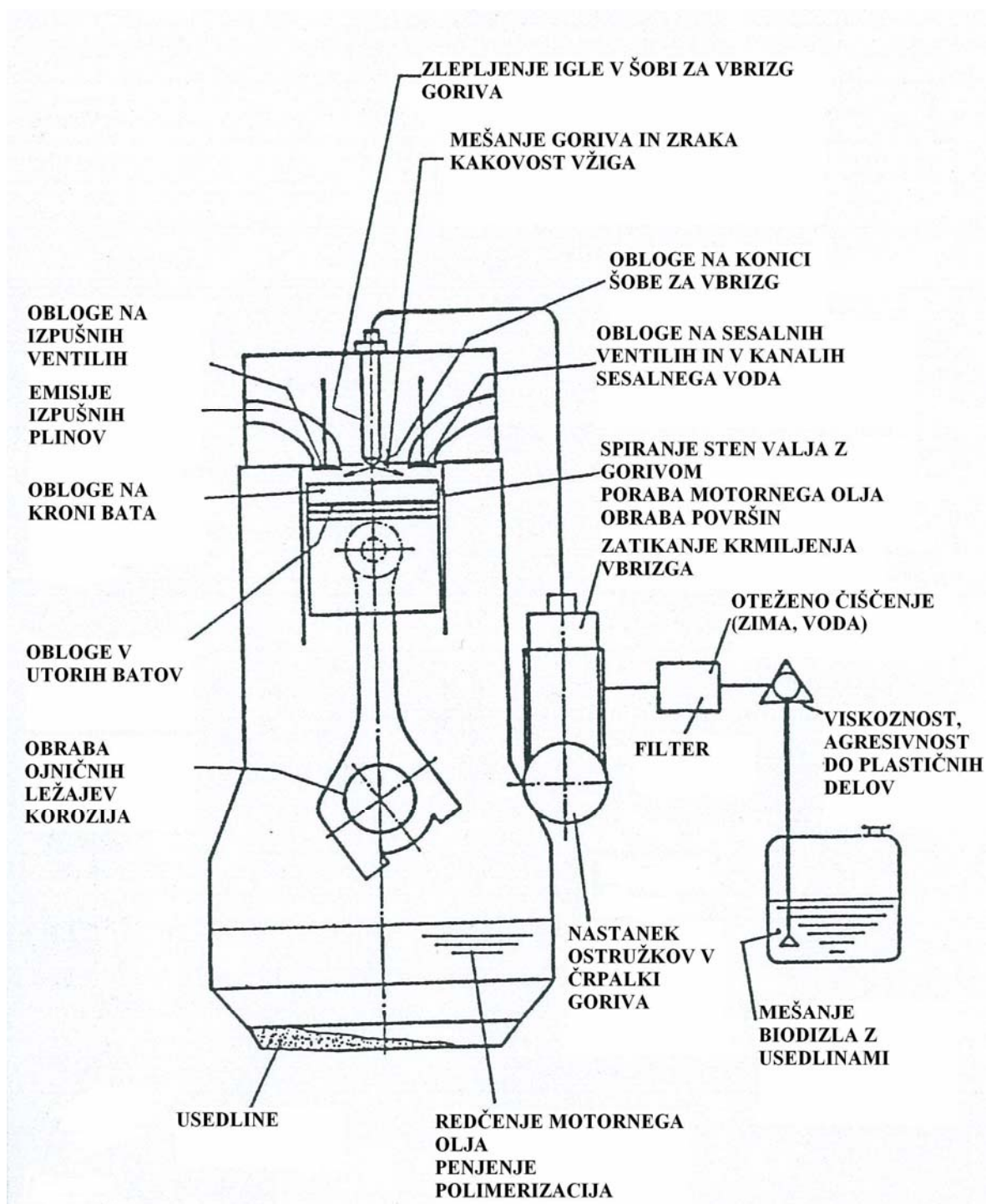
Slika 14: Prilagojeni deli motorja za uporabo biodizla (Martini, 1997: 53)

2.8.1 Konstruktivske smernice razvoja dizelskih motorjev za uporabo biodizla

Razvoj uporabe rastlinskih olj za gorivo je šel po navedbah Martinija (1997) v dveh smereh: v smer prilagajanja motorja uporabi rastlinskih olj in v smer prilagajanja rastlinskih olj uporabi v dizelskem motorju.

Razvoj motorjev za uporabo biodizla mora potekati vzporedno z razvojem tehnologije predelave goriva. Sam princip delovanja dizelskega motorja je star več kot sto let, pravzaprav so bili prvi dizelski motorji kmalu prilagojeni za delovanje na rastlinska olja.

Že od nekdaj je bil eden glavnih problemov zasnove dizelskega motorja ciklični proces mešanja goriva in zraka v zelo kratkem času. Zmes zraka in goriva nikoli ni dovolj heterogena, kapljice goriva v vbrizgani meglici pa nikoli niso dovolj drobne in razpršene (Martini, 1997).



Slika 15: Deli motorja, na katere lahko vpliva uporaba biodizla. (Martini, 1997: 64)

Gorivo in zrak prihajata v izgorevalni del valja ločeno in se tam mešata. Za mešanje je bilo razvitih več načinov z različnimi predkomorami, kar je privedlo do različnih konceptov motorjev. Pri razvoju motorjev sta pomembna motor z indirektnim vbrizgom in motor z direktnim vbrizgom. Indirektni vbrizg pomeni vbrizg goriva v predkomo, kjer nastane mešanica zraka in goriva. Ta sistem je imel nekaj ključnih pomanjkljivosti, ki so povzročile slabši izkoristek motorja (Martini, 1997).

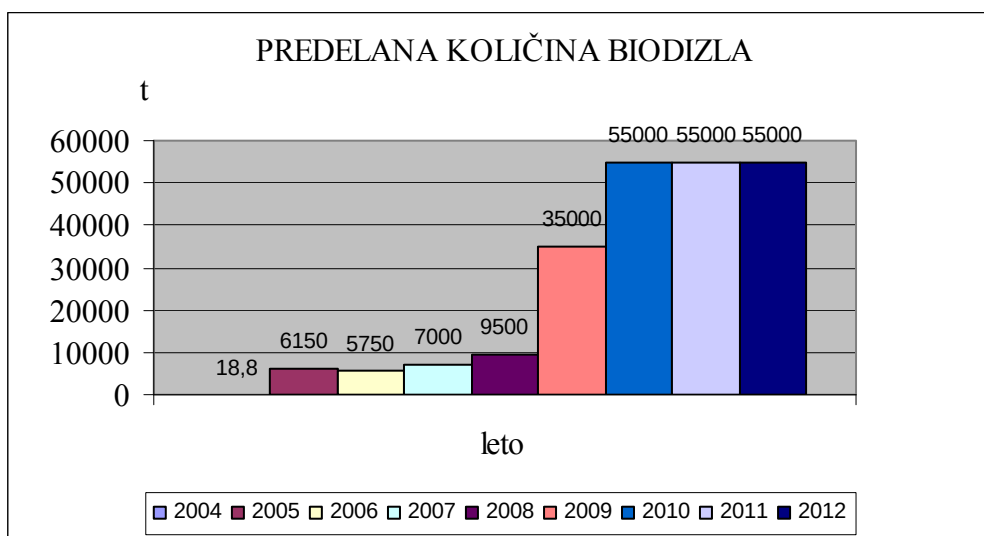
Pri motorjih z direktnim vbrizgom mešanica nastaja v samem zgorevalnem prostoru. Zaradi močno vpihanega zraka in spontanega vrtnčenja zmesi se gorivo ne more odlagati na stenah valjev. Nabiranje oblog preprečujejo tudi litoželezni bati, ki imajo med delovanjem visoko površinsko temperaturo, kar dodatno vzpodbuja zgorevanje mešanice. Reža med bati in pušami valjev je minimalna, kar razbremenjuje batne obročke in pomaga pri kompresiji. Pomanjkljivost teh motorjev je njihova velikost. Primerni so za uporabo čistih rastlinskih olj, vendar potrebujejo »ogrevalni« stadij (predgretje z grelnimi elementi ali dodatni vod za mešanico bencina in plinskega olja za delovanje pri nizkih obremenitvah). Šele potem lahko delujejo na rastlinsko olje. Poleg različnih tipov motorja in sistemov za vbrizg goriva pa na izražanje vplivov uporabe biodizla v dizelskih motorjih vplivajo še dejavniki, kot so skladiščenje, klimatske razmere, biološka razgradljivost in strupenost za vodne vire (Martini, 1997).

Rastlinska olja za uporabo v dizelskih motorjih prilagodimo z dokaj enostavnim procesom preestrenja. Fosilna goriva se v preteklosti praktično niso spreminjala, pri biogorivih pa je še veliko možnosti razvoja, kot so genska tehnologija in selekcija rastlin, krmiljenje procesov proizvodnje, mešanje in dodajanje aditivov. Prvi poskus je zagotovo mešanje fosilnih in rastlinskih goriv. Prvi poskusi s trojnimi mešanicami niso bili uspešni (mešanje rastlinskih olj, alkohola ali bencina in pospeševalcev vžiga). Današnji razvoj gre predvsem v smeri približevanja lastnosti biodizla plinskemu olju s čim manj porabljene energije za predelavo (Martini, 1997).

2.9 ORGANIZIRANA INDUSTRIJSKA PROIZVODNJA BIODIZLA V SLOVENIJI IN RAZVOJ

V Sloveniji se z raziskavami in proizvodnjo organizirano ukvarjata podjetji Petrol in Pinus, ki v skupnem projektu proizvajata biodizel, ga promovirata in poskušata tržiti. Pinus kot podjetje za proizvodnjo pripravkov za zaščito rastlin zelo dobro sodeluje s pridelovalci surovin, obenem pa kot kemična tovarna obvladuje postopek predelave v biodizel. V zadnjem letu največjo težavo predstavljajo rastoče cene surovin, saj rastlinska olja dobivajo pomen energetske surovine. Cena olja oljne ogrščice se je od januarja do decembra v letu 2007 povečala za 48%, v prvih petih mesecih leta 2008 pa še za dodatnih 58%. Svojo prihodnost Petrol in Pinus vidita v organiziranju pridelave surovin za lastne potrebe in v vključevanju držav bivše Jugoslavije v pridelavo in predelavo surovin.

Kljub rastočim cenam surovin pa nameravajo v letu 2010 doseči največjo zmogljivost svojega proizvodnega sistema (Svoljšak, 2008).



Slika 16: Proizvedena količina biodizla v Sloveniji (Partlič, 2008)

Petrol kot partner skrbi za kontrolo kakovosti, distribucijo, promocijo in trženje. Od leta 2004 se Petrol ukvarja s preučevanjem tehnologije, zahtevami po kvaliteti in uvajanju evropske regulative na področje priprave goriv z biodizlom. Začel je dodajati 5% biodizla v plinsko olje in s tem izpolnil standard EN590. Težave, s katerimi se sooča to podjetje, so občasno neustrezna kakovost rastlinskega olja velikih dobaviteljev, nenadzorovana proizvodnja in uporaba s strani malih proizvajalcev biodizla in zahtevna ter draga priprava logističnih poti in opreme za distribucijo biodizla. Na področju zagotavljanja kvalitete je problem omejena primernost za uporabo v zimskih razmerah, težko pridobivanje certifikatov kakovosti goriva s strani proizvajalcev in zahtevna vstopna kontrola surovin. Pri trženju biodizla je največja težava nezaupanje uporabnikov. Na področju tehnologije uporabe biodizla pa je problem občutljivost natančnih motorjev s sistemom skupnega voda za gorivo. Redno prodajo na bencinskih servisih poskušajo z enega razširiti na več servisov, vendar je omejitev letna prodana količina, ki mora biti najmanj 1 milijon litrov. Trenutno Petrol toči B100 biodizel samo na enem bencinskem servisu. Na 20% ustrezno opremljenih servisov pa točijo B5, ki ga mešajo v treh lastnih distribucijskih centrih. V letu 2007 so za mešanje in direktno prodajo porabili skoraj 5280 ton biodizla (Svoljšak, 2008).

3 MATERIAL IN METODE DELA

V diplomski nalogi smo želeli izračunati, ali razpoložljive površine za pridelavo oljne ogrščice zadostujejo za samooskrbo slovenskih traktorjev z biodizlom. Do rezultata smo prišli s primerjavo dveh ključnih podatkov: potrebne količine biodizla in potencialno razpoložljive količine biodizla iz lastne pridelave in proizvodnje. Potrebno količino biodizla smo izračunali na osnovi rezultatov analize slovenskega traktorskega parka. Podatke o traktorskem voznem parku smo pridobili z Ministrstva za notranje zadeve in Ministrstva za promet Republike Slovenije. Uporabili smo več evidenc. Z Ministrstva za notranje zadeve evidence o registriranih traktorjih, Z Ministrstva za promet pa evidence izdanih homologacij za prvič registrirane nove in rabljene traktorje. Zajeti so registrirani traktorji na dan 31.12.2005 in novo registrirani traktorji od 01.01.2006 do 31.05.2008. To bazo podatkov smo uredili in analizirali. Zbiranje in urejanje podatkov je bilo zaradi različnih evidenc in različnih zapisov podatkov zelo zapleteno. Primer: po podatkih Statističnega letopisa je bilo v Sloveniji leta 2005 103756 vseh traktorjev (del je neregistriran, zato je točnost podatka vprašljiva); za leto 2007 podatek ni znan. Zato tega podatka nismo upoštevali pri izračunih. Traktorje smo razvrstili po kriterijih leta prve registracije, tipa traktorja (proizvajalec) in ustreznosti za uporabo različnih vrst biodizla.

Za izračun letne potrebne količine biodizla smo potrebovali podatek o povprečnem letnem številu delovnih ur traktorja in podatke o povprečni porabi goriva na uro. Po podatkih ankete o stanju traktorjev na slovenskih kmetijah v povprečju traktorji naredijo 280 delovnih ur letno. Povprečna poraba goriva na traktorsko uro v Sloveniji je po podatkih Kmetijskega inštituta Slovenije (Poje in sod., 2006) 4,2 l/h. Nemški podatek iz zbornika KTBL za povprečno porabo goriva pri delu s traktorjem (cit. Poje in sod., 2006) je 4,4 l/h. Pri izračunu smo upoštevali slovenski podatek, saj je traktorski park v Nemčiji bistveno mlajši kot v Sloveniji. Večina traktorjev, ki lahko uporabljajo čist biodizel, je izdelana po letu 2005, torej lahko potegnemo vzporednico med povprečno porabo goriva in primernostjo za uporabo biodizla. Ker je delež takih traktorjev pri nas relativno majhen, smo vseeno upoštevali slovenski podatek.

Razpoložljivo količino biodizla in največjo potencialno površino, zasejano z oljno ogrščico, smo izračunali iz podatkov SURS o kmetijskih površinah in pridelkih oljne ogrščice v Sloveniji. Pri tem smo naleteli na dve različni oceni in naredili še tretji izračun o potencialnih razpoložljivih površinah za pridelavo oljne ogrščice.

Primerjali smo razpoložljivo količino biodizla iz lastne pridelave in predelave ter potrebno količino za zadovoljitev lastnih potreb po biodizlu.

4 REZULTATI

4.1 ANALIZA TRAKTORSKEGA PARKA V SLOVENIJI

Za izračun potrebne količine biodizla smo zajeli 90% najbolj zastopanih tipov registriranih traktorjev v Sloveniji. Skupaj je to 80496 traktorjev. Traktorje, ki smo jih zajeli v analizo, smo razvrstili v tri skupine glede na primernost za uporabo posamezne vrste biodizla.

Preglednica 10: Število registriranih traktorjev v Sloveniji glede na vrsto goriva, ki ga lahko uporabljajo

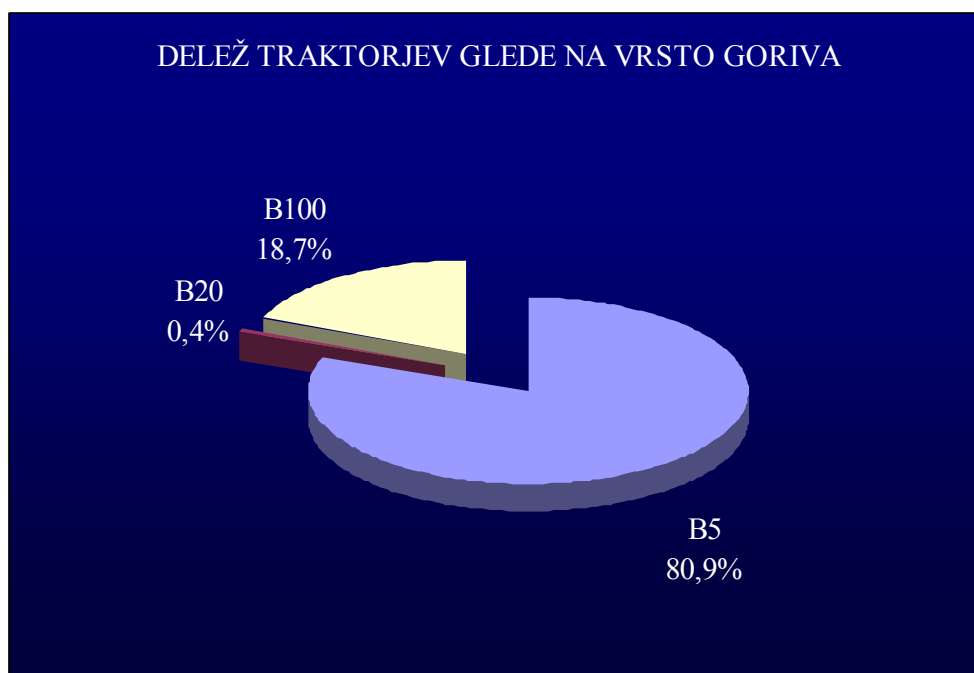
	Skupaj	B5	B20	B100
Tip traktorja	80496	65141	294	15061
AGROMEHANIKA	333	333		
ANTONIO CARRARO	775	775		
DEUTZ-FAHR	2824			2824
FENDT	606	606		
FIAT	2763	2763		
GOLDONI	592	592		
HURLIMANN	723			723
IMT	20882	20882		
JOHN DEERE	1101	645	160	296
LAMBORGHINI	1313			1313
LANDINI	992	992		
LINDNER	436	436		
MASSEY-FERGUSON	1601		134	1467
McCORMIK	266	266		
NEW HOLLAND	1990			1990
PASQUALI	2249	2249		
SAME	2777			2777
STEYR	3379			3379
ŠTORE	3499	3499		
TOMO VINKOVIČ	1393	1393		
TORPEDO	6625	6625		
UNIVERSAL	6112	6112		
URSUS	4502	4502		
ZETOR	12763	12471		292
	Skupaj	B5	B20	B100

Razlike v razvoju motorjev v smislu prilagajanja na uporabo biodizla so med posameznimi proizvajalci velike in presenetljive. Presenečajo predvsem italijanski proizvajalci manjših traktorjev, ki ne sledijo trendu velikih evropskih in ameriških proizvajalcev ali skupin proizvajalcev.

Najnaprednejši proizvajalci v vse modele traktorjev od leta 2005 naprej že vgrajujejo motorje in sisteme za gorivo, ki omogočajo uporabo čistega biodizla B100. Obenem ti proizvajalci lastnikom starejših modelov ponujajo complete nadomestnih delov za prilagoditev traktorjev za uporabo čistega biodizla (Deutz-Fahr, Hurlimann, New Holland, Steyr, Same).

V drugo skupino lahko uvrstimo tiste, ki od leta 2005 ponujajo traktorje, prirejene za uporabo biodizla, v starejših modelih pa uporabe ne priporočajo (John Deere, Massey Ferguson, Zetor).

V zadnji skupini so ostali, ki zagotavljajo normalno delovanje motorjev starih in najnovejših modelov izključno ob uporabi plinskega olja z že standardno dodanimi 5% biodizla B5. Žal je v Sloveniji največ (65141) ravno takih traktorjev (Fiat, Pasquali, Antonio Carraro, Lindner, Fendt...).



Slika 17: Delež traktorjev v Sloveniji glede na vrsto goriva

4.2 SAMOOSKRBA SLOVENSKEGA KMETIJSTVA Z BIODIZLOM

4.2.1 Izračun potrebne količine biodizla

Izračun potrebne količine biodizla za samooskrbo kmetijstva smo izvedli po analizi traktorskega parka. Upoštevali smo podatke o primernosti uporabe biodizla za 90% najbolj zastopanih tipov traktorjev. V nekaterih je mogoča uporaba 100% biodizla (B100), v nekaterih 20% (B20) in v ostalih 5% (B5). Temu ustrezno smo preračunali količino biodizla.

Izračun potrebne letne količine goriva za traktorje, zajete v analizo:

$$4,2 \text{ l/h} \times 280 \text{ h} \times 80496 \text{ reg. traktorjev} = 94663296 \text{ l} \quad \dots(4)$$

$$94663296 \text{ l} \times 0,86 \text{ kg/l} = 81410434 \text{ kg (81410 t goriva letno)} \quad \dots(5)$$

Povprečna poraba goriva za traktor je v Sloveniji 4,2 l/h. Traktor letno dela povprečno 280 delovnih ur (4). Olje oljne ogrščice ima gostoto 0,86 kg/l, za 80496 traktorjev letno torej potrebujemo 81410 t goriva (5).

Preglednica 11: Registrirani traktorji v Sloveniji ter predvidena skupna poraba goriva in delež biodizla

	Skupaj	B5	B20	B100
Traktorji (število)	80496	65141	294	15061
Gorivo skupaj (t)	81410	65881	297	15232
Biodizel - delež (t)	19104	3386	61	15657

Preglednica 12: Parametri za izračun potrebnih zasejanih površin oljne ogrščice

Gorivo (skupna letna poraba) (t)	81410
Biodizel (letna poraba)(t)	19104
Potreben pridelek olja (t)	19104
Izplen olja pri stiskanju (%)	40 %
Potreben pridelek semena t	47760
Pridelek semena 2002-2007 (t/ha)	2,3
Potrebne posejane površine (ha)	20765

4.2.2 Izračun potrebne površine za pridelavo oljne ogrščice

Za zadovoljitev potreb traktorjev, zajetih v analizo, bi potrebovali 19104 t biodizla, kar pomeni enako količino olja oljne ogrščice. Količina biodizla, enakovredna 18586 t plinskega olja je ob 8,2% manjši energetske učinkovitosti in 5% večji specifični gostoti biodizla 19104 t (6).

$$18586 \text{ t} \times 1,082 = 20110 \text{ t}$$

$$20110 \text{ t} - (20110 \text{ t} \times 0,05) = 19104 \text{ t} \quad \dots(6)$$

Ob 40% izplenu olja pri stiskanju bi morali pridelati 46456 t semena oljne ogrščice (7).

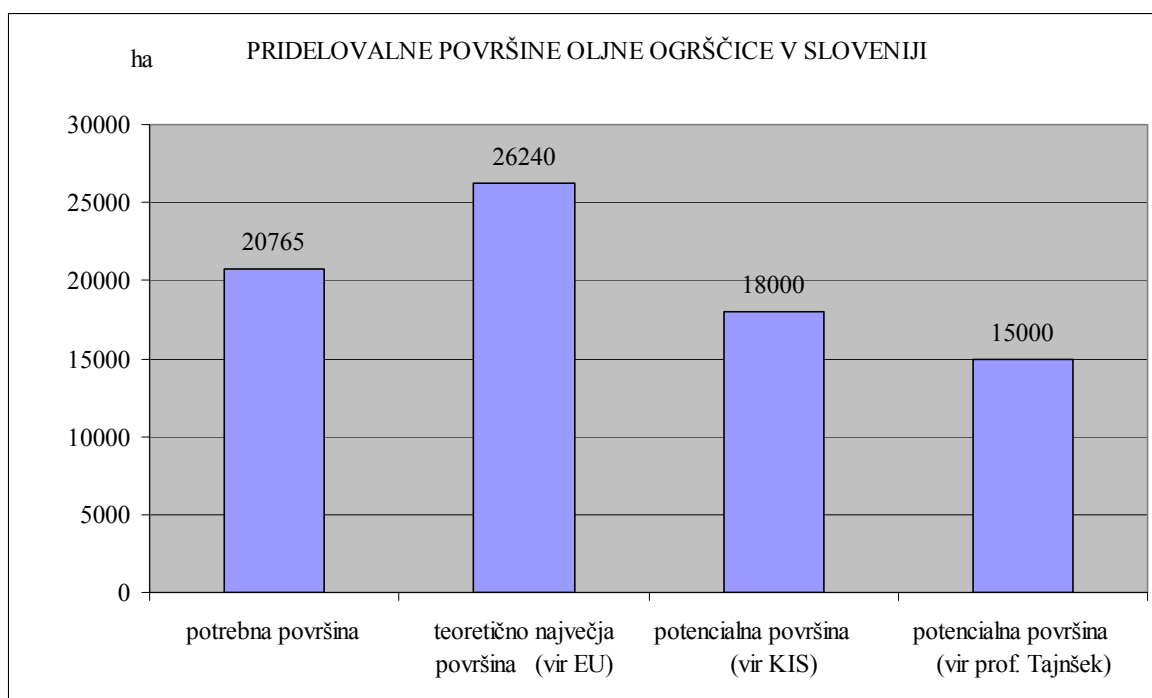
Izračun potrebne površine za pridelavo oljne ogrščice za pokritje lastnih potreb po biodizlu:

$$19104 \text{ t} \div 0,4 = 47760 \text{ t} \quad \dots(7)$$

Povprečni pridelek zadnjih petih let je bil 2,3 t/ha. Za pridelavo 46465 t semena bi morali zasejati 20765 ha kmetijskih površin (8).

$$47760 \text{ t} \div 2,3 \text{ t/ha} = 20765 \text{ ha} \quad \dots(8)$$

Izračun potrebne količine biodizla za pokritje potreb kmetijstva kaže, da Slovenija nima dovolj kmetijskih površin, ki bi bile lahko namenjene pridelavi oljne ogrščice kot energetske surovine. Največja potencialna površina, ki jo omenjajo strokovnjaki Kmetijskega inštituta Slovenije, je 18000 ha. Po predvidevanjih Evropske komisije naj bi v EU z oljno ogrščico, pridelano v energetske namene, zasejali največ do 15% vseh obdelovalnih površin, kar pri nas pomeni preko 26000 ha. Vendar ta številka je samo teoretična, dejanska površina pa je po podatkih študije prof. Tajnska največ 15000 ha.



Slika 18: Pridelovalne površine oljne ogrščice v Sloveniji – primerjava izračunov različnih institucij

5 RAZPRAVA IN SKLEP

Iz rezultatov analize razpoložljivih površin in glede na stanje traktorskega parka v Sloveniji lahko zaključimo, da ni mogoča samooskrba z biodizlom iz potencialno pridelane količine semena oljne ogrščice. Za zagotovitev potrebnih količin biodizla za lastne potrebe v kmetijstvu bi morali poseči po uvoženem olju oljne ogrščice ali po drugih surovinah. To so odpadna olja prehranske industrije in gostinstva ter odpadne živalske maščobe mesno predelovalne industrije. S tem bi odpadki koristno uporabili v energetske namene.

V izračune potrebnih količin goriva smo zajeli samo registrirane traktorje v Sloveniji (90 % najbolj zastopanih tipov). Za te traktorje namreč obstajajo točni podatki o tipu in letniku proizvodnje, na osnovi česar lahko določimo primernost za uporabo biodizla. Po navedbah strokovnjakov Kmetijske svetovalne službe Slovenije se skupno število traktorjev v Sloveniji giblje okoli 103000, torej so potrebe po biodizlu še večje od dejansko izračunanih (19104 t). Vendar ne vemo točnega števila, tipov in starosti neevidentiranih traktorjev. Za te traktorje lahko ugotovimo samo, da lahko uporabljajo vsaj standardno plinsko olje z že primešanimi 5% biodizla. Tudi točnih podatkov o proizvodnji biodizla ni mogoče dobiti, saj se kar nekaj manjših pridelovalcev s predelavo ukvarja neevidentirano.

Ob tem dejstvu se poraja vprašanje kvalitete biodizla, ki je ključna za normalno delovanje motorjev. Drugo vprašanje, ki si ga ob tem dejstvu lahko zastavimo, pa je ekološka ustreznost in varnost domače pridelave, saj so za preestrenje potrebne okolju in ljudem nevarne snovi, nastajajo pa tudi stranski proizvodi.

Poraba energije pri predelavi olja oljne ogrščice je odvisna od tehnologije. Za pridobivanje kilograma biodizla s CD tehnologijo je potrebno 2,4 kWh energije. Če kot vir energije uporabimo tudi odpadno biomaso pridelave oljne ogrščice, se razmerje med vloženo in pridobljeno energijo spusti na 15%, kar je primerljivo z deležem potrebne energije za predelavo surove nafte v plinsko olje. Ob tem je pomemben ekološki vidik, saj izgorevanje plinskega olja ni CO₂ nevtrarno. Zmanjšanje CO₂ emisij je pri pridobivanju biodizla praktično 65% do 80%. Z ekološkega zornega kota so pomembni tudi stranski proizvodi preestrenja. Po ekstrakciji 1 kg olja oljne ogrščice ostane okoli 1,5 kg tropin, uporabnih kot visokovredna beljakovinska živalska krma. Pomembno pa je, da je surovina za predelavo seme oljne ogrščice sort »00« z vsebnostjo eruka kisline pod 2% in vsebnostjo glukozinolatov v tropinah pod 0,5%. Po preestrenju ostane še približno 0,1 kg glicerina, ki je surovina v farmacevtski industriji.

Zaključimo lahko, da celotno stanje v Sloveniji ni najbolj pregledno. To velja tako za evidence traktorjev (na kar opozarja tudi specialist za kmetijsko tehniko mag. Marjan Dolenšek), kot za evidence pridelovalcev biodizla. Vsekakor pa bi morali izkoristiti potencial, ki je na voljo, ter iz vseh treh surovin organizirano pridelovati biodizel. Kazalci rasti proizvodnje biodizla v Evropski uniji kažejo močno navzgor, saj se letne pridelane količine v EU iz leta v leto povečujejo tudi za več kot 200%. V Sloveniji bi z vzpodbujanjem organizirane proizvodnje od surovine do končnega proizvoda lahko odločilno prispevali k energetske neodvisnosti kmetijstva in uresničevanju okoljske obveznosti o zmanjševanju emisij CO₂.

6 POVZETEK

Od izuma motorja z notranjim izgorevanjem potrebe po tekočih fosilnih gorivih stalno naraščajo. Več kot sto let za zagotavljanje energetskega potreb izkoriščamo fosilna goriva. Ta vir energije ni neizčrpen in enakomerno dosegljiv vsem uporabnikom, kar povzroča vedno pogostejše energetske krize in posledično vedno višje cene fosilnih goriv. Na drugi strani je posledica uporabe fosilnih goriv vedno izrazitejši učinek tople grede.

Rešitev problema je mogoče iskati v alternativnih in obnovljivih virih energije. Poleg energije sonca, vetra in vode je biomasa najpomembnejši in najperspektivnejši alternativni vir energije. Izkoriščanje energije biomase je mogoče na več načinov: s pridobivanjem in izkoriščanjem bioplina, z izkoriščanjem lesne biomase za ogrevanje in s pridelavo oljnic, žit ter sladkornega trsta za pridobivanje biogoriv.

Tehnologija predelave rastlinskih olj in tehnična dovršenost dizelskih motorjev uvrščata biodizel na prvo mesto med biogorivi. Argumenti v prid pridelavi in uporabi biodizla so pozitivna energetska bilanca, zaprt krog CO₂ pri proizvodnji in uporabi biodizla, zelo majhne emisije izpušnih plinov, biološka razgradljivost in nestrupenost, odsotnost žvepla, pozitivni učinek na pridelovalne površine, pozitivni gospodarski učinek na kmetijska gospodarstva in tržno sprejemljivi stroški pridelave ter predelave v primerjavi s plinskim oljem.

Za izkoriščanje vseh prednosti biodizla je potrebna ustrezna kakovost in tehnološka dovršenost postopka predelave. Pomemben dejavnik pri preestrenju rastlinskega olja v biodizel je poraba energije v samem postopku, saj bistveno vpliva na energetsko bilanco biodizla. V Evropi je več proizvajalcev opreme in razvojnih centrov za predelavo biodizla. V Leeru v Nemčiji so razvili postopek preestrenja pri nizki temperaturi. Nizozemski proizvajalec opreme Bioking pa proizvaja sisteme, ki v reaktorju s pomočjo kavitacije v magnetnem polju z neprekinjenim preestrenjem zelo skrajša sam postopek in s tem prihrani veliko energije. Moderni, tehnološko dovršeni in energetsko učinkoviti sistemi zagotavljajo stalno visoko kakovost biodizla. Ta je ključna za nemoteno uporabo v motorjih. Kljub splošni podobnosti biodizla in plinskega olja ima biodizel določene lastnosti, ki negativno vplivajo na sestavne dele motorja. Ključne lastnosti so: viskoznost, higroskopičnost, gostota, vsebnost kisika in odsotnost žvepla. Zaradi teh posebnosti so potrebne prilagoditve dizelskih motorjev, predvsem materialov za vode goriva, tesnila, dele črpalk za gorivo in motornih ležajev. Končni rezultat ustrezno prilagojenih motorjev pa so nemoteno, gospodarno in okolju prijazno delovanje.

Vsi ti argumenti so privedli do pospešenega uvajanja uporabe biodizla in podpore s strani zakonodaje v okviru EU. V Evropi je uporaba najbolj razširjena v Nemčiji. V Sloveniji glede uvajanja biogoriv sledimo predpisom EU.

Cilj ekološko osveščene in gospodarsko razvite države pa ni samo doseganje evropskih okoljevarstvenih standardov in spoštovanje kjotskega protokola o zmanjšanju emisij toplogrednih plinov. Pomembna cilja sta tudi iskanje gospodarskih priložnosti in energetsko osamosvajanje. S tem namenom smo ovrednotili potencialne pridelovalne površine za pridelavo oljne ogrščice in analizirali registrirani traktorski vozni park v Sloveniji. Z upoštevanjem evropskih priporočil za pridelavo oljnic je v Sloveniji letno lahko z oljno ogrščico posejanih največ 26240 ha. Vendar se ocene strokovnjakov Kmetijskega inštituta Slovenije (18000 ha) in prof. Tajnska (največ 15000 ha) bistveno razlikujejo od največjih teoretično razpoložljivih evropskih. Potrebe po biodizlu za

samooskrbo kmetijskih traktorjev v Sloveniji so izračunane na 19104 t. Za pridelavo surovine za to količino biodizla bi morali z oljno ogrščico vsako leto zasejati 20765 ha kmetijskih površin. Pomemben je tudi podatek, da je poleg evidentiranih v Sloveniji še okoli 23000 neevidentiranih traktorjev. Pri izračunu potrebne količine biodizla smo upoštevali 90% registriranih traktorjev, ki bi za pogon lahko uporabljali čisti biodizel (B100), 20% biodizla v plinskem olju (B20) in tiste, ki lahko uporabljajo le standardno plinsko olje, ki že vsebuje 5% biodizla. Kot velik proizvajalec biodizla trenutno delujeta skupaj le Petrol in Pinus Rače. Poleg njiju je v Sloveniji še nekaj neevidentiranih malih proizvajalcev biodizla brez kontrole kakovosti in evidentiranih pridelanih količin.

Perspektiva Slovenije in velika poslovna priložnost je zagotovo organizirana proizvodnja biodizla z izkoriščanjem vseh surovin za proizvodnjo. Ključnega pomena za pozitivno trženje pa bi bila evidenca pridelovalcev s kontrolirano pridelavo in pregledno dejansko stanje traktorjev, ki biodizel lahko uporabljajo.

7 VIRI

1. Bernik R. 2004. Tehnika v kmetijstvu. Traktor, Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 114 str.
2. BiodieselFilligStations, 2008.
<http://www.biodieselfillingstations.co.uk/approvals.htm> (28. maj. 2008)
3. Bioenergie Mureck:
<http://www.seeg.at/alt.php>, 2008 (08. jun. 2008)
4. Bioenergy. 2008.
<http://europa.eu/scadplus/leg/en/lvb/l28175.htm> (28. avg. 2008)
5. Bioking PRO. 2008.
<http://www.bioking.nl> (14. maj. 2008)
6. Carbon Labelling CO₂ Star. 2008.
<http://www.co2star.eu> www.co2star.eu (12. avg. 2008)
7. Conergy PowerWind 56 in Bremerhaven. 2008.
<http://www.conergy.de/PortalData/1/Resources/produkte/windkraft/pdf/PowerWind56-TD-GER-0711.pdf> (13. jun. 2008)
8. Eder B., Eder F. 2006. Pflanzenöl als Kraftstoff. 3. izdaja. Staufen bei Freiburg i. Br., Ökobuch Verlag: 112 str.
9. European Biodiesel Board, 2008. Predelava biodizla v državah EU leta 2006.
<http://www.ebb-eu.org/stats.php#>, (05. sept. 2008)
10. Fone N., 2006. Run on rape: which tractor models are up for biodiesel, Farmers weekly interactive.
<http://www.fwi.co.uk/Articles/2006/12/12/100076/run-on-rape-which-tractor-models-are-up-for-biodiesel.html>, (12. jun. 2008)
11. Godeša T., Poje T., Jejčič V. 2006. Primerjava nekaterih uporabnih karakteristik motorja traktorja pri uporabi biodizla, izdelanega v pogojih decentralizirane proizvodnje in mešanic s plinskim oljem. V: Novi izzivi v poljedelstvu 2006. Zbornik simpozija, Rogaška slatina, 7., 8. dec. 2006. Godeša T., Poje T., Jejčič V. (ur.), Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije, Oddelek za kmetijsko tehniko: 33-40
12. Hauke W. 1996. Energetische Nutzung von Biomasse. V: Energieversorgung und Landwirtschaft. KTBL – Arbeitspapier 235. Darmstadt KTBL: 105-123
13. Heier S. 1989. Nutzung der Windenergie: e. Informationspaket. BINE Fachinformationszentrum Karlsruhe: 62 str.
14. Installation of a production plant for 60000 t/y biodiesel (metyl ester) from rapeseed oil in Leer, 2008.
http://ec.europa.eu/energy/res/sectors/doc/bioenergy/biodiesel/030bm_446_93.pdf (12. jun. 2008)
15. Jejčič V. 2003. Poročilo za strokovno nalogo »Poraba goriv v kmetijstvu«. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 30 str.

16. Jejčič V. 2005. Biodizel – priložnost za slovensko gospodarstvo in kmetijstvo. *Tehnika in narava*, 9, 4: 28-29
17. Jejčič V. 2006. Možnosti decentralizirane proizvodnje olja za biodizel. *Tehnika in narava*, 10, 4: 24-25
18. Jejčič V. 2007. Lastna oljarna na kmetiji. *Tehnika in narava*, 11, 2: 27-28
19. Jejčič V. 2008. Čiščenje rastlinskega olja za energetske namene. *Tehnika in narava*, 12, 3: 25-26
20. Kjotski protokol. 2008.
<http://www.konvencije.mop.gov.si/kiot1.pdf>
21. Kocjan Ačko, D. 2006a. Ozimna oljna ogrščica – energetske najobetavnejša oljnica zmerne pasu. *Kmečki glas*, 63, 21: 9
22. Kocjan Ačko, D. 2006b. Ozimna oljna ogrščica / *Brassica napus L. var. napus* / v svetu in pri nas ter možnosti za ekološko pridelavo in predelavo. *Biodar*, 6, 1: 10-13
23. Kralj P. 2008 Slovenija in obnovljivi viri energije. *Delo FT*, 114: 13
24. Kuhn E. 1996. Biogasgewinnung aus Wirtschaftsdünger und Abfällen zur Verwertung – Nutzen, Energiepotential und Hemmnisse. V: *Energieversorgung und Landwirtschaft*. KTBL – Arbeitspapier 235. Darmstadt KTBL: 64-82
25. Martini N. 1997. Plant oils as fuels: present state of science and future developments. V: *Proceedings of the symposium held in Potsdam, 1997*. Berlin, Springer-Verlag: 33-76
26. Medved S., Novak P. 2000. Varstvo okolja in obnovljivi viri energije. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo: 231 str.
27. Meliss M. 1997. Regenerative Energiequellen: Praktikum. Berlin, Springer-Verlag: 149 str.
28. Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije, Direktorat za evropske zadeve in investicije, Sektor za aktivnosti učinkovite rabe in obnovljivih virov energije. 2008. Obnovljivi viri energije.
<http://www.aure.si/index.php?MenuID=112&MenuType=C&lang=SLO&navigacija=on> (24. jun. 2008)
29. National Biodiesel Board, USA. 2008.
<http://www.biodiesel.org>, Biodiesel emissions. (brez datuma)
30. Obnovljivi viri energije, AURE, 2008.
<http://www.aure.si/index.php?MenuID=112&MenuType=C&lang=SLO&navigacija=on> (10. jun. 2008)
31. Orth W.H. 1980. Nutzung von Niedertemperaturwärme. Alternative Energienutzung. KTBL – Schrift 252. Darmstadt KTBL: 58-79
32. Owen K. 1995. Automotive fuels reference book. Warrendale, PA, Society of Automotive Engineers: 963 str.

33. Partlič, Z. 2008. Proizvodnja biodizla v Pinus TKI d.o.o. in Bio goriva d.o.o. Carbon Labelling International Workshop, Ljubljana 20. maj 2008.
<http://www.co2star.eu/events/slovenia/Partlic.pdf> (24. jun. 2008)
34. Patent za dizelski motor Rudolfa Diesla. Wikipedia. 2008.
http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Lumbar_patent_dieselengine.jpg (14. mar. 2008)
35. Pinus – TKI d.d.
http://www.pinus-tki.si/sl/Zakonodaja_EU/ (28. maj 2008)
36. Poje T. 2006. Tehnično stanje traktorjev na slovenskih kmetijah. *Acta agriculturae Slovenica*, 87, 2: 343-354
37. Poje T., Jejčič V., Cunder T. 2006. Tehnično stanje traktorjev na slovenskih kmetijah. *Acta agriculturae Slovenica*, 87,2: 355-364
38. Poslanska vprašanja in pobude DZ Republike Slovenije.
<http://www.dzrs.si/index.php?id=94&o=220&sb=2&unid=VPP%7C15402288D9915E79C125728800478BFE&showdoc=1> (14. avg. 2008)
39. Short introduction to »How to make biodiesel«, 2008.
http://www.bioking.nl/how_to_make_biodiesel.htm (12. jun. 2008)
40. Statistični letopis Republike Slovenije 2007.
http://www.stat.si/letopis/2007/16_07/16-08-07.htm?jezik=si (18. jun. 2008)
41. Svoljšak M. 2008. Uvajanje evropske direktive za biogoriva v Sloveniji – izkušnja Petrola. Carbon Labelling International Workshop, Ljubljana 20. maj 2008,
<http://www.co2star.eu/events/slovenia/Svoljsak.pdf> (24. jun. 2008)
42. Tajnšek T. 1986. Oljna ogrščica in sončnica. Ljubljana, Kmečki glas: 103 str.
43. Tajnšek T. 2008. Energetska bilanca oljnic in možnosti za proizvodnjo biodizla. Projekt BIODIESEL – Slovenija, Rače 12. julij 2008.
44. Tehnični servisni bilten VUE0010504. Sistem za pogon vozila na utekočinjen zemeljski plin in neosvinčeni bencin. Ford Motor Company, 1999: 1
<http://etis.warley.fordstar.com/tsb/tsbView.do?regionalNumberYear=1999&print=true> (16. sep. 2008)
45. The German market. 2008.
<http://www.biokraftstoffverband.de/vdbi/allabout/market.html>, (12. jun. 2008)
46. Uredba o nadzoru tehnične brezhibnosti motornih in priklopnih vozil, s katerimi se opravljajo prevozi v cestnem prometu Ur.l. RS, št. 113/2003.
http://www.pisrs.si/predpis.aspx?p_rD=r05&p_predpis=URED1955 (07. sept. 2008)

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Rajku Berniku za posredovano znanje, vzpodbudo in sodelovanje pri izdelavi diplomske naloge.

Mag. Karmen Stopar se zahvaljujem za pomoč pri tehničnem oblikovanju diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi staršem, ki so mi omogočili študij in družini, ki je z razumevanjem spremljala moje delo.

