

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Марко П. Стевановић

Биодизел гориво

Завршни рад

Крагујевац, 2014.



Назив студијског програма: Машинско инжењерство
Ниво студија: Основне академске студије
Модул: Друмски саобраћај
Предмет: Погонски материјали транспортних средстава
Број индекса: 30/2009

Марко П. Стевановић
Биодизел гориво
Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Александар Давинић -ментор
2. Проф. др _____
3. Проф. др _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Rezime:

Биогорива, биодизел и биоетанол су течна горива, произведена из пољопривредних култура, као обновљивих ресурса. Код нас је више заступљен биодизел. Биодизел се добија из биљних уља (соје, уљане репице, сунцокрета, палме), као и из отпадних уља и масти, процесом трансестерификације, уз присуство катализатора. По хемијском саставу је мешавина метил естара масних киселина. Ово гориво јесте брзо обновљиви извор енергије. Гориво је нижег енергетског садржаја, али садржи већи проценат кисеоника што помаже бољем сагоревању. У потпуности може да замени фосилно гориво у моторима са унутрашњим сагоревањем. У овом раду биће приказане предности и недостаци употребе биогорива, посебно биодизела, у односу на фосилна горива.

Ključne reči:

Дизел мотор, биогориво, биодизел

Abstract:

Biofuels, biodiesel and bioethanol are a liquid biofuels processed from agricultural crops and other renewable feedstock. A biodiesel is more in use in our country. Biodiesel is obtained from vegetable oils (soybeans, rapeseed, sunflowerseed, palm), as well as from waste oils and fats with the trans-esterification process, in the presence of catalyst. The chemical composition of this fuel is a mix of metal ester of greases acids. This fuel is a fact renewable source of the energy. A fuel is minor energetic value, but it contains a higher degree of the oxygen what helps a better combustion. This fuel can be used instead of fossil fuels in internal combustion engines. At this work the advantages as well as the deficiency of the use of biofuels will be displayed, especially of biodiesel compared to the fossil fuels.

Key words:

Diesel engine, biofuel, biodiesel

У оквиру овог рада кандидат треба да прикаже:

- уводне напомене о горивима за дизел моторе,
- преглед главних карактеристика горива од утицаја на радни процес дизел мотора,
- технологију производње, карактеристике биодизел горива и важеће стандарде,
- предности и недостатке биодизел горива у односу на класично дизел гориво,
- закључна разматрања

Препоручена литература:

- [1] Моторна возила и мотори опрема, Пешић Р., Бања Лука – Крагујевац, 2008
- [2] БИОДИЗЕЛ производња и коришћење, Фурман Т. и остали, Нови Сад, 1995
- [3] Трактори и погонске машине, Часопис научног друштва, Нови Сад, 2009
- [4] Мотори и моторна возила погонски материјали, Пешић Р. и остали, Крагујевац, 2014

Крагујевац, датум

Ментор:
Проф. др Александар Давинић

Садржај

1.	Увод.....	5
2.	Радни процес дизел мотора.....	6
2.1	Принцип рада дизел мотора.....	7
2.2	Карактеристике дизел мотора.....	9
2.2.1	Врсте дизел мотора према начину образовања смеше.....	9
3.	Карактеристике дизел горива.....	11
4.	Регулатива и стандарди дизел горива у Србији.....	14
5.	Биодизел.....	18
5.1	Карактеристике биодизела.....	20
5.1.1	Енергетски биланс.....	22
5.2	Поступци за добијање биодизел горива.....	23
6.	Захтеви према алтернативним горивима за погон мотора СУС.....	27
6.1	Стандарди биодизел горива.....	28
7.	Перформансе возила са погонским горивом – мешавина дизела и биодизела.....	29
7.1	Убрзање од 0 до 100 km/h.....	30
7.2	Еластичност мотора.....	32
7.3	Биогорива у односу на дизел.....	33
7.3.1	Предности употребе биогорива.....	34
7.3.2	Недостаци употребе биогорива.....	36
7.4	Производња и коришћење биодизела у Србији.....	38
7.5	Политика ЕУ.....	39
8.	Закључак.....	40
9.	Литература.....	42

1. Увод

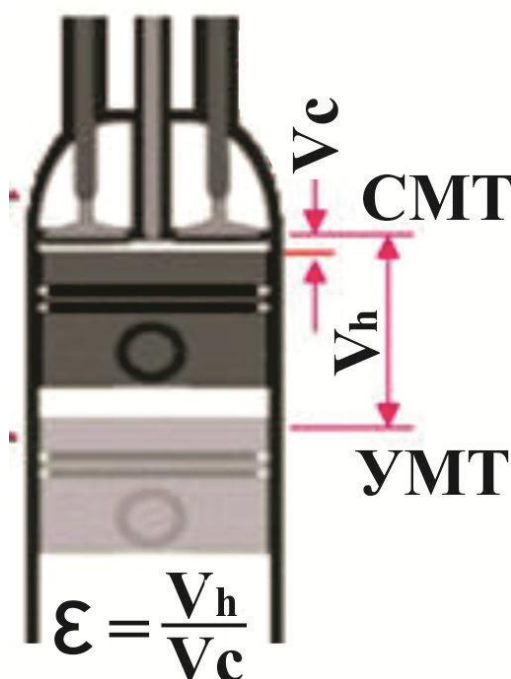
Немачки инжењер и иноватор Рудолф Кристијан Карл Дизел (Rudolf Christian Karl Diesel) (1858-1913) је први направио СУС мотор. У његову част се данас једна група мотора СУС назива дизел моторима.

Рудолф Дизел је још као младић био опчињен у то време коришћеним Леноир-овим мотором парним машинама. У току студија научио је од свог професора Линде, иначе тада чувеног иноватора, да топлотни мотори могу да достигну знатно боље карактеристике. Зато је 1890. године предложио изврсну идеју "Како може бити побољшан процес сагоревања". Његова идеја се састојала у томе да се у цилиндар уноси чист ваздух, да се тај ваздух сабија у цилиндру до притиска око 200 бара, када би се у њега убризгавало тешко гориво (сирова нафта или петролеум). Високи степен загрејаности сабијеног ваздуха изазвао би тренутно запаљење горива, путем процеса самопаљења (не постоји потреба за свећицом за производњу варнице). Међутим, принцип рада дизеловог мотора није за то време био тако прост, како то просто звучи. Претварање идеје у праксу стварало је много проблема, јер ни једна машина до тада није користила тако високи притисак и температру. У сарадњи са Машинефабрик Аугсбург (Maschinenfabrik Augsburg) (МАН) у Немачкој 1893. године био је покушај да се произведе први мотор, али је тај покушај био неуспешан. Утрошено је више година на усавршавању, да би 1896. године био произведен мотор са степеном искоришћења око 25% (много већи него код других машина тога времена). Међутим, прва успела конструкција мотора настала је у сарадњи са фирмом Круп из Есена 1897. године, када се и сматра настанак дизел мотора. Комерцијална производња мотора ишла је веома успорено, јер убризгавање горива помоћу сабијеног ваздуха захтевала је компликоване, тешке и скупе допунске уређаје, а настале су и тешкоће око признавања патента. Свему овоме је још доприносила и јако висока цена сирове нафте и петролеума. Заједно са Швајцарском компанијом Саурер 1908. године је произвео и мале моторе примењиве за возила. На крају кад је потпуно осиромашео и кад ни сам више није веровао у успешан развој свог мотора Дизел се одлучује на одлазак у смрт. Утопио се 29.09. 1913. године при прелазу у Енглеску.

Главни недостатак дизел мотора било је убризгавање горива у цилиндар посредством сабијеног ваздуха. Десетак година после смрти Рудолфа Дизела тачније 1922. године Роберт Бош (Robert Bosch) је одлучио да развије нови уређај за убризгавање горива у дизел мотор. Коришћењем већ стечених искустава из области производње пумпи за подмазивање, уз већ завидан ниво развоја алатних машина 1925. године се дефинише коначан облик пумпе. 1927. године почела је прва серијска производња пумпе, која је била способна да изведе потпуно захтевани задатак, а што је довело до поновног развоја дизел мотора и њихове широке примене.

2. Радни процес дизел мотора

Степен сабијања ($\epsilon = V_h/V_c$), као основна геометријска карактеристика мотора одражава меру промене запремине цилиндра при кретању клипа од УМТ (унутрашња мртва тачка) до СМТ (спољашња мртва тачка), односно степен сабијања радног тела (слика 1). Код дизел мотора величина степена сабијања је знатно већа него код ОТО мотора, а што се објашњава потребом за остварењем већег притиска свеже смеше код дизел мотора да би дошло до самопаљења убризганог горива. Радни циклус код дизел мотора се такође као и код ОТО мотора изводи у току четири такта.

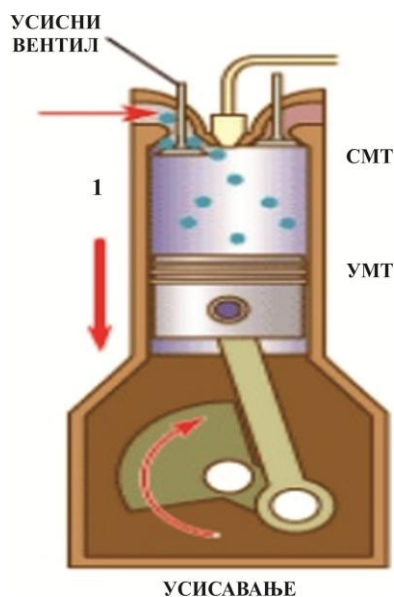


Слика 1- Геометријске карактеристике цилиндра

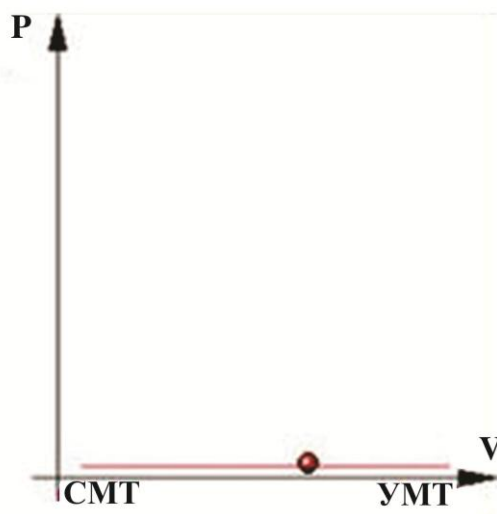
2.1 Принцип рада дизел мотора

Принцип рада дизел мотора се може приказати помоћу следећих слика.

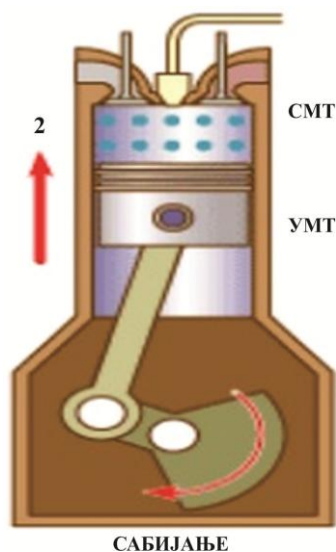
За време такта усисавања (слика 2) клип се креће од СМТ. За то време је посредством разводног механизма отворен усисни вентил и цилиндар се пуни ваздухом.



Слика 2- Такт 1 - усисавање



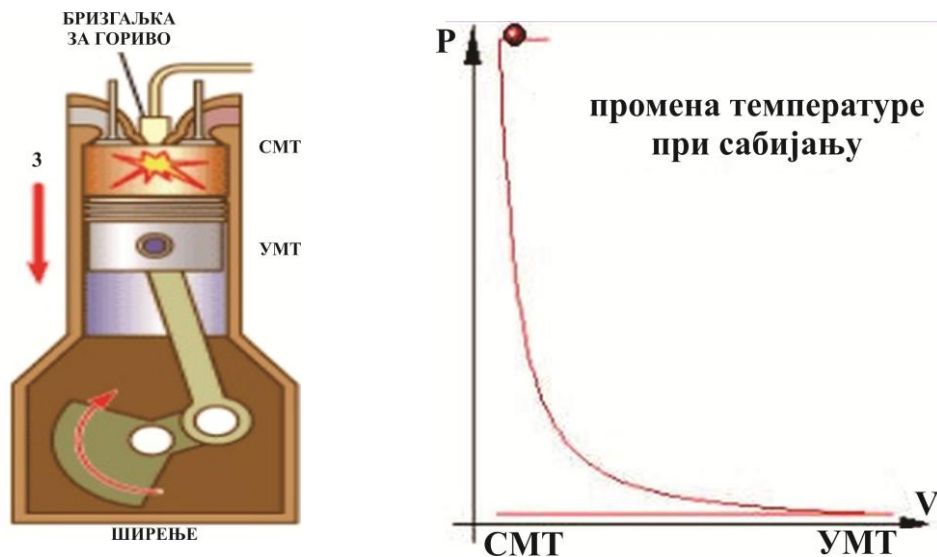
У такту сабијања (слика 3) разводни механизам држи затворена оба вентила (усисни, издувни), клип се креће од УМТ према СМТ. Ваздух се сабија, услед чега му расте притисак и температура.



Слика 3 -Такт 1 - сабијање

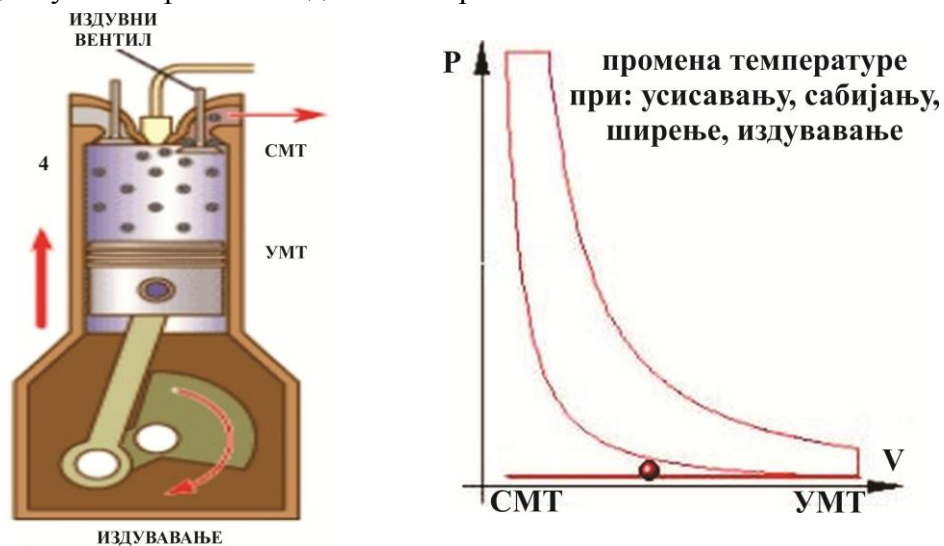


Доласком клипа у СМТ (у такту сабијања) посредством пумпе високог притиска у сабијени и вreo ваздух се убризгава одређена доза дизел горива. Услед високог степена загрејаности сабијеног ваздуха долази до самоупаљења убризганог горива и настанка активног процеса сагоревања (слика 4). Настали продукти сагоревања делују на клип и померају га према УМТ, стварајући користан рад. Ово је значи (као и код ОТО мотора) радни такт.



Слика 4 - Такт 3 - ширење

Доласком клипа у УМТ радно тело је одало највећи део енергије па се посредством разводног механизма отвара издувни вентил и радно тело се одводи у атмосферу (слика 5). Кретањем клипа према СМТ врши се потпуније истискивање радног тела. Доласком клипа у СМТ завршава се радни циклус четворотактног дизел мотор.



Слика 5 - Такт 1 - издувавање

Рад мотора се наставља истоветним следећим циклусом.

2.2 Карактеристике дизел мотора



Код дизел мотора, дозирање горива се врши хидрауличким убризгавањем горива под притиском. Један од посебних задатака убризгавања је да обезбеди распршивање убризганог горива како би се повећала укупна површина млаза горива и убрзало испаравање горива. Основни фактори који утичу на квалитет распршивања су: притисак убризгавања, закон убризгавања, конструкција брызгача, гориво са својим физичким својствима, притисак гаса у цилиндру. **Испаравање** горива следи одмах након распршивања које директно утиче на брзину испаравања. Време испаравања зависи од: средњег пречника капљица, температуре средине, релативне брзине, притиска средине и физичких својстава горива. Мешање горива и ваздуха је предуслов за

обављање сагоревања. Код дизел мотора је неопходно организовано вихорно кретање ваздуха, које се постиже још током усисавања, било обликом коморе, при крају сабијања, или често употребом и једног и другог захвата.

2.2.1 Врсте дизел мотора према начину образовања смеше

Основна подела је на:

а) дизел моторе са директним убризгавањем:

- са запреминским образовањем смеше (не производе се више)
- са филмским образовањем смеше.
- Предности *запреминских мотора са директним убризгавањем*: добра економичност, једноставност конструкције, стартовање мотора лако при хладном старту. Недостаци *запреминских мотора са директним убризгавањем*: "тврди" рад, велика бука мотора, конструкција система убризгавања је деликатна, емисија NO_x и дима је знатна, захтевају висок квалитет горива.

- Предности *мотора са директним убризгавањем и филмским образовањем смеше*: миран рад, добра специфична снага мотора, добра економичност, и добре еколошке карактеристике, умерени притисци убризгавања. Недостаци мотора са директним убризгавањем и филмским образовањем смеше: отежано стартовање мотора при хладном старту, сложенија конструкција цилиндарске главе, неопходно одржавање температуре зида мотора.

б) дизел мотори са индиректним убризгавањем:

- дизел мотори са вихорном комором
- дизел мотори са преткомором (ови мотори су одавно изашли из производње) .

- Предности дизел мотора са вихорном комором; миран рад, мања бука, мања димност, погодност за рад при већим бројевима обртаја, ниска токсичност, мања одговорност система убризгавања, могућност коришћења горива ширег квалитета. Недостаци дизел мотора са вихорном комором: лошија економичност, слабија стартност при хладном старту, веће термичко оптерећење и сложенија конструкција цилиндарске главе.

3. Карактеристике дизел горива

Код дизел горива веома су важне следеће карактеристике:

- **ниско-температурне карактеристике**
- **хемијска стабилност**
- **садржај сумпора**
- **карактеристике сагоревања**
- **филтрабилност**
- **температура паљења**
- **вискозност и**
- **мазивост**

Ниско-температурне карактеристике зависе од климатских услова одређених области, као и од конструкционих решења дизел мотора. Овде се ради о проблемима који се јављају код дизел мотора при експлоатацији на ниским температурама.

Хемијска стабилност дизел горива је од посебне важности у примени код дизел локомотива, које имају врло густ заштитни филтер, као и проблем старења код продуженог складиштења. У свету је изведено низ тестова убрзаног старења дизел горива, те на основу стабилних и нестабилних компоненти, као и адитива за побољшање стабилности, дошло се до сазнања о економичности производње дизел горива.

Садржај сумпора мора бити што мањи, због корозионог деловања и загађивања животне средине.

Најважнија карактеристика сагоревања ЦЕТАНСКИ БРОЈ (мерило запаљења горива). У дизел-мотору гориво се убризгава у простор у којем је компресовани и загрејани ваздух. Температура ваздуха је довољна за паљење горива при његовом контакту са ваздухом. Цетански број је својство које зависи од састава дизел горива, већи је што је више парафина и олефина, а мањи што је више аромата и нафтена. Цетански број неког дизел горива представља запремински удео цетана (100) у смеси са α -метил нафталином (0) који има исте карактеристике упaljивости. Њихова смеша се узима као референтно гориво за испитивање цетанског броја другог дизел горива. Што је већи цетански број, то је боља способност паљења овог горива и кашњење у паљењу је мање и мања је опасност од детонација. Цетански број одређеног горива испитује се на опитним моторима по EN ISO 5156 стандарду.

За производњу дизел горива користи се фракција нафте која дестилише у распону од (170 – 360) °C. Намењени су за погон клипних дизел мотора високог степена компресије у којима се смеша пали спонтано у сабијеном ваздуху.

Филтрабилност, односно, понашање на хладноћи - код ниских температура у дизелском гориву долази до излучивања чврстих делова парафина, услед чега се зачепе цеви за довод горива и филтри. Код неповољног састава горива ова појава наступа већ код приближно 0°C или чак и више. Због тога се у дизел горива за зимске услове у рафинерији додају додаци који побољшавају течење. Они додуше не спречавају у потпуности настанак чврстих делова парафина, али јако ограничавају њихов раст. Такви су чврсти делови толико ситни да пролазе кроз поре у филтру. Други додаци делују тако да те чврсте делове једнолико распршују у гориву да се не нагомилавају на једном месту. Тиме се још снижава најнижа температура код које гориво још протече кроз филтер. У продаји су и посебни додаци који смањују опасност од излучивања парафина. Раније се за побољшање течења код ниских температура дизел гориву додавао нормални бензин у односу до 30 % или моторни петролеј до чак 60 %. Код данашњих горива то више није потребно па то произвођачи мотора више не препоручују.

Температура паљења је температура код које горива течност испушта у околни ваздух управо толико паре да изнад течности настаје горива смеша која се може упалити страним извором запаљења. Да би се осигурала довољна сигурност код транспорта и складиштење, дизел гориво мора одговарати захтевима опасности разреда А III (пламиште изнад 55°C). Додатком бензина од нити 3 % пламиште се смањује толико да пада на ниво собне температуре.

Вискозност - премала вискозност доводи до пропуштања у пумпи за убризгавање и због тога до смањења снаге. Превелика вискозност пак погоршава распршивање горива и тиме погоршава изгарање. Због тога вискозност треба бити у што је могуће ужим границама.

Мазивост - хидродинамичка мазивост дизел горива је мање значајна од мазивости у прелазном подручју мешовитог трења. Смањивање садржаја сумпора у гориву, ради смањивања чађи у издувним гасовима, доводи до смањивања мазивости и тиме до озбиљних проблема у пумпама за убризгавање. Ако садржај сумпора падне испод 500 ppm (mg/kg), гориву се додаје адитив за побољшање мазивости.

Када је реч о стартовању мотора у зимским условима, при ниским температурама, треба имати у виду отежавајуће услове, као што су: повећан отпор клизних површина, повећана густина уља за подмазивање, пад капацитета (снаге) акумулатора, повећана влажност усисаног ваздуха и издвајање парафина. На сваки од ових узрока може се мање или више утицати на разне начине, али је посебно изражен проблем елиминисања парафина, који може довести у питање функционисање система за напајање, односно убризгавање горива, а тиме и стартовање мотора. Да би се овај проблем предупредио, у недостатку одговарајућег дизел горива за зимске услове експлоатације, проблем се може решити мешањем обичног моторног бензина (МВ-86) са дизел горивом у одређеном односу, али само код војних возила.

Присуство бензина у дизел гориву зависи од спољне температуре, што је нижа температура процентуално присуство бензина је веће и обрнуто. При коришћењу ове мешавине долази до незнатног пада снаге мотора. Мешање дизел горива D2 и МВ-98 није препоручљиво, јер се оваква мешавина неповољно одражава на рад мотора.

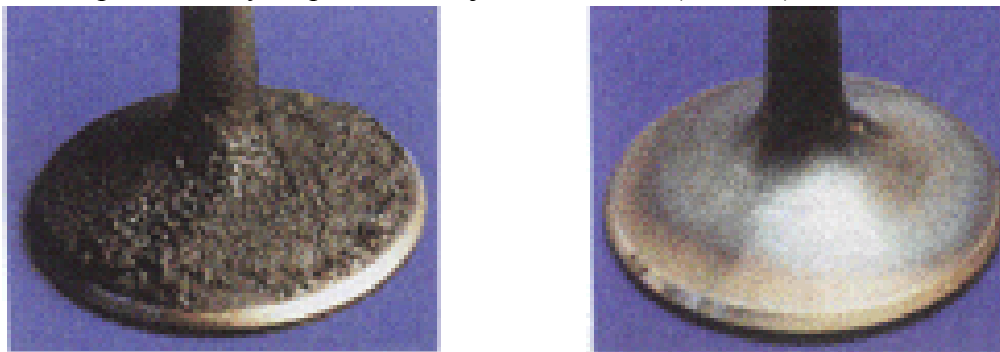
У случају када се не располаже са одговарајућим дизел горивом за зимске услове експлоатације, припрема горива за те услове може се реализовати мешањем петролеја са дизел горивом у сразмерно сличном проценту као што се врши мешање моторног бензина са дизел горивом. Мешањем бензина или петролеја са дизел горивом D2 постиже се одговарајућа филтрабилност новодобијеног горива.

Добијање горива на бази мешања бензина са дизел горивом не треба да буде правило, већ само као изузетак у ситуацијама када то потребе захтевају. Гориво добијено на овакав начин не испуњава услове за све дизел моторе, полазећи од чињенице да се карактеристике мотора међусобно разликују (број обртаја мотора, степен компресије, начин убризгавања горива и сл.).

Адитиви за дизел горива:

- одстрањује постојеће насlage и одржава бризгалке чистим
- заштита система за гориво од корозије
- значајна редукција пенушања дизел горива
- одлична сепарација воде
- значајно повећање цетанског броја
- повећање мазивости горива

Печурке вентила пре и после употребе специјалних адитива (слика 6):



Слика 6 - Печурке вентила пре и после употребе адитива

4. Регулатива и стандарди дизел горива у Србији

Врсте дизел горива које се могу наћи на пумпама у Србији су:

- Euro Dizel (EUD)
- Euro Dizel Plus (EUD Plus)
- Biodizel (BD 100)
- Dizel* (D2)

* D2 се не продаје на пумпама у Србији од августа 2013. Еуродизел се може купити као заменска горива која су еколошки прихватљивија и могу се користити и у аутомобилима новије генерације као и у старијим аутомобилима.

На основу члана 6. став 1. Закона о техничким захтевима за производе и оцењивању усаглашености („Службени гласник РС”, број 36/09), донет „ПРАВИЛНИК” о техничким и другим захтевима за течна горива нафтног порекла (Основни текст на снази од 08/09/2011, у примени од 08/09/2011).

Члан 1.

Овим правилником прописују се технички и други захтеви које морају да испуњавају течна горива нафтног порекла која се користе као горива за моторе са унутрашњим сагоревањем и као енергетска горива која се стављају у промет на тржиште Републике Србије (у даљем тексту: течна горива), као и начин оцењивања усаглашености течних горива.

Члан 13.

Дизел гориво ЕВРО ДИЗЕЛ мора да задовољи све захтеве стандарда SRPS EN 590.

Члан 14.

Дизел горива из члана 6. став 1. тач. 2) до 4) овог правилника морају да задовоље следеће карактеристике:

Табела 1 - Карактеристике ЕУРО ДИЗЕЛ горива



Еуро дизел гориво

Карактеристике	Границе	Јединице	Дизел			Методе испитивања
			EURO	EURO F	EKO 3	
Цетански број	мин		51.0			EN ISO 5165
Цетански индекс	мин		46			EN ISO 4264
Густина на 15°C	мин/ макс	kg/m³	820 / 845			EN ISO 3675 / EN ISO 12185
Полициклични ароматски угљоводоници	макс	% m/m	11			EN 12916
Садржај сумпора	макс	mg/kg	50		350	ASTM D 5453 / ISO 20847 ISO 8754
Тачка паљења	мин>	°C	55			EN ISO 2719
Угљенични остатак (на 10% остатака дестилације)	макс	% m/m	0.30			EN ISO 10370
Садржај воде	макс	% m/m	0.01			EN ISO 6245
Садржај пепела	макс	mg/kg	200			EN ISO 12937


23. decembar, Beograd
NAFTNA INDUSTRIJA SRBIJE

Табела 2 - Карактеристике ЕУРО ДИЗЕЛ горива



Еуро дизел гориво

Карактеристике	Границе	Јединице	Дизел			Методе испитивања
			EURO	EURO F	EKO 3	
Укупне нечистоће	макс	mg/kg	24			EN 12662
Корозија бакарне траке (3h/50°C)		rating	Klasa 1			EN ISO 2160
Оксидациона стабилност	макс	g/m³	25			EN ISO 12205
Мазивост HFRR (WSD 1,4) на 60°C	макс	µ m	460			ISO 12156-1
Вискозност на 40°C мин/макс		mm²/s	2.0 / 4.5			EN ISO 3104
%(V/V)продестилисаног на 250°C	макс	% v/v	< 65			EN ISO 3405
%(V/V)продестилисаног на 350°C	мин	% v/v	85			EN ISO 3405
95% (V/V) продестилисаног на	макс	°C	360			EN ISO 3405
Садржај метилестра масне киселине MEMK	макс	% (V/V)	5			EN 14078
Тачка филтрабилности (CFPP)		°C	Klasa A, B, C, D	Klasa F	Klasa A, B, C, D	EN 116


SRPS EN 590 grad
NAFTNA INDUSTRIJA SRBIJE

Тренутна регулатива која се тиче емисије штетних гасова се примењује на пет група штетних једињења: *азотне оксиде, угљоводонике, угљен-моноксид, честице чађи*, а последњих година је актуелан - *угљен-диоксид*. Од наведених једињења, угљен-моноксид је мање важан са здравственог и еколошког аспекта, док је главни загађивач онај који је и главни кривац за климатске промене и ефекат "стаклене баште", а то је CO₂. У односу на остале загађиваче, у смањењу емисије CO₂ се најмање напредовало. Логично, емисија угљен-диоксида зависи директно од количине сагорелог горива. До средине осамдесетих година прошлог века је просечна потрошња била релативно константна, мада је број возила растао, уз укључивање бројних нових технологија. Међутим, у прошлој деценији, просечна потрошња је почела значајно да опада захваљујући консензусу произвођача аутомобила, који су се сложили у томе да је потребно редуковати емисију CO₂. Европска асоцијација произвођача аутомобила (АСЕА) је у јулу 1998. године дошла до договора да се емисија CO₂ за нова путничка возила мора смањити за преко 25% до 2008. године, односно на 140 g/km. Логика је сасвим једноставна - како се смањује потрошња горива, тако се смањује и количина угљендиоксида која се производи радом мотора.

- Директива о квалитету горива 98/70/ЕС укључујући Допуну 2003/17/ЕС)
- Директива о квалитету биогорива 2003/30/ЕС
- Европски стандарди који дефинишу квалитет горива:
 - EN 228 (за бензине)
 - EN 590 (за дизел горива)
 - EN 14214 (за FAME тј. MEMК)
 - Pr EN 15376 (за етанол)

Европски емисиони стандарди - дефинишу граничне вредности за издувне емисије за нова возила која се продају у земљама ЕУ. Емисиони стандарди су дефинисани серијама ЕУ Директива.

Листа стандарда и директива:

- **Еуро 1** (1993):
 - За путничка возила - 91/441/ЕЕС (*three-way catalytic converters in petrol vehicles*)
 - Такође за путничка возила и лака доставна возила - 93/59/ЕЕС.
- **Еуро 2** (1996) за путничка возила - 94/12/ЕС (& 96/69/ЕС)
- **Еуро 3** (2000) за сва возила - 98/69/ЕС
- **Еуро 4** (2005) за сва возила - 98/69/ЕС (& 2002/80/ЕС)
- **Еуро 5** (2008/9) и Еуро 6 (2014) за лака путничка и комерцијална возила - 2007/715/ЕС

Напредак у дизајну мотора и увођење нових технологија за емисиону контролу има највећи утицај на смањење штетних емисија, док је утицај састава горива знатно мањи (табела 3).

Табела 3 - Европски емисиони нормативи горива за путничка возила



Европски емисиони нормативи за бензинска и дизел путничка возила (g/km)

ЕУ емисиони стандарди за путничка возила (категорија M1), g/km						
Дизел	Датум	CO	HC	HC + NOx	NOx	PM
Euro 1†	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	0.14 (0.18)
Euro 2, IDI	1996.01	1.0	-	0.7	-	0.08
Euro 2, DI	1996.01 ^a	1.0	-	0.9	-	0.10
Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.50	0.05
Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30	0.25	0.025
Euro 5	2009.09 ^b	0.50	-	0.23	0.18	0.005 ^e
Euro 6	2014.09	0.50	-	0.17	0.08	0.005 ^e
Бензин						
Euro 1†	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	-
Euro 2	1996.01	2.2	-	0.5	-	-
Euro 3	2000.01	2.30	0.20	-	0.15	-
Euro 4	2005.01	1.0	0.10	-	0.08	-
Euro 5	2009.09 ^b	1.0	0.10 ^c	-	0.06	0.005 ^{d,e}
Euro 6	2014.09	1.0	0.10 ^c	-	0.06	0.005 ^{d,e}

5. Биодизел



Слика 7 – Биодизел лого

Најзначајније обележје 20-ог века свакако је апсолутна доминација нафте, као погонског горива за транспорт и механизацију.

Нафта је пре свега, значајна због велике топлотне моћи, приличне распрострањености налазишта и релативно једноставне експлоатације и манипулације. Погодна је за различите видове прераде па се из ње може добити широка лепеза производа за врло различите намене. Поред тога нафта је значајна сировина у хемијској индустрији. Са развојем индустрије, нарочито хемијске, потрошња нафте је све више расла, а њена цена на тржишту узроковала је економске поремећаје који су довели до поскупљења основних животних намирница што је неминовно довело до пада животног стандарда становништва, а свет неминовно поделила у две категорије на оне који је имају и оне који је немају. Добија се из фосилних остатака, дакле необновљивих извора тако да стручњаци предвиђају скоро исцрпљивање њених извора, што је сврстало нафту у ред стратешких сировина. Најразвијеније земље које су уједно и највећи потрошачи нафте одавно су почели да развијају програме за производњу алтернативних горива које би смањило употребу нафте и можда чак њену потпуну замену и то кроз употребу алтернативних извора енергије који се добија од обновљивих извора.

Истраживања су показала да су најперспективнија алтернативна горива тзв. биогорива, односно горива добијена из биомасе. Једно од алтернативних горива које се добија из обновљивих извора, свакако је биодизел. Биодизел је комерцијални назив за метил – естар (МЕ) без додатог минералног горива. Биодизел је стандардно течено неминерално гориво. Биодизел је потпуно биоразградив, није токсичан, редукује штетне гасове који стварају ефекат стаклене баште.

Данас се масовно користе две врсте горива алкохол и биодизел. И једно и друго гориво могу се употребљавати самостално или уз додатак конвенционалним горивима.

Да би неко гориво било прихваћено као конвекционално потребно је:

- да гориво потиче од обновљивих извора
- да је извор горива односно сировина лако доступна
- да карактеристике горива буду исте или сличне са постојећим минералним горивима
- да производња буде једноставна и јефтина, а добијени производ јефтинији
- да манипулација као и његово складиштење буде једноставно, безбедно и јефтино
- да је постојан при складиштењу
- да је компатибилно са моторним уљима и осталим мазивима, а да се његовом применом не смањује век трајања мотора, нити смањује поузданост моторских система и мотора као целине
- да му је цена мања или иста као и цена конвенционалног горива

Биодизел или метил-естар је хемијско једињење које настаје процесом естерификације виших масних киселина из уља или масти биљног и животињског порекла. Метил-естар је хемијско једињење које се добија тзв. естерификацијом, односно хемијском реакцијом виших масних киселина и алкохола у присуству катализатора. Биодизел се може произвести од:

- свих врста масти и уља биљног и животињског порекла као што су (репичино уље, сунцокретово, кукурузно, уље уљане репице итд.)
- од отпадног уља из ресторана и домаћинстава
- од свих врста виших масних киселина

Као споредни производ ове хемијске реакције (трансестерификације) настаје трохидроксилни алкохол, глицерол који такође представља значајну сировину која има широку примену у индустрији.

Идеја о коришћењу биљних уља као горива за моторе је врло стара и сеже до самих почетака употребе мотора са унутрашњим сагоревањем. На светској изложби у Паризу, 1900. године, Немац Рудолф Дизел, отац савремених дизел мотора, демонстрирао је рад дизел мотора са погоном на уље кикирикија. Иако је демонстрација била успешна, пројекат није заживео, јер је управо у то доба свет откривао огромне предности нафте као енергента. Све до прве нафтне кризе, 1973. године, осим за време два рата, свет није размишљао о могућој несташници нафте.

Данас је ситуација таква, да је Европска унија прописима обавезала земље чланице да до краја 2006. године сва дизел горива која се производе и дистрибуирају на просторима ЕУ морају у себи садржати најмање 5% биодизела. Предвиђено је да се 2020. године чак 20% свих енергетских потреба земаља чланица подмирује коришћењем различитих врста биогорива, међу којима је и биодизел.

Конвенционални дизел мотори без тешкоћа користе гориво са 20 одсто биодизела, а многи нови мотори већ могу да користе и чист биодизел. Биогорива не захтевају производњу новог аутомобила односно новог аутомобилског мотора, она већ сада имају велику предност над водоничном технологијом која је тек у зачетку.

Ова компатибилност са постојећим моторима подстакла је многе земље да се окрену биогориву, уверене да ће на тај начин моћи да смање трошкове фосилних горива. Европска заједница је себи одредила за циљ да до 2010. године користи шест одсто биодизела, што је значило петоструко повећање узгоја биљака од којих се производи етанол.

5.1 Карактеристике биодизела

Алтернативно гориво на бази природних уља, док цене нафте на светском тржишту расту упоредо са забринутошћу због угрожавања природне средине издувним гасовима, који настају услед сагоревања фосилних горива, расте и привлачност такозваних алтернативних горива. Једно од њих је обећавајући - биодизел, смеша регуларног дизел горива и уља која се добијају из поврћа. Биодизел, гориво може бити исто направљено и од соје. Фармери на западу су велике присталице новог дизела, јер се њихови поседи преко ноћи претварају у производне погоне.

Биодизел је нешто што се може направити од било ког природног уља добијеног из поврћа или животињске масти. Биодизел се може користити чист или у смеси са регуларним, у било којој пропорцији. Предност биодизела је то што се може транспортовати и сместити у већ постојећим капацитетима. Иако је мало вероватно да ће успети да у потпуности замени дизел гориво, употребом свега пет одсто овог горива у укупној потрошњи смањила би загађење ваздуха и зависност од иностране нафте. Употреба биодизела има двоструки ефекат јер истовремено отвара могућност фармерима да узгајајући соју зараде новац који сада иде у џепове људи из нафтом богатих држава.

Процес добијања биодизела заснован је на реакцији алкохола (најчешће метанол) са триглицеридима садржаним у животињским мастима, биљним уљима, или регенерисаним мастима, при чему настају алкил (у случају метанола - метил) естри масних киселина (биодизел) и глицерин. За одвијање реакције потребно је загревање и присуство катализатора (најчешће се користе натријум или калијум хидроксид). Уљане сировине које садрже мање од 4 % слободних масних киселина потребно је претходно обрадити ради уклањања воде и контаминаната. Катализатор се раствара у метанолу и меша са третираним уљем. За разлику од конвенционалног горива, биодизел не садржи сумпор (односно садржај сумпора је веома низак), чиме се смањују могућности за појаву киселих киша. Биодизел не садржи ни токсична ароматска једињења као што је бензен.

Висок садржај кисеоника доприноси смањењу садржаја честица (или чађи) у издувним гасовима, док потпуније сагоревање доприноси и смањеној емисији угљен монооксида. Као и код свих горива, сагоревањем биодизела настаје угљен диоксид, међутим пошто биљке користе угљен диоксид из атмосфере (процес фотосинтезе) за свој раст, угљен диоксид формиран сагоревањем овог горива уравнотежава се са апсорбованим угљен диоксидом током годишњег раста биљака које се употребљавају као сировине за добијање биљних уља.

Добијање биодизела из уљане репице (слика 11) од 1 тоне семена уљане репице добија се око 350 kg уља и око 650 kg погача. Посматрано по јединици површине добија се минимално 1 t/ha уља и 2 t/ha погача. Откупна цена семена уљане репице је око 240 еура/t. Погаче се продају за око 175 еура/t, док је цена добијеног уља око 600 еура/t. Посебно је интересно да се подстицајним порезним мерама фаворизује производња биодизела, што у коначном резултату има неколико предности: производња еколошког горива уз заштиту животне средине, смањење зависности од увозне нафте, задржавање значајнијих површина стрнина у сетвеној структури. Илустрација за то је и податак да је малопродајна цена D2 (фосилног порекла) 0,795 еура /l, док је цена биодизела (из уљане репице) 0,709 еура /l. Поступак пресовања је у 2 фазе: у првој припремној фази се одвија сушење семена уљане репице и затим његово грубо гњечење ради лакшег даљег поступка, у другој фази помоћу пужне пресе семе уљане репице се постепено пресује и добија се сирово уље са примесама, а са друге стране погаче.



Слика 8 - Уљана репица

Производ уље се користи на више начина, као: енергетско гориво за возила и грејање, сировина за биодизел (за ову сврху врши се естерификација добијеног уља помоћу метил-алкохола и катализатора, а добијени квалитет је гарантован за несметано коришћење у дизел-моторима новијих генерација), уље за подмазивање, уље за сточну храну. Филтрирано уље је веома чисто - има само око 120 милиграма/kg примеса. Од укупне количине уља око 80% се естерификацијом претвара у биодизел, а остатак се користи као чисто уље. Годишње се у овом мини погону произведе око 4.000 t биодизела.

5.1.1 Енергетски биланс

Комплетна процена енергетског биланса циклуса горива укључује не само енергетски садржај биодизела и енергију која се потроши у његовој производњи, већ и енергију која се апсорбује/одаје од стране свих процеса потребних да би се дошло до коначног производа. Студије, које су рађене за биодизел, показују да је укупни енергетски биланс (укључујући и екстракцију, рафинацију и естерификацију) позитиван. Општи енергетски биланс зависи од употребне вредности стабљике репице. Она се може исећи и користити као извор енергије или се може заорати. Неколико енергетских биланса за репицу, у зависности од приноса репице по хектару, приказани су у табели:

Табела 4 - Energetski bilans za biodizel od repice u MJ/ha, u zavisnosti od prinosa repice po hektaru

Параметри	Вредности
Принос семена (т/ха)	3.2
Енергетски улаз (MJ/ха)	
Обрада земљишта	-4300
Ђубриво	-12800
Агро-хемија	-600
Семе	-200
Складиштење/паковање	-300
Превоз	-774
Прерада/производња	-16071
Укупно улаз	-35045
Коначан излаз	
Био-гориво	45800
Погача	3700
Укупан излаз без стабљике	49500
Енергетски излаз/енергетски улаз (без стабљике)	1.41
Нето енергетски биланс без стабљике	14455
Стабљика	38400
Укупан излаз са стабљиком	87900
Енергетски излаз/енергетски улаз (са стабљиком)	2.51
Нето енергетски биланс са стабљиком	52855

У циљу оптимизације комплетног процеса, добијање сировог уља би требало да се одвија близу земљишта на којем се усеј узгаја. Овако се смањују енергетски трошкови транспорта. Љуска и остаци сломљеног зрна могу се сагоревати у циљу производње енергије. Када се уради енергетски биланс за сунцокрет долази се до закључка да су цифре сличне овим показаним за семе репице. Један хектар сунцокрета производи мање биодизела, али са друге стране добија се више стабљика, а користи се мање ђубрива и агрохемије.

5.2 Поступци за добијање биодизел горива

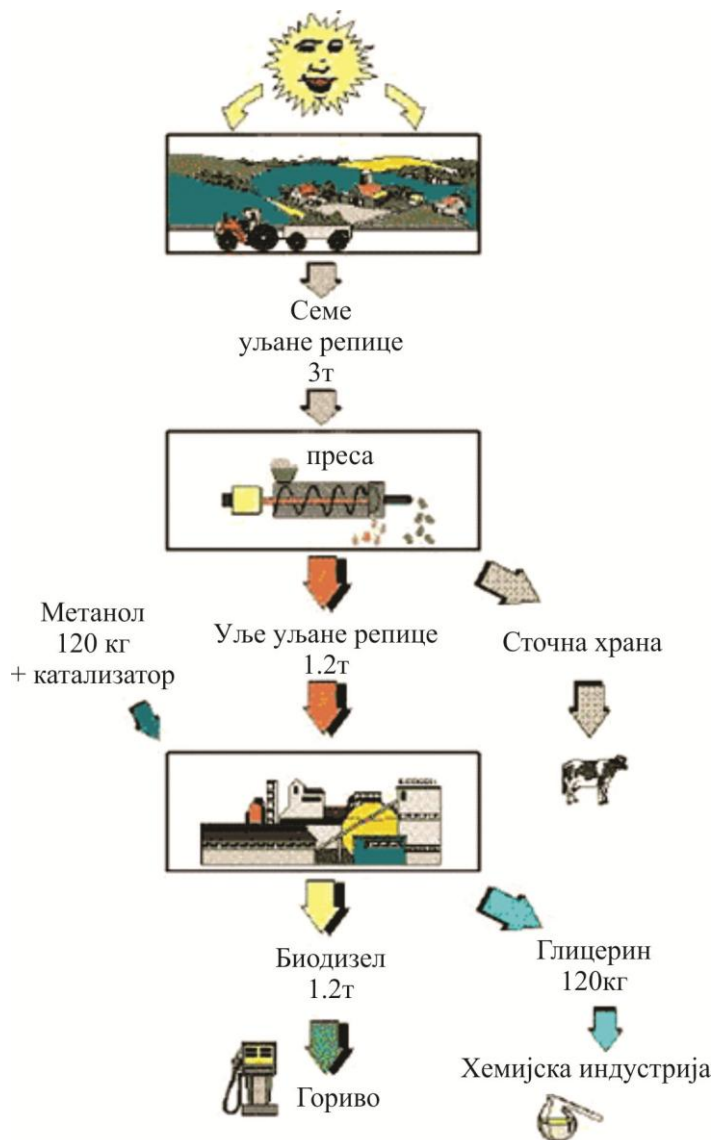
Избор основне сировине за добијање биодизела зависи од специфичних услова и прилика у конкретним земљама (клима, заступљеност појединих пољопривредних култура, економски развој земље, навике становништва у погледу сакупљања секундарних сировина и сл). У Европи се за производњу биодизела највише користи уље уљане репице (82,8%) и уље сунцокрета (12,5%), док се у Америци највише користи уље соје. У азијским земљама интензивно се користи и палмино уље (најчешће кокосове палме). Метил-естар репичиног уља најчешће се означава акронимима МЕРУ или МЕР, а метил- естар сунцокретовог уља, акронимом МЕСУ. Сунцокрет је у нашем народу одавно познат као уљарица, највише зато што је његово уље најраспрострањеније међу јестивим уљима. Широј јавности је углавном познат и поступак гајења и прераде сунцокрета. Уљана репица није толико позната широј јавности, а практично је најзначајнија међу сировинама за добијање биодизела. Зато ће у даљем тексту бити изнете основне информације о овој биљној култури и начину њене прераде.

Уљана репица (*Brassica napus* L. ssp. *oleifera*) раније је коришћена највише за добијање сточне хране, а ређе и конзумног уља. То је једногодишња зељаста биљка коју у периоду цветања краси јарко жути цвет. За добијање уља користи се семе ове биљке. У просеку, семе уљане репице садржи 40-48% уља, тј. виших масних киселина хетерогеног састава и 18-25% беланчевина. Уље из семена садржи различите масне киселине, од којих су неке (засићене) врло погодне за производњу биодизела (олеинска 60% и линолна 15 %), док су неке мање погодне (линоелинска 10%) или чак непожељне (ерука 2%). Уљана репица са оваквим саставом семенског уља припада тзв. "0" културама које су код нас у производњи већ двадесетак година и данас су још увек распрострањене.

Поступцима даљег оплемењивања ове културе добијене су тзв. "00" културе које су делом заступљене и код нас. Оне у саставу свог семена имају мање од 0.1% ерука масне киселине, као и измењен однос учешћа засићених и незасићених масних киселина. Последњих година у Европи је отпочело гајење тзв. "000" културе са још повољнијим карактеристикама семенског уља.

Уље из семена уљане репице добија се поступком пресовања у пресама различитог капацитета или комбинованим процесима пресовања и екстракције. После екстракције уља из семена добија се тзв. сачма уљане репице која у себи садржи 35-40% беланчевина повољног састава аминокиселина, па је стога врло погодна за производњу сточне хране. Ово је још један значајан економски аспект коришћења уљане репице. Поред уља, као основног производа, сачме и глицерола, као нуспроизвода етерификације при производњи МЕР-а, добија се и значајна количина сламе, односно биомасе. Слама уљане репице се може стопроцентно искористити било као сировина у индустрији и грађевинарству, било као гориво.

Прерада семена уљане репице ради добијања биодизела има две фазе. Прва фаза је производња уља, а друга је трансестерификација репичиног уља. Добијање уља из уљане репице може се вршити и у малим, индивидуалним постројењима. У таквим постројењима поступак трансекстракције уља је путем хладног пресовања, после чега је неопходно вршити филтрирање уља. Као остатак поступка пресовања настаје тзв. погача (пресована зрна очишћена од љуске) која се даље користи у производњи сточне хране. Степен издвајања уља у оваквом поступку је око 70%. После предпресовања настаје сирово уље и погача. Сирово уље се даље филтрира или се подвргава поступку рафинације. Погача се уситњава и подвргава течной екстракцији, после чега се добија уљна сировина и тзв. муљ. Уљна сировина се затим филтрира и дестилује, а потом рафинира, па се добија рафинирано уље. Муљ се суши и меље, после чега се формира погача која се користи за сточну храну. Степен издвајања уља у оваквом поступку износи 98%. Могуће је користити и сличан скраћени поступак, у коме се погача не подвргава даљој екстракцији. Степен издвајања уља је у том случају око 85%. Овако добијена уља користе се у поступку естерификације. Илустровано приказано на слици 9.



Слика 9 - Илустровано добијање горива

Два основна поступка за добијање биодизела су:

- шаржни и
- континуални,

Биодизели који се могу изводити на собној или вишим температурама, на атмосферском или повишеном притиску и уз присуство или без присуства одговарајућих катализатора. Континуални поступак омогућава нижу цену и униформнији квалитет биодизела него шаржни, па он у последње време преовладава.

- ❖ Једна од метода поступака континуалног добијања биодизела је *Естерфип-Х (Esterfip-H) процес*.

Поред бројних предности хомогено катализоване метанолизе, њен главни недостатак је немогућност поновног коришћења катализатора. Поред тога, катализатор заостаје у естарској фракцији, одакле се уклања вишеструким испирањем са водом, а отпадна вода представља еколошки проблем. Употребом катализатора нерастворених у реакционој смеши, значајно се поједностављује поступак издвајања и пречишћавања производа, смањује загађење околине и омогућава поновно коришћење катализатора. Употребом хетерогених катализатора добија се квалитетнији и чистији биодизел и глицерол, а због једноставнијег поступка и могућности вишеструке употребе катализатора смањује се производна цена биодизела. Економски разлози али и еколошки захтеви су основни предуслови да се у блиској будућности хомогена катализа замени хетерогеном. Естерфип-Х процес је нови континуални поступак добијања биодизела на чврстом катализатору у коме нема испирања водом нити замене катализатора. Сматра се "зеленим" процесом јер производња биодизела није праћена стварањем отпадних производа или токова, као ни утрешка и руковања хемикалијама. Предности примене овог поступка су:

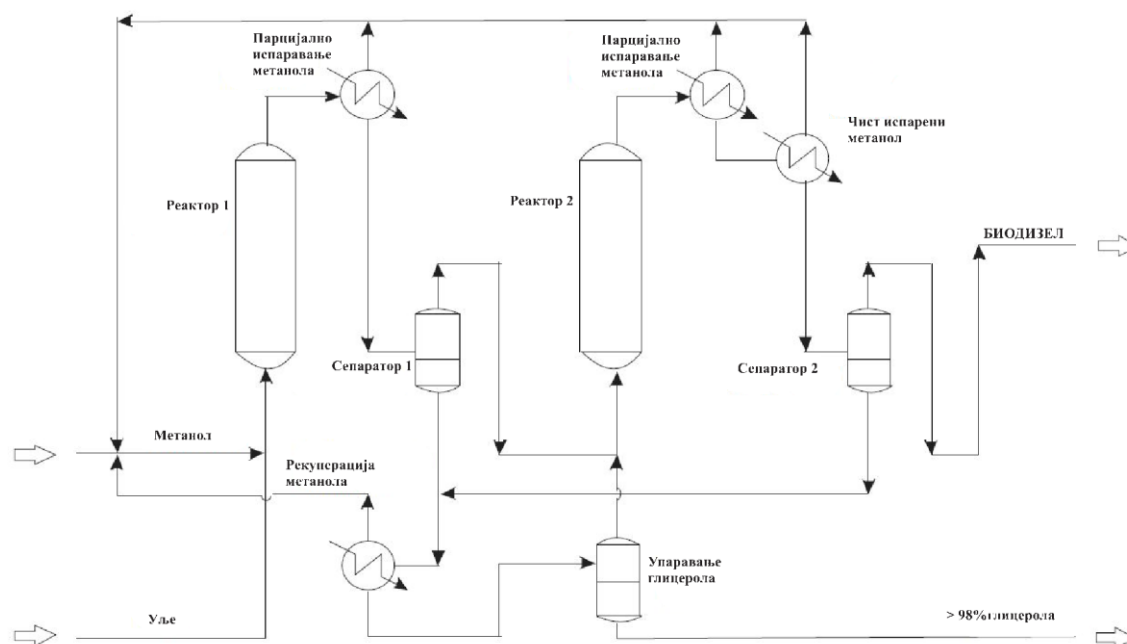
- висок принос биодизела (99%),
- глицерол који се добија са чистоћом изнад 98%, без трагова неорганских соли,
- једноставан поступак (нема прања естара водом)
- мања потрошња катализатора по 1 тони произведеног биодизела.

Естерфип-Х процес (слика 14), развијен од стране Француског Института за Нафту (IFP), први пут је стартован 2006. године од стране Диестер Индустри (Сете, Француска), док је друго постројење комплетирано 2007. године у Шведској. Шест додатних постројења налазе се на различитим локацијама широм света, дајући укупни капацитет од 1,3 милион тона годишње биодизела из различитих биљних уља као полазних сировина. Капацитети постројења крећу се (ут/год.) од 50000 у Јужној Европи, 100000 у Канади, 160000 у Шведској и Француској, 165000 у Небраски САД), до 200000 у Јужној Америци. Конвенционални Естерфип-Х процес је пројектовао и комерцијализовао Аџенс, раних 90-их година 20. века, са циљем смањења оперативних и инвестиционих трошкова, лакшег и бржег извођења процеса и већег приноса биодизела.

Захтевана хемијска конверзија, потребна за производњу биодизела по европској спецификацији постиже се у два узастопна реактора са међустепеном сепарацијом глицерола у циљу смањења брзине повратне реакције између глицерола и естара масних киселина и померања равнотеже ове реакције у десно.

Постројење се састоји из два реактора са непокретним слојем катализатора у којима се реакција изводи на вишој температури и притиску него хомогено катализована реакција што се може видети на слици 11. Катализатор је смеша оксида цинка и алуминијума, која убрзава реакцију трансестерификације без губитака катализатора. Вишак метанола се уклони после сваког реактора делимичним испаравањем, а затим се естри и глицерол раздвајају у сепаратору. Глицерол се сакупља, а заостали метанол уклања испаравањем.

Део за пречишћавање створених естара састоји се од финалног испаривача метанола под вакуумом и адсорбера за финално пречишћавање и замену раствореног глицерола. Добијени биодизел из првог, односно, другог реактора има садржај метил естара масних киселина 94,1, односно, 98,3%. Глицерол, чистоће 98%, не садржи соли нити неорганска једињења, а главне нечистоће у њему су вода, метанол и метил естри



Слика 10 - Шема добијања биодизела Естерфин-Х поступком

6. Захтеви према алтернативним горивима за погон мотора СУС

Да би алтернативно гориво било прихваћено као комерцијално гориво за погон мотора са унутрашњим сагоревањем неопходно је да задовољи неколико кључних захтева:

- ❖ да гориво потиче из обновљивог извора (сировине)
- ❖ да је извор горива (сировина), релативно лако доступна за експлоатацију
- ❖ да карактеристике горива одговарају захтеваним карактеристикама горива намењеним за погон мотора СУС
- ❖ да је поступак прераде горива релативно једноставан и јефтин
- ❖ да је манипулација горивом, као и складиштење, безбедно, једноставно и јефтино
- ❖ да је гориво постојано при складиштењу
- ❖ да са еколошког аспекта задовољи законске регулативе које се постављају пред моторе СУС
- ❖ да је алтернативно гориво компатибилно са моторним уљем и осталим мазивима која се користе на возилу (не сме значајније да смањује време замене моторног уља)
- ❖ да примена алтернативног горива не смањује радни век мотора, нити смањује поузданост појединих моторских система и мотора као целине
- ❖ да је цена алтернативног горива мања или бар иста као цена конвенцијалног горива.

Досадашња истраживања су показала да су најперспективнија алтернативна горива тзв. биогорива, односно горива добијена из биомасе. Ова горива се могу користити у моторима, као и у различитим технолошким процесима, а топлотна моћ им је врло слична као и одговарајућих конвенционалних горива. Поред тога, ова горива имају изузетно повољна еколошка својства. Данас се масовно користе две врсте биогорива: алкохоли и биодизел. И алкохоли и биодизел се могу користити самостално или као додатак конвенционалним горивима. С обзиром да Република Србија не спада у ред најразвијенијих и да је веома зависна од увоза нафте, за њену привреду је од великог значаја могућност коришћења алтернативних горива из биомасе, која не захтевају значајна улагања у прилагођавање погонских агрегата и потребну инфраструктуру. Имајући у виду наш солидни пољопривредни потенцијал, може се закључити да ће ова проблематика код нас све више добијати на значају.

6.1 Стандарди биодизел горива

Табела 5 - Карактеристике биодизел горива по prEN 14214

Карактеристике	Јединице	најмање	највише	Метода
Садржај естера	% (m/m)	96,5	-	EN 14103
Густина на 15°C	kg/m ³	860	900	EN ISO 3675/EN ISO 12185 / EN12185.
Вискозност на 40°C	mm ² /s	3,5	5,0	EN ISO 3104/EN 14105
Тачка паљења	°C	> 101	-	EN ISO 2719/EN ISO 3679.
Количина сумпора	mg/kg	-	10	- EN ISO 20846 / EN ISO 20884.
Цетански број	-	51,0	-	EN ISO 5165
Садржај пепела	% (m/m)	-	0,02	ISO 3987
Садржај воде	mg/kg	-	500	EN ISO 12937
Укупно нечистоћа	mg/kg	-	24	EN 12662
Корозија бакарне траке (3h на 50 °C)	rating	Class 1	Class 1	EN ISO 2160
Оксидациона стабилност, 110°C	hours	8	-	EN 15751 / EN 14112
Укупне киселине	mg KOH/g	-	0.5	EN 14104
Јодни број	-	-	120	EN 14111
Садржај метилестра киселине МЕМК	% (m/m)	-	12	EN 14103
полизасићене (>= 4 веза) метилестера	% (m/m)	-	1	EN 14103
Садржај метанола	% (m/m)	-	0,2	EN 14110
Садржај моноглицерид	% (m/m)	-	0.7	EN 14105
Садржај диглицерид	% (m/m)	-	0,2	EN 14105
Садржај триглицерид	% (m/m)	-	0,2	EN 14105
Слободан глицерин	% (m/m)	-	0.02	EN 14105/EN 14106
Укупно глицерина	% (m/m)	-	0,25	EN 14105
Група I метала (Na+K)	mg/kg	-	5	EN 14108/EN 14109 /EN 14538
Група II метала (Ca+Mg)	mg/kg	-	5	EN 14538
Садржај фосфора	mg/kg	-	4	EN14107

7. Перформансе возила са погонским горивом – мешавина дизела и биодизела

Извршено је испитивање на возилу YUGO Флорида са уграђеним мотором РСА 1.4 hdi (еуро 4), мешањем конвенционалног дизел горива и биодизела у различитим процентима. Испитивали смо убрзање возила од 0 до 100 km/h и еластичност мотора (убрзање од 40 до 120 km/h). За снимање перформанси возила тј. убрзања, коришћен је мерни систем ДАТРОН (слика 11) који безконтактно мери пређени пут, време, брзину и убрзање возила. Све параметре који се мере, после обраде у рачунару, могу се очитати на дисплеју уређаја.



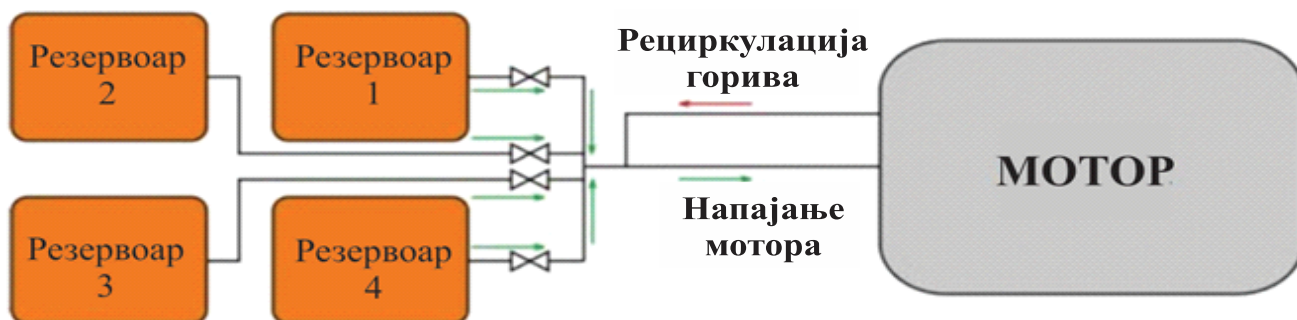
Слика 11 а) – Мерни систем ДАТРОН



Слика 11 б) – Екран мерног система ДАТРОН



Слика 12- Резервоари за гориво, електроventили и прекидачи за управљање напајним системом горива



Слика 13- Шема напојног система горива

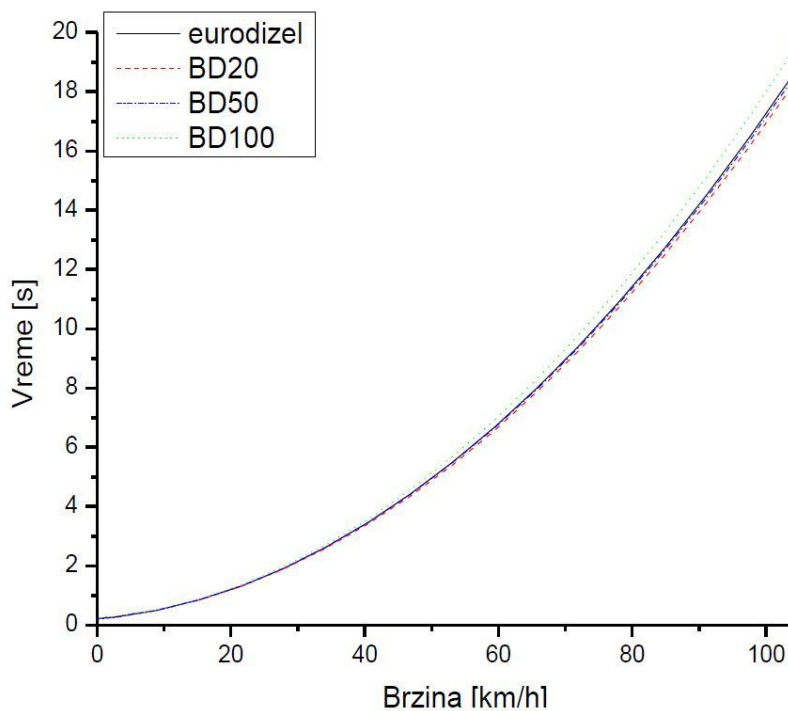
7.1 Убрзање од 0 до 100 km/h

Мерење убрзања возила од 0 до 100 треба радити на путу који је раван и довољно дуг са нагибом који треба да буде константан у границама од 0.1% и не треба да пређе 1.5%. Возач поставља ручицу бирача брзине у најнижи степен преноса, додаје оптерећење мотору до вредности максималног обртног момента. У том тренутку отпушта педалу спојке али таквим интензитетом да погонски точкови клизају 20-30% постижући на тај начин највећи коефицијент пријањања. Одмах по покретању возила мерни систем ДАТРОН аутоматски отпочиње мерење. Возач саопштава мотору максимално оптерећење држећи педалу оптерећења мотора максимално притиснутом. По достизању броја обртаја мотора на максималној снази, возач пребацује у виши степен преноса. Након што је возило достигло брзину од 100 km/h мерење се аутоматски зауставља а испитивач читава време за које је возило убрзало од 0 до 100 km/h.

Испитивања су вршена на возилу у које је био уграђен дизел мотор 1.4 хди. На возилу са дизел мотором вршена су мерења са еуро4 дизел горивом и четири типа горива различите концентрације биодизела и конвенционалног еуро4 дизела (табела 6). Резултати испитивања показани су и дијаграмски (слика 15).

Табела 6 - Убрзање возила са дизел мотором за различите врсте мешавине еуродизела и биодизела

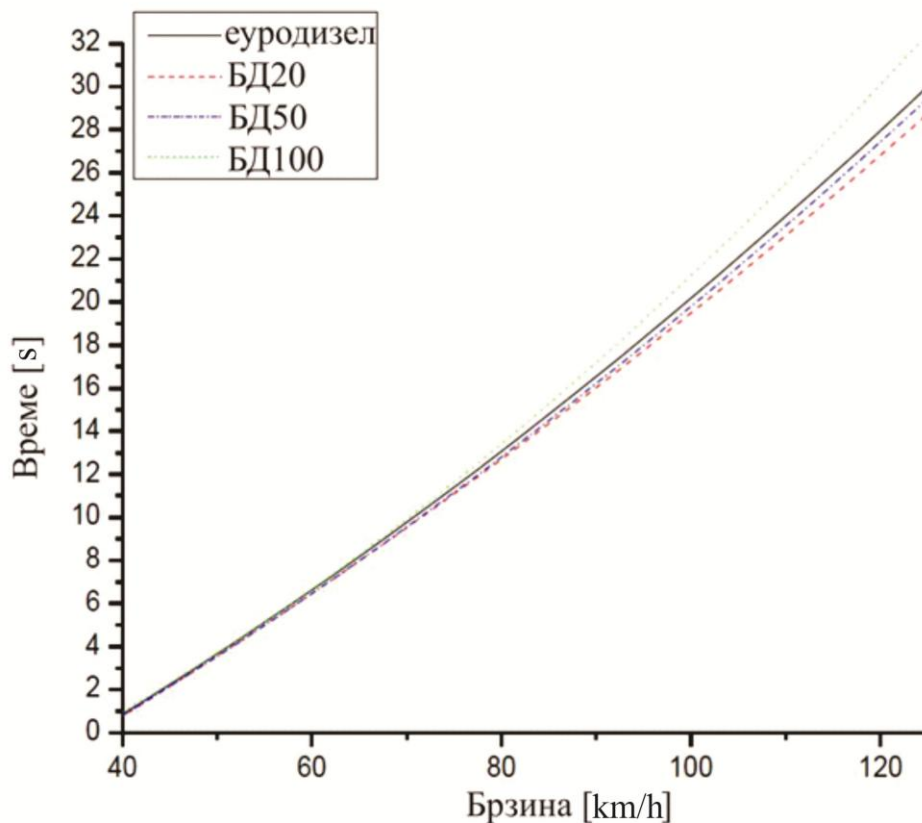
Брзина [km/h]	Различите врсте горива			
	еуродизел	еуродизел + 20% биодизел	еуродизел + 50% биодизел	100% биодизел
	Време убрзања [s]			
0	0	0	0	0
10	0,64	0,65	0,615	0,645
20	1,295	1,285	1,29	1,365
30	2,16	2,11	2,19	2,225
40	3,655	3,63	3,615	3,795
50	5,03	4,985	5,05	5,23
60	6,585	6,48	6,555	6,835
70	8,97	8,805	8,905	9,26
80	11,205	10,995	11,165	11,63
90	13,865	13,57	13,775	14,42
100	17,645	17,36	17,515	18,45



Слика 14- Убрзање возила од 0 до 100 км/х

7.2 Еластичност мотора

При промени спољног оптерећења доћи ће и до промене режима рада мотора како би се опет успоставило равнотежно стање. Уколико се при томе режим рада мотора мање промени каже се да је мотор еластичнији. Еластичност мотора, дакле, изражава његову способност прилагођавања променљивом оптерећењу. Еластичност мотора смо мерили тако што смо возило убрзали до брзине од 35 km/h. Ручицом бирача брзине одаберемо четврти степен преноса и лаганим додавањем оптерећење убрзавамо возило. Када возило достигне брзину од 39 km/h огласио би се звучни сигнал мерног система ДАТРОН и возач би притиснуо педалу оптерећења мотора до краја, након чега би се при брзини од 40 km/h, аутоматски стартовало мерење. Возило се на тај начин убрзава од 40 до 120 km/h у четвртом степену преноса. Оваквим начином мерења се искључује утицај возача на саму тачност мерења. И ова мерења су рађена за различите комбинације дизел горива и биодизела (тебела 7, слика 15).



Слика 15- Убрзање возила од 0 до 100 km/h

Табела 7- Убрзање возила са дизел мотором за различите врсте мешавине еуродизела и биодизела

Брзина [km/h]	Различите врсте горива			
	еуродизел	еуродизел + 20% биодизел	еуродизел + 50% биодизел	100% биодизел
	Време убрзања [s]			
40	0	0	0	0
50	4,165	4,025	3,995	4,125
60	7,395	7,165	7,22	7,555
70	10,26	9,92	10	10,61
80	13,02	12,655	12,74	13,485
90	16,06	15,59	15,745	16,625
100	19,42	18,85	19,13	20,165
110	23,54	22,725	23,105	24,86
120	28,78	27,505	28,195	31,2

7.3 Биогорива у односу на дизел

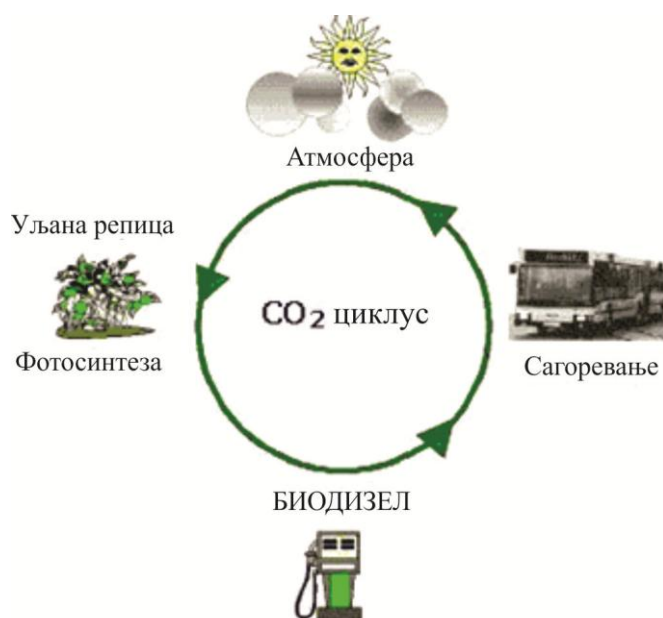
Упоредне карактеристике дизела и биодизела:

Табела 8 - Упоредне карактеристике дизела и биодизела

Карактеристике	Dizel EN 590 (1993)	Biodizel DIN E 51.606 (1997)
Густина	kg/m ³	820-860
Вискозност на 40°C, mm ² /s	2^,5	3,5-5,0
Температура паљења, °C	>45	>110
Садржај сумпора, mas%	<0,20	<0,01
Цетански број	>49	>49
Сарджај кисеоника, mas%	0	10,9
Топлотна моћ, MJ/dm ³	35,6	32,9
Ефикасност искоришћења	38,2	40,7

7.3.1 Предности употребе биогорива

Биодизел је прво, и за сада једино, алтернативно гориво које је прошло комплетну евалуацију издувне емисије и потенцијалних здравствених ризика по програму прописаном од стране Агенције за заштиту животне средине САД (ЕРА - Environmental Protection Agency). Овај програм укључује најоштрије процедуре испитивања ради сертификације горива. Подаци добијени из ових испитивања представљају најпотпунији инвентар утицаја биодизела на животну средину и људско здравље. Ова испитивања су показала да дизел мотори са погоном на биодизел имају значајно мању емисију дима и честица. Смањење емисије у просеку износи око 40%.



Слика 16- Циклус кружења CO₂

Нижа емисија дима и честица постиже се и при примени мешавине конвенционалног дизел горива и МЕР-а. Слични резултати се добијају и у погледу редукције емисије угљенмоноксида (смањење око 40%) и угљоводоника (смањење око 65 %). Емисија оксида азота при погону дизел мотора на биодизел већа је у просеку око 10%.

Значајно је истаћи и да је емисија полицикличних ароматичних угљоводоника (РАН - Polycyclic Aromatic Hydrocarbons), изразито канцерогених фракција честичне емисије, нижа за око 80%. Што се тиче емисије угљендиоксида, који доприноси настанку ефекта стаклене баште, сагоревање биодизела у моторима не повећава емисију овог гаса у односу на емисију која би настала у природном животном циклусу уљане репице. Значи да је у погледу доприноса ефекту настанка стаклене баште биодизел неутралан (слика 16).

Топлотна моћ биодизела је за око 10 % нижа од топлотне моћи конвенционалног дизел горива, што има за последицу смањење снаге мотора. Ипак, захваљујући већој вискозности биодизела ефикасност система за убризгавање је, при непромењеним параметрима убризгавања, већа.

Коришћење биодизела не оштећује мотор, уколико је мотор предвиђен за коришћење истог. Напротив, добра мазива својства овога горива доприносе мањем трошењу елемената клипно-цилиндарске групе, као и елемената система, за убризгавање. Последњих година инсистира се на смањењу садржаја сумпора и аромата у дизел гориву, чиме се знатно погоршавају мазивна својства горива. Мешањем конвенционалних дизел горива и МЕР-а, чак и у малом проценту, значајно се побољшавају мазивна својства горива. На тај начин може се у потпуности надокнадити мањак мазивости несумпорних горива, а при томе се побољшава и квалитет издувне емисије.

Као основни разлози за покретање пројекта производње биогорива могу се издвојити:

➤ **Технички аспект** - посматрано са техничког аспекта биодизел квалитета EN 14214 представља високо квалитетно гориво за дизел моторе. Карактеристике биодизела су сличне обичном дизелу, а побољшање произилази из садржаја кисеоника у биодизелу што обезбеђује бољи процес сагоревања и води до смањења емисије издувних гасова и побољшава подмазивање мотора, што значи већу ефикасност и трајност. Ови чиниоци делом компензују утицај нижег енергетског садржаја. Боље чување и руковање.

➤ **Еколошки аспект** - употребом биодизела глобално се утиче на смањене емисије гасова стаклене баште (биодизел је "CO₂-неутрално" гориво), смањење загађења ваздуха услед бољег сагоревања горива у мотору, као и смањење ризика загађења вода коришћењем биолошки разградивог енергента. А тиме се постиже позитиван утицај на околину, квалитет живота и здравље становништва. Све ово се постиже захваљујући смањеној емисији честица и аромата: CO, CO₂, чађ, бензол, толуол. Биодизел је нетоксичан и биодеградабилан.

➤ **Енергетски аспект** - биодизел је обновљиви извор енергије и његовим коришћењем смањује се потреба за фосилним дизелом, и на тај начин умањује ризик од снабдевања.

➤ **Економски аспект** - на макро-економском нивоу, развој производње биодизела би био узрокован утицајем на следеће индикаторе:

- повећање запослености -отварањем нових радних места
- повећање индустријске производње
- увођење "треће културе" (осим пшенице и кукуруза), којом би се осигурао додатни и сигурнији приход пољопривредним произвођачима, коришћење запуштених обрадивих пољопривредних површина, омогућило боље искоришћење механизације, повећала рентабилност пољопривредне производње, као и допринело економском развоју руралних средина
- повећање девизних резерви, односно задржавање девизних средстава у земљи

- надомештање дела фосилних горива која се увозе обновљивим горивом, чиме се чувају резерве и повећава сигурност снабдевања диверсификацијом енергетских извора и добављача.

Развој индустрије би био омогућен прогресивним ставом државе у погледу:

- политике субвенција,
- пореске политике,
- дугорочне стратегије о управљању енергетским ресурсима.

7.3.2 Недостаци употребе биогорива

Биодизел горива на бази метил-естара масних киселина (FAME) генерално имају добре карактеристике упаливости. Стандард EN 14214 прописује ЦБ>51. Међутим ЦБ зависи од сировинске базе, па чак и од његове старости. Топлотна моћ биодизела је нешто мања од горива нафтног порекла. Наша испитивања су показала да биодизел гориво од сојиног уља има ЦБ=55 и доњу топлотну моћ $H_d = 36220 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. Директна примена овог горива на дизел моторима старе генерације, без подешавања параметара убризгавања, може имати негативне ефекте:

- пад снаге на максималном оптерећењу (лимитирана циклусна количина горива 8 % ниже топлотне моћи),
- механичко преоптерећење клипног механизма (висок ЦБ→максимум притиска се приближава СМТ), посебно приликом покретања мотора када се при ниском броју обртаја убризгавају максималне количине горива

Ограничење садржаја FAME код савремених дизел горива на износ 7% је компромис између побољшања мазивости, пада топлотне моћи и погоршања оксидационе стабилности. Склоност мешавина дизел горива и FAME ка полимеризацији ограничава њихов рок употребе (неподесна за дуготрајно складиштење и стратешке резерве).

Примена биодизел горива на моторима старе генерације, посебно неконтролисаног квалитета, може имати негативне ефекте на систем за напајање горивом:

- цурење горива због некомпатибилности заптивача (еластомери на бази нитрила),
- корозија елемената система за напајање горивом од Al-Zn легура због присуства слободних масних киселина, метанола и органских киселина насталих старењем горива,
- коксовање и блокирање брызгача због присуства глицерина и комплексних соли натријума и калијума
- скраћење века филтера горива због присуства моно и поли глицерида, соли органских киселина као и продуката биоразградње,
- рани отказ пумпе високог притиска због механичког преоптерећења на ниским температурама и стварања депозита на елементима ПВП.

➤ **Технички аспект** - због ниже вредности РН од обичног дизел горива, биодизел штети неким пластичним и гуменим деловима аутомобила који нису сертифицирани за употребу биодизела. Код њих се временом растварају гумена црева. Он доспева у уље и захтева краће интервале замене уља. Примећена су и оштећења дизел пумпе која служи за довод горива у мотор. Тај се проблем већином јавља код несертифицираних дестилерија биодизела. И након 10 година од појаве првих биодизела, аутоиндустрија веома споро реагује и прави веома мало аутомобила који су сертифицирани за коришћење биодизела.

➤ **Еколошки аспект:**

- услед повећања обрадивих површина долази до све већег крчења шума, што повећава загађеност планете. Ово се поготово односи на крчење амазонских прашума које представљају плућа планете
- замена пашњака и шума великим засадама једне пољопривредне културе доводи до нарушавања биолошке разноликости, односно смањења броја биљних и животињских врста у одређеном екосистему
- повећање емисије азотних оксида услед примене ђубрива и додатака за бољи род, као и штетна емисија сагоревањем фосилних горива током обрађивања земљишта, транспорта и обраде биљног материјала. Ово су гасови који стварају ефекат стаклене баште. Ово потврђују и истраживањима Стивена Поласког са Универзитета Минесоте. Према овим истраживањима током саме производње биодизела од метанола из кукуруза, шећерне трске, соје и палме, у атмосферу одлази најмање 17 пута више угљен-диоксида него што се „уштеди“ коришћењем биогорива.

➤ **Економски аспект**- употреба прехранбених сировина за производњу биогорива повећава цену сировина на светским берзама. Ово би у скоријој будућности могло довести до светске глади, јер је растом цена хране највише погођена управо најсиромашнија популација у земљама такозваног трећег света.

7.4 Производња и коришћење биодизела у Србији

Биодизел је дефинисан Европским стандардом EN 14214 из 2003. У Србији је дефинисан 2006. стандардом SRPS EN 14214 „Горива за моторна возила. Метилестри масних киселина (МЕМК) за дизел моторе, Захтеви и методе испитивања", (који је идентичан европском стандарду EN 14214). Осим тога, у мају 2006. године усвојен је „Правилник о техничким и другим захтевима за течна горива биопорекла" којим су прописани технички и други захтеви које ова горива морају да испуне. С обзиром на веома лоша искуства са „биодизелом" у Војводини, деведесетих година XX века наглашавамо потребу стриктног поштовања свих одредби ова два прописа.

Од 2005. сматра се да су у биодизелу, произведеном према EN 14214 током развоја деведесетих година XX века, превазиђене све проблематичне појаве коришћења биодизела претходних генерација стандарда. Зато је биодизел према EN 14214 поуздано, квалитетно гориво за дизел моторе, произведено из обновљивих сировина, које се без ограничења може користити чисто или у мешавини свакога односа са минералним дизелом у свим савременим дизел моторима у складу са препорукама произвођача, а чији продукти сагоревања не утичу на повећање ефекта стаклене баште у атмосфери.

У Србији је 2006. потрошено око 1,4 милиона тона дизел горива. До података о производњи биодизела у Србији 2006. не може се доћи, а нема ни података о потрошњи биодизела. Процењује се да је потрошња биодизела чинила мање од 1% потрошње дизела у Србији 2007. Бензинска пумпа „Вјештица" у Новом Саду, новембра 2007. на својој пумпи продавала је биодизел (Б100) за аутомобиле по цени од 72,6 дин/л (0,91 €/л). У Немачкој биодизел се на пумпама у то време продавао за 1,025 €/л, а дизел за 1,144 €/л. У 2008. није било производње, па ни коришћења биодизела у Србији.

Фирма Вицториаоил је 2007. у Шиду изградила фабрику капацитета 100.000 т биодизела годишње. Те године произвела је 27.000т биодизела. Пошто је дошло до битног пораста цена улазних сировина за биодизел а незнатног пораста цене минералног дизела у 2008. и 2009. г. обустављена је производња биодизела, а производи се јестиво уље. Осим тога, изостале су очекиване подстицајне мере државе.

Табела 9 - Пројекција потрошње биодизела у Србији у складу са Уредбом о садржају биогорива у горивима за моторна возила или Директивом 2003/30/ЕС Европске уније

Показатељ	Година				
	2007.	2008.**	2009.	2010.	2011.
Потрошња дизела у Србији (у хиљ. т)	1.455*	1.542	1.634	1.732	1.835
Део дизела који је требало заменити (у хиљ. т)	30,4 (2%)	48,3 (3%)	68,2 (4%)	90,4 (5%)	95,9 (5%)
Директиве 2003/30 ЕС (у хиљ. т)	57,5 (3,5%)	74,0 (4,25%)	92,3 (5,0%)	112,5 (5,75%)	119,3 (5,75%)

*према подацима Покрајинског секретаријата за енергетику и минералне сировине

**при пројекцији потрошње дизел горива за период од 2008.-2011. коришћена је стопа годишњег раста потрошње дизел горива 6% у односу на претходну годину

7.5 Политика ЕУ

Повећана емисија гасова који учествују у ефекту стаклене баште (углавном због повећане потражње и употребе фосилних горива) и њихов утицај на глобалну климу разлог је за потезе који покушавају да смање емисију ових гасова, поготово CO₂. У контексту конференције у Риу и Кјото протокола, ЕУ се обавезала да смањи укупну емисију гасова са ефектом стаклене баште, где CO₂ има велики удео, за 8% до 2012, а у поређењу са 1990. годином.

Документ о обновљивим изворима енергије усвојен 1997. године, упознаје нас са циљем да се постигне одрживи енергетски систем у ЕУ. Основни циљ био је да се дуплира (са 6% на 12%) удео обновљивих извора енергије у укупној потрошњи енергије у ЕУ до 2010. Биоенергија би требало да одигра важну улогу у овом повећању удела. Поред позитивног утицаја на животну средину, већој експлоатацији биоенергије доприносе и други фактори, конкретно употреба у сектору транспорта. Док бројне технологије и извори енергије могу да се употребе у стационарним фабрикама, могућности за транспортни сектор су прилично ограничене употребом мотора са унутрашњим сагоревањем. У овом контексту, течна био-горива су једини обновљиви извор енергије који се може користити, а да се не мења садашња технологија возила. У оквиру сектора који користе коначни облик енергије транспортни сектор је најважнији, прво због свог удела у коначној потрошњи (преко 30% укупне потрошње енергије) и друго, због своје скоро потпуне зависности од течних фосилних горива. Политика транспорта је због тога приоритетна област у побољшању енергетске ефикасности. Друмски саобраћај је од посебног значаја обзиром да је одговоран за 84% укупне емисије CO₂ из транспортног сектора. Имајући у виду нове шеме друмског транспорта, очекује се да ће нова генерација горива почети свој пробој на тржиште у затвореним круговима и урбаном транспорту само зато да би се минимизирали проблеми логистике и дистрибуције. Европска стратегија је да удео потрошње биогорива расте по стопи од 0,75% годишње. Према директиви ЕУ 2003/30/ЕС референтна вредност постављених циљева (израчуната на основу енергетског садржаја за укупан бензин и дизел гориво) је:

- 2% до 31. децембра 2005.;
- 5,75% до 31. децембра 2010.

8. Закључак

Гледано са техничке стране, биодизел, због изузетних особина мазивости, додатком од 10% у горива савремене формулације омогућава његову примену на возилима са моторима старијих генерација. Али због ниже РН вредности од обичног дизел горива, биодизел штети неким пластичним и гуменим деловима аутомобила који нису сертифицировани за употребу биодизела.

Србија располаже значајним земљишним потенцијалом за производњу сировина за прераду у биодизел, који се процењује на око 10% укупних ораничних површина. Са те површине могуће је обезбедити довољно сировине за производњу 210 до 250 хиљада тона биодизела годишње, што је довољно за замену око 13-16 % фосилног дизела у Србији. Тренутно, уљана репица се јавља као једина сировина за производњу биодизела. Нерентабилна производња, неискуство и неодговарајућа агротехника представљају главне препреке повећане производње уљане репице. Најзначајније резерве за обезбеђивање већих количина сировина за биодизел је повећање приноса уљарица, пре свега уљане репице. Оне су знатно испод европског просека. Из више разлога, сунцокрет се намеће као повољнија сировина за производњу биодизела у Србији. Због високог јодног броја уља добијених из домаћих хибрида, сунцокрет се не може користити као једина сировина. Треба посебно истаћи важност увођења у производњу олеинског сунцокрета са ниским јодним бројем.

Економски положај произвођача биодизела је одређен, а пре свега са два фактора ценом фосилног дизела, која је у великој мери одређена пореском и акцизном политиком државе, и откупном ценом уљарица. Посебан изазов представља нерегулисано тржиште уљарице које карактеришу високе осцилације у цени и засејаним површинама под уљарицама.

Кључни услов шире употребе биодизела у Србији биће увођење економских мера које ће омогућити да биодизел буде конкурентан минералном дизелу, а најважнија међу њима је потпуно или делимично ослобађање биодизела од акцизе. Поред цене, потрошачима је важна доступност биодизела и гаранција квалитета. Усвајање Уредбе о садржају биогорива у гориву за моторна возила, којом ће се одредити најмањи садржај биогорива у свим дизел горивима која се дистрибуирају на територији Србије, што се очекивало до краја 2007, али није реализовано ни у јануару 2010, би свакако допринело већој производњи биодизела, а самим тим и утицало на његову већу присутност на тржишту. Осим тога недостаје читав комплекс подстицајних и пратећих мера, легислативних и финансијских, којима би се оформило привредно окружење неопходно за савремено газдовање биодизелом и свим другим обновљивим изворима енергије.

У Србији постоје прописи којима је одређен потребни квалитет биодизела (стандард SRPS EN 14214 који прописује карактеристике метил-естара масних киселина које се могу користити за дизел моторе, и Правилник о техничким и другим захтевима за течна горива биопорекла), али не постоје прописи о поступцима контроле и обезбеђења квалитета, па их треба осмислити и увести у праксу. Посебну пажњу треба посветити контроли квалитета биодизела на продајним местима, и то путем Министарства и тржишних инспекција. Тај веома важан сегмент производње и употребе биодизела мора садржати ригорозне казнене мере, а оне се у пракси морају спроводити.

Док гледано као биогориво, савршена замена за нафту, биодизел се показао много већом штеточином од саме нафте. Испоставило се да због њега још брже нестају амазонска прашума, а онда је стигла и тешка оптужба из Уједињених Нација: Биогориво доноси глад и повећава цене хране! Разлог је крајње једноставан. Произвођачима жита, кукуруза, палминог уља, шећерне трске и других пољопривредних култура више се исплати да своје приносе продају као сировину за добијање горива, него хране. Многи научници и заштитници животне средине се сада прибојавају да би широка примена биогорива могла да изазове веће проблеме од оних које би решила.

Кроз испитивање које је вршено на возилу, показано како различите концентрације биодизела и конвенционалног дизела горива утичу на перформансе возила. За горива BD20 и BD50 видимо да код убрзања од 0 до 100 km/h имамо побољшање перформанси у односу на конвенционално дизел гориво еуро4. Код BD100 перформансе опадају у односу на дизел гориво фосилног порекла и то убрзање од 0 до 100 km/h за 4.5% а убрзање од 40 до 120 km/h за 7.5%. У доба надлазеће енергетске кризе (бар што се тиче фосилних горива) подстицање истраживања и производње обновљивих извора енергије ће добијати све већи значај.

9. Литература

- [1] <http://www.motorna-vozila.com/wp-content/myuploads/2011/01/%C4%8Cetvorotaktni-motori.pdf> 17.10.2014 сајт – Automibilizam, чланак "Dizel cetvototaktni motori SUS"
- [2] <http://www.motorna-vozila.com/radni-ciklus-cetvorotaktnog-motora/> 17.10.2014 сајт – Motorna vozila, чланак "Radni ciklus četvorotaktnog motora"
- [3] https://www.google.rs/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CCMQFjAB&url=http%3A%2F%2Fdrumskirazbojnici.files.wordpress.com%2F2013%2F02%2Fdizel.docx&ei=tttDVOPcG42zaYuegZAL&usg=AFQjCNFd7ApKjLa30VSnCzKyDTaHPU7y2g&sig2=ph_dFrOttRsKZGJ_5wtN6g&bvm=bv.77648437,d.bGQ&cad=rja 19.10.2014
- [4] <http://www.ekoserbia.com/uploads/Dizel%20goriva.pdf> 19.10.2014
- [5] <http://www.biodizel.nicrotehna.co.rs/> 19.10.2014 сајт - Biodizel NiCrOTEHNA © 2012, чланак " Biodizel"
- [6] <http://www.maturski.org/HEMIJA/Tehnologija-goriva2.html> 20.10.2014 19.10.2014 сајт - Maturski.org Podeli znanje sa drugima, чланак "TEHNOLOGIJA GORIVA"
- [7] <http://www.cqm.rs/2008/pdf/3/10.pdf> 20.10.2014 20.10.2014 сајт - Asocijacija za kvalitet i standardizaciju Srbije, чланак " BIOGORIVA- PREDNOSTI I NEDOSTACI UPOTREBE", Vladan Joksimović, Milan Stevanović, mr Zoran Marjanović
- [8] https://www.google.rs/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CCsQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.prvaiskra-namenska.com%2Fdocs%2FBIODIZEL.doc&ei=CjNFVOTnAY_har3jgNgP&usg=AFQjCNEc_laq6Sz_6RrO38mk5ix8byZ0kUQ&sig2=W_kXEiO39KQg8AjL3zIOMw&cad=rja 20.10.2014
- [9] <http://www.cqm.rs/2010/pdf/5/08.pdf> 20.10.2014 "PERFORMANSE VOZILA SA BIODIZELOM KAO POGONSKIM GORIVOM", Mr Milan Đorđević, dr Dušan Nestorović, Maja Đorđević

- [10] <http://www.altenergija.org/sites/default/files/Biodizel.pdf> 23.10.2014 "Могућност производње и коришћења биодизела у Србији", Милош Тешић, Војвођанска академија наука и уметности, Нови Сад; Ferenc Kiss, Технолошки факултет, Нови Сад, Верослав Јанковић, Pro Energo doo, Ветерник; Јануар 2010.
- [11] <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0367-598X/2004/0367-598X0402073S.pdf> 23.10.2014 Технолошко-металуршки факултет, Београд, стручни рад "Biodizel", Дејан Скала и Сандра Глишић
- [12] http://en.wikipedia.org/wiki/EN_14214 23.10.2014 сајт - wikipedia, чланак " EN 14214"
- [13] Моторна возила и мотори опрема, Пешић Р., Бања Лука – Крагујевац, 2008
- [14] Мотори и моторна возила погонски материјали, Пешић Р. и остали, Крагујевац, 2014
- [15] БИОДИЗЕЛ производња и коришћење, Фурман Т. и остали, Нови Сад, 1995
- [16] Трактори и погонске машине, Часопис научног друштва, Нови Сад, 2009
- [17] Давинић А., Пешић Р., Веиновић С.,: ECOLOGICAL AND ENERGETIC DIESEL ENGINE CHARACTERISTICS WITH BIODIESEL', 15th Symposium on Thermal Science and Engineering of Serbia, Сокобања, 2011, р. 766, ISBN 978-86-6055-018-9
- [18] Diesel Fuel Injection Equipment Manufactures Comon Position Statement: "Fatty Acid Methyl Ester Fuels as a Replecement or Extender for Diesel Fuels", June 2000. http://www.journeytoforever.org/biofuel_library/FIEM.pdf, jun. 2014