

9 РАСПОЛОЖИВЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ ЗА КОРИШЋЕЊЕ БИОМАСЕ У ЕНЕРГЕТСКЕ СВРХЕ

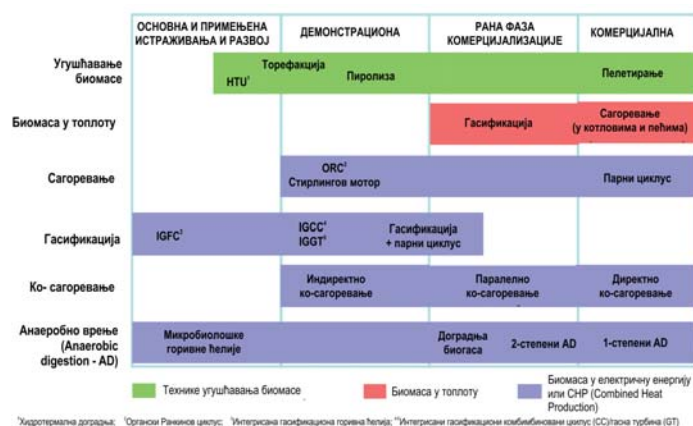
Биомаса као примарни извор енергије може се користити у свим секторима енергетике, односно за производњу електричне и/или топлотне енергије и за производњу биогорива за саобраћај. С обзиром на разноликост биомасе, начини коришћења могу бити различити – у облику чврстог горива (непрерађена биомаса – огревно дрво и сечка или у прерађеном облику – брикети, пелети, торификовани пелети) или у облику течног или гасовитог горива која се добијају различитим поступцима конверзије (Слика 9.1). Основни разлог за прераду биомасе у прерађена чврста, течна и гасовита горива је добијање горива веће енергетске густине у односу на растреситу биомасу, чиме се постиже лакше складиштење, транспортовање и руковање. Приликом сагледавања процеса прераде биомасе у различите врсте чврстих, течних и гасовитих горива неопходно је сагледати потребну количину енергије за њихову производњу (све фазе од сакупљања на месту настајања до производње коначног производа, спремног за примену у енергетске сврхе), као и емисију гасова са ефектом стаклене баште.

За коришћење биомасе у енергетске сврхе расположиве су различите технологије које се налазе у различитим фазама развоја – од основних и примењених истраживања и развоја до комерцијалне примене (Слика 9.2).

Различити процеси сагоревања представљају највише коришћену технологију примене биомасе у енергетске сврхе. Пелети и торификовани пелети као прерађена чврста горива, због својих димензија (цилиндрични облик пречника 6 – 10 mm и дужине 10 – 30 mm), омогућавају аутоматизацију процеса сагоревања континуалним увођењем у ложиште потребне количине горива. Ова горива су посебно погодна за примену у пећима и котловима малих снага који се користе у домаћинствима, иако се могу користити и у индустријским котловима и термоенергетским котловима (ко-сагоревање са угљем). Најчешћа примена ко-сагоревања је у котловима са сагоревањем угља у спрашеном стању и највише постројења има у Финској, Сад, Немачкој, Великој Британији, Шведској и Холандији. Учешће биомасе у овим постројењима износи до 20 % (у односу на садржај енергије). Постројења са сагоревањем биомасе која се користе за комбиновану производњу електричне и топлотне енергије, као и процеси ко-сагоревања биомасе са угљем, представљају савремене начине коришћења биомасе са високим степеном енергетске ефикасности.



Слика 9.1. Преглед технологија за коришћење биомасе у енергетске сврхе



Слика 9.2. Преглед технологија за коришћење биомасе у енергетске сврхе

Гасификација биомасе се примењује у неколико постројења у свету, али још увек није значајна њена примена због комплексности процеса и цене. У будућности, очекује се да ова технологија буде више коришћена, као и да се користи и за комбиновану производњу електричне и топлотне енергије у постројењима мањих снага.

Производња биогаза на бази анаеробне дигестије је комерцијално доступна технологија. Поред већ распрострањене примене биогаза за производњу топлотне и/или електричне енергије, у складу са Директивом 2009/28/ЕЗ могуће је произведени биогаз интегрисати у мрежу природног гаса. У том случају, захтеви у погледу квалитета биогаза су изузетно строги и у припреми је доношење одговарајућег европског стандарда.

10 БИОГОРИВА

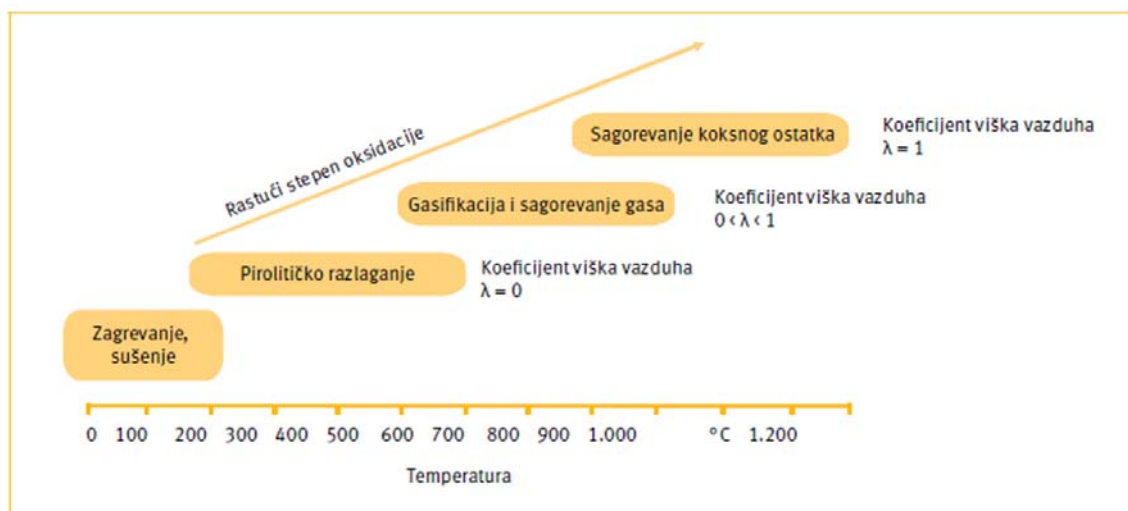
Саобраћај представља важан сектор енергетске потрошње и подаци указују да овај сектор учествује са 32 % у укупној потрошњи енергије у ЕУ. Овај сектор је скоро у потпуности зависан од снабдевања нафтним дериватима. Саобраћај је уједно и кључни генератор емисије CO₂. У складу са наведним, јавила се потреба да се пронађу алтернативни извори енергије за саобраћај који ће омогућити решавање наведених проблема.

Биогорива представљају горива која се могу произвести из обновљивих сировина и генерално имају позитивне ефекте на животну средину, односно доприносе смањењу емисије CO₂. У односу на конвенционална горива, која су по хемијском саставу углавном угљоводоници, биогорива имају кисеоник у свом саставу, па се зато још називају и оксигенована горива или оксигенати. Ова горива, генерално, имају добре карактеристике приликом примене моторима са унутрашњим сагоревањем.

У принципу, процеси који се користе за конверзију биомасе у биогорива се могу поделити у следеће групе:

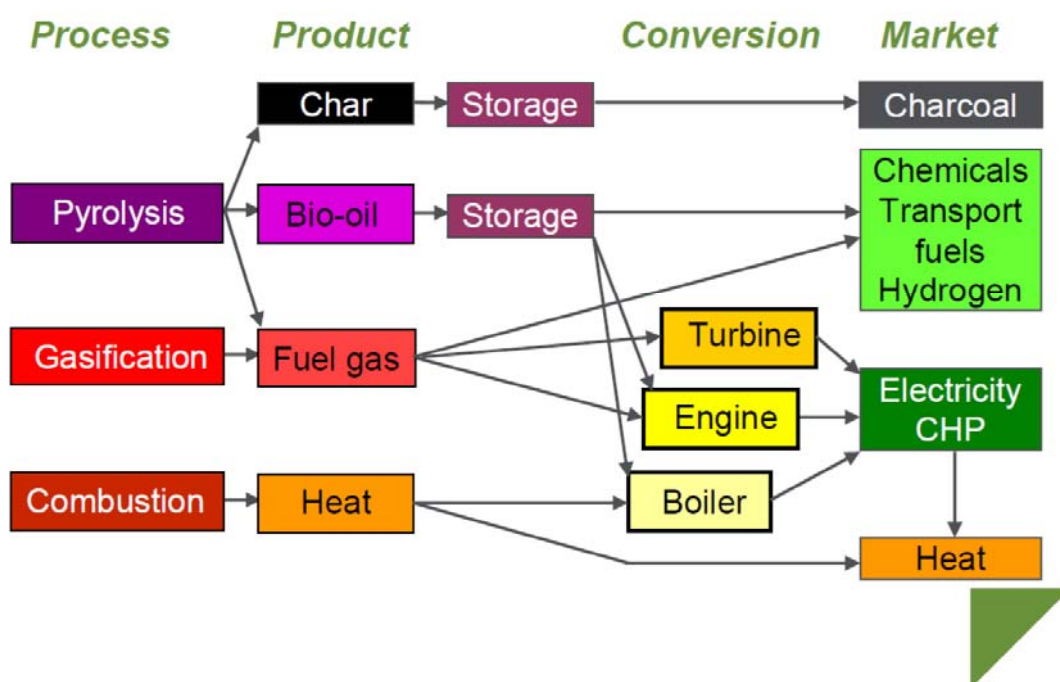
- пиролиза (пиролитичка уља, метанол)
- пресовање и екстракција (биљна уља)
- алкохолна ферментација (етанол).

Процеси конверзије биомасе који се одвијају у опсегу температура од 250-750°C и при коефицијенту вишка ваздуха $\lambda=0$ представљају процесе пиролитичке разградње (Слика 10.1) ми као производ добијају се течна гориво (пиролитичко уље) и коксни остатак (Слика 10.2). У зависности од услова у којима се процес одвија (максимална температура, време излагања максималној температури) однос количине добијених производа може бити различит (Табела 10.1).



Слика 10.1

Thermal processes and products



Слика 10.2

Табела 10.1

Процес	Услови	Течна фаза - пиrolитичко уље (%m/m)	Коксни остатак (%m/m)	Гасовити продукти (%m/m)
Брза пиролиза	~500°C, време ~1s	75	12	13
Средња пиролиза	~500°C, време ~10-30s	50	20	30
Спора пиролиза	~400°C, време ~сати/дани	30	35	35
Гасификација	~800°C, време ~дуго	5	10	85

Директива 2009/28/ЕЗ о промовисању обновљивих извора енергије дефинише два термина за горива добијена прерадом из биомасе и то у зависности од намене:

- биогорива – течна или гасовита горива за саобраћај, произведена из биомасе
- биотечности – течна гориво за производњу електричне и топлотне енергије за грејање и хлађење, произведено из биомасе, осим за саобраћај.

Врсте горива која се могу сврстати у биогорива дефинисане су Директивом 2003/30/ЕС - Директива о квалитету горива (Fuel Quality Directive – FQD). Биогорива у ужем смислу су:

- биоетанол (C_2H_6O): етанол произведен из биомасе,
- био-ЕТБЕ ($C_6H_{14}O$): етил-терцијарни-бутил-етар произведен од биоетанола,
- биометанол (CH_4O): метанол произведен из биомасе, за употребу као биогориво,
- био-МТБЕ ($C_5H_{12}O$, $(CH_3)_3COCH_3$): метил-терцијарни-бутил-етар произведен од биометанола,
- био-ДМЕ (C_2H_6O): диметилетар произведен из биомасе, за употребу као биогориво,
- био-ТАЕЕ ($C_7H_{16}O$): терцијарни-амил-етил-етар произведен од биоетанола,
- биобутанол (C_4H_9OH): бутанол произведен из биомасе, за употребу као биогориво,
- биодизел: метил-естар масних киселина произведен из биљних или животињских уља, квалитета за дизел моторе, за употребу као биогориво,
- Fischer-Tropsch дизел: синтетички угљоводоници или смеше синтетичких угљоводоника, произведени из биомасе,
- хидрогенизовано биљно уље: биљно уље термохемијски обрађено са водоником,
- чисто биљно уље: уље произведено из уљаних биљака пресовањем, екстракцијом или сличним процесима, сирово или рафинисано, али хемијски непромењена, уколико испуњавају захтеве за тип мотора у коме се користе и одговарајуће захтеве о издувној емисији и
- биогас: гасовито гориво, произведено из биомасе и/или биоразградиве фракције отпада, које се може пречистити до квалитета природног гаса, за употребу као биогориво или дрвни гас.

Према Директиви 2009/28/ЕЗ - Директива о обновљивој енергији (Renewable Energy Directive – RED), чланице ЕУ треба да испуне до 2020. године:

- повећање енергетске ефикасности за 20%
- смањење емисије гасова са ефектом стаклене баште од 20%
- учешће од 20% енергије из ОИЕ и
- обавезно учешће од 10% (у односу на садржај енергије) обновљиве енергије у сектору саобраћаја.

Важно је напоменути да само биогорива која су произведена у складу са критеријумима одрживости могу да се користе за испуњење постављених циљева јер се Директивом предлаже свеобухватна шема за критеријуме одрживости.

Примену биогорива предвидели су још конструктори мотора и то:

- Ford, 1880. год. - конструисао мотор који је користио само етанол као гориво за погон
- Ford, 1908. год. - конструисао мотор модел Т који је користио за погон и моторни бензин и етанол
- Diesel, 1912. год. – сматрао је да коришћење биљног уља у том тренутку може се оценити безначајним, али да током времена и овакви производи могу бити значајни као што су производи добијени прерадом нафте.

Основна подела биогорива према могућностима коришћења у наредном периоду у моторима без већих реконструкција је на етанол и биодизел, тако да се етанол користио као замена за моторни бензин, а биодизел као замена за дизел гориво. Друга подела односи се на поделу према сировинама и технологијама које се користе за производњу биогорива, па се тако разликују:

- биогорива 1. генерације – биогорива произведена од шећера, скроба, биљних уља, животињских масноћа применом конвенционалних технологија. Основне сировине за производњу биогорива 1. генерације су шећерна репа и шећерна трска, као и

житарице (кукуруз, пшеница и др.) за производњу етанола, односно семена уљарица (сунцокрет, соја, уљана репица) и других биљака које садрже знатну количина уља (плодови палме, јатрофа, кикирики и сл.) за производњу биодизела.

- биогорива 2. генерације – користе се различите врсте сировина које се не користе за исхрану, што укључује отпадну биомасу, стабљике пшенице, кукуруза, дрво, и биомасу добијену из посебних енергетских засада. У производњи биодизела за добијање 2. генерације разматрају се хидрогенизована биљна уља (hydro treated vegetable oils – HVO) и биомаса у течност (biomass to liquid – BTL).
- биогорива 3. генерације – користе се сировине као што су вишегодишње траве, брзо растуће дрвеће и алге. Све ове сировине се користе искључиво за добијање биогорива. Добијање биогорива 3. генерације захтева истраживања и у будућности са циљем да се освоји комерцијална производња.

Наведена подела може да буде и на други начин дефинисана и то: на биогорива 1. генерације и биогорива следеће генерације (next generation biofuels). Према овој подели, за горива следеће генерације се разматрају пољопривредни остаци настали у процесу производње хране. Од укупних остатака из пољопривреде, један део се користи као неопходан да остане на пољопривредном земљишту за заоравање (75%), други део се користи као простирка и за исхрану стоке (7,5%), а трећи део за производњу биогорива (17,5 %).

Преглед сировина и технологија које се користе за производњу биогорива 1. генерације дат је у Табели 10.2.

Табела 10.2

Врста	Сировина	Технологија
Биоетанол	шећерна репа, житарице	хидролиза и ферментација
Биоуље	уљана репица и др. уљане биљке	хладно цеђење и екстракција
Биодизел	уљана репица и др. уљане биљке	хладно цеђење, екстракција и трансестерификација
Биодизел	отпадна/јестива уља, животињске масноће	трансестерификација
Биогас	(сирова) биомаса	врење
Био-ЕТБЕ	биоетанол	хемијска синтеза

Сировине за производњу одређених врста биогорива могу се разликовати и у зависности од климатских услова и погодности за производњу одређених сировина (Табела 10.3).

Биогорива 3. генерације (биогорива следећих генерација) су биогорива произведена од сировина као што су: вишегодишње траве, брзо растуће дрвеће и алге. Добијање биогорива 3. генерације захтева истраживања и у будућности, са циљем да се освоји комерцијална производња.

У основи, производња биогорива 2. генерације се заснивају на термохемијским процесима конверзије. Прва фаза у процесу је фаза гасификације биомасе коришћењем високих температура до синтетског гаса. Синтетски гас се може трансформисати у различите врсте течних или гасовитих горива, тзв. "синтезна горива"- био-сингас или се може процес наставити до производње ВТЛ или ВТЛ -дизел (ВТЛ – скраћеница од енгл. biomass to liquid, често се само назива течно биогориво) – Слика 10.3.

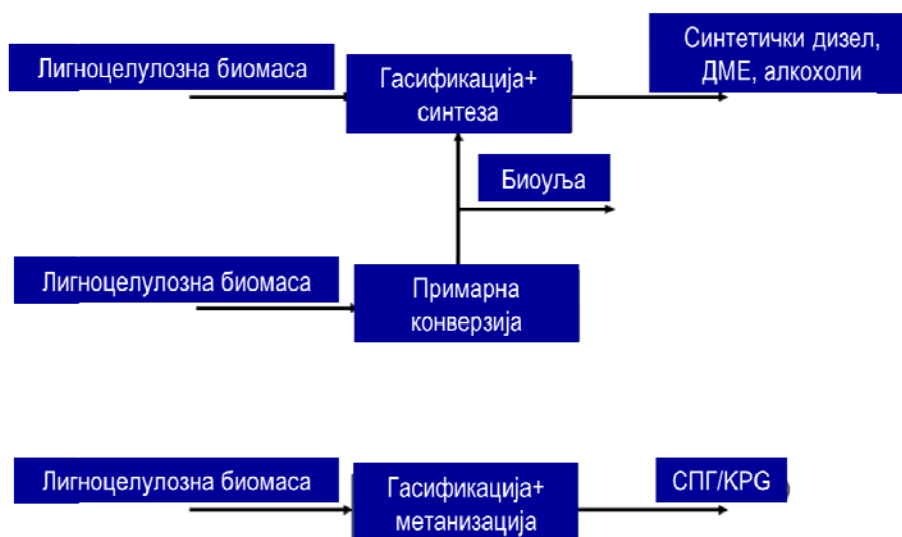
Табела 10.3: Сировине за производњу биодизела у зависности од расположивости у појединим земљама

Земља	Сировина
ЕУ	репица
Норвешка	рибље уље
САД	соја, животињске масноће, коришћено јестиво уље
Канада	рибље уље, животињске масноће
Бразил/Аргентина	соја
Еквадор	палма
Азија	коришћено јестиво уље
Малезија/Индонезија	палма
Филипини	кокос
Аустралија	животињске масноће

Преглед сировина и технологија које се користе за производњу биогорива 2. генерације дат је у Табели 10.4.

Табела 10.4

Врста	Сировина	Технологија
Биоетанол	лигноцелулозни материјал	савремени поступци хидролизе и ферментација
Синтетичка биогорива	лигноцелулозни материјал	гасификација и синтеза
Биодизел	биљна уља и животињске масноће	хидро-третмани
Биогас	гасификација	синтеза
Биоводоник	лигноцелулозни материјал	гасификација и синтеза или биолошки процеси



Слика 10.3

За производњу биогорива расположиве су различите технологије које се налазе у различитим фазама развоја – од основних и примењених истраживања и развоја до комерцијалне примене (Слике 10.4 и 10.5). Дугорочно, као биогорива разматрају се биобутанол и биогаз. Биогаз се већ сад користи као гориво у саобраћају у неким земљама (Немачка, Шведска, Шпанија), али се очекује све већа примена у будућности.



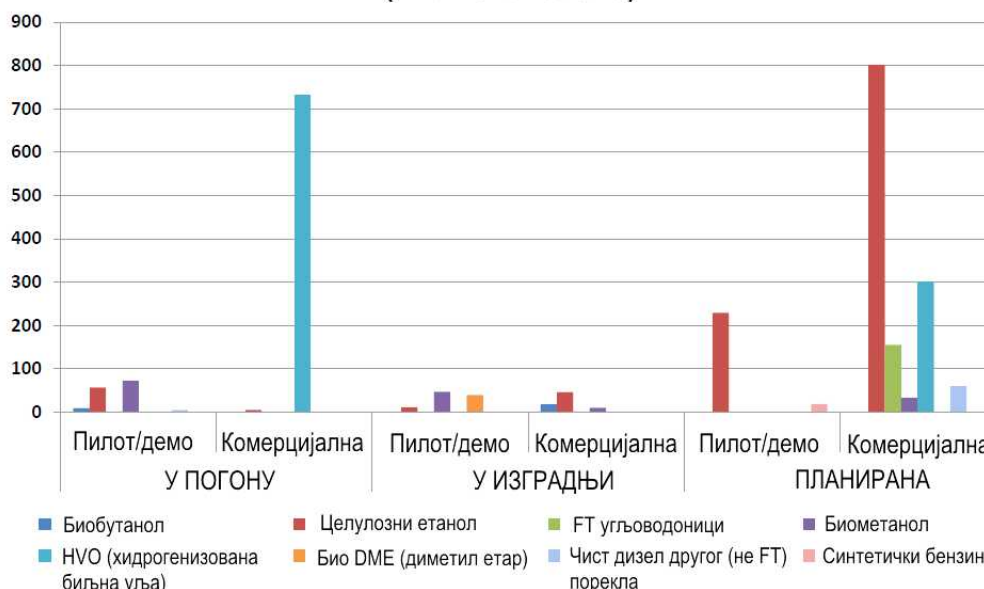
Слика 10.4



Слика 10.5

Развој нових технологија за производњу биогорива се састоји од почетних основних истраживања, изградње демонстрационих и раних комерцијалних постројења и тек на основу добијених резултата и стечених искустава, изградњу комерцијалних постројења. Развој капацитета за производњу биогорива следеће генерације према врсти горива и врсти постројења приказан је на Слици 10.6.

Развој капацитета за производњу биогорива следеће (нове) генерације (милиона галона)



Слика 10.6: Напредне технологије за производњу биогорива

На основу приказаних података о развоју капацитета може се закључити да су две врсте горива посебно доминантне и то:

- HVO – хидрогенизована биљна уља (изграђена значајна комерцијална постројења и постоје планови за изградњу нових) и
- етанол 2. генерације (планирана изградња нових капацитета).

HVO – хидрогенизована биљна уља поседују читав низ предности у односу на биодизел (Табела 6.5), тако да је то допринело да се последњих година изградње значајна постројења и за ову врсту горива, као и да се планирају нова комерцијална постројења у будућности.

10.1 БИОГОРИВА КАО ЗАМЕНА ЗА МОТОРНИ БЕНЗИН¹

10.1.1 Биометанол

Метанол је алкохол најједноставније структуре, готово без мириса, боје и укуса. Овај алкохол се може користити као растварач, екстракционо средство, сировина за органске

¹ Моторни бензини представљају течна горива која се користе за погон ото мотора са унутрашњим сагоревањем. Поред општих захтева који се постављају сваком гориву, они морају да задовоље и следеће:

- захтеве за образовање смеше и
- захтеве за сагоревање настале смеше.

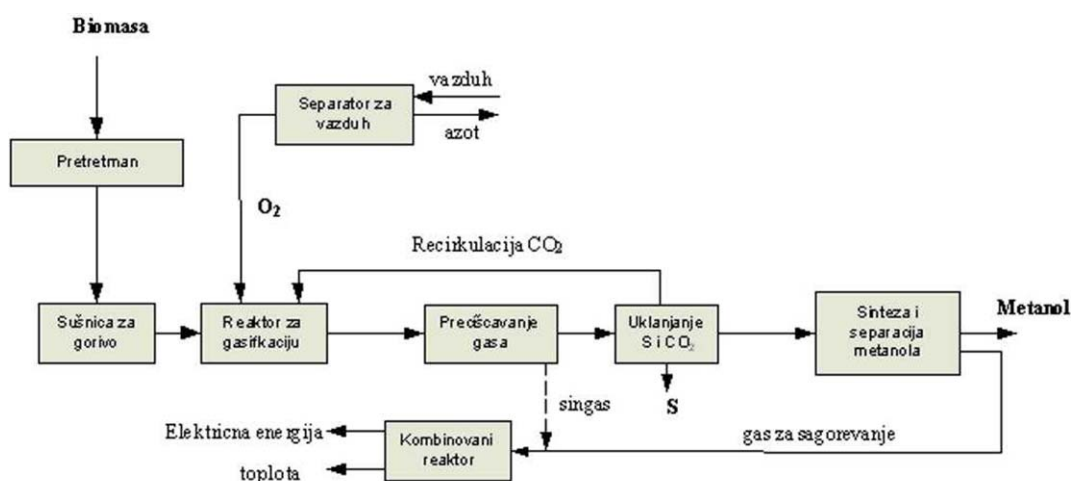
Захтеви за образовање смеше - моторни бензин треба да са ваздухом створи хомогену смешу неопходног састава (кофицијента вишка ваздуха) за било које климатске услове. Због тога бензин треба да добро и лако испарава, да поседује добре особине приликом пуштања мотора у рад (хладног односно загрејаног мотора), да обезбеди брзо загревање хладног мотора, да не утиче на хабање мотора при свим режимима рада мотора и да не ствара талог у усисној грани мотора и комори за сагоревање. За образовање смеше и њено сагоревање неопходно је да се бензин преведе у парно стање и да се настале паре горива помешају са неопходном количином ваздуха и образују гориву смешу унутар концентрационих граница паљења.

Захтеви за сагоревање смеше - образована смеша горива и ваздуха треба да што потпуније и брже сагори у предвиђеном временском интервалу. Зато треба: да поседује што већу топлотну моћ, да сагорева без појаве ненормалних видова сагоревања на свим режимима рада мотора и у било којим климатским условима, да не образује токсичне и канцерогене компоненте у издувним гасовима. При сагоревању се, разликују два процеса: процес паљења и процес простирања пламена. Електричном варницом врши се паљење гориве смеше и образује се пламен (фронт пламена) који се преноси на суседне слојеве свежје смеше и који се пале на рачун енергије образоване при сагоревању претходних слојева исте смеше горива и ваздуха.

синтезе или као гориво. Производио се још од 1648. године сувом дестилацијом дрвета, а као гориво коришћен је на почетку XX века, када је производња бензина била скупља од производње метанола. У току II светског рата масовно је коришћен у Немачкој као моторно гориво, а коришћен је као замена за бензин у више нафтних криза, посебно током седамдесетих година прошлог века. Као сировина за производњу метанола могу се користити:

- фосилна горива – угаљ и природни гас
- биомаса - посебно је интересантна производња из црног луга насталог у производњи целулозе и папира (Слика 10.7).

Биометанол може да се користи као гориво директно или да се преведе у друге погодније облике (гориве ћелије). Данас, разрађена је и технологија дехидратације метанола из кога се могу добити сва остала угљоводонична горива, која се за сада добијају из фосилних горива. У наредном периоду, технологија која највише обећава и у коју се улажу највећа средства на глобалном нивоу је примена метанола за добијање водоника (за директну примену као гориво или у горивим ћелијама).



Слика 10.7: Технолошки процес производње метанола из биомасе

Разматрајући карактеристике метанола као горива за ото моторе поређењем особина са бензином, може се доћи до следећих поставки:

- 1) Топлотна моћ метанола износи 19,6 MJ/kg и у поређењу са бензином је приближно два пута мања, што значи да би коришћењем метанола за исти пређени пут била потребна два пута већа количина него са бензином, односно два пута већа запремина резервоара. Пошто у свом саставу садржи кисеоник, који се у процесу сагоревања може искористити, минимално потребна количина ваздуха за потпуно сагоревање 1 kg метанола је свега 6,46 kg, док је за 1 kg бензина око 15 kg. Из истих разлога, међутим, топлотна моћ гориве смеше метанола и ваздуха и бензина и ваздуха се мало разликују: топлотна моћ смеше метанола и ваздуха износи око 3,05 MJ/kg, а бензина и ваздуха 2,95 MJ/kg. Концентрационе границе паљења метанола су шире у поређењу са бензином, па су стога повољније. Што се тиче отпорности према детонативном сагоревању² метанол поседује изванредна својства. Октански број метанола налази се у границама од 104 до 114, па чак и изнад.

² На неким режимима рада мотора односно возила може доћи до једног од видова ненормалног сагоревања - детонативног сагоревања. Ова појава се може описати појавом самопаљења дела смеше горива и ваздуха, до које, после паљења иницијалног дела гориве смеше, фронт пламена није доспео и то на више места при чему се образује ударни, детонативни талас. Отпорност према детонативном сагоревању бензина представља једну од његових најважнијих карактеристика. Отпорност према детонативном сагоревању карактерише се помоћу октанског броја, који је бројно једнак процентуалном садржају изооктана (C_8H_{18}) у смеси са n-хептаном (C_7H_{16}), која у прописаним стандардним условима испитивања на специјалном мотору антидетонативно сагорева исто као и испитивани бензин.

- 2) Проблеме при коришћењу метанола стварају неповољне карактеристике испарљивости: притисак засићених пара, константна непроменљива температура испаравања (метанол као једињење одређених карактеристика не испарава као бензин у одређеном температурском интервалу³, већ на одређеној температури: 64,7°C), осетно већа топлота испаравања и кородивно деловање. Такође, и поред ниског притиска засићених пара⁴ чистог метанола, у мешавини са моторним бензином он нагло расте и превазилази дозвољене вредности што може да доведе до појаве парних чепова.

Приликом коришћења мешавина метанола и бензина јавља се нов проблем: раслојавање на бензин и метанол. Овој појави ногује снижење температуре и присуство воде у алкохолу (алкохол је хигроскопан!), али се може успешно спречити додавањем малих количина виших алкохола (пропил или бутил алкохола).

Биометанол (метанол) може да се користи као гориво директно или да се преведе у друге погодније облике (гориве ћелије). Технологија у коју се улажу највећа средства је примена метанола за добијање водоника (за директну примену као гориво или у горивим ћелијама).

10.1.2 Био-МТБЕ

Био-МТБЕ производи се реакцијом биометанола (метанола) са изобутиленом на повишеним температурама и у присуству катализатора.

10.1.3 Биоетанол

Етанол се може произвести хемијском синтезом или ферментацијом. У свету, од укупне производње етанола преко 60 % се производи ферментацијом и представља биоетанол. Етанола се користи

- у индустрији као сировина или растварач
- за производњу алкохолних пића
- као гориво.

Примена етанола као горива је почела са развојем аутомобилске индустрије. Касније, етанол је потиснут јефтинијим горивима на бази нафте, али због појаве нафтне кризе, крајем седамдесетих година, Бразил, а затим и Америка донели су националне програме производње етанола као горива. У складу са тим, у Америци се уводи коришћење смеша са додатим мањим процентом етанола гориву, док Бразилски програм (ProAlcool) промовише коришћење смеша са већом количином етанола. Производња у 2004. години износила је 14 милиона литара. Бразил је водећа земља у примени биоетанола (примењује се више од 25 година), а САД је на другом месту у свету по производњи и потрошњи етанола као горива. Осатале земље које производе и користе биоетанол као гориво су: Шведска, Аустралија, Канада, Кина, Колумбија, Француска, Немачка, Индија и др.

³ Како су течна горива нафтног порекла у стварности смеша великог броја угљоводоника, за које је утврђено да испаравају у одређеном температурском интервалу, неће при њиховом испаравању доћи до преласка целокупне масе горива у парно стање на једној одређеној температури: постепеним загревањем доћи ће до издвајања и преласка у парно стање најпре угљоводоника са најнижом температуром кључања, а затим редом све тежих и тежих.

⁴ Притисак који образују паре горива у условима равнотежног стања са течношћу, на одређеној температури, назива се притисак засићених пара. За хомогена једињења (као што је метанол) овај притисак зависи од температуре и природе течности: за сложене течности (из више компоненти), као што су течна угљоводонична горива, ова величина зависна је и од односа запремина, парне и течне фазе.

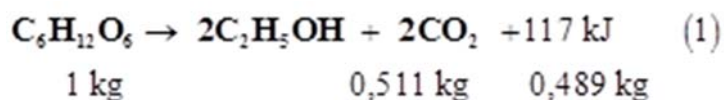
Карактеристике етанола су сличне са одговарајућим код метанола, тако да опште претпоставке важе и за етанол. Ипак може се констатовати да етанол поседује нешто повољније карактеристике од метанола: већа топлотна моћ (26,78 MJ/kg), мања топлота испаравања, мања токсичност и др.

Једна од основних предности етанола је у чињеници да се етанол успешно добија из низа производа и отпадака приликом прераде биомасе, чиме је један од веома важних критеријума за увођење нових горива - критеријум обновљивости испуњен.

Етанол се производи ферментацијом шећера присутних у биомаси или шећера добијених претходном ензимском конверзијом састојака биомасе (Слика 10.8). Ферментација шећера се врши помоћу микроорганизама, и то традиционално помоћу квасаца, а у новијим технологијама и помоћу одређених бактерија. Технологија за производњу етанола се разликује у зависности од врсте примењене сировине (супстрата) и глобално се може поделити у три фазе:

1. Претходна обрада супстрата (припрема сировине)
2. Ферментација супстрата
3. Издајање производа (дестилација, ректификација, пречишћавање и обезводњавање)

Фаза претходне обраде супстрата има за циљ да се скробне компоненте из биомасе преведу у ферментабилне шећере и врши се хидролизом помоћу ензима или киселина. Ферментабилни шећери су они шећери које микроорганизми могу ферментисати до етанола. Супстрати на бази биомасе која је богата шећерима, као на пример шећерна репа, не захтевају претходну хидролизу, већ се припрема врши уситњавањем ради екстракције, разблаживањем и усклађивањем са потребама квасца како би се директно изводила ферментација до етанола. Ферментација шећера је фаза која следи након припреме супстрата и изводи се помоћу одређене врсте квасца на температури од око 30 °C. Реакција алкохолне ферментације се одвија у специјално конструисаним судовима – ферменторима, углавном под анаеробним условима. Алкохолна ферментација се може приказати на следећи начин:



Алкохолна ферментација у производњи етанола се може изводити на четири начина: дисконтинуално, континуално, доливно и семиконтинуално.

У зависности од чистоће/састава, етанол може бити:

- неанхидровани - 85-95 % v/v етанола и
- анхидрован - мин. 99,5 % v/v етанола.

Пречишћавање односно дехидратација етанола је енергетски најзахтевнији корак у производњи. Основни типови технолошких поступака за добијање анхидрованог етанола су:

- дестилационе методе
- недестилационе методе (дехидратација адсорпцијом и дехидратација коришћењем мембранске технологије (первапорација)
- хибридни процеси (комбиновани процеси дестилације и первапорације).

Споредни производи у производњи етанола из угљенохидратних сировина су цибра и угљен диоксид.



Слика 10.8: Технолошки процес производње етанола из биомасе

Етанол 2. генерације

Лигноцелулозна биомаса састоји се од целулозе (40-50%), хемицелулозе (25-35%) и лигнина (15-20%), а удео тих компоненти у биомаси зависи од врсте сировина. Лигноцелулозне сировине су пољопривредни остаци, целулозни отпад, шумска и биљна биомаса и комунални чврсти отпад. Чињеница да је велика количина лигноцелулозног материјала, у ствари, остатак који потиче из пољопривредне производње или индустрије, отвара могућности производње етанола у великим количинама.



Слика 10.9

Процес производње етанола из лигноцелулозних сировина састоји се од четири фазе:

- 1) предтретман,
- 2) хидролиза,
- 3) ферментација,
- 4) раздвајање и пречишћавање етанола.

Споредни производи који се добијају у производњи етанола из лигноцелулозне биомасе су:

- ксилитол - заслађивач (замена шећера за дијабетичаре)
- 2,3-бутандиол - хемијска сировина као прекурсор за синтетичке полимере
- калцијум магнезијум ацетат - одлеђивач путева
- Фурфурал - сировина за синтезу других значајних хемикалија
- SCP (микробна биомаса) – исхрана животиња
- Лигнин - адитив гориву, или сировина за производњу адсорпционих материјала хемијском модификацијом.

Етанол произведен из биомасе и/или биоразградљиве фракције отпада, који се користи као биогориво за мешање са моторним бензином, мора испуњавати одговарајући квалитет. Стандарди који дефинишу квалитет се односе на мешавине етанола са моторним бензином и могу се поделити у две групе:

- стандарди који дефинишу квалитет етанола који се користи као компонента за намешавање у бензин и

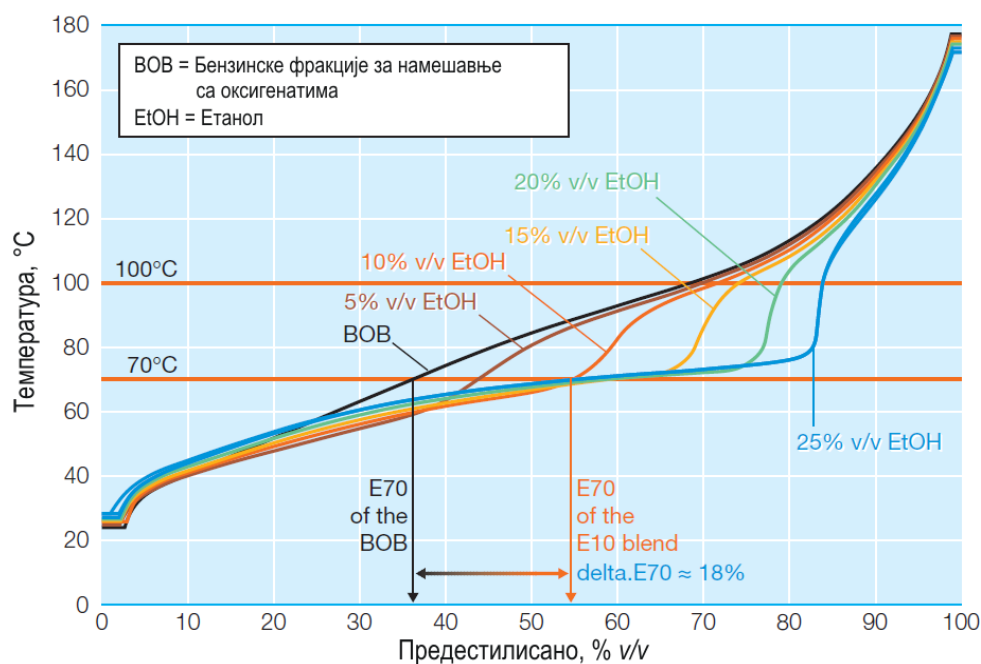
– стандарди који дефинишу квалитет горива (мешавина етанола и моторног бензина) за погон флексибилних возила у погледу горива - FFV (E85 – мешавина до максимално 85 %v/v етанола и 15 %v/v моторног бензина).

Етанол може да се производи у два различита квалитета: хидратисан и анхидрован. Хидратисан се обично производи поступком дестилације из процеса ферментације биомасе и на крају процеса производње садржи одређену заосталу количину воде. Овакав квалитет етанола погодан је за примену у топлијим климатским условима (на пример, Бразил). У случају примене даљег процеса дехидратације, добија се анхидрован етанол који се користи за мешање са моторним бензином. Анхидрован етанол може да се користи за примену у моторима као мешавина етанола са моторним бензином (мешавине E5, E10 и др.) или као мешавина етанола у већим концентрацијама (до 85 %v/v) са моторним бензином – ознака E85 или у крајњем случају као чисто гориво. Са аспекта примене у моторима, примена мешавина са садржајем етанола до 10 %v/v са моторним бензином (E10) је могућа у постојећим моторима без икаквих реконструкција. Анализа примене етанола у мешавини са моторним бензином указује да се у Европској Унији, пре свега, пружала подршка примени мешавина E5 како би се заштитило тржиште, односно како би се обезбедила примена овог горива и у старијим моделима возила без икаквих измена и подешавања. Тек у последње време, земље ЕУ су прихватиле примену мешавина E10, које су у САД већ одавно у примени.

У међувремену, одређени број произвођача моторних возила је започео производњу возила са бензинским моторима флексибилним у погледу горива (FFV) која омогућавају несметан рад са мешавинама од 0 до 85 %v/v етанола. Основна разлика између FFV и возила са класичним моторима је у материјалима који се примењују при изради система за напајање горивом, као и измене у систему регулације рада мотора. Појава корозије на површинама се повећава са повећањем садржаја етанола у мешавини.

Етанол у мешавини са моторним бензином утиче на велике промене у карактеристикама, поготову када је етанол у мешавини у малим концентрацијама. Етанол као чиста хемикалија кључа на 78 °C што је значајно виша температура у односу на почетак испаравања моторног бензина (~ 30 °C), али истовремено нижа од средњег опсега криве дестилације (~ 100 °C). Вредност сувог еквивалента напона паре (Dry Vapour Pressure Equivalent – DVPE) етанола износи око 16 kPa, што је знатно ниже у односу на моторни бензин. На основу претходног, може се очекивати да ће мешање етанола са моторним бензином у малим концентрацијама довести до смањења сувог еквивалента напона паре (DVPE) и повећати испарљивост у средњем опсегу криве дестилације. Међутим, то се не дешава јер етанол образује са угљоводоникима азеотропну мешавину. Азеотропна мешавина је мешавина две или више течности у неком односу тако да се састав мешавине неће изменити једноставном дестилацијом. То значи да азеотропна мешавина етанола и угљоводоника дестилише на приближно константној температури, што значајно мења криву дестилације⁵ у делу испаравања азеотропне мешавине етанола и угљоводоника, а после тога крива дестилације поново има карактер криве дестилације моторног бензина. Утицај етанола на карактеристике испарљивости приказан је на Слици 10.10.

⁵ Како су течна горива у стварности смеша великог броја угљоводоника, за које је утврђено да испаравају у одређеном температурском интервалу, неће при њиховом испаравању доћи до преласка целокупне масе горива у парно стање на једној одређеној температури: постепеним загревањем доћи ће до издвајања и преласка у парно стање најпре угљоводоника са најнижом температуром кључања, а затим редом све тежих и тежих. Ако се настале паре горива и кондензују и ако се при томе бележе температуре, добија се крива испаравања горива или крива дестилације.



Слика 10.10: Утицај додавања етанола моторном бензину на криву дестилације мешавине

Велики број истраживања врши се са циљем да се могући и сагледавање могућности за повећање садржаја етанола у мешавини са моторним бензином у будућности са циљем да се задовоље циљеви Европске Уније. За разматрање повећања садржаја етанола у мешавини са моторним бензином је потребно обезбедити да возила буду потпуно компатибилна са већим садржајем етанола, као и да се обезбеди дистрибуција горива на тржишту. Иако резултати истраживања нису показали проблеме у погледу емисије и карактеристика возивости са E10, проблем могућности коришћења мешавина са садржајем етанола већим од 10 %v/v и даље остаје.

10.1.4 Био-ЕТБЕ

ЕТБЕ се производи из биоетанола и изобутилена (производ из рафинације сирове нафте). Садржај обновљивљивих извора у био-ЕТБЕ-у је 37 %. Производња ЕТБЕ је релативно једноставна - смеша етанола и изобутилена се преводи у ЕТБЕ катализованом реакцијом, а затим се из реакционе смеше ЕТБЕ одваја фракционом дестилацијом.

10.1.5 Бутанол

Производња биобутанола се одвија је могућа применом ферментације шећера, скроба и друге биомасе (лигноцелулозне) или пиролизом и реформуацијом биомасе. До данас, нема комерцијалних поступака и предвиђа се да је потребно од 1 до 6 година за комерцијализацију технологије производње.

Бутанол поседује већу топлотну моћ и мању испарљивост у односу на етанол. Највећи недостатак је токсичност. Бутанол у односу на етанол 1. генерације има мањи утицај на сектор производње хране и може бити конкурентан нафти при цени нафте од 80 USD по барелу.

10.2 БИОГОРИВА КАО ЗАМЕНА ЗА ДИЗЕЛ ГОРИВО⁶

Биодизел као гориво може бити дефинисан на више начина. Најчешће се примењују две дефиниције и то:

- У Европи – биодизел је гориво које је састављено од метил естара масних киселина (Fatty-Acid-methyl-Ester) биљних (животињских) уља
- У САД - моно-алкил естри масних киселина добијених трансестерификацијом пољопривредних масноћа алкохолима, као што су метанол или етанол.

Производња биодизела састоји се из више фаза које омогућавају да се од семена уљарица добије коначни производ и то:

- I фаза - припрема уљарица/алги - семе уљарица се чисти, љушти, меље и кондиционира. Ова фаза је неопходна да би се обезбедило лакше цеђење уља.
- II фаза - цеђење/пресовање/ комбиновано цеђење и пресовање. За цеђење се користе пресе (најчешће пужна преса).
- III фаза – трансестерификација уља алкохолом. Од почетне сировине, биљног уља и алкохола (најчешће се користи метанол) у присуству катализатора (базе, киселине, ензими; један од катализатора који се користи је NaOH), добијају се метил естри масних киселина (МЕМК). Естри (имају –ООС- групу) настају реакцијом угљоводоника (алкохола који имају у својој структури –ОН групу) и органских киселина (имају –COOH групу). Процес се врши из више корака. У процесу трансестерификације долази до хидролизе естарских група глицерида у присуству алкохола и поновне реакције естретификације и настанка МЕМК. У том процесу триглицериди (а у зависности од врсте и састава уља и диглицериди и моноглицериди) се поступно разграђују и при хемијским реакцијама настаје МЕМК и глицерол (глицерин) као споредни производ.

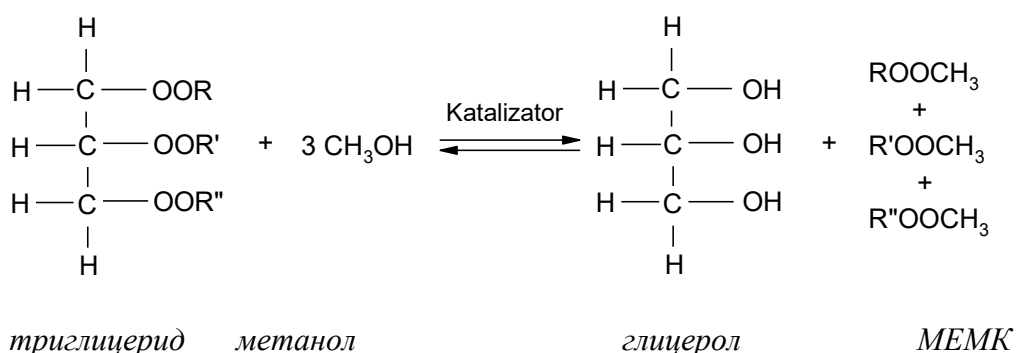
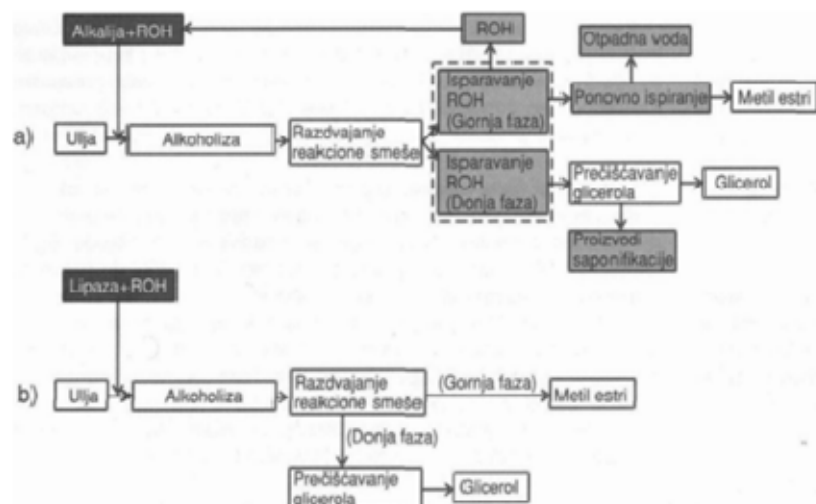
Блок дијаграм технолошких поступака производње биодизела приказан је на Слици 10.11.

⁶ Под горивом за дизел моторе обично се подразумева фракција нафте, која, својим највећим делом, испарава у границама од 180-350°C. Специфичности њихових карактеристика произилазе из особина рада самог мотора, поред општих захтева који се постављају једном гориву уопште.

Образовање смеше у дизел мотору се суштински разликује од истог код ото мотора. У току такта компресије сабија се ваздух који се услед тога загрева. У овако загрејан ваздух убризгава се млаз горива. Да би до паљења дошло уопште, као што је познато, течно гориво мора испарити и образовати са околним кисеоником одговарајућу смешу. Да би процес испаравања могао да се заврши у што краћем времену гориво се под притиском распршује у велики број финих капи. Механизам распршивања и испаравања течног горива може се са задовољавајућом тачношћу представити у неколико фаза:

- образовање млаза горива, као резултат истицања кроз бризгалку под притиском,
- поремећај млаза услед трења са околним ваздухом и стварање већег броја капи, њиховог уситњавања и у мањем броју укрупњавања,
- испаравања.

Брзина образовања смеше у дизел мотору одређена је брзином испаравања, која зависи од температуре, финоће распршивања горива и његове испарљивости односно вискозности.



Слика 10.11

Производња биодизела је могућа и без присуства катализатора и у том случају се ради о некаталитичком процесу. Ови процеси су још увек у фази развоја. Поступак производње може бити шаржни и континуални. Шаржни поступак има неколико недостатака у поређењу са континуалним: захтева већу запремину реактора (већа капитална улагања), неефикаснији је због своје инертне природе приликом стартовања и заустављања рада постројења, а квалитет производа варира од шарже до шарже. Континуални поступак синтезе биодизела, побољшава укупни економски ефекат, обезбеђујући нижу производну цену и униформнији квалитет производа. Реактори који се користе у континуалним процесима су мањи, а смањено је и време задржавања реактанта у реактору јер се брже постиже жељени степен конверзије триглицерида.

У процесу производње биодизела добијају се и споредни производи и то:

- уљана сачма и уљане погаче - важан извор протеина за исхрану домаћих животиња.
- глицерол 10% од улазне количине уља, може се користити у различите сврхе
- ђубриво - 15-20 kg/t биодизела.

Физичке и хемијске карактеристике биодизела су одређене карактеристикама MEMK које се налазе у његовом саставу. С обзиром на разноликост MEMK, карактеристике биодизела битно се разликују у зависности од сировине која се користи за производњу. Ово је посебно значајно за карактеристике које су дефинисане стандардом за квалитет биодизела: садржај сумпора, кинематску вискозност⁷, густину, тачку паљења⁸, цетански број⁹, јодни број,

⁷ Вискозност представља карактеристику унутрашњег трења течних материја: то је израз отпора којим се материја супротставља деловању спољних сила, које теже да изврше померање честица те материје. Вискозност утиче на финоћу и хомогеност распршивања горива у комори за сагоревање. Што је вискозност горива нижа, то је мањи пречник капи насталих убризгавањем горива у компримован и загрејан ваздух, па и боље образовање смеше. Нижа вредност вискозности даје међутим мању дубину продирања млаза убризганог горива. Сувише велика вискозност онемогућује распршивање на мале, fine капи, али повећава дубину продирања. Већи

топлотну моћ и нискотемпературске карактеристике (тачка замућења (CP), тачка кристализације (PP) и тачка филтрабилности (CFPP)¹⁰). Карактеристике MEMK које су додатно од значаја за техничку примену горива, и директно су последица процеса производње биодизела, пречишћавања и процеса складиштења пре него састава масних киселина. У ове карактеристике спадају оксидациона стабилност, садржај воде и седимента, садржај метанола, пепела, метала, киселински број, садржај глицерина и температура филтрабилности. На основу средњег састава могуће је израчунати још две карактеристике сировине за производњу биодизела које су, такође, веома значајне за његову примену и то: средња дужина ланца и средњи степен незасићености. Просечне вредности физичко-хемијских карактеристика биодизела (MEMK) од различитих сировина приказане су на Слици 10.12.

Стандарди за биодизел су постављени са циљем да се обезбеди да се само биодизел високог квалитета дистрибуира на тржиште како би се заштитила возила од могућих проблема у експлоатацији. Биодизел се може мешати са дизел горивом нафтног порекла у било ком односу иако су у питању два горива потпуно различитог хемијског састава. С обзиром на разлике које постоје између биодизела и дизел горива, мешавине ове две врсте горива имају карактеристике које су потпуно различите у односу на чисте компоненте. Приликом примена мешавина са мањим садржајем биодизела у мешавини (мање од 20 %v/v) утицај разлика између ове две врсте горива је значајно смањен.

Два најважнија стандарда која дефинишу квалитет чистог биодизела су европски и амерички стандард. Додатно, усвојен је и стандард ASTM D7467 који дефинише квалитет мешавина са садржајем биодизела у мешавини са дизел горивом нафтног порекла у границама од 6 до 20 %v/v. Мешавине са 20 %v/v биодизела се често користе јер су компатибилне са материјалима

средњи пречник распршених капи, има за последицу непотпуније сагоревање и повећање специфичне потрошње горива. Ова појава је нарочито изражена код брзоходних дизел мотора.

⁸ Тачка паљења представља карактеристику која је од интереса за пожарну безбедност при чувању горива на складишту, транспорту и у условима експлоатације. То је најнижа температура до које треба материју загрејати у прописаним условима испитивања па да се из ње издвоји толико горивих и испарљивих састојака да се могу упалити страним извором топлоте и да тренутно сагоре. Ниска тачка паљења указује на присуство лаких компонената, чије присуство може бити штетно по рад дизел мотора.

⁹ Најважнија особина, која карактерише радна својства дизел горива је упaljивост. Упaljивост одређује карактер сагоревања горива у дизел мотору, а такође је и најважнији показатељ за оцену погодности горива. Као показатељ којим се изражава упaljивост дизел горива усвојен је цетански број, који се одређује на специјалном дизел мотору упоређивањем испитиваног горива са смешом угљоводоника: цетана C₁₆H₃₄ и α-метилнафталина C₁₁H₁₀. Цетански број горива бројно је једнак процентуалном учешћу цетана (запремински проценти) у његовој смеси са α-метилнафталином, која је еквивалентна по упaljивости са испитиваним горивом у прописаним условима испитивања.

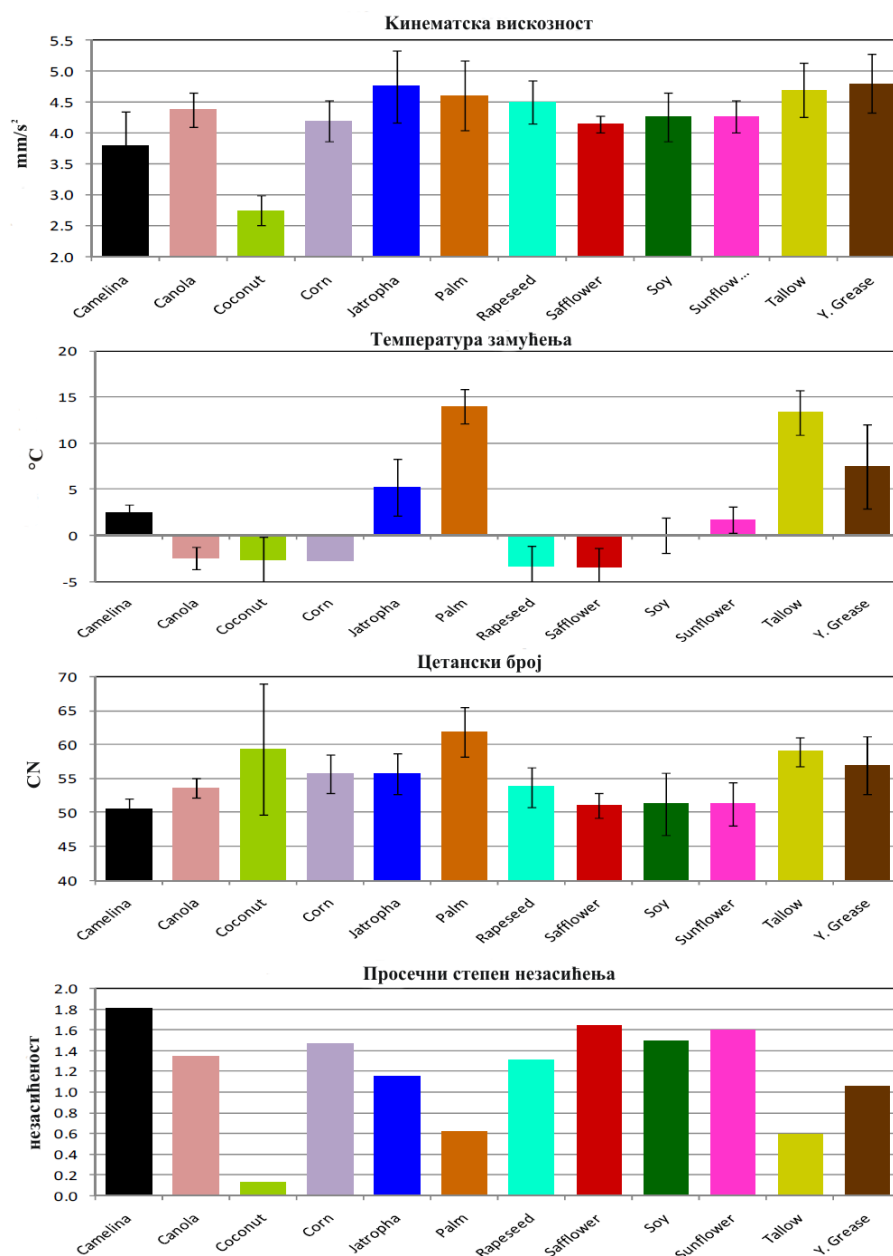
¹⁰ Сnižавањем температуре испод нуле (у зимским условима) долази до појаве која ометају предвиђени проток горива од резервоара до коморе за сагоревање. Уопштено посматрано са падом температуре расте вискозност свих угљоводоника из састава дизел горива, а парафински угљоводоници се издвајају у облику кристала. Кристали парафинских угљоводоника расту и међусобно се повезују водећи постепено до потпуног престанка течења горива кроз инсталацију за напајање мотора горивом. Оцена понашања дизел горива на сниженим температурама оцењивана је експериментално у лабораторијским условима преко тачке замућења и тачке стињавања.

Температура замућења представља највишу температуру на којој долази до стварања микрокристала угљоводоника. Температура стињавања је највиша температура на којој гориво губи особину течљивости приликом испитивања у прописаним условима.

Поред проблема проточности на сниженим температурама услед повећања вискозности дизел горива долази и до издвајања кристала и парафина и њиховог нагомилавања у пречистачима инсталације за напајање дизел мотора горивом што може да изазове и потпуни прекид довода горива. Ова појава оцењује се и прописује данас тачком зачепљења хладног пречистача - филтера (Cold Filter Plugging Point – CFPP). Највиша температура на којој у лабораторијским условима испитивани узорак дизел горива не пролази кроз прописани филтер назива се тачка филтрабилности или креће филтрабилност. Вредност тачке филтрабилности налази се између тачке замућења и тачке стињавања.

у возилу и имају добре карактеристике на сниженим температурама. Мешавине са већим садржајем биодизела од 20 %v/v захтевају одређене модификације на возилу. У припреми су за увођење на тржиште и мешавине са до 30 %v/v биодизела.

Стандарди за дизел гориво нафтног порекла дозвољавају додавање до 7 %v/v биодизела (EN 590), односно до 5 %v/v биодизела (ASTM D975), при чему није потребно посебно означавање за дизел гориво које садржи биодизел до наведених граница. При разматрању квалитета биодизела, односно мешавина биодизела и дизел горива нафтног порекла, важно је напоменути да биодизел мора да задовољи захтеве квалитета за чист биодизел (EN 14214, односно ASTM D6751) да би могао да се меша са дизел горивом, без обзира на однос у мешавини.



Слика 10.12

Дизел горива 2. генерације

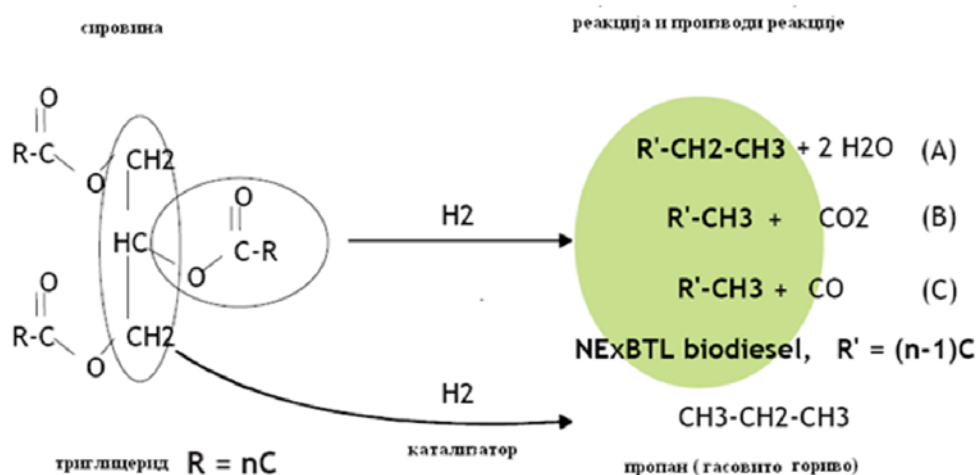
HTU DIZEL – HydroThermal Upgrading (HTU) је технологија производње биогорива из извора као што је мокра биомаса животињског порека. На температури од 300 - 350 °C и високом притиску биомаса се претвара у органску течност која садржи мешавину угљоводоника. Након процеса каталитичке хидродеоксигенације (ХДО) може се произвести текуће биогориво, слично фосилним горивима. За сада се ова технологија користи само у Холандији, где се и налази експериментални HTU погон.

FISCHER – TROPSCH DIZEL - Fischer – Tropsch процес је каталитичка хемијска реакција приликом које се угљен моноксид и водоник претварају у течне угљоводонике. Основни циљ овог процеса је продукција синтетичке замене за нафту, првенствено од угља или природног гаса.

Хидрогенизована уља

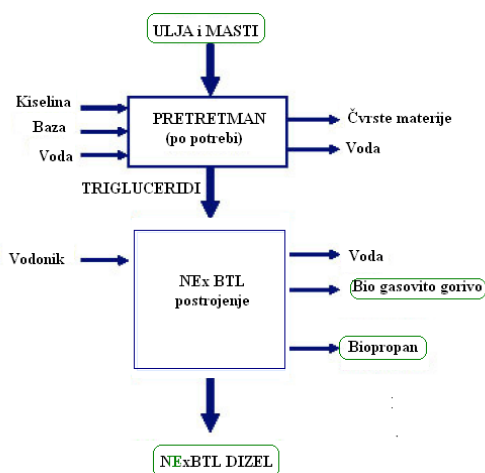
Каталитичка хидрогенизација и крековање уља није нов процес, па се посебно ако се као сировине користе јестиве масти и уља, овако добијен биодизел сврстава у гориво 1. генерације. Овим процесом се триглицериди хидрогенизацијом са водоником (који настаје као споредни производ у рафинеријама нафте) преводе у смешу течних угљоводоника која се може користити као високо квалитетно гориво (Слика 10.14). Неки од познатијих процеса који користе ову технологију су Н-Вio, Canadien Super-cetane process и NExBTL компаније Nestle Oil.

На овај начин се добија гориво изузетног квалитета, са цетанским бројем између 84 и 99, које се користи за намешавање са стандардним дизелом да би му се поправиле перформансе и повећала могућност коришћења у хладнијим поднебљима. Производ је стабилан и има дуг рок трајања. Добија се тако што се уља и масти различитог порекла најпре подвргавају претретману са киселинама и база, да би им се уједначио квалитет, а затим се хидрогенују, чиме се незасићене везе у масним киселинама преводе у засићене, а масне киселине редукују до одговарајућих угљоводоника (Слика 10.13). Прво постројење NExBTL у Финској 2007. године – инвестиција око 100 милиона €, а капацитет је 170.000 t/год. После две године, пуштено је у рад у Финској још једно постројење истог капацитета, а 2010. једно у Аустрији капацитета 200.000 t, и 2011. по једно у Ротердаму и Сингапуру капацитета по 800.000 t. Очекује се брзо ширење ове технологије у свету.



Слика 10.13

Предности хидрогенизованих уља у односу на биодизел приказани су у Табели 10.5.



Слика 10.14. Блок дијаграм процеса добијања NexBTL дизела

Табела 10.5: Предности хидрогенизованих биљних уља у односу на биодизел

Хидрогенизовано биљно уље (НВО)	Традиционални биодизел (FAME)
Може да се намешава са горивом у било ком односу (садржај 0–100% у мешавини)	Мешавине горива могу да садрже максимално 5–7 %v/v традиционалног биодизела. Већи део FAME може изазвати проблеме са мотором
Може да се намешава са минералним дизелом, традиционалним биодизелом (FAME) или да се користи као чисто гориво у дизел моторима	
Помаже у остварењу националних циљева за биогорива и значајно утиче на смањење GHG и емисије издувних гасова (PM, NO _x , CO, HC)	Помаже у остварењу националних циљева за биогорива, али ограничење удела FAME у мешавини због превенције проблема мотора ограничава бенефите овог горива
Испуњава најстрожије захтеве квалитета власти, компанија за логистику и дистрибуцију, као и произвођача и корисника возила	Постизање обавезног захтева за удео биогорива у транспорту (10 %e/e обновљиве енергије у ЕУ у саобраћају 2020. године) није могуће само са традиционалним биодизелом, осим у случају да се модификују спецификације производа тако да се омогући употреба дизел горива лошијег квалитета
Може да се намешава као адитив за побољшање укупног квалитета горива	Његова употреба повећава емисије NO _x у поређењу са дизел горивом нафтног порекла
Смањује емисију GHG и емисије издувних гасова (PM, NO _x , CO, HC).	Повећава емисије NO _x
Има одличну стабилност при складиштењу	Мора да се искористи пре истека „рока употребе“
Не захтева модификације мотора или промене у логистичком ланцу за гориво	Његова употреба може изазвати проблеме у мотору

10.3 ПРЕДНОСТИ И НЕДОСТАЦИ БИОГОРИВА

Предности и недостаци појединих биогорива са гледишта примене у моторима СУС приказани су у Табели 10.6.

Табела 10.6: Предности и недостаци појединих биогорива са гледишта примене у моторима СУС

Предности	Недостаци
Биодизел	
1. виши цетански број 2. одсуство сумпора 3. присуство кисеоника (око 11%) 4. побољшање мазивости горива 5. смањење емисија чврстих честица, CO, SO ₂ , биоразградљивост и др.	1. перформансе мотора (снага, економичност и емисија) 2. манипулација и складиштење 3. талози у мотору 4. нискотемпературске карактеристике биодизела 5. компатибилност са моторним уљем 6. век мотора 7. компатибилност са материјалима 8. мирис
Етанол	
1. велика испарљивост 2. релативно висока топлотна моћ по јединици масе или запремине 3. не садржи токсичне компоненте 4. релативно лак за манипулацију, складиштење и дистрибуцију 5. не захтева битније измене на мотору и возилу 6. релативно висока брзина сагоревања 7. добра отпорност на детонацију 8. омогућује потпуније сагоревање због присуства кисеоника у гориву 9. производи мању емисију CO и несагорелих HC	1. виша производна цена 2. ограничене количине 3. кородивност 4. осетљивост на присуство влаге 5. проблем раслојавања у мешавинама са горивима нафтног порекла

Критеријуми одрживости

Европски Савет је у марту 2007. године је предложио да се у разматрањима обухвати и проблематика за одрживу производњу и коришћење биогорива, а посебно да се спречи деструкцију биоразноликних земљишта како би се обезбедиле довољне количине потребних сировина за производњу биогорива. Од 2008. године, приликом сагледавања могућности производње и коришћења биогорива посебна пажња се посвећује индиректној промени коришћења земљишта (Indirect Land Use Change – ILUC). Европски Савет је критеријуме одрживости истакао као један од важних фактора за оцену могућег утицаја производње биогорива на пољопривредне прехранбене производе. Такође, критеријуми одрживости обухватају и утицај на животну средину и социјални утицај производње и потрошње биогорива.

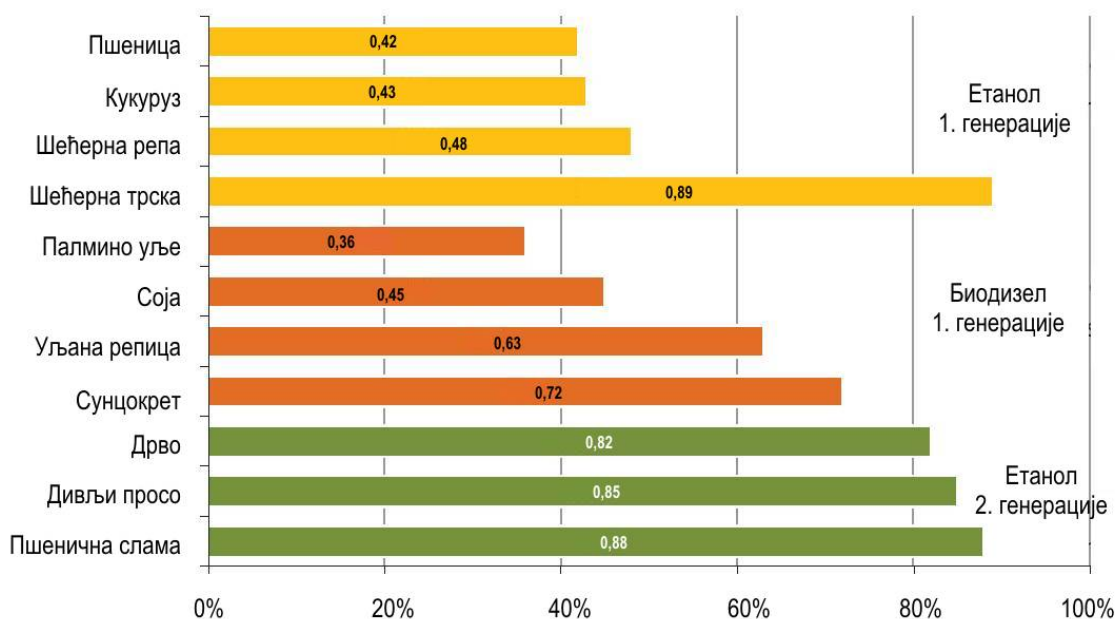
Постоје четири примарна индикатора у погледу заштите животне средине:

- нето енергетски биланси,
- емисија гасова са ефектом стаклене баште (изузимајући промену начина употребе земљишта),

- потребе за водом и
- промену начина употребе земљишта.

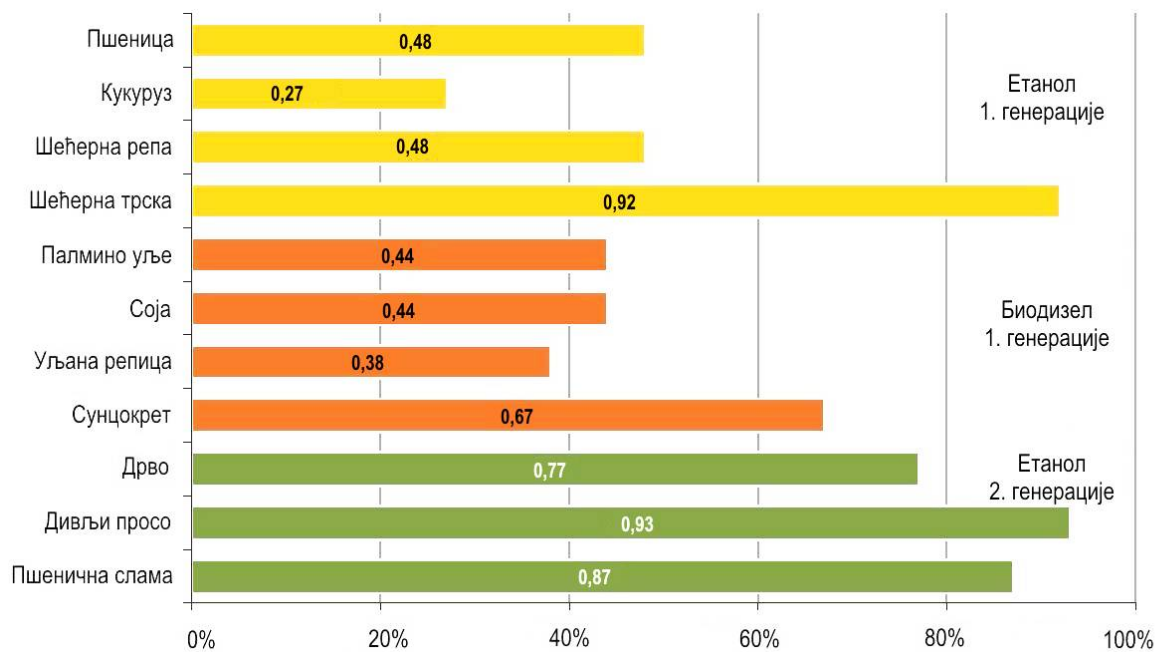
Критеријуми одрживости треба да осигурају да се за биогорива могу примењивати подстицаји тек када може бити гарантовано да не воде порекло са разноликог земљишта или са подручја која су одређена за заштиту природе или за заштиту ретких, угрожених екосистема или врста.

Упоредни преглед смањења коришћења енергије фосилних горива у односу на референтне системе на фосилна горива за различите сировине и технологије производње биогорива је дат на Слици 10.15. Са гледишта енергетске ефикасности, сва сировине за биогорива 1. генерације, изузев шећерне трске имају најнижу енергетску ефикасност.



Слика 10.15: Смањење коришћења енергије фосилних горива %укупне уштеде енергије фосилних горива у односу на референтне системе на фосилно гориво за различите сировине и технологије производње биогорива

Независно од тога где се сировине узгајају (унутар или изван територије ЕУ), енергија која потиче од биогорива узима се у обзир само уколико испуњава критеријуме одрживости. Додатно, уштеда у емисији гасова са ефектом стаклене баште од употребе биогорива и биотечности треба да буде најмање 35%. Од 1. јануара 2017. године, уштеда у емисији гасова са ефектом стаклене баште од употребе биогорива и биотечности треба да буде најмање 50%. Упоредни преглед смањења коришћења енергије фосилних горива у односу на референтне системе на фосилна горива за различите сировине и технологије производње биогорива је дат на Слици 10.16.



Слика 10.16: Проценте просечних уштеда у емисији GHG гасова које се могу постићи применом биогорива