

GREENHOUSE GAS REDUCTIONS THROUGH OPTIMAL BIODIESEL SUPPLY CHAIN

Eng. Yunzile Dzhelil, PhD

Laboratory "Process System Engineering", Institute of Chemical Engineering,
Bulgarian Academy of Sciences, Sofia. Bulgaria
E-mail: unzile_20@abv.bg

Eng. Evgeniy Ganey, PhD

Laboratory "Process System Engineering", Institute of Chemical Engineering,
Bulgarian Academy of Sciences, Sofia. Bulgaria
E-mail: evgeniy_ganey@abv.bg

Prof. Boyan Ivanov, DcS

Laboratory "Process System Engineering", Institute of Chemical Engineering,
Bulgarian Academy of Sciences, Sofia. Bulgaria
E-mail: bivanov1946@gmail.com

Chief Asst. Prof. Desislava Nikolova, PhD

Department "Material science and technology"
Faculty of Technical Sciences
University "Prof. d-r Assen Zlatarov" – Burgas
E-mail: desislava_nikolova@btu.bg

***Abstract:** In the last few decades, attention has been focused on the world scientific community for prioritizing global closure, depletion of the ozone layer in the atmosphere and the danger to nature in general. A number of factors are analyzed, the influence on these processes is shown, as well as optimal opportunities for achieving sustainable development. One of these factors is emissions from the transport sector. The purpose of this article is presented on biodiesel as an alternative to conventional diesel fuel, contributing to the reduction of greenhouse gas emissions, provided for the entire life cycle of the fuel. The article presents a mathematical model of a Supply Chain for the production and distribution of biodiesel with the help of one that determines optimal values with minimal environmental pollution. A case for the Republic of Bulgaria is being considered.*

***Keywords:** Biodiesel, Biodiesel blends, Emission, Supply Chain*

ВЪВЕДЕНИЕ

Транспортният сектор е характерен с изключително важната си роля за обществото и икономиката на България, както и на Европейския съюз като цяло. От друга страна, той се явява основен източник, оказващ негативно влияние върху околната среда, в частност замърсяването на въздуха. Този сектор е отговорен за 24% от емисиите на парникови газове (ПГ), както и 33% от енергийното потребление в Европейския съюз през 2015 г. (Statistical Pocketbook, 2017). Транспортът се явява единствен, основен сектор с нарастващи емисии на парникови газове от 1990 г. насам (Climate action, 2017).

Автомобилният транспорт допринася за около 73% от емисиите на CO₂, поради което Европейският съюз си е поставил за цел намаляване на емисиите от парникови газове с 60% до 2050 г. спрямо 1990 г. За 2030 г. се предвижда намаляване с 20% в сравнение с тези, отчетени за 2008 г. (White paper, 2011). Също така поради изчерпването на енергийните запаси и мащабното развитие на автомобилният сектор, Европейският съюз налага търсене на алтернативни източници на енергия, заместващи традиционните горива като дизел и бензин. За постигането на тези цели ключов компонент на настоящата стратегия на Комисията за мобилност за ниски емисии е замяна на изкопаемите горива от алтернативните такива (Climate action, 2017). Биодизелът явява алтернатива на фосилния дизел. Биодизелът

се получава от различни суровини, като растителните масла, масла от водорасли, животинските мазнини, както и отпадъчни мазнини и масла. Екогоривото, получено от растителни или животински мазнини, чрез процес на трансестерификация, се характеризира със сходни физикохимични свойства с минералното дизелово гориво по отношение на стандартите за качество, от друга страна съставът на масните киселини на суровината може значително да повлияе на емисиите отработени газове.

Биодизелът, получен от растителна биомаса, обикновено се характеризира с по-голяма плътност и по-благоприятни свойства при ниска температура, докато този, получен от животински суровини, обикновено се характеризира с по-нисък вискозитет и по-ниско съдържание на сяра. В допълнение, биодизелът, получен от растителни суровини, има по-висока енергийна стойност, което води до по-нисък разход на гориво; от друга страна, екодизелът, получен от животински мазнини, се характеризира с по-кратко време за samozапалване (Kleinova, A., et all., 2011; Mofijur, M., et all., 2013; Duda, K., et all., 2018). При биодизел от растителни суровини ниската му консумация влияе върху количеството на отделените отработени газове, особено съдържанието на CO₂, докато по-краткото време на samozапалване и по-високата температура на горене на биодизел от животински мазнини влияе върху съдържанието на такива компоненти на отработените газове като фини прахови частици или CO (Kleinova, A., et all., 2011; Graboski, M. S., McCormick, R. L., 1998; Mikulski, M., et all., 2016).

За оптимално разположение на инсталациите за производство на биодизел (B100) и на дизеловото гориво и работата на интегрирана РОВ за биодизел (ИБРОВ) е разработен е подход посредством смесено целочислено управление за проектиране и планиране на (ИБРОВ) по икономически и екологични критерии. Значението на проблема е изразено с обширното изследователско проучване на сектора на биогоривата, което се осъществява през последните години за окончателна и трайна замяна на силно замърсяващите конвенционални горива.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Преди да се направи математичен модел на устойчива ресурсно-осигурителна верига (РОВ) за получаването на биодизел е необходимо събирането и обработването на съответните данни.

Входни данни за проектирането на РОВ на биодизел в рамките на България са следните:

- **Териториално разделение на България и данни за потреблението на петролен дизел от транспорта** – България е разделена на 27 области, като всяка област се разглежда като потенциално място за: отглеждане на суровини, изграждане на биорафинерия, изграждане на склад за съхранение на биодизел и клиентска зона.

- **Потенциални суровини за производство на биодизел (B100)** - в България за получаването на биодизел могат да се отглеждат слънчоглед и рапица.

- **Данни за емисионния фактор за отглеждане на биомаса и добив** - за различните региони в България общите емисии на парникови газове за целия жизнен цикъл на растящите енергийни култури варира значително в зависимост от терена, метеорологичните условия, технологията за отглеждане на културите, както и торенето за увеличаване на добивите.

- **Данни за производствените разходи за енергийни култури, произведени в България** – разходите за отглеждане на единица биомаса включват всички разходи, свързани с отглеждането на биомаса и крайната продажна цена в региона (без да се включват транспортните разходи за доставка до биорафинериите).

- **Конверсионен фактор на биомаса към биодизел (B100)** - коефициентът на конверсия на суровината в процеса се дефинира, като

количеството на входящата суровина, разделено на количеството на основния продукт. Това е мярка за определяне количеството биомаса, необходима за получаване на единица маса биогориво.

- **Разходи и капацитет на биорафинериите**

- **Производствените разходи за биодизел(B100)** - в биорафинерия, инсталирана в даден регион, ще зависят от следните сумарни разходи: химикали и катализатори, газ, електричество, подхранваща вода, пречистване и обезвреждане на отпадъчни води, административни и оперативни разходи и пряк труд.

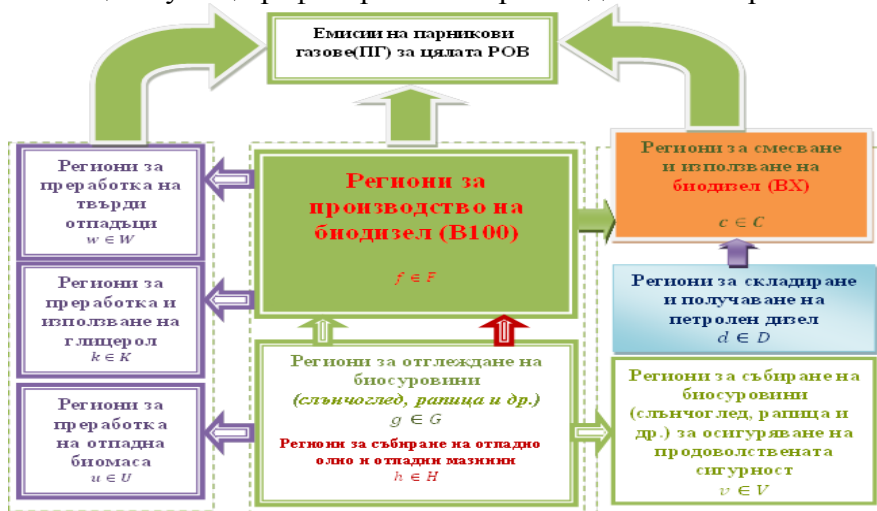
- **Данни за транспортни разходи и емисионни фактори за биомаса и биодизел (B100)** - подходът за оценка на емисиите от автомобилния и железопътния транспорт се основава на количествата на всяко консумирано гориво.

Разглеждаме интервал от време последните 5 години, за постигане на целите на Европейският съюз, като целта до края на 2020г. е дизеловото гориво да съдържа в състава си 10% биодизел.

Целта на задачата е да се определят броя, местоположението и мащаба на рафинериите за биодизел, както и биоресурсите, които да бъдат транспортирани между различните възли на проектираната мрежа, така че общата нетна настояща стойност да бъде сведена до минимум, както и емисиите които се отделят в околната среда по време на получаването и изгарянето на биодизел да се сведат до минимум, като се спазват ограниченията, свързани с търсенето на продукти (Фиг. 1).

Суперструктурата на оптимална POB за биодизел, включва следните елементи:

1. Набор от райони за добив на биомаса, където различните видове биомаса се използват като суровината за биорафинериите.
2. Набор от кандидатстващи инициативи за реализация на предприятия за производство на биодизел с различни възможности за капацитет.
3. Набор от зони за смесване и реализация, където крайните продукти се продават с определени максимални изисквания.
4. Набор от съществуващи рафинерии за петролно дизелово гориво.



Фиг. 1. Суперструктура на интегрираната ресурсно-осигурителна верига за биодизел и петролев дизел

$$TEI_t = ELS_t + ELB_t + ELD_t + ETT_t + ESW_t + ESTRAW_t + ECAR_t + EWCO_t, \forall t \quad (1)$$

където,

TEI_t - Общо екологично въздействие от работата на IBDS за целия жизнен цикъл [kg CO₂-eq d⁻¹];

$$\begin{pmatrix} ELS_t \\ ELB_t \\ ELD_t \\ ETT_t \end{pmatrix}$$

Екологично въздействие на етапите на жизнения цикъл;

ESW_t Емисии, отделени при оползотворяването на твърдия отпадък за всеки времеви интервал $t \in T$;

$ESTRAW_t$ Емисии, генерирани в резултат на оползотворяването на остатъчната слама в районите за всеки времеви интервал $t \in T$;

$ECAR_t$ Емисии от използването на биодизел (B100) и петролен дизел в превозните средства, [$kg CO_2 - eq d^{-1}$];

$EWCO_t$ Емисии, отделени при утилизацията на WCO в случай, че не се използва за производство на биодизел (B100).

Оценката на екологичното въздействие на всеки етап от жизнения цикъл включва:

- A. Отглеждане на биомаса ELS_t ;
- B. Производство на биодизел (B100) ELB_t ;
- C. Получаване на петролен дизел ELD_t ;
- D. Оползотворяване на твърдите отпадъци ESW_t ;
- E. Транспортиране на биомасата ETA_t ;
- F. Транспортиране на биодизел (B100) ETE_t ;
- G. Транспортиране на петролен дизел ETD_t ;
- H. Транспортиране на твърдия отпадък ETW_t ;
- I. Транспортиране на сламата ETU_t ;
- J. Транспортиране на слънчоглед/рапица за продоволствената сигурност ETV_t ;
- K. Използването в превозните средства на биодизел (B100) и дизел $ECAR_t$;
- L. Утилизацията на WCO, когато не се използва за биодизел (B100) $EWCO_t$.

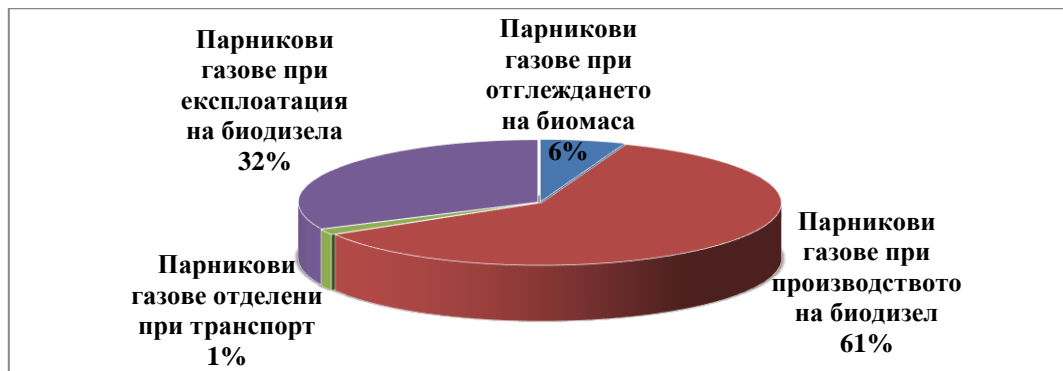
Функцията за екологични цели съответства на минимизирането на цялостното въздействие върху околната среда, измерено чрез метода Eco indicator 99. Екологичният индикатор 99 е стандартен метод за оценка на глобалното въздействие на процеса, продукта и/или дейността (Eco-indicator 99).

Кумулативното въздействие върху околната среда от работата на системата, изразено чрез количеството, еквивалент на въглероден диоксид, генерирано през целия жизнен цикъл и по време на неговата експлоатация, се изразява чрез уравнението:

$$ENV = \sum_{t \in T} (LT_t TEI_t), \quad (2)$$

Математическият модел е решен с помощта на софтуер GAMS и представлява инструмент за вземане на цялостни решения. След обработка на резултатите, получени от решенията на задачата от тип смесено целочислено линейно програмиране, графичният им израз дава възможност за обективна представа за действителното състояние на проблема.

Фигура 2 показва какво е разпределението на парниковите газове при целия жизнен цикъл на РОВ за биодизел при постигането на целите за 2020г. Както се вижда от фигурата най-голям процент вредни емисии се отделят при производството на биодизел, а нисък е процентът при неговото изгаряне.



Фиг. 2. Разпределение на емисиите на парникови газове за етапите на жизнения цикъл на биодизел общо за периода 2016-2020г. при критерий „Минимални общи емисии на парникови газове“

От Фигура 3 може да се направи извод, че като цяло най-високи стойности на емисиите от парникови газове се регистрират в процесите свързани с производството на биодизел. Следват ги емисиите, отделени при неговата експлоатация, както и емисиите при отглеждане на биомасата, като суровина за производство на биодизел.



Фиг. 3. Разпределение на емисиите на парникови газове за етапите на жизнения цикъл за цялата система за производство и разпределение на биодизел при критерий „Минимални общи емисии на парникови газове“



Фиг. 4. Структура на разходите на РОВ за биодизел (B100) при критерий „Минимални общи емисии на парникови газове“

На Фигура 4 е отразена структурата на разходите на ресурсно-осигурителната верига за биодизел (B100) при критерий „Минимални общи емисии на парникови газове“. От нея се вижда, че с най-висока стойност са общите разходи при производството на биодизел,

следвани от разходите при производство на горивото. Прави впечатление, че се отчитат и разходи с отрицателна стойност. Това са правителствените стимули за производства на екологични горива от една страна, а от друга цената получена от добития глицерол, като страничен продукт при производството на бодизел.

ИЗВОДИ

За да се постигне „интелигентен“ дизайн на системата за производство и разпространение на биодизел, е необходимо да се вземат предвид взаимодействията между всички компоненти, включени в производството и дистрибуцията на биодизел, произведени от различни видове биомаса, от друга страна трябва да бъдат изпълнени изискванията на Директива 20/20/20 на ЕС. Анализирайки резултатите, установихме, че икономически конкурентното производство на биодизел зависи от оптимизирането на цялата интегрирана ресурсно-осигурителна верига през целия хоризонт за планиране. Подходът може да се приложи в различни географски региони, които имат капацитет да произвеждат различните биоресурси.

Acknowledgements

The authors would like to thank Bulgarian National Science Fund for the financial support obtained under contract № КП-06-Н37/5/06.12.19.

REFERENCES

- Duda, K., Wierzbicki, S., Smieja, M., Mikulski, M. 2018. Comparison of performance and emissions of a CRDI diesel engine fuelled with biodiesel of different origin. *Fuel*, 212, 202-222.
- EC. EU transport in figures – statistical pocketbook 2017. ISBN 978-92-79-62312-7; ISSN 2363-2739.
- EC. Climate action. Reducing emissions from transport. European Commission. Policy; 2017. https://ec.europa.eu/clima/policies/transport_en.
- EC. White paper. Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system. European Commission, COM 2011. 144.
- Eco-indicator 99. Manual for Designers. https://www.pre-sustainability.com/download/EI99_annexe_v3.pdf, (accessed 29.03.16.).
- Graboski, M. S., McCormick, R. L. 1998. Combustion of fat and vegetable oil derived fuels in diesel engine. *Progress in Energy and Combustion Science*, 24 (2), 125-164.
- Kleinova, A., Vailing, I., Labaj, J., Mikulec, J., Cvengros, J. 2011. Vegetable oils and animal fats as alternative fuels for diesel engines with dual fuel operation. *Fuel Processing Technology*, 92 (10), 1980-1986.
- Mikulski, M., Duda, K., Wierzbicki, S. 2016. Performance and emissions of a CRDI diesel engine fuelled with swine lard methyl esters diesel mixture. *Fuel*, 164, 206-219.
- Mofijur, M., Atabani, A. E., Masjuki, H. H., Kalam, M. A., Masum, B. M. 2013. A study on the effects of promising edible and non-edible biodiesel feedstocks on engine performance and emissions production: A comparative evaluation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 23, 391-404.