

СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

Академијски одбор за енергетику

НАУЧНИ СКУП

**„ПОТЕНЦИЈАЛ И ЕФЕКТИ КОРИШЋЕЊА БИОМАСЕ  
У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ“**

2. и 3. новембар 2022. године

Свечана сала САНУ, Кнеза Михаила 35/II, Београд

## **ОРГАНИЗАЦИОНИ ОДБОР НАУЧНОГ СКУПА**

дописни члан Влада Вељковић, председник

академик Слободан Вукосавић

академик Зоран Петровић

академик Велимир Радмиловић

академик Владимир Стевановић

академик Богдан Шолаја

др Драгана Ђорђевић, научни саветник

## **ПРОГРАМСКИ ОДБОР НАУЧНОГ СКУПА**

дописни члан Влада Вељковић, председник

академик Слободан Вукосавић

академик Зоран Петровић

академик Велимир Радмиловић

академик Владимир Стевановић

академик Богдан Шолаја

др Урош Анђелковић, научни саветник

др Биљана Дојнов, виши научни сарадник

др Драгана Ђорђевић, научни саветник

проф. др Наташа Ђуришић-Младеновић

проф. др Мирјана Кијевчанин

проф. др Ана Марјановић Јеромела

проф. др Оливера Стаменковић

# СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

Академијски одбор за енергетику

НАУЧНИ СКУП

## **„ПОТЕНЦИЈАЛ И ЕФЕКТИ КОРИШЋЕЊА БИОМАСЕ У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ“**

### Мотивација:

Скуп „Потенцијал и ефекти коришћења биомасе у Републици Србији“ припада низу научних скупова посвећених обнављању и проширењу сазнања потребних за квалификовано промишљање и одлучивање о правцима развоја српске енергетике. Претходе му научни скупови (I) *Стање и перспективе српске енергетике* (САНУ, јун 2017), (II) *Енергетика и климатске промене* (САНУ, новембар 2018), као и скуп (III) *Улога нуклеарне енергетике у енергетској транзицији* (САНУ, новембар 2020). Имајући у виду специфичности енергетских система и дугорочне ефекте донетих одлука и праваца развоја, организатори сматрају да треба увећати утицај српске науке и струке на доношење одлука о српској енергетици и тако смањити ризике доношења исхитрених одлука под притиском и без консултовања домаћих стручњака и институција. Организатори уочавају потребу за конструктивним дијалогом и сматрају да треба унапредити комуникацију између потрошача, привреде, струке и државе.

### Српска енергетика:

Производња електричне енергије се у Србији превасходно ослања на коришћење лигнита. Током претходних година, неадекватне одлуке о развоју српске енергетике и раду угљенокопа и термоелектрана довеле су до значајног смањења производње електричне енергије у српским термоелектранама на угаљ, производње која је до скора имала удео од 70%, као и потребе да се значајан део електричне енергије увози. Током наредних деценија треба очекивати даљи пад производње у термоелектранама на угаљ. Расположиве залихе лигнита омогућују рад термоелектрана током наредних тридесетак година. У исто време, настојање да се емисије CO<sub>2</sub> смање у индустрији, транспорту, резиденцијалном и комерцијалном сектору довешће до увећања потрошње електричне

енергије. Растући дебаланс између производње и потрошње тражи благовремено сагледавање одговарајућих заменских извора. Расположиве опције енергетске транзиције треба упоредити са становишта сигурности напајања, доступности енергије, ефикасности, економске исплативости и еколошке одрживости.

### Заменски извори:

Замена термоелектрана на угаљ јевтиним и ефикасним електранама на природни гас пружа могућност коришћења комбинованог гасно-парног циклуса, који у склопу са когенерацијом, омогућује да се искористи до 80% из природног гаса. Сагоревање природног гаса ствара емисије CO<sub>2</sub> које су вишеструко мање од емисија приликом сагоревања угља, којом приликом се поред CO<sub>2</sub> емитује и широка лепеза других штетних супстанци. Енергија коју генеришу српске хидроелектране зависи од климатских промена и режима падавина у сливу река које протичу кроз Србију, тако да не треба очекивати значајнији раст. Међу перспективне заменске изворе сврставају се ветроелектране и соларне електране. Земље северозападне Европе су показивале велики ентузијазам у погледу ослонца на енергију ветра и сунца. Погрешне одлуке на европском нивоу довеле су до енергетске кризе 2021–2022. године, што је допринело освешћивању, већем ослањању на објективну струку и сагледавању грешака и пропуста у претходним техничким проценама, стратегијама и мерама. И поред објективних потешкоћа, Србија би требало да искористи енергију ветра и сунца у пуној мери, све до граница финансијске и техничке оправданости. Србија располаже релативно скромним потенцијалима у погледу енергије ветра – средња вредност густине снаге ветра је у Србији око 6 пута мања него у ветровитим приморским земљама ЕУ. Најповољније локације за градњу ветроелектрана су већ искоришћене, док је већина преосталих локација на мање исплативим и мање приступачним теренима. С друге стране, потенцијал соларних електрана је у Србији значајно већи. Недостатак соларних електрана огледа се у томе што је њихова енергија расположива током краћег дела дана и не може се користити од касног поподнева, током ноћи, па све до касних преподневних часова. Снага соларних електрана опада управо током вечерњег пораста потрошње, што у великој мери отежава њихову интеграцију у систем и увећава трошкове. Један од начина да се искористи енергија Сунца је њихов рад без прикључивања на мрежу, уз коришћење енергије Сунца за производњу гасовитих горива кроз фотокаталитичке, фотоелектрохемијске, фотонапонске, термохемијске или фотобиолошке процесе.

### Биомаса:

Једна од могућности је добијање енергије коришћењем биомасе. Дрвна биомаса, остаци из пољопривреде и други пољопривредни и шумски отпад могу се организовано прикупљати и третирати пелетизацијом, торефакцијом, пиролизом и другим поступцима ради добијања чврстог (биоугаљ) или гасовитог горива (биогаз).

У енергетском билансу ЕУ, око 60% енергије из обновљивих извора и даље се добија коришћењем биомасе. Употреба биомасе за енергетске потребе је прихваћена од стране

ЕУ, подржана од стране Светског удружења за биоенергију (*World Bioenergy Association*), али је противна препорукама Научног савета европских академија за политику (*Science Advice for Policy by European Academies, SAPEA*), формалног саветника Европске комисије, као и препорукама Саветодавног већа европских академија за науку (*The European Academies' Science Advisory Council, EASAC*). Подробнија проучавања указују да претпоставка угљеничке неутралности биомасе занемарује пролазно, али деценијама ипак дуго повећање концентрације CO<sub>2</sub> које ствара сагоревање биомасе, што додатно отежава тренутну фазу глобалног загревања.

Са свега 30% површине, Србија је дефицитарна шумама, тако да тренд обарања стабала ради огрева и производње пелета и брикета ствара додатну штету. Грејање на биомасу у зимском периоду, у интервалима температурне инверзије, ствара веома велике концентрације суспендованих честица, што у великој мери угрожава здравље људи у насељеним областима. Као привремено решење, коришћење пелета и брикета за грејање представља напредак у односу на спаљивање отпада или доста распрострањено спаљивање аутомобилских гума. Ипак, сагоревање пелета би требало дозволити само корисницима чија ложишта имају емисију суспендованих честица мању од 2 mg/m<sup>3</sup>. Сагоревање пољопривредног отпада би требало ограничити на ложишта где постоји могућност да се на економски прихватљив начин ограничи емисија штетних продуката сагоревања у атмосферу. Поготово је штетно сагоревање пољопривредног отпада у малим ложиштима и инсталацијама мале снаге, где је технички и по природи ствари много теже уградити и одржавати еколошку опрему која уклања емисије. У погледу прикупљања биомасе, потребно је осигурати да произвођачи набављају сировине без угрожавања шумског фонда, уз експлоатацију ограничену на пажљиво прописан део прираста. На исти начин, прикупљање пољопривредног отпада као и гајење култура за енергетске потребе требало би организовати на начин који не угрожава састав земљишта.

Стављајући по страни уобичајено коришћење дрвета као горива у малим ложиштима, досадашња настојања и пројекти коришћења биомасе у Србији нису дали очекиване резултате. У многим случајевима, исходи су били испод очекиваних због логистичких проблема у прикупљању и складиштењу, као и због околности да је преовладао приступ сагоревања примарне биомасе, праћен емисијом суспендованих честица и продуктима непотпуног сагоревања у малим ложиштима, што додатно угрожава квалитет ваздуха у Србији, и противно је циљевима заштите животне средине и здравља становништва. Међутим, коришћење секундарне биомасе за добијање биогорива новим технологијама, а посебно добијање биогаса високог садржаја метана анаеробном дигестијом, омогућује нови правац развоју енергетике у Србији богатој биомасом из пољопривреде (70% територије Србије је пољопривредно земљиште).

Биомаса се може користити као ресурс за производњу биогаса, метана или метанола који би се користили у енергетске сврхе. Уз организовано прикупљање, индустријски третман је могуће засновати на анаеробном разлагању или на термохемијској конверзији биомасе. Процес анаеробног разлагања се одвија се у четири корака: хидролиза, ацидогенеза, ацетогенеза и метаногенеза. У коначном исходу,

коришћење биогаса има мање штетне ефекте на животну средину од директног сагоревања биомасе. Примерен начин за коришћење биогаса је његово сагоревање у добро контролисаним условима, у оквиру термоелектрана на биогас које поседују одговарајућу опрему за смањење емисије штетних материја и гасова на прихватљив ниво. Према досадашњим искуствима, основни проблем који спречава шире коришћење биомасе је потреба за радном снагом, као и неопходност привременог складиштења, скопчаног са ризицима декомпозиције на складишту и ризицима samozапалења. У погледу коришћења стабљика и сламе до којих се долази током жетве, требало би размотрити употребу комбајна који на лицу места издваја, обрађује и складишти делове биљака погодне за производњу биогаса. Имајући у виду да је око 70% површине Србије покривено пољопривредним земљиштем, неконтролисано сагоревање на њивама требало би заменити пажљиво организованим прикупљањем и коришћењем за производњу биогаса.

Сталан и релативно брз развој технологија у енергетици и енергетским технологијама ствара потребу да се анализе и пројекције везане за коришћење биомасе и производњу биогаса ажурирају у складу са новим искуствима и сазнањима.

## Циљеви:

Потенцијал биомасе, примарне, секундарне и терцијалне у енергетске сврхе

- Проблеми складиштења и обраде примарне биомасе за потребе спаљивања, ефекти спаљивања у ложиштима, састав емисија.
- Технолошке могућности обраде биомасе за добијање биогорива (биодизела, биогаса, биоуља, биоугља и др.).
- Сагледавање енергетског и материјалног биланса, техничких и финансијских параметара, као и утицаја на животну средину.
- Могућност гајења култура за енергетске потребе – утицај прикупљања и гајења на шуме, воде и квалитет земљишта.
- Сагледавање досадашњих искустава: (1) анализа исхода досадашњих настојања да се увећа коришћење биомасе, сагледавање логистичких проблема сакупљања, складиштења, коришћења. (2) анализа досадашњих искустава у Европи и покушај да се уоче основани разлози за скептицизам у погледу коришћења биомасе.
- Изводљивост и оствариви обим прикупљања шумског отпада – логистика прикупљања и складиштења, предвидивост, трошкови, утицај обима и начина прикупљања на квалитет и квантитет шума и шумског земљишта, проблеми, ризици и трошкови складиштења.

- Изводљивост и оствариви обим прикупљања пољопривредног отпада, стајњака, отпада из индустрије прераде хране, остатака хране и сродних извора. Оствариви начини прикупљања, потреба и обим складиштења, трошкови, утицај прикупљања на квалитет пољопривредног земљишта, проблеми, ризици и трошкови складиштења.
- Агроеколошки услови гајења, подела, технологија производње и економски значај енергетских биљака: (1) агроеколошки услови гајења (клима, земљиште, светлост), (2) класификација енергетских усева према намени (уљани усеви [уљана репица, ланик, слачице, рицинус], скробни и шећерни усеви [сирак, суданска трава, кукуруз], лигно-целулозни усеви [мискантус, конопља], (3) ботаничка припадност, морфологија, порекло и технологија производње енергетски значајних биљака: уљане репице, ланика, слачица, рицинуса, мискантуса, конопље, сирка, суданске траве, кукуруза и др., (4) штетни утицаји гајења енергетских усева на земљиште, (5) економски значај производње енергетских усева.
- Опција сагоревања биомасе: (1) поступци обраде обрада за потребе производње пелета или брикета (поступци, емисије, отпад, финансијски/енергетски/еколошки биланс), (2) материјални/финансијски/енергетски/еколошки биланс за типичан пример сагоревања биомасе у малим ложиштима, садржај димних гасова, примарни и секундарни аеросоли, садржај и третман остатака сагоревања, (3) проблеми сагоревања биомасе из пољопривредног отпада (Si, Ca, K, топљење пепела, шљака, загушење) и коришћење специјалних пећи (флуидизовани слој итд.). (4) материјални/финансијски/енергетски/еколошки биланс за типичан пример сагоревања биомасе у великим ложиштима (термоелектране, топлане, индустрија), садржај димних гасова на излазу из постројења (после филтара), примарни и секундарни аеросоли, садржај и третман остатака сагоревања. (5) процена укупне оствариве и одрживе годишње производње енергије, цена енергије, збирне емисије и одрживост опције сагоревања биомасе.

### **Производња биогаса**

- Основне информације: (1) најважнији ЕУ и национални прописи и стандарди из области управљања отпадом, отпадним водама, биомасом и биогасом, (2) биогас као продукт анаеробне обраде отпадних материјала (3) својства и карактеристике биогаса, (4) искуства индустријски развијених земаља у области биогасне технике.
- Техничке и технолошке карактеристике постројења за анаеробну обраду отпадних материјала: конструкционе карактеристике и техничка решења постројења за следеће карактеристичне случајеве постројења за добијање биогаса из (1) пољопривредног отпада, (2) индустријског отпада, (3) чврстог комуналног отпада и (4) при обради отпадних вода и стабилизацији муља.

- Принос биогаза из различитих сировина: (1) идентификација расположивости отпадних материјала и отпадне биомасе за производњу биогаза и мере за њено повећање у РС, (2) потенцијал за производњу напредних биогорива и проблеми у одређивању потенцијала и могућности коришћења биогаза у РС.
- Научни потенцијали и досадашња истраживања у области управљања отпадом, отпадним водама, коришћења биомасе и производње и коришћења биогаза.

### **Производња осталих биогорива (биодизел, биомлазно гориво, биоетанол...)**

- Прикупљање, транспорт и складиштење сировина за производњу: (1) логистика прикупљања, изводљивост и оствариви обим прикупљања семена уљарица, скробних, шећерних и лигноцелулозних сировина, као и отпада из прехранбене и других индустрија, (2) квалитет сировина и биогорива – одређивање физичких и хемијских својстава, (3) транспорт и складиштење сировина и биогорива, ризици и проблеми.
- Производња биогорива и могућности унапређења процеса производње. (1) предности и недостаци примене различитих техника изоловања уља из семена (пресовање, екстракција растварачем, напредне технике), (2) материјални биланс за типичан пример изоловања уља, (3) поступци конверзије уља у биодизел и биомлазно гориво (реакторски системи и технологије синтезе, сепарација и пречишћавање), (4) материјални биланс за типичан пример добијања биодизела или биомлазног горива, (5) поступци конверзије скробних, шећерних и лигноцелулозних сировина у биоетанол (хидролиза, ферментација, сепарација, концентрисање, обезводњавање), (6) материјални биланс за типичан пример добијања биоетанола, (7) искоришћење споредних производа из процеса производње биогорива за добијање производа додатне вредности.
- Горивне карактеристике и ефекти сагоревања биогорива, економски аспекти производње биогорива, утицај производње и примене биогорива на животну средину.

### **Закључна разматрања**

Неопходно је размотрити најповољније решење за прикупљање, складиштење, прераду и коришћење биомасе у Србији. Потребна је процена материјалног и финансијског биланса, процена оствариве годишње производње електричне енергије, процена оствариве годишње производње течних горива и/или биогаза, процена одговарајућих цена енергије. Еколошки биланс за предложено решење, укључујући емисије скопчане за логистигу прикупљања, проблеме складиштења,

технологију обраде и поступке коришћења, укључујући садржај димних гасова или других продуката на излазу из постројења. Ефекти предложеног решења на шумско и пољопривредно земљиште.

### **Документа скупа**

Предавања, дискусије и прилози учесника биће уређени и објављени у форми зборника, чији ће један део бити сажетак сачињен у форми закључака и препорука, а намењен првенствено доносиоцима одлука.

### **Регистрација:**

Регистрација учесника је предвиђена на почетку скупа и током трајања скупа. Сви који се региструју могу да учествују у дискусији уз временска и тематска ограничења о којима ће се старати председавајући секција. Овим позивамо све заинтересоване да присуствују скупу, да буду активни учесници и да дају свој допринос закључцима.

# ПРОГРАМ

## Први дан

### **10:00–10:30 ОТВАРАЊЕ СКУПА**

Поздравне речи

### **10:30–10:50 УВОДНО ПРЕДАВАЊЕ**

**Развој српске енергетике – опције енергетске транзиције и улога биомасе**

академик Слободан Вукосавић, Универзитет у Београду –  
Електротехнички факултет, САНУ

### **10:50–14:00 I. Производња биомасе и биогорива**

Модератор:

### **10:50–11:10 Агроеколошки услови гајења, подела и технологија производње енергетских биљака**

Ана Марјановић Јеромела,<sup>1</sup> Драгана Рајковић,<sup>1</sup> Жељко Миловац,<sup>1</sup> Петар Митровић,<sup>1</sup> Анкица Кондић Шпика,<sup>1</sup> Тијана Зеремски,<sup>1</sup> Драгана Миладиновић,<sup>1</sup> Владимир Сикора,<sup>1</sup> Анамарија Корен,<sup>1</sup> Славен Продановић,<sup>2</sup> Јегор Миладиновић,<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт за ратарство и повртарство, Институт од националног значаја за Републику Србију, Нови Сад

<sup>2</sup> Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет,

### **11:10–11:30 Енергетски потенцијали биомасе из биљне производње у Републици Србији**

Зоран И. Милеуснић, Александра Ж. Димитријевић, Рајко М. Миодраговић, Раде Л. Радојевић  
Универзитет Београд, Пољопривредни факултет

- 11:30–11:50** **Значај сировина на бази триглицерида у производњи биогорива са освртом на предности и ограничења коришћења отпадних јестивих уља**  
Наташа Ђуришић-Младеновић,<sup>1</sup> Милан Томић,<sup>2</sup> Ференц Киш,<sup>1</sup> Златица Предојевић<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> Универзитет у Новом Саду – Технолошки факултет  
<sup>2</sup> Универзитет у Новом Саду – Пољопривредни факултет
- 11:50–12:10** **Пауза за кафу**
- 12:10–12:30** **Могућности примене отпада из прераде воћа за добијање биодизела**  
Оливера Стаменковић,<sup>1</sup> Милан Костић,<sup>1</sup> Влада Вељковић<sup>1,2</sup>  
<sup>1</sup> Универзитет у Нишу – Технолошки факултет у Лесковцу  
<sup>2</sup> САНУ
- 12:30–12:50** **Производња биогаса**  
Мирјана Кијевчанин,<sup>1</sup> Александар Јововић<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> Универзитет у Београду – Технолошко-металуршки факултет  
<sup>2</sup> Универзитет у Београду – Машински факултет
- 12:50–13:10** **Потенцијал валоризације нуспроизвода производње биогорива кроз иновативна биопроцесна решења**  
Јована Граховац, Вања Влајков, Ивана Пајчин, Александар Јокић, Јелена Додић  
Универзитет у Новом Саду – Технолошки факултет
- 13:10–13:30** **Добијање производа додатне вредности од отпадне биомасе**  
Биљана Дојнов,<sup>1</sup> Сања Стојановић,<sup>1</sup> Марина Ристовић,<sup>1</sup> Зоран Вујчић<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> Универзитет у Београду – Институт за хемију, технологију и металургију  
Институт од националног значаја за Републику Србију  
<sup>2</sup> Универзитет у Београду – Хемијски факултет
- 13:30–14:00** **Дискусија**

## Други дан

- 10:00–10:20 УВОДНА ПРЕДАВАЊА**  
**Могућности и ограничења коришћења биомасе као извора енергије у Србији**  
академик Владимир Стевановић  
САНУ
- 10:20–10:40 Енергија биомасе и потенцијал за проиводњу биогорива у Србији**  
Драгана Ђорђевић  
Универзитет у Београду – Институт за хемију, технологију и металургију,  
Институт од националног значаја, Центар изузетних вредности за хемију и инжењеринг животне средине
- 10:40–14:00 II. ТЕХНОЕКОНОМСКИ, СОЦИОЛОШКИ И ЕКОЛОШКИ АСПЕКТИ ПРОИЗВОДЊЕ И КОРИШЋЕЊА БИОМАСЕ И БИОГОРИВА**
- Модератор:
- 10:40–11:00 Производња биоетанола у контексту циркуларне економије**  
Јелена Додић, Јована Граховац, Зорана Тривуновић, Бојана Бајић,  
Дамјан Вучуровић, Сениша Додић  
Универзитет у Новом Саду – Технолошки факултет
- 11:00–11:20 Циркуларна економија биомасе – неискоришћени потенцијал Србије**  
Урош Анђелковић  
Универзитет у Београду – Институт за хемију, технологију и металургију  
Институт од националног значаја за Републику Србију
- 11:20–11:40 Пауза за кафу**
- 11:40–12:00 Аспекти коришћења биомасе у циљу повећања енергетске ефикасности и смањења емисије CO<sub>2</sub>**  
Мирко Коматина,<sup>1</sup> Милица Перић,<sup>2</sup> Михаило Милановић,<sup>3</sup> Димитрије Манић<sup>2</sup>  
<sup>1</sup> Универзитет у Београду – Машински факултет  
<sup>2</sup> Универзитет у Београду – Машински факултет, Иновациони Центар

<sup>3</sup> Универзитет у Београду – Пољопривредни Факултет

**12:00–12:20 Утицај биодизела и његових мешавина са фосилним дизелом на перформансе, емисију издувних гасова и поузданост мотора**

Милан Томић,<sup>1</sup> Наташа Ђуришић-Младеновић,<sup>2</sup> Мирко Симикић,<sup>1</sup>  
Лазар Савин<sup>1</sup>

1 Универзитет у Новом Саду – Пољопривредни факултет

2 Универзитет у Новом Саду – Технолошки факултет

**12:20–12:40 Процена утицаја животног циклуса биогорива на глобално загревање: методолошки изазов и извор несигурности**

Ференц Киш

Универзитет у Новом Саду – Технолошки факултет

**13:30–14:00 Дискусија**

# СВЕСКА САЖЕТАКА

## Уводна предавања

### УП-1. Развој српске енергетике – опције енергетске транзиције и улога биомасе

академик Слободан Вукосавић, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет, САНУ

Производња електричне енергије се у Србији превасходно ослања на коришћење лигнита. Током претходних година, неадекватне одлуке о развоју српске енергетике и о раду угљенокопа и термоелектрана довеле су до значајног смањења производње електричне енергије у српским термоелектранама на угаљ, производње која је доскора имала удео од 70%, као и потребе да се значајан део електричне енергије увози. Током наредних деценија треба очекивати даљи пад производње у термоелектранама на угаљ. Расположиве залихе лигнита омогућују рад термоелектрана током наредних тридесетак година. У исто време, настојање да се емисије CO<sub>2</sub> смање у индустрији, транспорту, резиденцијалном и комерцијалном сектору довешће до увећања потрошње електричне енергије. Растући дебаланс између производње и потрошње тражи благовремено сагледавање одговарајућих заменских извора. Расположиве опције енергетске транзиције треба упоредити са становишта сигурности напајања, доступности енергије, ефикасности, економске исплативости и еколошке одрживости.

Замена термоелектрана на угаљ јевтиним и ефикасним електранама на природни гас пружа могућност коришћења комбинованог гасно-парног циклуса, који у склопу са когенерацијом омогућује да се искористи до 80% из природног гаса. Сагоревање природног гаса ствара емисије CO<sub>2</sub> које су вишеструко мање од емисија приликом сагоревања угља. Енергија коју генеришу српске хидроелектране зависи од климатских промена и режима падавина у сливу река које протичу кроз Србију, тако да не треба очекивати значајнији раст. Међу перспективне заменске изворе сврставају се ветроелектране и соларне електране. Земље северозападне Европе су показивале велики ентузијазам у погледу ослонца на енергију ветра и сунца. Погрешне одлуке на европском нивоу довеле су до енергетске кризе 2021–2022. године, што је допринело освешћивању, већем ослањању на објективну струку и сагледавању грешака и пропуста у претходним техничким проценама, стратегијама и мерама. И поред објективних потешкоћа, Србија би требало да искористи енергију ветра и сунца у пуној мери, све до граница финансијске и техничке оправданости. Србија располаже релативно скромним потенцијалима у погледу енергије ветра. Средња вредност густине снаге ветра је у Србији око 6 пута мања него у ветровитим приморским земљама ЕУ. Најповољније локације за градњу ветроелектрана су већ искоришћене, док је већина преосталих локација на мање исплативим и мање приступачним теренима.

С друге стране, потенцијал соларних електрана је у Србији значајно већи. Недостатак соларних електрана огледа се у томе што је њихова енергија расположива током краћег дела дана и не може се користити од касног поподнева, током ноћи, па све до касних преподневних часова. Снага соларних електрана опада управо током вечерњег пораста потрошње, што у великој мери отежава њихову интеграцију у систем и увећава трошкове. Један од начина да се искористи енергија сунца је њихов рад без прикључивања на мрежу, уз коришћење енергије сунца за производњу гасовитих горива кроз фото-каталитичке, фото-електрохемијске, фотонапонске, термохемијске или фотобиолошке процесе.

Једна од могућности је добијање енергије коришћењем биомасе. Дрвна биомаса, остаци из пољопривреде и други пољопривредни и шумски отпад могу се организовано прикупљати и третирати пелетизацијом, торефакцијом, пиролизом и другим поступцима ради добијања чврстог или гасовитог горива (биоплин/биогаз). Стављајући по страни уобичајено коришћење дрвета као горива у малим ложиштима, досадашња настојања и пројекти коришћења биомасе у Србији нису дала очекиване резултате. У многим случајевима, исходи су били испод очекиваних због логистичких проблема у прикупљању и складиштењу, као и због околности да је преовладао приступ сагоревања биомасе, праћен емисијом суспендованих честица и продуктима непотпуног сагоревања у малим ложиштима, што додатно угрожава квалитет ваздуха у Србији, и противно је циљевима заштите животне средине и здравља становништва.

У енергетском билансу ЕУ, око 60% енергије из обновљивих извора и даље се добија коришћењем биомасе. Употреба биомасе за енергетске потребе је прихваћена од стране Европске уније, подржана од стране *World Bioenergy Association*, али је противна препорукама SAPEA, формалног саветника Европске комисије, као и препорукама EASAC. Подробнија проучавања указују да претпоставка угљеничке неутралности биомасе занемарује пролазно, али деценијама ипак дуго повећање концентрације CO<sub>2</sub> које ствара сагоревање биомасе, што додатно отежава тренутну фазу глобалног загревања.

Са свега 30% површине, Србија је дефицитарна шумама, тако да тренд обарања стабала ради огрева и производње пелета и брикета ствара додатну штету. Грејање на биомасу у зимском периоду, у интервалима температурне инверзије, ствара веома велике концентрације суспендованих честица, што у великој мери угрожава здравље људи у насељеним областима. Као привремено решење, коришћење пелета и брикета за грејање представља напредак у односу на спаљивање отпада или доста распрострањено спаљивање аутомобилских гума. Ипак, сагоревање пелета би требало дозволити само корисницима чија ложишта имају емисију суспендованих честица мању од 2 mg/m<sup>3</sup>. Сагоревање пољопривредног отпада би требало ограничити на ложишта где постоји могућност да се на економски прихватљив начин ограничи емисија штетних продуката сагоревања у атмосферу. Поготово је штетно сагоревање пољопривредног отпада у малим ложиштима и инсталацијама мале снаге, где је технички и по природи ствари много теже уградити и одржавати еколошку опрему која уклања емисије. У погледу прикупљања биомасе, потребно је осигурати да произвођачи набављају

сировине без угрожаваања шумског фонда, уз експлоатацију ограничену на пажљиво прописан део прираста. На исти начин, прикупљање пољопривредног отпада као и гајење култура за енергетске потребе требало би организовати на начин који не угрожава састав земљишта.

Биомаса се може користити као ресурс за производњу биогаса, метана или метанола који би се користили у енергетске сврхе. Уз организовано прикупљање, индустријски третман је могуће засновати на анаеробном разлагању или на термохемијској конверзији биомасе. Процес анаеробног разлагања се одвија се у четири корака: хидролиза, ацидогенеза, ацетогенеза и метаногенеза. У коначном исходу, коришћење биогаса има мање штетне ефекте на животну средину од директног сагоревања биомасе. Примерен начин за коришћење биогаса је његово сагоревање у добро контролисаним условима, у оквиру термоелектрана на биогас које поседују одговарајућу опрему за смањење емисије штетних материја и гасова на прихватљив ниво. Према досадашњим искуствима, основни проблем који спречава шире коришћење биомасе је потреба за радном снагом, као и неопходност привременог складиштења, скопчаног са ризицима декомпозиције на складишту и ризицима samozапалења. У погледу коришћења стабљика и сламе до којих се долази током жетве, требало би размотрити употребу комбајна који на лицу места издваја, обрађује и складишти делове биљака погодне за производњу биогаса. Имајући у виду да је око 70% површине Србије покривено пољопривредним земљиштем, неконтролисано сагоревање на њивама требало би заменити пажљиво организованим прикупљањем и коришћењем за производњу биогаса.

Сталан и релативно брз развој технологија у енергетици и енергетским технологијама ствар потребу да се анализе и пројекције везане коришћење биомасе и производњу биогаса ажурирају у складу са новим искуствима и сазнањима.

## **уп-2. Могућности и ограничења коришћења биомасе као извора енергије у Србији**

академик Владимир Стевановић  
САНУ

Коришћење биомасе у енергетске сврхе познато је од како је света и века. Тачније, оно непрекидно траје од праисторије до данас. Суочено са све већим протребима за енергијом и изналажењем алтернативних извора енергената у последњих 50 година све више постаје актуелно коришћење биомасе као извора енергије. На први поглед и уз додатни атрибут зелене енергије чини се да то може да буде једно од решења будућности. Ипак у коришењу биомасе треба бити опрезан и водити рачуна из којих екосистема се узима, колике се количине могу користити и динамика тог коришћења. Опште је познато да је биомаса у природи иницијално створена у фотосинтези, а касније у секундарној продукцији и да се као крајњи део циклуса биогених елемената од којих је сачињена, у процесу редукције (разградње) враћа у циркулацију у почетне процесе продукције. Дакле, извлачење

биомасе из природних циклуса у аутономним екосистемима условљено је брзином експлоатације биомасе, што може довести до темпа и динамика њене обновљивости буде поремећена и неусаглашености ова два процеса, који за крајњу последицу може има девастацију и исцрпљеност биолошког ресурса и читавих екосистема. Ово важи како за природне копнене тако и водене аутономне екосистеме.

Сведоци смо да је данас у свету, захваљујући трговини, дошло до великих транслокација биомасе која је у виду хране и других биогених производа сконцентрисана у великим људским агломерацијама и која из градова излази као отпад који би требало као биомасу користи за добијање гаса, што данас није случај. С друге стране, пољопривредне површине као полуаутономни екосистеми су тако конципирани да, по правилу, изношење биомасе надомешћују вештачким ђубривима. То је један вештачки тип субституције и на дуже стазе доводи до деградације земљишта.

Поставља се питање која биомаса се може најбезбедније користити. Овде се не рачуна отпад из дрвне индустрије (огрев, пелет) и пољопривреде (слама, суве стабљике и очишћени клипови кукуруза и сунцокрета, труло воће), већ и на ону биомасу која је у огромним количинама дугорочно доступна, а на коју се, до сада, није обраћала пажња. Навешћу неколико примера који би могли да буду узети у разматрање у будућности:

1. Запуштене површине у градовима у којима доминирају алохтоне врсте зељастих биљака, жбунова и дрвећа. Уређење таквих површина, односно привођење хортикултури, омогућило би велику зелену биомасу синантропних врста, агрономским речником званом корови. Површине под рудералном вегетацијом су велике у сваком граду и насељеном месту. Осим тога, лисни опад по парковима и дрворедима који се сваке године сакупља може бити искоришћен за третман биомасе, било да се ради о добијању метана у биореакторима, било као основа за компост.
2. Језеро на Ади Циганлији – кошење подводних ливада дрезге (*Myriophyllum spicatum*) која је образујући велике површине подводних ливада доминатна водена биљка у језеру.
3. Дунавска проточна акумулација, нарочито неке њене деонице (лева обала Ново Баваниште–Дубовац, ушће Млаве–Рам, Затоње–Велико Градиште, између Брњице и Добре, Љупковска котлина, комплетна десна обала између Ђердапа 1 и Ђердапа 2. Нарочито деоница између Корбова и Радујевца (кошење подводних ливада и површинских заједница 5 доминантних врста рода *Potamogeton*, *Trapa natans*, *Paspalum paspaloides*).

Излагање обухваћено овом темом биће поткрепљено подацима о приближним количинама суве и свеже биомасе макрофита као илустрација великих могућности њеног дугорочног и организованог коришћења за добијање биогаса у биодигесторима, а и компоста после третмана. Претходно спроведени пилот пројекти би показали колики је потенцијал коришћења биомасе макрофита.

### УП-3. Енергија биомасе и потенцијал за производњу биогорива у Србији

Драгана Ђорђевић

Универзитет у Београду – Институт за хемију, технологију и металургију, Институт од националног значаја, Центар изузетних вредности за хемију и инжењеринг животне средине

Енергетика у Србији се преко 70% заснива на лигниту, угљу лошег квалитета и ниске калоријске вредности, оптерећеним многим опасним супстанцама (арсен, жива, сумпор, радон, уранијум и друге) које се, уз продукте сагоревања, као што су  $\text{CO}_2$  (гас са ефектом стаклене баште),  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , емитују у животну средину. Због коришћења фосилних горива концентрација угљен-диоксида у атмосфери у последњим декадама убрзано расте и достигла је апсолутни максимум, појачавајући ефекат стаклене баште који даље води до повећање амплитуда између климатских екстрема, са изразито неповољним утицајем на све сегменте животне средине. Убрзане климатске промене, али и неповољни геополитички фактори, намећу потребу за енергетском транзицијом према одрживим изворима, без додатног уноса угљен-диоксида у атмосферу. Важно је размотрити сопствене енергетске ресурсе обновљивих извора како би држава у што је могуће мањој мери зависила од увозних енергената. Добијање енергије из биомасе је засновано на сагоревању биогаза и биодизела, ипак за разлику од фосилних горива из којих се количина  $\text{CO}_2$  у атмосфери константно увећава, сагоревањем биомасе ослобођени  $\text{CO}_2$  се кроз фотосинтезу у истој количини веже у биомасу, чинећи је обновљивим извором. Енергија из биомасе омогућује континуирани процес, може се транспортовати, складиштити, може се користити даље од места настанка и доноси велике користи локалним заједницама. Искуства напредних европских друштава показују да је биомаса вредан ресурс. Србија као пољопривредна земља располаже са око 70% територије пољопривредног земљишта и око 30% је под шумама. Пољопривредни остаци и изумрло шумско дрво представљају значајан ресурс биомасе која може да се користи за производњу биогорива, укључујући и биогаз високог квалитета уз помоћ технологије анаеробне дигестије са надоградњом за добијање биогаза са високим уделом метана ( $\text{CH}_4$ ) чија је топлотна моћ  $35.9 \text{ MJ/m}^3$  и висококвалитетно и еколошки прихватљиво ђубриво. Производња биогаза анаеробном дигестијом такође може да се обезбеди готово из сваке врсте органског отпада, почев од отпада из прехранбене индустрије, угоститељства, органски део комуналног отпада, отпадни муљ након пречишћавања отпадних вода, остаци при узгоју пољопривредних култура и у њиховој примарној преради, од разних сировина биљног и животињског порекла, гајених енергетских усева, животињског измета и све друге врсте отпадне биомасе погодне за анаеробну дигестију, укључујући остатке из дрвнопрерађивачке индустрије. Примера ради, количина остатака из дрвнопрерађивачке индустрије у Србији је око  $700.000 \text{ m}^3$  годишње. Реални енергетски потенцијал биомасе из воћњака и винограда у Србији на годишњем нивоу износи  $133602 \text{ toe}$  (јединица тона еквивалентне нафте:  $1 \text{ toe} = 41.868 \text{ MJ}$ ). Засади високоенергетских и брзорастућих врста би могли да се гаје на расположивом државном земљишту које

се не користи у пољопривредне сврхе, а којег има 170.000 ha, али су још увек у развојној фази. Примера ради, на 60.000 ha, што чини 35% укупно расположивог државног земљишта, могло би да се произведе око 1 милион тона дрвне масе. Само из органског дела комуналног отпада, који се у Србији годишње генерише, могуће је добити 50.016.000 m<sup>3</sup> биогаза. Потенцијал за производњу биогаза из индустрије млека износи 3.375.000 m<sup>3</sup>, а такође и остаци из прераде меса су идеална сировина за добијање биогаза. Процена енергије биогаза из индустрије прераде меса у Србији од закраних говеда износи 57.218.500 kWh а од закраних свиња 78.234.000 kWh годишње. Гајење стоке омогућава производњу биогаза преко стајњака са реалном производњом примарне енергије 176.526,3 toe, док реално доступни жетвени потенцијал износи 1.036.828 toe, од чега жетвени потенцијал Војводине чини 45% укупног потенцијала Србије. Такође, гајење високоенергетских врста као што је уљана репица представља значајан потенцијал али и чичока која је прикладна за гајење на депонијама пепела, што би поред енергетске добити донело и друге бенефите као што је везивање пепела и његово спечавање разношења ветром а последично и смањење загађења атмосфере. Протеклих година производња и коришћење биогаза у Немачкој доживљава интензивни развој и у оквиру пољопривредних газдинстава изграђено је око 10.000 дигестора, чиме је стекла богато искуство у овој области које би могло да се искористи за озбиљније разматрање коришћења биомасе у енергетске сврхе у Србији.

## Предавања по позиву

### I. Производња биомасе и биогорива

#### I-1. Агроеколошки услови гајења, подела и технологија производње енергетских биљака

Ана Марјановић Јеромела,<sup>1</sup> Драгана Рајковић,<sup>1</sup> Жељко Миловац,<sup>1</sup> Петар Митровић,<sup>1</sup> Анкица Кондић Шпика,<sup>1</sup> Тијана Зеремски,<sup>1</sup> Драгана Миладиновић,<sup>1</sup> Владимир Сикора,<sup>1</sup> Анамарија Корен,<sup>1</sup> Славен Продановић,<sup>2</sup> Јегор Миладиновић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт за ратарство и повртарство, Институт од националног значаја за Републику Србију, НовиСад

<sup>2</sup> Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет,

У Србији је могућа производња већег броја како озимих, тако и јарих енергетских биљака. Ове врсте имају различиту ботаничку припадност, морфологију и порекло, а према намени могу се класификовати на: уљане (уљана репица, ланик, слачице, рицинус), скробне и шећерне (сирак, суданска трава, кукуруз) и лигно-целулозне врсте (мискантус, конопља). Последњих година евидентно је повећање површина у Србији под енергетским усевима, али је принос неуједначен и у зависности од године, односно временских услова током

вегетационог периода, што чини потребу познавања технологије производње још значајнијом. Стање усева и последично принос, су под великим утицајем сложених интеракција између климатских и земљишних услова, абиотског и биотског стреса и технологије производње. Едукацијом произвођача и даљим побољшањем сортимента, технологије и механизације, реално је очекивати повећање површина под уљаним врстама за производњу биогорива у Србији и сигурност производње и у условима климатских промена. У раду је дат преглед оптималних потреба енергетских биљака за најзначајнијим агроеколошким чиниоцима, као и мера добре пољопривредне праксе неопходних за продуктиван раст и развој ових биљака.

## **I-2. Енергетски потенцијали биомасе из биљне производње у Републици Србији**

Зоран И. Милеуснић, Александра Ж. Димитријевић, Рајко М. Миодраговић, Раде Л. Радојевић

Универзитет Београд, Пољопривредни факултет

Енергија игра кључну улогу у економском расту једне земље, без обзира на њен економски статус. Потражња за енергијом и трошење резерви фосилних горива намећу потребу коришћења обновљивих извора енергије. План укупне домаће производње примарне енергије за 2022. годину предвиђа да обновљиви извори енергије треба да учествују са 25%, при чему би удео чврсте биомасе био 61%, хидропотенцијала 33%, енергије ветра 4%, док биогаз, енергија сунца и геотермална енергија треба да учествују са 2%. Пораст потрошње енергије у протеклој деценији се примећује у свим енергетским изворима, а повећање потрошње биомасе износило је око 70%. Иако је потрошња овог облика енергије имала највећи раст, удео биомасе из пољопривредне производње у укупној потрошњи енергије је остао веома скроман. Велике количине биомасе из пољопривреде представљају потенцијал који се може успешно користити као енергетски извор. Процењује се да се укупна количина жетвених остатака у биљној производњи у пољопривреди Р. Србије креће од 9,50 до 15 милиона тона, а очекивана количина жетвених остатака који се могу користити као гориво је од 3,10 до 4,20 милиона тона односно око 0,803 Мтое. Основни циљ овог рада је да се сагледа област коришћења биомасе и да се утврди њен удео у укупном енергетском билансу са могућим расположивим количинама, као и да се укаже и на потенцијал остатака биомасе из прехранбене прерађивачке индустрије.

## **I-3. Значај сировина на бази триглицерида у производњи биогорива са освртом на предности и ограничења коришћења отпадних јестивих уља**

Наташа Ђуришић-Младеновић,<sup>1</sup> Милан Томић,<sup>2</sup> Ференц Киш,<sup>1</sup> Златица Предојевић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Универзитет у Новом Саду – Технолошки факултет

<sup>2</sup> Универзитет у Новом Саду – Пољопривредни факултет

Триглицериди су органска једињења, конституенти биљних уља и животињских масти, који представљају главне сировине у производњи биодизела и тзв. обновљивог дизела добијеног хидрогеновањем (HDRD) – тренутно најважнијих обновљивих супституената фосилних течних горива за потребе дизел мотора у друмском и воденом саобраћају, као и за моторе у ваздушном саобраћају. У производњи ових биогорива преовлађују јестива биљна уља, али последњих година њихов удео се смањује на рачун повећања учешћа отпадних јестивих уља (ОЈУ) и животињских масти, који данас чине око трећину олеосировина у ЕУ. У раду ће бити представљене предности и недостаци конвенционалних и напредних биогорива на бази триглицерида, њихова улога у транзицији ка постављеним климатско-енергетским циљевима у ЕУ узимајући у обзир ограничења наметнута расположивим количинама сировина, као и неки од трендова у истраживањима у вези производње напредних горива. У односу на доступне податке размотриће се домаћи потенцијали ових сировина и повезаних биогорива и упоредити са њиховим учешћем у енергетском миксу у саобраћају неких земаља ЕУ, нарочито оних у нашем ближем окружењу. Посебна пажња ће бити посвећена ОЈУ као биоотпаду чијом енергетском валоризацијом се утиче како на смањење проблема загађења животне средине тако и на двоструко повећање удела одговарајућих биогорива у односу на циљеве регулативе о обновљивим изворима енергије до 2030.

#### **I-4. Могућности примене отпада из прераде воћа за добијање биодизела**

Оливера Стаменковић,<sup>1</sup> Милан Костић,<sup>1</sup> Влада Вељковић<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Универзитет у Нишу – Технолошки факултет у Лесковцу

<sup>2</sup> САНУ

Повећање потреба за енергијом и ограниченост резерви фосилних горива допринели су развоју и примени биобновљивих извора енергије, међу којима биодизел је супституент дизел гориву фосилног порекла. По саставу биодизел је смеша алкил естара виших масних киселина и нижих алифатичних алкохола, која задовољава захтеве прописане стандардом квалитета биодизела. Процес добијања биодизела заснива се на реакцији трансестерификације/естерификације уљаних сировина богатих триацил-глицеролима, односно слободним масним киселинама. Примена јестивих уља за добијање биодизела је неповољна због њихове примарне употребе у људској исхрани и високе цене. Замена јестивих уља отпадним и нејестивим уљаним сировинама има економски и еколошки значај са аспекта њиховог одлагања. У овом раду приказани су резултати искоришћења отпадних природних материјала који би се могли користити за производњу биодизела. Посебан акценат стављен је на искоришћење коштица воћа (уље језгара и љуска коштица), који представљају отпад из процеса прераде воћа, које се широко гаји и користи у Републици Србији. Такође, дат је преглед карактеристика биодизела добијеног из ових уљаних сировина у поређењу са стандардом квалитета биодизела EN 14214. Идентификацијом отпадних

материјала указује се на могућности проширења палете уљаних сировина у процесима добијања биодизела, чија је тржишна вредност мала и чија употреба би имала позитивни утицај на економију процеса и допринела очувању животне средине.

#### **I-5. Производња биогаса**

Мирјана Кијевчанин,<sup>1</sup> Александар Јововић<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Универзитет у Београду – Технолошко-металуршки факултет

<sup>2</sup> Универзитет у Београду – Машински факултет

У циљу смањења зависности од фосилних горива и искоришћења органских отпадних материјала значајно се развила индустрија производње биогаса. Биогас је гориво гас који се добија разградњом органских материја у анаеробним условима, при чему његов састав и својства зависе од врсте сировине и избора одговарајућих процесних услова. Релативно је једноставан за складиштење, има високу топлотну моћ, и веома је прихватљив као гориво са аспекта емисије гасова који изазивају ефекат стаклене баште. Основне фазе производње биогаса су припрема сировине за обраду; анаеробна дигестија; складиштење и употреба превреле течности; складиштење, пречишћавање и коришћење биогаса; као и коришћење преврелог супстрата. У раду ће бити посебно обрађени: најважнији прописи и стандарди из ове области, идентификација расположивости отпадних материјала и отпадне биомасе за производњу биогаса, својства биогаса, техничке и технолошке карактеристике постројења за анаеробну обраду отпадних материјала, конструкционе карактеристике и техничка решења за производњу биогаса. Такође, биће приказана и примена биогаса, могућности коришћење отпадног муља из процеса производње биогаса, потенцијал за производњу напредних биогорива и проблеми у одређивању потенцијала и могућности коришћења биогаса у Републици Србији, као и досадашња истраживања у области управљања отпадом, отпадним водама, коришћења биомасе за производњу и коришћење биогаса.

#### **I-6. Потенцијал валоризације нуспроизвода производње биогорива кроз иновативна биопроцесна решења**

Јована Граховац, Вања Влајков, Ивана Пајчин, Александар Јокић, Јелена Додић  
Универзитет у Новом саду – Технолошки факултет

Индустријска симбиоза представља систем повезаних индустријских погона у којем се отпад једног погона користи као улазни ресурс другог. Погони се повезују у кружну мрежу токова материјала и енергије, односно циркуларни метаболизам чијом се имплементацијом на ширем друштвеном плану – на нивоу локалних заједница, градова, региона, држава и међународне заједнице остварује макро ниво циркуларне економије. Потенцијал развоја индустријске симбиозе у Републици Србији је велики и недовољно искоришћен, стога је неопходно укључивање академске заједнице у процес трансформације кроз иновације.

Република Србија има велики потенцијал за производњу биогорива због значајне количине расположивих сировина. На одрживост производње биогорива утичу и трошкови одлагања или третмана отпадних токова њихове производње. У оквиру овог рада приказани су резултати испитивања применљивости одабраних нуспроизвода производње биогорива (сирови глицерол из производње биодизела и активни муљ из производње биогаса) као сировина у производњи микробиолошке биомасе *Bacillus sp.* за примену у пољопривреди. Биолошки препарати намењени су, осим конвенционалној пољопривредној производњи, и системима интегралне и органске пољопривреде. Дефинисање одрживих технолошких решења за производњу биогорива, уз искоришћење отпадних материјала ратарске, повртарске и воћарске производње, уместо коришћења земљишта као ресурса за узгајање сировина за њихову производњу, значајно би допринело ефикаснијем искоришћењу доступних ресурса и развоју индустрије биогорива, чиме се потпуно затвара круг циркуларне економије.

#### **I-7. Добијање производа додатне вредности од отпадне биомасе**

Биљана Дојнов,<sup>1</sup> Сања Стојановић,<sup>1</sup> Марина Ристовић,<sup>1</sup> Зоран Вујчић<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Универзитет у Београду – Институт за хемију, технологију и металургију – Институт од националног значаја за Републику Србију

<sup>2</sup> Универзитет у Београду – Хемијски факултет

Енергетска транзиција подразумева примену правилног управљања отпадним биомасама које обухвата њено смањење, поновну употребу, рециклирање, добијање енергије и/или одлагање. Наука нуди решења за ефикасну примену поновне употребе и рециклирања, где се добијају производи додатне вредности. У Србији, према проценама, у врстама отпадних биомаса доминирају жетвени остаци (10.140.268 t годишње) и остаци резидбе воћа (74.329 t годишње) а следе стајњак, отпадни материјал из прерадне индустрије и биоразградиви комунални отпад. Биопроцесовање (употреба микроба и ензима) представља најприхватљивије решење заштите животне средине, где се из отпадне биомасе добијају вредни производи (пребиотици, биоактивни пептиди, антибиотици, терпеноиди, алкалоиди, итд.) широке примене у храни, лековима и козметици. Из отпадног клипа кукуруза (кога у Србији има 1.073.780 t годишње) добијају се пребиотици, одобрени за употребу у исхрани. Искоришћени компост за гајење шампињона је погодан супстрат за микробиолошко добијање индустријски значајних ензима (амилазе, целулазе, ксиланазе). Постоје примери индустрије где се из дрвних остатака (којих има у Србији 700.000 m<sup>3</sup> годишње) поред етанола добијају и ацеталдехид, сирћетна киселина и етилацетат. Екстракцијом из остатака индустрије прераде воћа, поврћа и винове лозе се могу добити полифеноли (антиоксиданси) и други вредни производи. Максимална искористљивост отпадне биомасе може се постићи комбиновањем метода биопроцесовања за добијање производа додатне вредности са добијањем енергије (биогаса, биоетанола).

## II. ТЕХНОЕКОНОМСКИ, СОЦИОЛОШКИ И ЕКОЛОШКИ АСПЕКТИ ПРОИЗВОДЊЕ И КОРИШЋЕЊА БИОМАСЕ И БИОГОРИВА

### II-1. Производња биоетанола у контексту циркуларне економије

Јелена Додић, Јована Граховац, Зорана Тривуновић, Бојана Бајић,  
Дамјан Вучуровић, Сениша Додић  
Универзитет у Новом Саду – Технолошки факултет

Перманентно интересовање за технологију производње биоетанола, која је у широкој примени у дугом временском периоду, првенствено је последица драматичних измена захтева тржишта у погледу количина, али и квалитета биоетанола којим се прометује. У последњих педесетак година биоетанол је од високотонажне хемикалије са даљом индустријском наменом, преко биогорива захтеваних перформанси, савремено актуелизован Ковид 19 пандемијом као активна компонента дезинфицијенаса. Различите примене биоетанола захтевају одговарајући квалитет што је узрочно-последично везано за сировинску базу, као и за технолошки поступак добијања у свим или појединим његовим сегментима. Распољивост сировина захтеваног и стандардизованог квалитета, доступност производних капацитета одговарајуће структуре и могућност задовољења националних и међународних прописа и норматива у погледу квалитета биоетанола који се ставља у промет са циљаном наменом, најчешћи су ограничавајући фактори за експанзију посматране производње у Србији. Сировине које се широко користе су међу/нус производи агроиндустријског комплекса, што производњу биоетанола ставља у позицију корисника отпада примарних технологија, а читав поступак пимиче идеалу *zero emission* технологије. Изолацијом нових и/или унапређењем производних карактеристика уобичајено коришћених биокатализатора, омогућава се употреба јефтинијих и доступнијих сировина. Континуирано изналажење нових намена биоетанола као производа познате технологије у већ инсталираним производним капацитетима, чини га тржишно актуелним. Очигледно је производња биоетанола технолошки поступак који по својој природи који одговара изазовима циркуларне економије, и то у њеним најзахтевнијим циљевима какви су смањење утрошка природних ресурса, тржишна валоризација нових намена истог производа и пласирање производа као замене за оне са непожељним утицајем на здравље људи и животну средину, а који су препознати као крајњи домет циркуларизације економије у овом моменту.

## **II-2. Циркуларна економија биомасе – неискоришћени потенцијал Србије**

Урош Анђелковић

Универзитет у Београду – Институт за хемију, технологију и металургију – Институт од националног значаја за Републику Србију

У линеарном економском систему, данас доминантном у Србији, одлагање биомасе представља проблем и трошак. Увоз и производња фосилних горива су трошак. Најављује нам се нови трошак – квота емисије CO<sub>2</sub>. Анализом података Међународне агенције за обновљиву енергију о државама упоредиве величине и броја становника можемо закључити да извори биомасе – шуме (прираст и отпад), пољопривреда и комунални отпад – нису довољно економски искоришћени у Србији. У року од 3–5 година инсталирани капацитети и производња из биогасних, постројења на чврсту биомасу и комунални отпад могли би се увећати барем 10–100 пута и надоместити укупну производњу ТЕ Колубара, Морава и Костолац. Комбинацијом са обновљивим изворима енергије – хидро и геотермалним, донекле ветром и Сунцем, могли бисмо додатно надоместити производњу барем 20–35% ТЕ Никола Тесла. Значајан би био допринос домаћој индустрији, јер технологије у великој мери поседујемо. Откупом сировина и смањењем увоза енергената значајно би допринели буџету становништва. Технологије које освајамо: комбинација аеробне ферментације биомасе ради производње обновљивих гнојива и редукција генерисаног CO<sub>2</sub> повезивањем са производњом биомасе микроалги, производња микробне биомасе и комбинација са сточном храном допринеће циркуларној економији биомасе. Наредни корак до 2050. су технологије тренутно у раној фази развоја које омогућавају негативну емисију CO<sub>2</sub> попут енергије биомасе са хватањем угљеника и складиштењем.

## **II-3. Аспекти коришћења биомасе у циљу повећања енергетске ефикасности и смањења емисије CO<sub>2</sub>**

Мирко Коматина,<sup>1</sup> Милица Перић,<sup>2</sup> Михаило Милановић,<sup>3</sup> Димитрије Манић<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Универзитет у Београду – Машински факултет

<sup>2</sup> Универзитет у Београду – Машински факултет, Иновациони Центар

<sup>3</sup> Универзитет у Београду – Пољопривредни Факултет

Биомаса представља један од најзначајнијих ОИЕ у Србији, што због лаког начина њеног прикупљања и конвертовања у енергију, тако и због њене велике заступљености. Осим шумске биомасе веома значајан део укупног потенцијала биомасе у Србији потиче од пољопривредне биомасе. Нажалост, од укупне количине расположиве пољопривредне биомасе користи се јако мали део (око 19%). Тако на пример, у индустрији прераде воћа и поврћа остају велике количине органског отпада, као што је на пример воћни троп, који осим што служи за исхрану домаћих животиња и људи, добијање биоматеријала и др., представља перспективну сировину за добијање обновљиве енергије, уз смањење емисија гасова са ефектом стаклене баште. У овом раду извршено је истраживање оцене

угљеничног отиска у току животног циклуса јабуке, која је најраспрострањенија сировина за добијање воћног тропа. Анализирани су технички, енергетски, еколошки и економски аспекти коришћења воћног тропа као алтернативног енергента за загревање пластеника, у односу на конвенционална горива попут дрвне биомасе, угља, природног гаса, или електричне енергије, с циљем да се утврди оправданост и изводљивост употребе оваквог типа биомасе за грејање простора. Резултати указују да се коришћењем тропа јабуке може значајно утицати на смањење емисија CO<sub>2</sub>, што квалификује воћни троп као еколошки оправдано гориво за добијање топлотне енергије.

#### **II-4. Утицај биодизела и његових мешавина са фосилним дизелом на перформансе, емисију издувних гасова и поузданост мотора**

Милан Томић,<sup>1</sup> Наташа Ђуришић-Младеновић,<sup>2</sup> Мирко Симикић,<sup>1</sup> Лазар Савин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Универзитет у Новом Саду – Пољопривредни факултет

<sup>2</sup> Универзитет у Новом Саду – Технолошки факултет

Течна горива су основна и најдоминантнија горива за погон мобилних машина, како транспортних, тако и машина у грађевинарству, индустрији, пољопривреди... С обзиром на то да је целокупан развој ових средстава базиран на течном гориву, нереално је очекивати да се овај тренд развоја напусти и крене у интензивнији развој и примену нових конструкција мотора, који би били прилагођени некој другој врсти горива. Из тих разлога, истраживања су усредсређена на проналажење горива, које би било прилагођено постојећим моторима, уз задовољење критеријума везаних за обновљивост, заштиту животне средине и поузданост коришћења. Као одговор на постављене критеријуме, у свету се интензивно ради на увођењу биодизела. Досадашња искуства указују да су перформансе мотора сличне оним које се остварују сагоревањем фосилног дизела, а да се употребом биодизела смањује емисија угљоводоника, угљен-моноксида и чврстих честица. Међутим, комерцијална употреба биодизела ограничена је због неких недостатака, међу којима је и ниска оксидативна стабилност овог горива. Овај рад бавиће се анализом промене перформанси, емисије и поузданости мотора применом биодизела произведеног од различитих сировина и мешавина биодизела са фосилним дизелом. Посебна пажња рада биће посвећена променама физичко-хемијских карактеристика биодизела произведеног од различитих сировина насталих као последица оксидативне деградације.

## **II-5. Процена утицаја животног циклуса биогорива на глобално загревање: методолошки изазов и извор несигурности**

Ференц Киш

Универзитет у Новом Саду – Технолошки факултет

Биогориво се често промовише као зелена алтернатива фосилним горивима, јер се сматра да угљен-диоксид који настаје при сагоревању биогорива не доприноси ефекту стаклене баште и глобалном загревању. Ипак, неки од резултата ранијих анализа животног циклуса (ЛЦА) су оповргли ово мишљење и указали да је процена утицаја биогорива методолошки изазов, а да велике варијације у резултатима (од  $-115$  до  $530$  г  $\text{CO}_2$  еквивалента по МЈ биогорива) онемогућују извођење једнозначних закључака по питању њиховог утицаја на глобално загревање. Иако су одређене варијације у резултатима очекиване због различитих сировина, технолошких процеса и услова производње, у раду је указано да различите методске претпоставке и избори имају значајан и у многим случајевима и пресудан утицај на резултате анализе. Извршен је преглед и анализа резултата ЛЦА биогорива прве, друге и треће генерације. Утврђено је да су главни извори варијација различити приступи решавању проблема мултифункционалности и дефинисању граница система, укључивање и начин вредновања непосредних и посредних утицаја коришћења земљишних површина за производњу биомасе у енергетске сврхе, те различите претпоставке у вези емисије азотних оксида из земљишта. Указано је на неопходност хармонизације постојећих препорука за ЛЦА биогорива, те на потребу доношења научно заснованих, јасних и прецизних упутстава за извођење ЛЦА у контексту циља и предмета истраживања.