



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH BILATERALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O BILATERALNEM PROJEKTU (BASIC INFORMATION)

1. Osnovni podatki

Sodelujoča država (Partner country)	HR Hrvatska
Šifra bilateralnega projekta (Code of Bilateral Project in Slovenia)	BI-HR/18-19-004
Naslov bilateralnega projekta (Title of the Bilateral Project)	Integracija obnovljivih virov energije v energetske sisteme (INTEGRES)

2. Vodja bilateralnega projekta - nosilec v Sloveniji (Principal Investigator in Slovenia)

Vodja bilateralnega projekta ¹ (Project leader)	30944 Lidija Čuček
Raziskovalna organizacija (Research organisation)	552 Univerza v Mariboru 794 Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo

3. Vodja bilateralnega projekta - nosilec v sodelujoči državi (Principal Investigator in the Partner Country)

Vodja bilateralnega projekta (Project leader)	Neven Duić
Raziskovalna organizacija (Research organisation)	Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje

B. REZULTATI DOSEŽENI S POMOČJO BILATERALNEGA PROJEKTA (RESULTS ACHIEVED WITH THE HELP OF THE BILATERAL PROJECT)

4. Splošni rezultati bilateralnega projekta (General results of the bilateral project)²

SLO

Tekom projekta smo izvedli številne skupne raziskave ter številne druge aktivnosti.

Objavili smo štiri izvirne znanstvene članke v revijah z visokim faktorjem vpliva:

- Izvedli smo raziskavo trajnostne anaerobne digestije za proizvodnje bioplina in digestata iz različnih vrst odpadnih trav. Izvedli smo laboratorijski eksperiment, oceno kinetičnih parametrov z matematičnim programiranjem in okoljsko analizo. Članek je objavljen v reviji Journal of Cleaner Production in je visoko citiran (1. četrtina, faktor vpliva: 6,395, 27 citatov).

- Raziskavo smo razširili na termogravimetrično analizo obcestne trave in digestata iz anaerobne monodigestije obcestne trave. Kinetično analizo smo izvedli laboratorijsko v pogojih pirolize pri različnih hitrostih segrevanja ter nato te rezultate uporabili v dveh matematičnih modelih. Članek je objavljen v reviji Bioresource Technology (1. četrtina, faktor vpliva: 6,669, 1 citat)
- Izvedli smo tehnoekonomsko analizo proizvodnje bioplina za primer, ko več ne bo shem subvencij ter bo prepovedana uporaba energetskih rastlin za proizvodnjo energije v bioplinarnah. Študirali smo delovanje bioplinarn na naprednih energetskih trgih za hkratno proizvodnjo biometana in uporabo toplote v drugih obratih, npr. za predelavo sladkorne pese. Članek je objavljen v reviji Energy (1. četrtina, faktor vpliva: 5,537)
- Študirali smo različne pristope za rekonstrukcijo omrežij toplotnih prenosnikov v procesih in celotnih območjih in sicer pristopi, ki temeljijo na hevristici, termodinamični analizi, matematičnem programiranju in hibridnih pristopih. Predstavljene so uspešne industrijske aplikacije in opredeljeni bodoči izzivi. Članek je objavljen v reviji Journal of Cleaner Production in je visoko citiran (1. četrtina, faktor vpliva: 6,395, 13 citatov).

Tekom projekta smo izvedli nekatere raziskave, ki smo jih predstavili na domači in mednarodnih znanstvenih konferencah:

- V okviru konference TBMCE 2018:
 - o Predstavitev: »Integration of waste management and renewable energy sources on Smart Islands«, avtorji: Pfeifer Antun, Dobravec Viktorija, Tomić Tihomir, Egieya Jafaru, Čuček Lidija, Krajačić Goran, Kravanja Zdravko, Duić Neven
 - o In predstavitev: »A Study on Mono-and Co-digestion of Riverbank Grass Under Anaerobic Conditions for Production of Biogas«, avtorji: Robert Bedoić, Lidija Čuček, Damjan Krajnc, Boris Čosić, Zdravko Kravanja, Tomislav Pukšec, Neven Duić
- V okviru konference SKD 2018: predavanje »Mono-and co-digestion of several organic waste substrates for the production of biogas and digestate«, avtorji: Lidija Čuček, Damjan Krajnc, Robert Bedoić, Ben Abikoye, Boris Čosić, Klavdija Zirngast, Zdravko Kravanja, Adeniyi Isafiade, Neven Duić
- V okviru konference PRES 2019: predavanje »Experimental Analysis of Parameters Influencing Biodegradable Waste Pretreatment«, avtorji: R. Bedoić, L. Čuček, T. Pukšec, B. Čosić, A. Špehar, N. Duić

Na podlagi diskusij smo tudi dodelali raziskave na temo uporabe solarne toplote v industrijskem in stanovanjskem sektorju. V okviru tega področja integracije sončne energije za potrebe segrevanja bomo tudi sodelovali tudi v prihodnosti, predvsem na področjih toplotnih črpalk ter hlajenja in proizvodnje električne energije.

Sodelovali smo tudi pri skupnem mentorstvu študentov na obeh fakultetah:

- Študenta 2. stopnje Leona Langa (mentor: Lidija Čuček, somentorja Zdravko Kravanja in Tomislav Pukšec), ki je aprila 2019 uspešno zaključil magistrsko delo z naslovom Modeliranje procesov anaerobne in aerobne razgradnje z modeloma ADM1 in ASM1
- Študenta 3. stopnje Roberta Bedoića (mentorja: Tomislav Pukšec in Lidija Čuček), ki je uspešno zagovarjal temo doktorskega dela z naslovom: »Vloga biomase in biogoriv v energetski tranziciji – holistični interdisciplinarni pristop k trajnostni anaerobni razgradnji«
- Pri nekaterih idejah tudi delno za študenta 1. stopnje Roberta Hrena (uradno somentorstvo iz Univerze v Zagrebu ni bilo dovoljeno), ki je septembra 2019 uspešno zaključil diplomsko delo z naslovom »Uporaba različnih metod predobdelave odpadnih materialov ter določanje nekaterih parametrov med predobdelavo«.

Tekom projekta smo izvedli številna predavanja v okviru seminarjev na partnerski univerzi. Skupno smo izvedli 13 predavanj. V okviru projekta smo si ogledali laboratorije na partnerskih univerzah, kjer smo tudi izvajali skupne laboratorijske raziskave ter na Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije (FKIT) v Zagrebu ter na podjetju Agroproteinka smo si ogledali bioplinarno ter laboratorije.

Sodelovali smo pri skupnih prijavih treh projektnih predlogov:

- The Role of Biomass and Biofuels in the Energy Transition – A Holistic Interdisciplinary Approach to Sustainable Anaerobic Digestion – ETbioHINT
- Unlocking the Potential of Sustainable Biomass for an Advanced Anaerobic Digestion and Market Driven Biogas Operation - UnlockBIO4AD
- LOCOFEAST: Low Carbon Energy Fuel Dialogue in Central and South East Europe

ANG

During the project we carried out several joint research activities and other joint activities.

We have published four original scientific articles in journals with high impact factor:

- We conducted a study on sustainable anaerobic digestion for the production of biogas and digestate from different types of residue grass. We performed a laboratory experiment, evaluation of kinetic parameters with mathematical programming and life cycle assessment for environmental analysis. The paper is published in Journal of Cleaner Production and is highly cited (1st quartile, impact factor: 6.395, 27 citations).
- The research was extended to thermogravimetric analysis of roadside grass and digestate from anaerobic monodigestion of roadside grass. Kinetic analysis was performed in the laboratory under pyrolysis conditions at different heating rates, and then these results were used in two isoconversional models. The paper is published in the journal Bioresource Technology (1st quartile, impact factor: 6.669, 1 citation)
- We performed a techno-economic analysis of biogas production in case there are no more subsidy schemes and the use of energy crops for biogas production is prohibited. We have studied the operation of biogas plants in advanced energy markets for the simultaneous production of biomethane and the use of heat in other plants, e.g. for sugar beet processing. The paper is published in Energy journal (1st quartile, impact factor: 5.537)
- We studied various approaches for retrofitting of heat exchanger networks in industrial processes and Total Sites, namely approaches based on heuristics, insights and thermodynamic analysis and on mathematical programming and hybrid approaches. Successful industrial applications are presented and future challenges are identified. The article is published in Journal of Cleaner Production and is highly cited (1st quartile, impact factor: 6.395, 13 citations).

During the project, we have carried out several research studies which we have presented at domestic and international scientific conferences:

- Within TBMCE 2018 conference:
 - o Presentation: »Integration of waste management and renewable energy sources on Smart Islands«, authors: Pfeifer Antun, Dobravec Viktorija, Tomić Tihomir, Egieya Jafaru, Čuček Lidija, Krajačić Goran, Kravanja Zdravko, Duić Neven
 - o And presentation: »A Study on Mono-and Co-digestion of Riverbank Grass Under Anaerobic Conditions for Production of Biogas«, authors: Robert Bedoić, Lidija Čuček, Damjan Krajnc, Boris Čosić, Zdravko Kravanja, Tomislav Pukšec, Neven Duić
- Within SKD 2018 conference: »Mono-and co-digestion of several organic waste substrates for the production of biogas and digestate«, authors: Lidija Čuček, Damjan Krajnc, Robert Bedoić, Ben Abikoye, Boris Čosić, Klavdija Zirngast, Zdravko Kravanja, Adeniyi Isafiade, Neven Duić
- Within PRES 2019 conference: »Experimental Analysis of Parameters Influencing Biodegradable Waste Pretreatment«, authors: R. Bedoić, L Čuček, T. Pukšec, B. Čosić, A. Špehar, N. Duić

Based on the discussions, we have also completed research on the use of solar heat in the industrial and residential sectors. Within this area of solar energy integration for heating needs, we will also cooperate in the future, especially in the areas of heat pumps and solar cooling and electricity production.

We have also participated in the joint supervision of students at both faculties:

- Master student Leon Lang (supervisor: Lidija Čuček, co-supervisors Zdravko Kravanja and Tomislav Pukšec), who in April 2019 successfully completed his master thesis entitled Modeling of anaerobic and aerobic digestion processes using ADM1 and ASM1 models
- PhD student Robert Bedoić (supervisors: Tomislav Pukšec and Lidija Čuček), who successfully defended doctoral research topic entitled: »The role of biomass and biofuels in the energy transition – A holistic interdisciplinary approach to sustainable anaerobic digestion«
- By some ideas also partly for bachelor student Robert Hren (official supervision from University of Zagreb was not allowed), who in September 2019 successfully defended bachelor thesis entitled »Use of different pretreatment methods for waste materials and determination of several parameters during pretreatment «.

During the project, we have conducted several lectures as part of seminars at a partner university. We conducted a total of 13 lectures. As part of the project, we have visited laboratories at partner institutions, where we also conducted joint laboratory research, and at the faculty of Chemical Engineering and Technology (FKIT) in Zagreb and at the company Agroproteinka we visited a biogas plant and laboratories.

We have participated in the joint applications of proposals for three projects:

- The Role of Biomass and Biofuels in the Energy Transition – A Holistic Interdisciplinary Approach to Sustainable Anaerobic Digestion – ETbioHINT
- Unlocking the Potential of Sustainable Biomass for an Advanced Anaerobic Digestion and Market Driven Biogas Operation - UnlockBIO4AD
- LOCOFEAST: Low Carbon Energy Fuel Dialogue in Central and South East Europe

5. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine, če obstajajo (*Most important scientific results of the research team, if applicable*)³

Znanstveni dosežek (<i>Research Achievement</i>)														
1.	<table border="1"> <tr> <td>COBISS ID</td> <td>23135510</td> <td>Vir: COBISS.SI</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Naslov</td> <td>SLO</td> <td>Brez subvencionirane električne energije in energetskih rastlin - študija trajnostne proizvodnje in uporabe bioplina na naprednih energetskih trgih</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>Beyond energy crops and subsidised electricity - a study on sustainable biogas production and utilisation in advanced energy markets</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Opis</td> <td>SLO</td> <td>Namen te študije je raziskati delovanje bioplinarn na naprednih energetskih trgih, po tem ko nastopi omejitev energetskih rastlin za uporabo v bioplinarnah in ko bioplinarne niso več vključene v sheme subvencij za proizvodnjo električne energije. Kontinuirna proizvodnja električne energije iz bioplina in prodaja le-te na trgu z električno energijo, bi lahko bila izvedljiva strategija delovanja le v primeru poceni substratov. Ko stroški proizvodnje električne energije v bioplinskih elektrarnah dosežejo 100 €/MWh elektrike, prodaja električne energije na trgu z električno energijo ne prinaša dobička. Študija je pokazala, da dobičkonosnejša strategija obratovanja vključuje povezovanje delovanja bioplinskih elektrarn na trgu uravnoveženja električne energije s proizvodnjo biometana ali kombiniranje manjšega obrata za predelavo sladkorne pese in naprave za nadgradnjo bioplina, da se pokrijejo potrebe po toploti za predelavo sladkorne pese. Tehnoekonomska analiza je pokazala, da prodajna cena biometana močno vpliva na ekonomsko izvedljivost obeh alternativnih strategij delovanja. Pod danimi tržnimi pogoji prodajna cena biometana pod 50 €/MWh za bioplinsko napravo ni izvedljiva. Razviti model bi lahko uporabili kot vodilo za upravljavce bioplinarn, kako naprej, po tem ko se bodo pojavile spremembe tako pri proizvodnji bioplina kot tudi pri uporabi bioplina.</td> </tr> <tr> <td></td> <td>The aim of this study is to investigate the operation of biogas plants in advanced energy markets after energy crops become limited in their use and biogas plants exit subsidy schemes for electricity production. Continuous biogas combined heat and power production and sale of electricity on the day-ahead market could be a viable operation strategy</td> </tr> </table>	COBISS ID	23135510	Vir: COBISS.SI	Naslov	SLO	Brez subvencionirane električne energije in energetskih rastlin - študija trajnostne proizvodnje in uporabe bioplina na naprednih energetskih trgih	ANG	Beyond energy crops and subsidised electricity - a study on sustainable biogas production and utilisation in advanced energy markets	Opis	SLO	Namen te študije je raziskati delovanje bioplinarn na naprednih energetskih trgih, po tem ko nastopi omejitev energetskih rastlin za uporabo v bioplinarnah in ko bioplinarne niso več vključene v sheme subvencij za proizvodnjo električne energije. Kontinuirna proizvodnja električne energije iz bioplina in prodaja le-te na trgu z električno energijo, bi lahko bila izvedljiva strategija delovanja le v primeru poceni substratov. Ko stroški proizvodnje električne energije v bioplinskih elektrarnah dosežejo 100 €/MWh elektrike, prodaja električne energije na trgu z električno energijo ne prinaša dobička. Študija je pokazala, da dobičkonosnejša strategija obratovanja vključuje povezovanje delovanja bioplinskih elektrarn na trgu uravnoveženja električne energije s proizvodnjo biometana ali kombiniranje manjšega obrata za predelavo sladkorne pese in naprave za nadgradnjo bioplina, da se pokrijejo potrebe po toploti za predelavo sladkorne pese. Tehnoekonomska analiza je pokazala, da prodajna cena biometana močno vpliva na ekonomsko izvedljivost obeh alternativnih strategij delovanja. Pod danimi tržnimi pogoji prodajna cena biometana pod 50 €/MWh za bioplinsko napravo ni izvedljiva. Razviti model bi lahko uporabili kot vodilo za upravljavce bioplinarn, kako naprej, po tem ko se bodo pojavile spremembe tako pri proizvodnji bioplina kot tudi pri uporabi bioplina.		The aim of this study is to investigate the operation of biogas plants in advanced energy markets after energy crops become limited in their use and biogas plants exit subsidy schemes for electricity production. Continuous biogas combined heat and power production and sale of electricity on the day-ahead market could be a viable operation strategy
COBISS ID	23135510	Vir: COBISS.SI												
Naslov	SLO	Brez subvencionirane električne energije in energetskih rastlin - študija trajnostne proizvodnje in uporabe bioplina na naprednih energetskih trgih												
	ANG	Beyond energy crops and subsidised electricity - a study on sustainable biogas production and utilisation in advanced energy markets												
Opis	SLO	Namen te študije je raziskati delovanje bioplinarn na naprednih energetskih trgih, po tem ko nastopi omejitev energetskih rastlin za uporabo v bioplinarnah in ko bioplinarne niso več vključene v sheme subvencij za proizvodnjo električne energije. Kontinuirna proizvodnja električne energije iz bioplina in prodaja le-te na trgu z električno energijo, bi lahko bila izvedljiva strategija delovanja le v primeru poceni substratov. Ko stroški proizvodnje električne energije v bioplinskih elektrarnah dosežejo 100 €/MWh elektrike, prodaja električne energije na trgu z električno energijo ne prinaša dobička. Študija je pokazala, da dobičkonosnejša strategija obratovanja vključuje povezovanje delovanja bioplinskih elektrarn na trgu uravnoveženja električne energije s proizvodnjo biometana ali kombiniranje manjšega obrata za predelavo sladkorne pese in naprave za nadgradnjo bioplina, da se pokrijejo potrebe po toploti za predelavo sladkorne pese. Tehnoekonomska analiza je pokazala, da prodajna cena biometana močno vpliva na ekonomsko izvedljivost obeh alternativnih strategij delovanja. Pod danimi tržnimi pogoji prodajna cena biometana pod 50 €/MWh za bioplinsko napravo ni izvedljiva. Razviti model bi lahko uporabili kot vodilo za upravljavce bioplinarn, kako naprej, po tem ko se bodo pojavile spremembe tako pri proizvodnji bioplina kot tudi pri uporabi bioplina.												
		The aim of this study is to investigate the operation of biogas plants in advanced energy markets after energy crops become limited in their use and biogas plants exit subsidy schemes for electricity production. Continuous biogas combined heat and power production and sale of electricity on the day-ahead market could be a viable operation strategy												

Znanstveni dosežek (<i>Research Achievement</i>)	
	<p>only in the case of low-cost substrates. When the break-even cost of electricity production in biogas power plants reaches 100 €/MWhel, selling electricity on the day-ahead market does not create profit. The study shown that a more profitable operation strategy involves coupling biogas power plant operation on the electricity balancing market with biomethane production or combining a small-scale sugar beet processing facility with a biogas upgrading plant to cover heat demand for sugar beet processing. Techno-economic analysis showed that the viability of both alternative operation strategies is severely impacted by the selling price of biomethane. In the given market conditions, a selling price of biomethane below 50 €/MWh is not viable for a biogas plant. The model developed could be used as a guideline for biogas plant operators on how to proceed after significant changes appear in both biogas production and biogas utilisation.</p>
Objavljeno v	Pergamon Press; Energy; 2020; Vol. 201; str. 1-12; Impact Factor: 5.537;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.383; A': 1; Avtorji / Authors: Bedoić Robert, Jurić Filip, Ćosić Boris, Pukšec Tomislav, Čuček Lidija, Duić Neven
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2. COBISS ID	22544662 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO Kinetična študija pirolize obcestne trave in digestata iz anaerobne monodigestije
	ANG A kinetic study of roadside grass pyrolysis and digestate from anaerobic mono-digestion
Opis	SLO Namen te raziskave je oceniti termogravimetrično obnašanje obcestne trave in digestata obcestne trave, dobljenega iz mezofilne anaerobne monodigestije, s kvantifikacijo termogravimetričnih vplivov na sestavo in lastnosti biomase. Termogravimetrične meritve so bile izvedene v laboratorijski peči s pretokom dušika 100 mL/min v temperaturnem območju od 35 do 800 °C pri petih različnih hitrostih segrevanja 2,5; 5; 10; 15 in 20 °C/min. Za določitev porazdelitve aktivacijskih energij in spremenjenih predeksponentnih faktorjev glede na reagirano maso (stopnja pretvorbe) so bili uporabljeni diferencialni modeli Friedman in Kissinger-Akahira-Sunose ter integralni izokonverzijski modeli. Raziskava je pokazala, da lahko anaerobno monodigestijo obcestne trave uporabimo za proizvodnjo bogatejšega materiala z bioogljem (z bistveno večjim donosom končnih ostankov po pirolizi) z manj energije, potrebne za kasnejšo pirolizo v primerjavi s surovo obcestno travo.
	ANG The aim of this research is to evaluate the thermogravimetric behaviour of roadside grass and its digestate obtained from mesophilic anaerobic mono-digestion by quantifying its impacts on biomass composition and properties. Thermogravimetric measurements were conducted in a laboratory furnace under nitrogen flowrate of 100 mL/min in the temperature range from 35 to 800 °C at five different heating rates of 2.5, 5, 10, 15 and 20 °C/min. Friedman and Kissinger-Akahira-Sunose differential and integral isoconversional models were applied to determine the distributions of activation energies and modified pre-exponential factors per reacted mass (degree of conversion). The investigation demonstrated that anaerobic digestion of roadside grass can be used to generate biochar-richer material (with significantly greater yield of final residues after pyrolysis) with less energy required for subsequent pyrolysis in comparison with raw roadside grass.
Objavljeno v	Elsevier Applied Science; Bioresource technology; 2019; Vol. 292; Str. 1-9; Impact Factor: 6.669;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.054; A'': 1;A': 1; WoS: AE, ID, DB; Avtorji / Authors: Bedoić Robert, Ocelić Bulatović Vesna, Čuček Lidija, Ćosić Boris, Špehar Ana,

	Znanstveni dosežek (<i>Research Achievement</i>)	
	Pukšec Tomislav, Duić Neven	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	21922326 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Pristopi za rekonstrukcijo omrežij toplotnih prenosnikov v procesih in celotnih območjih
		<i>ANG</i> Approaches for retrofitting heat exchanger networks within processes and Total Sites
	Opis	<i>SLO</i> Študija predstavlja razvite pristope, ki bi jih lahko uporabili za rekonstrukcijo obstoječih omrežij toplotnih prenosnikov (OTP) znotraj posameznih procesov in celotnih območij, da bi dosegli manjšo porabo energije, prihranke stroškov in zmanjšanje emisij. Nadalje so predstavljene uspešne industrijske aplikacije in opredeljeni bodoči izzivi. Pristopi, ki se uporabljajo za rekonstrukcije obstoječih OTP temeljijo na hevrstiki, termodinamični analizi in vpogledu - uščipna analiza in nedavno razvita analiza mostu, na numerični optimizaciji - matematičnem programiranju ter na hibridnih ali kombiniranih pristopih, ki temeljijo na kombinaciji hevrstike, fizičnih spoznanj in/ali numerične optimizacije. Optimizacijske pristope je mogoče nadalje razdeliti na deterministične in stohastične (verjetnostne) metode. Ti sistematični pristopi (vsi pristopi razen čiste hevrstike) uporabljajo bodisi zaporedne (razdeljene na podprobleme) bodisi sočasne metode sinteze.
		<i>ANG</i> This study presents developed approaches that could be used for retrofitting of existing heat exchanger networks (HENs) within individual processes and industrial sites to achieve lower energy consumption, cost savings and emission reduction. Successful industrial applications are further presented, and future challenges are identified. Approaches used for retrofitting of existing HENs are based on heuristics, on thermodynamic analysis and insights – Pinch Analysis and recently developed Bridge Analysis, on numerical optimisation - Mathematical Programming, and on hybrid or combined approaches which are based on a combination of heuristics, physical insights and/or numerical optimisation. Optimisation-based approaches could be further divided into deterministic and stochastic (probabilistic) methods. Those systematic approaches (all approaches except pure heuristics) use either sequential (divided into sub-problems) or simultaneous synthesis methods.
	Objavljeno v	Elsevier; Journal of cleaner production; 2019; Vol. 211; str. 884-894; Impact Factor: 6.395; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.022; A'': 1; A': 1; WoS: IH, JA, GS; Avtorji / Authors: Čuček Lidija, Boldryev Stanislav, Klemeš Jiri, Kravanja Zdravko, Krajačić Goran, Varbanov Petar, Duić Neven
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	22023958 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Zelena biomasa v bioplin - študija anaerobne digestije odpadne trave
		<i>ANG</i> Green biomass to biogas - a study on anaerobic digestion of residue grass
		Trajnostna proizvodnja bioplina z anaerobno digestijo uporablja alternativne vire biomase, ki niso konkurenčni proizvodnji hrane. Namen te študije je raziskati uporabo široko dostopnih ostankov pri bolj trajnostni proizvodnji toplote in električne energije, skupaj s proizvodnjo prebavljenega substrata kot gnojila. Študijo smo razdelili na več zaporednih korakov. Najprej smo zbrali vzorce trave na naslednjih lokacijah: neobdelana zemljišča, rečni nasip in obrobje avtoceste. Največji pridelek trave je bil določen za rečno travo s povprečno vrednostjo 19 t/ha sveže mase in 2,6 t/ha suhe mase. Nato smo opravili kemijsko

Znanstveni dosežek (<i>Research Achievement</i>)	
Opis	<p><i>SLO</i></p> <p>karakterizacijo zbrane odpadne trave in izvedli laboratorijsko šaržno mono- in kodigestijo s koruzno silažo in govejo gnojevko. Rezultati kažejo, da imajo vsi vzorci trave zadovoljive parametre za anaerobno digestijo (razmerje C/N med 16,6: 1 do 22,8: 1) z majhno prisotnostjo nečistoč, zaradi česar so primerni za proizvodnjo bioplina. Zabeležen je bil naslednji biokemični potencial metana pri monodigestiji ostankov trave: trava na neobdelanih zemljiščih (0,275 Nm³/kg TS), obrežna trava (0,192 Nm³/kg TS) in trava na obrobju avtoceste (0,255 Nm³/kgTS). Proces je bil izboljššan v primeru kodigestije, tako da smo se na začetku proizvodnje izognili zakisanju. Ocena kinetičnih parametrov pri matematičnem modeliranju je pokazala, da razgradnja ostankov trave kaže manjša odstopanja parametrov v primerjavi z laboratorijsko študijo. Rezultati modela za plinsko fazo kažejo nekaj majhnih odstopanj v primerjavi z eksperimentalnimi podatki. Na podlagi rezultatov analize življenjskega cikla je mogoče sklepati, da obstajajo perspektive pri uporabi odpadne trave v primerjavi s koruzno silažo pri proizvodnji toplote in električne energije, zlasti v izboljšanju kvalitete ekosistema.</p>
	<p><i>ANG</i></p> <p>Sustainable management in the biogas production via anaerobic digestion process intends the use of alternative biomass sources that are not competitive with food production. The aim of this study is to investigate the application of the abundant-quantity residue in more sustainable production of heat and electricity along with the production of the digested substrate as a fertiliser. The study has been divided into several sequential steps. First, the grass samples have been collected at the following locations: uncultivated land, river embankment and highway verge. The greatest grass yield has been determined for the riverbank grass, with an average value of 19 t/ha of fresh mass and 2.6 t/ha of dry mass. Next, the chemical characterisation of the collected residue grass and the laboratory batch mono and co-digestion tests with maize silage and cattle slurry have been conducted. The results show that all grass samples have satisfying digestive parameters (C/N ratio between 16.6:1 to 22.8:1) with the low presence of impurities, which makes them suitable for biogas production. The following biochemical methane potential in mono-digestion of residue grass has been recorded: uncultivated land (0.275 Nm³/kgTS), riverbank (0.192 Nm³/kgTS) and highway verge (0.255 Nm³/kgTS). The control of the process has been improved in co-digestion tests, by avoiding acidification in the first days of the operation. The estimation of kinetic parameters in mathematical modelling has shown that the degradation of residue grass shows some different parameters compared to the previous study. The model results for the gas phase show some small deviations compared to the experimental data. Based on the life cycle analysis results it can be concluded that there are perspectives in the use of residual grass compared to maize silage in the production of heat and electricity, especially in the improvement of ecosystem quality.</p>
Objavljeno v	Elsevier; Journal of cleaner production; 2019; Vol. 213; str. 700-709; Impact Factor: 6.395; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.022; A ^{''} : 1; A ['] : 1; WoS: IH, JA, GS; Avtorji / Authors: Bedoić Robert, Čuček Lidija, Čosić Boris, Krajnc Damjan, Smoljanić Goran, Kravanja Zdravko, Ljubas Davor, Pukšec Tomislav, Duić Neven
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

6. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine, če obstajajo (*Most important socio-economically relevant results of the research team, if applicable*)⁴

Družbeno-ekonomsko relevantni dosežki (<i>Socio-economic Achievement</i>)

1.	COBISS ID	22336022	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Skupno mentorstvo študentu Leonu Langu na 2. stopnji na Fakulteti za kemijo in kemijsko tehnologijo, Univerza v Mariboru
		ANG	Joint supervision of student Leon Lang at Faculty of Chemistry and Chemical Engineering, University of Maribor
	Opis	SLO	Naslov magistrskega dela: Modeliranje procesov anaerobne in aerobne razgradnje z modeloma ADM1 in ASM1 Mentorica: Lidija Čuček, somentorja: Zdravko Kravanja, Tomislav Pukšec; Zagovor magistrske naloge: april 2019
		ANG	The title of master thesis: Modeling of anaerobic and aerobic digestion processes using ADM1 and ASM1 model Supervisor: Lidija Čuček, co-supervisors: Zdravko Kravanja, Tomislav Pukšec The date of defence: April 2019
	Šifra	E.03	Drugo
	Objavljeno v	[L. Lang]; 2019; XI, 86 str.; Avtorji / Authors: Lang Leon, Čuček Lidija	
Tipologija	2.09	Magistrsko delo	
2.	COBISS ID		Vir: vpis v obrazec
	Naslov	SLO	Skupno mentorstvo študentu Robertu Bedoiću na 3. stopnji na Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu
		ANG	Joint supervision of student Robert Bedoić at Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, University of Zagreb
	Opis	SLO	Naslov doktorskega dela: Vloga biomase in biogoriv v energetskei tranziciji – holistični interdisciplinarni pristop k trajnostni anaerobni razgradnji Mentorja: Tomislav Pukšec, Lidija Čuček Javni zagovor teme doktorske naloge: april 2020 Predviden zagovor doktorske naloge: 2021
		ANG	Title of PhD dissertation: The role of biomass and biofuels in the energy transition - A holistic interdisciplinary approach to sustainable anaerobic digestion Supervisors: Tomislav Pukšec, Lidija Čuček Public defense of the doctoral research topic: April 2020 Expected date of defense: 2021
	Šifra	D.09	Mentorstvo doktorandom
Objavljeno v	/		
Tipologija	2.08	Doktorska disertacija	
3.	COBISS ID		Vir: vpis v obrazec
	Naslov	SLO	Predavanja na tuji univerzi
		ANG	Lectures at foreign universities
			Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom v okviru seminarjev na tuji univerzi: Lidija Čuček: Sustainable synthesis of biogas supply networks based on different electricity prices (14.5.2018) Hrvoje Dorotić: Hourly multi-objective optimisation of district heating and cooling systems for one-year time horizon (14.5.2018) Tomislav Novosel: Mapping of heat demand and potential energy sources – RESFlex project's GIS platform (14.5.2018) Antun Pfeifer: Dynamics of energy transition towards 100 % RES energy

Družbeno-ekonomsko relevantni dosežki (<i>Socio-economic Achievement</i>)		
Opis	SLO	<p>systems in SEE in electricity market conditions (14.5.2018)</p> <p>Hrvoje Dorotić: Multi-objective optimization of DKC systems (27.6.2018)</p> <p>Antun Pfeifer: Influence of different strategic decisions in energy system development on interaction between market coupled zones (27.6.2018)</p> <p>Žan Zore: Sustainability metrics and their application to system-wide supply network (27.6.2018)</p> <p>Klavdija Zirngast: Systematic tool for sustainable synthesis and design of flexible processes and supply chains under uncertainty (27.6.2018)</p> <p>Ben Abikoye: Integration of Renewable Energy Resources into Regional Heat Demand (24-26.7.2018)</p> <p>Vujanović Annamaria: Economic and environmental optimization of smartMELAMINE production processes (24.9.2019)</p> <p>Rok Gomilšek: GHG emissions of aluminium slug production (24.9.2019)</p> <p>Aleksandra Petrovič: Predelava in uporaba blata čistilnih naprav (24.9.2019)</p> <p>Danijela Urbančl: Sustainable approaches for increased energy efficiency and renewable energy use (24.9.2019)</p>
	ANG	<p>Providing new knowledge to direct users in the frame of seminars at a foreign university:</p> <p>Lidija Čuček: Sustainable synthesis of biogas supply networks based on different electricity prices (14 May 2018)</p> <p>Hrvoje Dorotić: Hourly multi-objective optimisation of district heating and cooling systems for one-year time horizon (14 May 2018)</p> <p>Tomislav Novosel: Mapping of heat demand and potential energy sources – RESFlex project's GIS platform (14 May 2018)</p> <p>Antun Pfeifer: Dynamics of energy transition towards 100 % RES energy systems in SEE in electricity market conditions (14 May 2018)</p> <p>Hrvoje Dorotić: Multi-objective optimization of DKC systems (27 June 2018)</p> <p>Antun Pfeifer: Influence of different strategic decisions in energy system development on interaction between market coupled zones (27 June 2018)</p> <p>Žan Zore: Sustainability metrics and their application to system-wide supply network (27 June 2018)</p> <p>Klavdija Zirngast: Systematic tool for sustainable synthesis and design of flexible processes and supply chains under uncertainty (27 June 2018)</p> <p>Ben Abikoye: Integration of Renewable Energy Resources into Regional Heat Demand (25 July 2018)</p> <p>Vujanović Annamaria: Economic and environmental optimization of</p>

Družbeno-ekonomsko relevantni dosežki (<i>Socio-economic Achievement</i>)		
	<p>smartMELAMINE production processes (24 September 2019)</p> <p>Rok Gomilšek: GHG emissions of aluminium slug production (24 September 2019)</p> <p>Aleksandra Petrovič: Processing and use of sewage sludge from waste water treatment plants (24 September 2019)</p> <p>Danijela Urbanč: Sustainable approaches for increased energy efficiency and renewable energy use (24 September 2019)</p>	
Šifra	F.18 Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
Objavljeno v	/	
Tipologija	3.14 Predavanja na tuji univerzi	
4.	COBISS ID	Vir: vpis v obrazec
Naslov	SLO	Vzpostavitev laboratorija hrvaških partnerjev za proizvodnjo in merjenje biopline ter izboljšave laboratorijskih analiz na obeh fakultetah
	ANG	Establishment of a laboratory of Croatian partners for the production and measurement of biogas and improvement of laboratory analyses at both faculties
Opis	SLO	Večje število skupnih laboratorijskih raziskav, ki je vodilo k vzpostavitvi novega laboratorija hrvaških partnerjev in izboljšanju analiz na obeh fakultetah. Obiskali smo tudi laboratorije na Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije (FKIT) v Zagrebu ter podjetje Agroproteinka, kjer smo si ogledali bioplinarno, ki kot substrate uporablja različne biorazgradljive odpadke iz gospodinjstev, trgovin in restavracij (2. generacija bioplinarn). Podjetje nam je predstavilo delovanje procesa ter tudi težave, ki se pri tej novi generaciji bioplinarn pojavljajo. Na ta način smo поблиže spoznali specifikke dela, kar je vodilo k dolgoročnim izboljšavam eksperimentalnega dela.
	ANG	A number of joint laboratory research works, which led to the establishment of a new laboratory of Croatian partners and the improvement of analyses at both faculties. We also visited laboratories at the Faculty of Chemical Engineering and Technology (FKIT) in Zagreb and the company Agroproteinka, where we visited a biogas plant that uses various biodegradable waste from households, shops and restaurants as substrates (2nd generation biogas plants). The company introduced us to the operation of the process as well as the problems that arise with this new generation of biogas plants. In this way, we got to know the specifics of the work more closely, which led to longer-term improvements in the experimental work.
Šifra	F.10 Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
Objavljeno v	/	
Tipologija	3.25 Druga izvedena dela	

7.V okviru bilateralnega projekta so bili realizirani naslednji cilji (*Within the framework of the Bilateral Project, the following objectives were realized*)

Cilj bilateralnega projekta (<i>The objectives of the Bilateral Project</i>)	Število (<i>Number</i>)
---	-------------------------------------

Cilj bilateralnega projekta (<i>The objectives of the Bilateral Project</i>)		Število (<i>Number</i>)
Skupni znanstveni članek (<i>Joint scientific article</i>)		4
Skupni strokovni članek (<i>Joint professional article</i>)		0
Skupne prijave na razpise okvirnega programa za raziskave in inovacije EU in na druge mednarodne projekte (<i>Joint applications for Calls for Proposals from the Research and Innovation Framework Program EU and other International Projects</i>)		1
Skupna publikacija (<i>Joint Publication</i>)		7
Avtorstvo/soavtorstvo patentov, standardov, licenc, novih proizvodov, tehnologij in tehnoloških rešitev, inovacij v preteklem obdobju financiranja bilateralnega projekta ((<i>Co</i>) <i>author of patents, standards, licences, new products, technologies and technological Solutions and innovations in past period</i>)		0
Mednarodna konferenca (prispevek ali izvedba) (<i>International conference; contribution or implementation</i>)		4
Monografija (<i>Monograph</i>)		0
Elaborat, študija (<i>Elaborat, Study</i>)		0
Drugo (navedite) (<i>Other; please specify</i>)	Skupno mentorstvo študenta na 2. stopi	15

8. Pripombe in predlogi - neobvezno (*Comments, Suggestions - Optional*)⁵

--

9. Obiski v Sloveniji, ki so bili izvedeni (*Visits in Slovenia if applicable*)

	Ime in priimek obiskovalca (<i>Name and Surname of researcher</i>)	Kraj obiska (<i>Place of Visit</i>)	Datum OD (<i>Date From</i>)	Datum DO (<i>Date To</i>)
1.	Robert Bedoić	Univerza v Mariboru	12.7.2018	14.7.2018
2.	Antun Pfeifer	Univerza v Mariboru	27.6.2018	29.6.2018
3.	Hrvoje Dorotić	Univerza v Mariboru	27.6.2018	29.6.2018
4.	Robert Bedoić	Univerza v Mariboru	1.10.2018	3.10.2018
5.	Antun Pfeifer	Konferenca TBMCE	5.9.2018	7.9.2018
6.	Robert Bedoić	Konferenca TBMCE	5.9.2018	7.9.2018
7.				
8.				
9.				
10.				

10. Obiski v sodelujoči državi, ki so bili izvedeni (*Visits in the Partner Country if applicable*)

	Ime in priimek obiskovalca (<i>Name and Surname of researcher</i>)	Kraj obiska (<i>Place of Visit</i>)	Datum OD (<i>Date From</i>)	Datum DO (<i>Date To</i>)
1.	30944 Lidija Čuček	Univerza v Zagrebu	14.5.2018	15.5.2018
2.	30944 Lidija Čuček	Univerza v Zagrebu	24.7.2018	27.7.2018
3.	30944 Lidija Čuček	Univerza v Zagrebu	5.12.2018	7.12.2018
4.	30944 Lidija Čuček	Univerza v Zagrebu	23.9.2019	24.9.2019

	Ime in priimek obiskovalca (Name and Surname of researcher)	Kraj obiska (Place of Visit)	Datum OD (Date From)	Datum DO (Date To)
5.	34486 Aleksandra Petrovič	Univerza v Zagrebu	24.9.2019	24.9.2019
6.	33679 Annamaria Vujanović	Univerza v Zagrebu	23.9.2019	24.9.2019
7.	52508 Rok Gomilšek	Univerza v Zagrebu	23.9.2019	24.9.2019
8.	39209 Klavdija Zirngast	Univerza v Zagrebu	23.9.2019	24.9.2019
9.	30944 Lidija Čuček	Konferenca SDEWES	1.10.2019	5.10.2019
10.	25664 Danijela Urbancl	Univerza v Zagrebu	23.9.2019	24.9.2019

11. Razlogi za neizvedbo obiskov - obvezno, če obiski niso bili realizirani (Reasons for visits not realized – obligatory if applicable)⁶

Planirali smo še dodatna 2 obiska, ki pa jih zaradi določenih razlogov nismo realizirali:
 * obisk slovenskih partnerjev na Univerzi v Zagrebu v juniju 2019 zaradi tragične situacije v družini
 * obisk hrvaških partnerjev na Univerzi v Mariboru v decembru 2019. Zadnji obisk hrvaških partnerjev v okviru projekta INTEGRES smo planirali navezati na demonstracijo toplotne črpalke in novega patenta članov projektne skupine v Mariboru. V okviru obiska je bil predviden ogled demonstracijske naprave na Ptuj ter ogled geotermalne toplotne črpalke v Lendavi. Zaradi določenih zakasnitev je demonstracija potekala v začetku leta 2020, prav tako pa tudi obisk hrvaških raziskovalcev v Sloveniji.

12. Vodja bilateralnega projekta v sodelujoči državi je seznanjen in se strinja z vsebino zaključnega poročila (The Principal Investigator in the Partner Country agrees with this report)

DA (Yes)

NE (No)

Obrazložitev, če je odgovor NE (Explanation if the answer is NO)

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v zaključnem poročilu, resnični in točni,
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS,
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v papirni obliki in
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi izvajalci in soizvajalci bilateralnega projekta.

Podpisi:

Zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije (prijavitelj):

in

Vodja bilateralnega projekta:

Univerza v Mariboru, Fakulteta za
kemijo in kemijsko tehnologijo

Lidija Čuček

ŽIG

Datum: 17.5.2020

Oznaka poročila: ARRS-MS-BI-ZP-2020-01/221

¹ Izraz vodja bilateralnega projekta je zapisan v moški slovnični obliki in je uporaben kot nevtralen za ženske in moške. (*The term Leader of a bilateral project is not gender-specific and shall be understood as neutral applying to both female and male genders*) [Nazaj](#)

² Največ 6.000 znakov vključno s presledki (*Max. 6.000 characters including spaces*) [Nazaj](#)

³ Znanstveni in družbeno-ekonomski dosežki v raziskovalnem programu, projektu in bilateralnem projektu so lahko enaki, saj se projektna vsebina praviloma nanaša na širšo problematiko raziskovalnega programa, zato pričakujemo, da bo večina izjemnih dosežkov raziskovalnih programov dokumentirana tudi med izjemnimi dosežki različnih raziskovalnih projektov.

Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.

(*The scientific results of the research team can be the same as reported with any relevant research program or project; report results for which the bilateral project was essential. Enter the COBISS code of the result, the other data will be entered by the system*) [Nazaj](#)

⁴ Znanstveni in družbeno-ekonomski dosežki v raziskovalnem programu, projektu in bilateralnem projektu so lahko enaki, saj se projektna vsebina praviloma nanaša na širšo problematiko raziskovalnega programa, zato pričakujemo, da bo večina izjemnih dosežkov raziskovalnih programov dokumentirana tudi med izjemnimi dosežki različnih raziskovalnih projektov.

Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.

Družbenoekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen, kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno ekonomsko relevantnega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. v preteklem letu vodja meni, da je izjemen dosežek to, da sta se dva mlajša sodelavca zaposlila v gospodarstvu na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovila svoje podjetje, ki je rezultat prejšnjega dela ... - v obeh primerih ni COBISS ID).

(*The socio-economically relevant results of the research team can be the same as reported with any relevant research program or project; report results for which the bilateral project was essential. Enter the COBISS code of the result, the other data will be entered by the system*) [Nazaj](#)

⁵ Največ 6.000 znakov vključno s presledki. Če odobrenih obiskov oziroma sredstev niste izkoristili v celoti, vas prosimo, da obvezno navedete razloge. (*Max. 6.000 characters including spaces; please include reasons for incomplete use of exchanges or means, if applicable*) [Nazaj](#)

⁶ Največ 6.000 znakov vključno s presledki (*Max. 6.000 characters including spaces*). [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-BI-ZP/2020-01 v1.00

06-2B-10-80-E6-06-93-60-9A-2D-B6-AC-71-97-30-8F-36-60-C4-46