

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2011-1/45

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-0358
Naslov projekta	Sinteza in rekonstrukcija procesov na osnovi alternativnih obnovljivih virov za proizvodnjo zelene energije
Vodja projekta	6005 Zdravko Kravanja
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	5.310
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	02.2008 - 01.2011
Nosilna raziskovalna organizacija	794 Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	481 Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta 1421 Znanstveno-raziskovalno središče Bistra Ptuj 2106 PERUTNINA PTUJ reja perutnine, proizvodnja krmil, perutninskega mesa in izdelkov, trgovina in storitve d.d.
Družbeno-ekonomski cilj	

1.1. Družbeno-ekonomski cilj¹

Šifra	05.
Naziv	Energija

2. Sofinancerji²

1.	Naziv	Perutnina Ptuj d.d.
	Naslov	Potrčeva 10 2250 Ptuj
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta³

OPIS HIPOTEZ

Osnovni cilj projekta je bil reševanje problema odpadnega piščančjega gnoja v obratu mesno-predelovalne industrije z učinkovito pretvorbo v bioplin z anaerobno fermentacijo.

a) Piščančjemu gnoju je za učinkovito fermentacijo potrebno dodati rastlinsko biomaso kot vir ogljika. Najpogosteje se za to uporablja koruza, kar povzroča negativno tekmovalnost med prehrabenim in energetskim sektorjem za rastline in obdelovalne površine. Zato je bila prva hipoteza, da identificiramo neprehrambene hitrorastoče rastline za dodajanje gnoju, ki ne potrebujejo kultivacije in s tem ne konkurirajo prehrabenemu sektorju.

b) Piščančji gnoj vsebuje lesne oblace in žagovino. Ti vsebujejo lignin, ki ga bakterije niso sposobne razgraditi, zaradi tega je dobit bioplina manjša. Glive bele trohnobe so edini organizmi, ki so sposobni razgraditi lignin v oleseneli celični steni. Zato je bila druga hipoteza, da s predhodno obdelavo piščančjega gnoja z glivami bele trohnobe dosežemo delignifikacijo, večjo poroznost materiala in delno razgradnjo kristalinične celuloze, kar bi pospešilo in povečalo produkcijo bioplina.

c) Naslednji cilj projekta je bil optimalno načrtovanje obrata za proizvodnjo bioplina (in biokemijskih obratov v širšem smislu), pri čemer je bila postavljena hipoteza, da lahko s kombinacijo laboratorijskih raziskav na biomolekularnem nivoju in procesno sistemskega pristopa dosežemo optimalne, dopustne in trajnostne procesne rešitve za učinkovito reševanje problema odpadnega gnoja s pretvorbo v bioplin. Takšen pristop lahko uporabimo tudi splošneje za pridobivanje zelene energije in produktov iz obnovljivih virov ter za optimiranje celotnih oskrbovalnih omrežij na osnovi obnovljivih virov.

Raziskave so potekale v dveh sklopih: biomolekularnem laboratorijskem in procesno-sistemskem sklopu, ki sta opisana v nadaljevanju.

OPIS RAZISKOVANJA – BIOMOLEKULARNI EKSPERIMENTALNI DEL

Identifikacija primernih energetskih rastlin in mikroorganizmov

Najprej smo vzgojili alternativne energetske rastline sirek, japonski dresnovec, industrijsko konopljo in miskantus ter referenčno rastlino koruzo oz. koruzno slamo. Ugotovili smo, da so trajnice, npr. miskantus in dresnovec, najprimernejše za gojenje, ker ne zahtevajo okopavanja, gnojenja in drugih agrotehničnih ukrepov. Izbrali smo glivi bele trohnobe za razgradnjo lignoceluloznega materiala: bukov ostrigar (*Pleurotes ostreatus*) in pisana ploskocevkica (*Trametes versicolor*). Preučevali smo, katera hitrorastoča rastlina je najprimernejša za obdelavo z glivo in katero razmerje rastlina/gnoj je optimalno. V ta namen smo merili preraščanje glivnega micelija na rastlinskih biomasah, piščančjem gnoju in mešanicah piščančjega gnoja in rastlinske biomase v različnih razmerjih. Ugotovili smo, da glivni micelij prerašča najhitreje na rastlinah brez dodanega gnoja. Z dodajanjem gnoja se hitrost preraščanja upočasni. Na samem gnoju brez rastlin glivni micelij ne prerašča. Z večanjem rastlinskega deleža se večja tudi preraščanje gnoja, zato smo za nadaljnje raziskave predlagali mešanice z masnim razmerjem rastlin in piščančjega gnoja 60:40. Pri tem razmerju micelij glive še dovolj hitro prerašča substrat, pri pripravi substrata pa se porabi zadostna količina piščančjega gnoja (COBISS 6306681). Micelij glive *Pleurotus ostreatus* je, ne glede na vrsto hitro rastoče rastline v substratu in ne glede na masno razmerje v substratu, priraščal hitreje kot micelij glive *Trametes versicolor*.

Glivni micelij je najhitreje preraščal na substratih, mešanih z miskantusom, koruzno slamo in japonskim dresnovcem, najpočasneje pa na substratih, mešanih s konopljo in sirkom. Za nadaljnje eksperimente smo kot možne rastlinske substrate izbrali dresnovec, miskantus in koruzno slamo.

Optimiranje proizvodnje bioplina v laboratorijskem merilu

V nadaljevanju smo se osredotočili na laboratorijsko raziskovanje procesa anaerobne digestije hitrorastočih rastlin ter mešanic rastlin in piščančjega gnoja. Pripravili smo aparaturo za pridobivanje bioplina v laboratorijskem merilu, ki omogoča merjenje prostornine in sestave bioplina. Ker smo želeli doseči čim večjo proizvodnjo bioplina, delež nastalega metana in ponovljivost rezultatov, smo izvedli optimiranje pogojev fermentacije, pri čemer smo optimirali čas izpostavitve substrata delovanju glive, vrsto inokuluma, razmerje med inokulumom in substratom, pH, pogoje mešanja in vzdrževanje konstantne temperature. Optimiranje fermentacijskih pogojev smo izvedli na rastlinskih substratih miskantusa in koruzne slame, ki smo jih predhodno obdelali z glivo *Trametes versicolor*.

Ugotovili smo, da je optimalni čas preraščanja rastlin z glivo 14 dni. Najboljši je inokulum, ki je homogen, tekoč, bogat z metanogenimi bakterijami, enostaven za doziranje, vsebuje okoli 2 % trdne snovi in sam po sebi ne doprinese veliko k celokupnemu bioplinu. Optimalno razmerje med inokulumom in substratom je 50:50. Za razredčevanje je primerneje uporabiti pufer kot vodo, saj na ta način vzdržujemo konstantno vrednost pH. Le-ta je zelo pomembna, saj pri znižanju vrednosti pH metanogene bakterije odmrejo. Glede pogojev mešanja je bilo ugotovljeno, da je občasno mešanje boljše kot neprekinjeno, ker zagotavlja zadosten kontaktni čas za bakterijsko razgradnjo substrata.

Z optimiranimi pogoji smo dosegli dobro ponovljivost rezultatov. Ugotovljeno je bilo, da predobdelava rastlinskih substratov z glivo vpliva na kinetiko proizvodnje bioplina in sicer poveča začetno hitrost nastajanja bioplina. Celokupni donosi bioplina za koruzno slamo in miskantus so višji, če rastlini nista predobdelani z glivo. Pri tem daje koruzna slama nekoliko večjo dobit bioplina kot miskantus (brez obdelave z glivo: koruzna slama 388 ml na g trdne snovi, miskantus 360 ml/g; z obdelavo z glivo: koruzna slama 364 ml/g, miskantus 328 ml/g). Volumski delež metana v bioplinu je pri obeh rastlinah med 55 % in 58 % (COBISS 14885398).

V naslednji fazi smo v laboratorijskem merilu raziskovali anaerobno digestijo mešanic rastlinske biomase dresnovca in piščančjega gnoja. Dresnovec se je pri gojenju na poskusni ploskvi izkazal kot nezahtevna in hitro rastoča rastlina. V eksperimentu smo mešanice dresnovca in piščančjega gnoja pred anaerobno digestijo obdelali z glivama *Pleurotus ostreatus* in *Trametes versicolor*, da bi ugotovili, ali glivni encimi pretvorijo bakterijam nedostopno lignocelulozo v lažje razgradljiv substrat in s tem povečajo dobit bioplina. Ugotovljeno je bilo, da so glive v prisotnosti dresnovca prerasle tudi gnoj in povečale dobit bioplina v primerjavi z mešanico, ki ni bila obdelana z glivami (COBISS 14030870). Uporabili smo substrate, ki so bili različno dolgo izpostavljeni glivam. Največ bioplina je nastalo ob uporabi mešanice japonskega dresnovca in piščančjega gnoja (60:40), ki je bil 14 dni izpostavljen glivi *Trametes versicolor*. Preraščanje *Pleurotus ostreatus* je najboljši izplen bioplina kazalo po 21 dneh (COBISS 1901961).

Optimiranje proizvodnje bioplina na pilotni napravi

Del raziskav smo posvetili preučevanju in optimizaciji postopka anaerobne digestije na pilotni napravi volumna 120 L. Za vhodni material smo uporabili zeleni odpad, ki vsebuje velik delež lesne biomase. Načrtovali smo bioreaktor s termofilnimi pogoji. Spremljali smo tlak, temperaturo, pH, volumen nastalega bioplina, sestavo (CH_4 , CO_2 , O_2 in H_2S). Optimirali smo razmerje C/N in mešanje (COBISS 13467670).

Nato smo izvedli proces anaerobne digestije v pilotnem sistemu treh zaporednih šaržnih reaktorjev volumnov 120 L. Kot vhodni material smo uporabili organski odpad in aktivno blato iz čistilne naprave. Proces anaerobne digestije je potekal pod termofilnimi pogoji z vsebnostjo trdnih snovi med 20 in 40 % (COBISS 14428438). Kumulativna proizvodnja bioplina je bila relativno nizka glede na količino vhodne snovi, kar smo pripisali sestavi

vhodne snovi, ki vsebuje velik delež lesnih komponent.

Osredotočili smo se na študij predhodne obdelave vhodnega materiala. Obdelava je potekala s celulolitičnimi encimi glive *Trichoderma reesei*. Proizvedeni encimi pripomorejo k večji količini dostopne celuloze za nadaljnji anaerobni proces in posledično dobimo večjo proizvodnjo bioplina ter manjšo količino nerazgrajene celuloze. Vendarle pa rezultati niso zadovoljili naših pričakovanj (COBISS 34462725). Sofinancerju smo svetovali in poiskali ponudnika večje bioplinske pilotne naprave, ki se že nahaja pri sofinancerju.

OPIS RAZISKOVANJA – PROCESNO SISTEMSKI DEL DEL

Rezultate biomolekularnih laboratorijskih raziskav smo uporabili kot vhodne podatke v procesno sistemskem delu, katerega glavni namen je bil optimalno načrtovanje trajnostnega obrata za proizvodnjo bioplina ter ostalih bioprocesov.

Optimiranje obrata za proizvodnjo bioplina

Razvili smo mešano celoštevilski nelinearni programirani (MINLP) problem za optimiranje procesa proizvodnje bioplina iz organskih in živalskih odpadkov. Model sestavljajo enačbe snovnih in toplotnih bilanc, poenostavljene zveze za izračun učinkovitosti proizvodnje in oceno investicijskih sredstev. Poleg tega so v model vključene tudi toplotne bilance, kar omogoča simultano toplotno integracijo bioplinskega obrata s preostalimi obrati in procesnimi podsistemi. Odločitveni kriterij je maksimalna neto sedanja vrednost, ki zagotavlja optimalne kompromisne rešitve tako z ekonomskega in okoljskega vidika kot tudi z vidika učinkovite izrabe surovin in energije (COBISS 14805526, 14152982).

Razviti optimizacijski model omogoča optimalno odločanje o naslednjih alternativah: 1) izbor temperaturnega območja anaerobnega procesa pri mezofilnih ali termofilnih pogojih, 2) izbor ali zavrnitev postavitve obrata za pridobivanje proteinskih koncentratov, tj. kafilerije, 3) izbor vhodnih substratov, npr. svinjski ali piščančji gnoj, kar omogoča investicijsko odločanje o gradnji novih oz. rekonstrukciji obstoječih farm, 4) izbor vodnega vira, ki je lahko sveža voda iz lokalnega zajetja ali odpadna voda iz drugih obratov, 5) vrsto transporta odpadne vode, ki je lahko cestni prevoz s cisternami ali cevni transport preko novozgrajenega kolektorja, 6) izbor med odprtim in zaprtim vodnim tokokrogom, pri čemer s slednjim zmanjšamo porabo vode na manj kot 5 % in pridobivamo kot stranski produkt bogato organsko gnojilo, 7) toplotno integracijo med procesnimi tokovi in uporabo bioplina za soproizvodnjo toplotne in električne energije. Izbrana optimalna rešitev vključuje pridobivanje bioplina pri termofilnih pogojih in pretvorbo bioplina v kogeneracijskem sistemu v toploto in elektriko. Obrat proteinskih koncentratov ni izbran, optimalnejša je pretvorba odpadkov III. kategorije v bioplin. Izbrana je gradnja nove piščančje farme. Proces uporablja za razredčevanje svežo vodo v zaprtem tokokrogu ter tehnologijo ultrafiltracije in reverzne osmoze za čiščenje vode in pridobivanje organskega gnojila. Glede na dodatne pogoje, ki jih je postavil sofinancer, je izdelana in optimirana prilagojena procesna shema, ki vključuje obrat proteinskih koncentratov. Rezultati kažejo, da toplotna integracija bioplinskega procesa z drugimi obrati in procesnimi podsistemi bistveno zniža porabo pogonskih sredstev in poveča neto sedanjo vrednost izbrane rešitve (COBISS 13787414, 14358038, 14364182, 13132054, 14031126).

Razviti model za optimiranje toplotno integriranega obrata bioplina smo razširili še za hkratno sintezo omrežja toplotnih prenosnikov. Določili smo optimalno omrežje, v katerem se substrati pred vstopom v anaerobni reaktor predgrevajo z vročo vodo, ki nastaja pri kogeneraciji ter dodatno še z nizkotlačno paro. Temperaturo termofilnega procesa prav tako vzdržujemo z vročo vodo, ki nastaja pri kogeneraciji (COBISS 14904086, sprejeto na konferenco Pres 2011).

Modeliranje procesnih operacij za bioproizvodno tehniko

Razvili smo matematične modele procesnih enot za fermentacijo in drugih procesnih operacij za bioproizvodno tehniko. Modeliranje smo izvajali v programskem okolju GAMS in jih nato prenesli v lastno programsko orodje procesni sintetizer MIPSYN. S tem smo pripravili temelje za uporabo okolja MIPSYN za optimiranje in sinteze trajnostnih kemijskih in biokemijskih procesov (COBISS 14231318, 14359062, 13131798).

Razvite modele smo uporabili za rekonstrukcijo obrata za proizvodnjo bioetanola iz koruze s hkratno toplotno integracijo (COBISS 14030614). Pri tem smo zmodelirali in ekonomsko ovrednotili različne proizvodne poti iz različnih vhodnih surovin, kot so: suho mletje škrobnih surovin, npr. koruze in pšenice, direktna fermentacija sladkorja, kislinska predobdelava koruzne slame, bazična predobdelava pšenične slame ter uplinjanje lesnih sekancev z nadaljnjo fermentacijo proizvedenega sinteznega plina. Vključili smo model za simultano toplotno integracijo in ekonomsko ovrednotili alternative. Najboljše ekonomske rezultate je izkazal postopek s kislinsko predobdelavo koruzne slame (COBISS 13471766).

V matematični model smo vključili tudi simultano integracijo različnih tehnologij, surovin in energije za doseganje trajnostne proizvodnje etanola iz celotne koruzne rastline, tj. zrn in slame. Optimalni toplotno integrirani proces vključuje suho mletje koruznih zrn in uplinjanje koruzne slame, ki mu sledi katalitska sinteza do zmesi alkoholov. Tako integrirane tehnologije izkoriščajo pozitiven učinek integracije, ki omogoča nizko porabo dodatne energije in sveže vode ter konkurenčno ceno bioetanola (COBISS 14800150, 14903574).

Optimiranje trajnostne biokemijske oskrbovalne verige

Procesno-sistemi del smo razširili na sintezo regionalnih omrežij za proizvodnjo in porabo energije iz obnovljivih virov, ki vključuje pridelavo surovin (energetskih rastlin), njihovo predobdelavo (sušenje, zgoščevanje) in predelavo v bioprodukte ter distribucijo le-teh do porabnikov. Tako smo postavili superstrukturo za celotno mrežo, sestavljeno iz kmetijskega, logistično-distribucijskega in procesnega sektorja, ki je opisana kot mešano celoštevski linearni programirani (MILP) optimizacijski problem.

Osnovni problem pri energiji iz biomase je relativno nizka gostota biomase, njena razpršena in spremenljiva razpoložljivost ter visoka vsebnost vlage. Zato je bila razvita superstruktura regionalnih mrež s štirimi nivoji, ki optimira pripravo in predelavo biomase ter distribucijo produktov v določeni regiji. Upoštevan je okoljski vpliv z uporabo ogljičnega odtisa, izvedene so analize občutljivosti glede na velikost regij, transportne stroške, postopke predobdelave in soproizvodnjo hrane in energije. Ker je proizvodnja energije ekonomsko privlačnejša kot proizvodnja hrane, dobimo rešitve, ki favorizirajo proizvodnjo energije. Pri osnovnem problemu je rešitev centraliziran obrat za proces suhega mletja, za sežiganje odpadkov in za proizvodnjo bioplina, medtem ko sežiganje biomase poteka lokalizirano. Z uvedbo občutljivostnih analiz je opaziti znatne spremembe struktur, bolj lokalizirano proizvodnjo energije iz biomase (COBISS 14314006, 14360086). Predlagali smo nekaj tehnik za zmanjševanje velikosti mrežnih modelov, s čimer je mogoče tudi obsežnejša omrežja rešiti v realnem času (COBISS 254123008).

Analiza življenjskega kroga oskrbovalne verige za proizvodnjo zelene energije

Analizo življenjskega kroga oskrbovalne verige proizvodnje bioplina smo izvedli z novim konceptom eko-dobička. Eko-dobiček je definiran kot razlika med eko-prihranki (razbremenitvijo okolja) in eko-stroški (obremenitvijo okolja). Eko-prihranek je definiran kot vsota vseh pozitivnih vplivov razbremenitev okolja (npr. prihranjena količina umetnih gnojil), medtem ko eko-strošek vključuje vse negativne vplive obremenitev okolja (npr. poraba neobnovljivih virov in emisije pri prevozi). Rezultati kažejo, da je proces proizvodnje bioplina ekonomsko in okoljsko trajnostna rešitev za uporabo živalskih in

organskih odpadkov, saj kaže pomemben eko-dobiček (COBISS 14903830). Analizo življenjskega kroga smo izvedli tudi za superstrukturo proizvodnje bioetanola iz različnih surovin ter proizvodnih postopkov. Uporabili smo posebni normaliziran LCA indeks, kjer smo okoljsko ovrednotili procesno mrežo v primerjavi s proizvodnjo bioetanola iz koruznega zrnja po postopku suhega mletja. V analizo smo vključili tudi posebni socialni indikator za preprečitev pretvarjanja prehrabnih surovin v energente (COBISS 14224918, 14068502).

KLJUČNE UGOTOVITVE IN ZNANSTVENA SPOZNANJA so:

- najprimernejše neprehrambene rastline kot dodatek piščančjemu gnoju za pridobivanje bioplina so dresnovec, koruzna slama, miskantus;
- optimalni pogoji za proizvodnjo bioplina so: razmerje rastlina gnoj 60:40, redčenje s pufrom, občasno mešanje, vzdrževanje konstantne temperature;
- obdelava rastlinskih substratov koruzne slame in miskantusa z glivo poveča začetno hitrost nastajanja bioplina, vendar ne poveča celokupne dobiti bioplina;
- obdelava mešanic rastlin in piščančjega gnoja z glivo poveča dobit bioplina;
- optimalna procesna shema za proizvodnjo bioplina vključuje termofilne obratovalne pogoje in sočasno proizvodnjo pare in električne energije, postavitve nove piščančje farme, razredčevanje s svežo vodo v zaprtem tokokrogu z uporabo ultrafiltracije in reverzne osmoze ob hkratnem pridobivanju organskega gnojila;
- odkrite so nove bioreakcijske poti za pretvorbo odpadkov v zeleno energijo;
- razviti so inovativni in učinkoviti optimizacijski modeli za trajnostne biokemijske procese;
- proizvodnja bioplina je trajnostni proces, ki prinaša pomemben eko-dobiček.

REZULTATI IN UČINKI PROJEKTA so:

- učinkovita pretvorba klavničnih odpadkov in piščančjega gnoja v zeleno energijo in koristne produkte;
- povečanje deleža energije iz obnovljivih virov;
- povečanje energetske učinkovitosti s toplotno integracijo;
- bistveno zmanjšanje porabe sveže vode (95 %) pri proizvodnji bioplina
- povečanje dodane vrednosti podjetja;
- bistveno zmanjšanje okoljskih vplivov;
- postavitve metodologije za sintezo bioprocsov in celotnih regionalnih mrež za proizvodnjo in porabo energije in bioproduktov iz obnovljivih virov.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

Glavni cilj projekta je bil reševanje problema odpadnega piščančjega gnoja z učinkovito pretvorbo v bioplin. Gnoj se po kompostiranju pretežno uporablja za gnojenje v kmetijstvu. Če ga želimo pretvoriti v bioplin, mu je potrebno dodati energetske rastline zaradi ustreznega razmerja med dušikom in ogljikom. Ta rastlina je pretežno krompir, ki je ključni člen prehranske verige in glavni predmet špekulacij na svetovnih borzah, kar se odraža v višanju tržne cene. Hipoteze projekta so bile: identifikacija alternativnih energetskih rastlin in alternativnih načinov predobdelave substratov za povečan izplen bioplina ter uporaba procesne sistemske tehnike za načrtovanje optimalnih in trajnostnih procesov za proizvodnjo zelene energije in oskrbovalnih mrež na osnovi obnovljivih virov.

V času trajanja projekta smo v celoti realizirali raziskovalne hipoteze tako na biomolekularnem eksperimentalnem nivoju kot tudi na procesno-sistemskem nivoju. Na obeh področjih so bili izpolnjeni zastavljeni cilji. Na eksperimentalnem nivoju smo vzgojili in preizkusili neprehrambene energetske rastline (sirk, konoplja, dresnovec, miskantus), ki bi jih lahko dodajali

piščančjemu gnoju za uravnavanje razmerja ogljik/dušik pri anaerobni digestiji. Pridobljena so bila pomembna spoznanja anaerobne fermentacije piščančjega gnoja v prisotnosti alternativnih energetskih rastlin. Optimirali smo pogoje fermentacije in proizvodnje bioplina v laboratorijskem in pilotnem merilu ter preučevali vpliv preraščanja gob na dobit bioplina. Potrdili smo hipotezo, da glive uspešno predelajo lignocelulozo iz rastlinske biomase in stelje v bakterijam dostopnejši substrat, kar poveča hitrost nastajanja bioplina in/ali dobit bioplina. Izdelali smo pilotni sistem treh zaporednih reaktorjev za preučevanje anaerobne digestije zelenega odpada z deponije odpadkov v bioplin.

Na procesno sistemskem nivoju smo izdelali robusten matematični model za optimiranje in hkratno toplotno integracijo procesa bioplina in preostalih procesov oz. procesnih podsistemov, kot so živalske farme, vodna omrežja, transportne poti odpadne vode ipd. S tem dosegamo celovite, okolju prijazne procesne rešitve za proizvodnjo zelene energije in koristnih produktov. Izdelali smo matematične modele za proizvodne, separacijske in druge operacije v bioproizvodni tehniki in jih uporabili na procesu proizvodnje bioetanola. V modele smo vključili simultano toplotno integracijo in sintezo toplotnega omrežja. Izvedli smo analize življenjskega kroga in analize občutljivosti. Potrdili in kvantitativno ovrednotili smo velik potencial toplotne integracije v bioprocesih vključno z možnostjo sočasne proizvodnje toplote in elektrike.

Izdelani optimizacijski modeli bioprocesov predstavljajo učinkovito orodje za sprejemanje optimalnih, trajnostnih odločitev. S tem smo potrdili hipotezo, da je mogoče metode procesne sistemske tehnike učinkovito uporabiti pri načrtovanju in optimizaciji bioprocesov ter oskrbovalnih mrež na osnovi obnovljivih virov.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

Odstopanj od zastavljenega načrta dela ni bilo.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Računalniško načrtovanje optimalnih, trajnostnih in integriranih procesov ter drugih tehniških struktur
		ANG	Computer aided design of optimal, sustainable and integrated processes, and other engineering structures
	Opis	SLO	Razvili smo novo verzijo računalniškega programa MIPSYN, ki vključuje napredne metode in orodja za načrtovanje trajnostnih kemijskih in biokemijskih procesov. Program je razširitev prejšnjega programa PROSYN, ki smo ga razvili skupaj s prof. Ignaciem Grossmannom s Carnegie Mellon University, Pittsburgh, ZDA. Poleg načrtovanja procesov je program uporaben tudi za načrtovanje drugih tehniških struktur, npr. zapornic za hidroelektrarne, sovprežnih nosilcev, jeklenih objektov ipd., zaradi česar je MIPSYN edinstveno interdisciplinarno načrtovalsko orodje v svetovnem merilu.
		ANG	A new version of process synthesizer MIPSYN was developed. Its main advantage is the capability for synthesizing and designing sustainable chemical and biochemical processes. The software is an extension of the previous computer package PROSYN developed together with Prof. Ignacio Grossmann from Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA. MIPSYN can be also used for designing other mechanical structures, e.g. dam gates, composite beams, steel structures etc., which makes MIPSYN a unique interdisciplinary design tool on a worldwide level.
	Objavljeno v		KRAVANJA Z. Challenges in sustainable integrated process synthesis and the capabilities of an MINLP process synthesizer MipSyn. Comput. chem. eng., 2010, 34 (11), 1831-1848, JCR IF (2009): 1.808
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		14231318
2.	Naslov	SLO	Optimalno načrtovanje procesov za proizvodnjo bioplina iz organskih in živalskih odpadkov
			Optimal design of processes for the production of biogas from organic and

		ANG	animal wastes
	Opis	SLO	Izdelan je matematični model za načrtovanje in optimizacijo obrata za proizvodnjo bioplina iz organskih in živalskih odpadkov. Članek predstavlja eno izmed prvih aplikacij matematičnega programiranja za sintezo bioplinskih procesov in prikazuje praktično uporabo v realnem industrijskem obratu mesno-predelovalne industrije. Hkrati z izborom pogojev fermentacije model izbira med različnimi vhodnimi substrati, novimi ali obstoječimi farmami, vodnimi viri, transportnimi potmi ipd. Predlagana je optimalna rešitev, ki učinkovito povezuje bioplinski proces s preostalimi podsistemi.
		ANG	This paper presents a mathematical model for design and optimization of biogas processes from organic and animal wastes. The operating conditions of anaerobic fermentation (thermophilic or mesophilic) are determined simultaneously with the selection of different organic and animal wastes from either existing or new plants, different water supplies, transportation paths and wastewater treatments. The model was applied to an existing large-scale meat company. The economically optimal solution efficiently integrates biogas process with its service facilities within a company.
	Objavljeno v		DROBEŽ R., NOVAK PINTARIČ Z., PAHOR B., KRAVANJA Z., MINLP synthesis of processes for the production of biogas from organic and animal waste, Chem. Biochem. Eng. Q., 23 (4), 445-459, 2009, JCR IF (2009): 0.387
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		13787414
3.	Naslov	SLO	Načrtovanje optimalnega procesa za proizvodnjo bioplina s simultano toplotno integracijo
		ANG	Design of optimal biogas process with simultaneous heat integration
	Opis	SLO	Optimizacijski model za načrtovanje procesov za proizvodnjo bioplina smo nadgradili z možnostjo toplotne integracije in uporabili na primeru obrata prehranske industrije. S toplotno integracije je mogoče skoraj popolnoma odpraviti potrebo po vročem pogonskem sredstvu in zmanjšati porabo mrzlega pogonskega sredstva za 1/3. Večino elektrike, proizvedene s kogeneracijo iz bioplina, lahko podjetje proda v omrežje. Optimalni toplotno integrirani bioplinski proces izboljša ekonomske kazalce podjetja in zmanjša okoljske vplive s pretvorbo škodljivih odpadkov v koristne produkte.
		ANG	A synthesis model for biogas process design was upgraded for simultaneous heat integration, and applied to a food company. It was shown that significant benefit can be achieved with heat integration. Almost the complete consumption of hot utility and 1/3 of cold utility can be saved. Most of the electricity and heat produced in the cogeneration system from biogas can be sold to the distribution networks. Optimal heat-integrated biogas process could improve the economic performance and reduce environmental impact by converting environmentally harmful wastes into valuable products.
	Objavljeno v		DROBEŽ R., NOVAK PINTARIČ Z., PAHOR B., KRAVANJA Z. Simultaneous heat integration and the synthesis of biogas process from animal waste. Asia-Pacific journal of chemical engineering, published online in Wiley Online Library, Accepted 21 July 2010, doi: 10.1002/apj.504. JCR IF (2009): 0.432
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		14358038
4.	Naslov	SLO	Regionalna omrežja za preskrbo z energijo in bioproducti
		ANG	Regional networks for the supply of energy and bioproducts
	Opis	SLO	Razvili smo model za optimiranje regionalnih mrež na osnovi obnovljivih virov, ki optimira pripravo in predelavo biomase ter distribucijo energije in produktov v določeni regiji. Upoštevan je okoljski vpliv z uporabo ogljičnega odtisa, izvedene so analize občutljivosti glede na velikost regij, transportne stroške, postopke predobdelave in soprodukcijo hrane in energije. Ker je proizvodnja energije trenutno ekonomsko privlačnejša kot proizvodnja hrane, dobljene rešitve favorizirajo proizvodnjo energije. Z dodatnimi pogoji je mogoče generirati rešitve, ki zadovoljujejo potrebe po hrani.
			A model was developed which optimizes the production and distribution of energy and products within regional renewable supply chains. The environmental impact is evaluated by the carbon footprint. The sensitivity analyses are performed for different regions' sizes, transportation costs, pre-

		ANG	processing alternatives and co-production of food and energy. Since the production of energy is economically more favorable than the cultivation of food, the optimization maximizes the consumption of crops for energy. Additional constraints have to be embedded in the model to fulfil food demands.
	Objavljeno v		ČUČEK L., LAM H. L., KLEMEŠ J., VERBANOV P. S., KRAVANJA Z.. Synthesis of regional networks for the supply of energy and bioproducts. Clean technol. environ. policy. 12 (6), 635-645, 2010, JCR IF (2009): 1.016.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		14314006
5.	Naslov	SLO	Uporaba pivovarniških odpadkov za gojenje bukovega ostrigarja (<i>Pleurotus ostreatus</i>) in pridobivanje encima
		ANG	The use of spent brewery grains for <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivation and enzyme production
	Opis	SLO	Prispevek prikazuje možno uporabo pivovarskih ostankov za gojenje bukovega ostrigarja (<i>Pleurotus ostreatus</i>) in pridobivanje encima. Substrati z različnimi deleži svežih pivovarskih ostankov, pšeničnih otrobov, bukovega žaganja in CaCO ₃ so bili uporabljeni za določitev hitrosti rasti micelija, encimske aktivnosti in biološke učinkovitosti pridelanih gliv. Določena je optimalna sestava substrata. Ugotovljeno je, da so pivovarski ostanki primerni za gojenje glive, če je vzpostavljeno ustrezno razmerje sestavin substrata, ki odločilno vpliva na hitrost rasti in produkcijo encima.
		ANG	The use of brewery's leftover as a substrate ingredient for <i>Pleurotus ostreatus</i> fruiting body cultivation and enzyme production is presented. Substrates containing various proportions of fresh spent brewery grains, wheat bran, beech sawdust and CaCO ₃ were used to determine <i>P. ostreatus</i> mycelium growth rate, enzyme activity and the biological efficiency of acquired fruiting bodies to find the optimal substrate composition. It was established that brewery's leftover is a suitable substrate for fungi cultivation if mixed with other ingredients in proper ratio which influences the growth rate.
	Objavljeno v		GREGORI A., ŠVAGELJ M., PAHOR B., BEROVIČ M., POHLEVEN F. New biotechnology, 2008, vol. 25, no. 2/3, str. 157-161, JCR IF (2009): 2.000.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		30014981

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Anaerobna digestija koruzne slame in miskantusa predobdelanih z glivo <i>Trametes versicolor</i>
		ANG	Anaerobic digestion of corn stover and miscanthus pretreated by the fungus <i>Trametes versicolor</i>
	Opis	SLO	Eksperimentalno smo optimirali pogoje fermentacije za doseganje večje proizvodnje bioplina in večjega deleža nastalega metana. Z laboratorijskimi eksperimenti je bilo ugotovljeno, da je optimalni čas preraščanja rastlin z glivo 14 dni. Najboljši je inokulum, ki je homogen, tekoč, bogat z bakterijami. Optimalno razmerje med inokulumom in substratom je 50:50. Za razredčevanje je primerneje uporabiti pufer kot vodo, saj na ta način vzdržujemo konstantno vrednost pH. Občasno mešanje zagotavlja zadosten kontaktni čas za delovanje bakterij na substratih.
		ANG	The optimum fermentation conditions were determined experimentally in order to increase biogas production and the fraction of methane in biogas. Laboratory experiments confirmed that the optimal duration of fungal growth over the plants is 14 days. The inoculum has to be homogeneous, fluent, and bacteria-rich. Optimum ratio between the inoculum and the substrate is 50:50. A buffer solution should be used for diluting rather than water in order to maintain a constant pH value. Periodic mixing ensures the sufficient contact time for bacterial fermentation of substrates.
	Šifra		F.02 Pridobitev novih znanstvenih spoznanj
			ANIČIĆ N., BOTIĆ T., ČUČEK L., NOVAK PINTARIČ Z., KRAVANJA Z. Anaerobna digestija koruzne slame in miskantusa predobdelanih z glivo

	Objavljeno v		Trametes Versicolor: poročilo o opravljenem delu za Perutnino Ptuj d.d.. Maribor: Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Laboratorij za procesno sistemsko tehniko in trajnostni razvoj, 2011.
	Tipologija		2.13 Elaborat, predštudija, študija
	COBISS.SI-ID		14885398
2.	Naslov	SLO	Vpliv mešanice piščančjega gnoja in hitro rastočih rastlin na rast micelija lesnih gliv in uporaba mešanic pri proizvodnji bioplina
		ANG	The influence of poultry manure and fast-growing plants on the growth of wood-decay fungi mycelium and usage of the mixtures in biogas production
	Opis	SLO	Študija vključuje preučevanje hitrosti preraščanja micelija gliv bele trohnobe (Trametes versicolor in Pleurotus ostreatus) na substratih različnih mešanic hitro rastočih rastlin (koruza, trstikovec in sirek) in piščančjega gnoja ter določitev ustrezne mešanice. V poročilu je vključena izvirna metoda spremljanja tvorbe bioplina pri anaerobni razgradnji ustrezne mešanice obdelane z glivami lesne trohnobe in optimizacija pogojev proizvodnje bioplina v laboratorijskem merilu ter vpliv preraščanja gob na proizvodnjo bioplina.
		ANG	This report presents the study about the influence of poultry manure and fast-growing plants mixture on the growth of white rot fungi mycelium (Trametes versicolor and Pleurotus ostreatus) and influence of the mixtures on the biogas production. It contains also original method for measurement of laboratory biogas production, developed in our lab and corresponding optimal conditions for anaerobic digestion.
	Šifra		F.02 Pridobitev novih znanstvenih spoznanj
	Objavljeno v		POHLEVEN F., VAUKNER M., GREGORI A., KALAN Ž., JARC A.. Vpliv mešanice piščančjega gnoja in hitro rastočih rastlin na rast micelija lesnih gliv in uporaba mešanic pri proizvodnji bioplina. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, 2011.
	Tipologija		2.13 Elaborat, predštudija, študija
	COBISS.SI-ID		1901961
3.	Naslov	SLO	Načrtovanje toplotno integriranih procesov za proizvodnjo bioplina
		ANG	Design of heat integrated biogas processes
	Opis	SLO	Izdelan je optimizacijski model za načrtovanje toplotno integriranih procesov za proizvodnjo bioplina, ki omogoča hkratno sintezo omrežja toplotnih prenosnikov. Model je uporabljen na procesu pridobivanja bioplina iz piščančjega gnoja in klavničnih odpadkov. Optimalna rešitev izkazuje ugoden ekonomski rezultat in okoljske kazalce. Določa izbor vhodnih substratov, obratovalnih pogojev fermentacije, uporabo sveže vode, gradnjo novih proizvodnih zmogljivosti in optimalne stike med viri in porabniki toplote vključno s sočasno proizvodnjo toplote in električne energije iz bioplina.
		ANG	Optimization model was developed for designing heat integrated biogas processes, which involves also the synthesis of heat exchanger network. Model was applied to a biogas process which utilizes poultry manure and slaughterhouse wastes. Optimum solution has good economic and environmental characteristics. It involves the selection of input substrates, fermentation operating conditions, fresh water usage, building of new production capacities, and optimal matches between heat sources and consumers including cogeneration of heat and electricity from biogas.
	Šifra		F.09 Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije
	Objavljeno v		DROBEŽ R., NOVAK PINTARIČ Z., PAHOR B., KRAVANJA Z. Sinteza omrežja toplotnih prenosnikov pri proizvodnji bioplina iz živalskih in drugih organskih odpadkov z uporabo računalniško podprte procesne tehnike: poročilo o opravljenem delu za Perutnino Ptuj d.d.. Maribor: Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Laboratorij za procesno sistemsko tehniko in trajnostni razvoj, 2011.
	Tipologija		2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav
	COBISS.SI-ID		14904086
4.	Naslov	SLO	Tehnološko in toplotno integrirani procesi na osnovi obnovljivih virov
		ANG	Multi-technology heat integrated process based on renewable sources
	V vabljenem predavanju na mednarodnem kongresu v ZDA je bil prikazan		

	Opis	SLO	večkriterijski optimizacijski pristop za načrtovanje procesov za proizvodnjo biogoriv iz obnovljivih virov, ki hkrati upošteva ekonomske in okoljske dejavnike. Pristop temelji na matematičnem programiranju, ki omogoča reševanje kompleksnih oskrbovalnih mrež na osnovi obnovljivih virov. Vključena je ocena življenjskega kroga, ki omogoča generiranje dobičkonosnih in okoljsko prijaznejših rešitev. Uporaba pristopa in dobljene rešitve so prikazane na primerih proizvodnje bioplina in bioetanola iz obnovljivih virov.
		ANG	In the invited keynote lecture at the international congress in USA, a multicriteria optimization approach was presented for designing biofuel processes from renewable sources, considering simultaneously economic and environmental indicators. This approach is based on the mathematical programming approach, which enables to solve complex renewable supply chains and networks to optimality. The LCA was included in order to generate profitable and environmentally friendly solutions. The approach was applied to biogas and bioethanol case studies, giving very promising results.
	Šifra	B.04 Vabljeno predavanje	
	Objavljeno v	KRAVANJA, Zdravko, ČUČEK, Lidija. Integrated LCA-based multi-objective synthesis of processes for the production of bio-fuels: keynote lecture presented at ICOSSE'11, Second international congress on sustainability science and engineering, Tuscon, Arizona, January 9-12, 2011. Tuscon, 2011.	
	Tipologija	3.15 Prispevek na konferenci brez natisa	
	COBISS.SI-ID	14866198	
5.	Naslov	SLO	Optimizacijski pristop za sintezo trajnostnih tehniških sistemov
		ANG	Optimization approach for sustainable synthesis of engineering systems
	Opis	SLO	Izdelan je dvostopenjski, večkriterijski, optimizacijski pristop za načrtovanje trajnostnih tehniških sistemov, ki temelji na mešano celoštevilskem nelinearnem programiranju. V prvi stopnji izvajamo enokriterijsko optimiranje za doseganje ekonomsko optimalnih rešitev in v drugi stopnji večkriterijsko optimiranje za doseganje trajnostnih rešitev. Rešeni primeri (omrežje bioprocsov, omrežje komunalnih trdnih odpadkov in regionalne mreže obnovljivih virov) dokazujejo, da je s tem pristopom mogoče generirati dobičkonosnejše in okolju prijaznejše sisteme.
		ANG	This contribution presents an optimization approach to sustainable system synthesis. A two-step multi-objective mixed-integer nonlinear programming synthesis is described, where a single-criterion is performed during the first step in order to obtain economically-efficient solutions, and multi-criteria during the second step in order to achieve sustainable solutions. Several example problems (bio-process networks, municipal solid waste networks, and regional renewable supply and demand networks) indicate that more profitable and yet less environmentally-harmful systems can be obtained.
	Šifra	F.23 Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Objavljeno v	KRAVANJA Z. Mathematical programming approach to sustainable system synthesis. 13th International Conference on Process Integration, Modelling and Optimisation for Energy Saving and Pollution Reduction, 28 Aug. - 1 Sept. 2010, Prague, Czech Republic. PRES 2010, (Chemical Engineering transactions, Vol. 21, 2010). Prague: ČSCHI, cop. 2010, part 1, str. 481-486, doi: 10.3303/CET1021081.	
	Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeno predavanje)	
	COBISS.SI-ID	14359062	

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

1)
Procesni sintetizer MIPSYN: Razvoj in dodelava programskega paketa MIPSYN za sintezo bioprocsov. MIPSYN predstavlja edinstveno interdisciplinarno računalniško orodje v svetovnem merilu, ki je uporabno za načrtovanje kemijskih in biokemijskih procesov ter za druge tehniške aplikacije, kot so omrežja za zbiranje, obdelavo in predelavo komunalnih odpadkov, omrežja na osnovi obnovljivih virov, jezovi, betonski nosilci ipd.

- 2)
Bioplinarna: Rezultati raziskav pretvorbe klavničnih odpadkov in energijskih rastlin v bioplin so uporabljeni pri realizaciji obrata bioplinarne v podjetju Perutnina Ptuj d.d., ki prične z izgradnjo maja 2011. S tem obratom bo rešen problem živalskih odpadkov, zmanjšan okoljski vpliv in povečana dodana vrednost podjetja s sočasno proizvodnjo toplotne in električne energije.
- 3)
Metodološki pristopi: v okviru projekta je bil razvit metodološki instrumentarij za razvoj procesov od molekularnega nivoja do procesno sistemskega nivoja.
- 4)
Interdisciplinarnost: raziskave v okviru projekta so povezale raziskovalce na področjih:
- kmetijske pridelave in proizvodnje hrane,
- biokemijskih pretvorb biomase z glivami in bakterijami,
- procesno sistemskem področju za načrtovanje optimalnih, trajnostnih procesov.
- 5)
Internacionalnost: na osnovi projekta smo okrepili sodelovanje z mednarodnimi institucijami v ZDA in na Madžarskem.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

9.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Na biomolekularnem nivoju so za razvoj znanosti pomembna odkritja novih bio-reakcijskih poti za pretvorbo alternativnih obnovljivih virov in organskih odpadkov v zeleno energijo in koristne produkte. Identificirali smo energetske rastline za dodajanje piščančjemu gnoju, ki ne posegajo v prehranbeno verigo in jih je mogoče gojiti na ekstenziven način brez gnojenja in drugih ukrepov. Izvirnost predlaganih raziskav je v tem, da smo preučevali procese razgradnje piščančjega gnoja v kombinaciji z neprehranskim rastlinskim materialom z lesnimi glivami in bakterijami ter eksperimentalno optimirali pogoje za pridobivanje bioplina v laboratorijskem in pilotnem merilu. Gre za novost v svetovnem merilu in načrtujemo prijavo mednarodnih patentov.

Na procesno-sistemskem nivoju je izvirni znanstveni prispevek razvoj naprednih matematičnih modelov za biokemijske procese, ki omogočajo hkratno optimiranje obratovalnih pogojev, toplotno integracijo bioprocesov s preostalimi obrati in procesnimi podsistemi, sočasno proizvodnjo toplotne in električne energije, kot tudi izbor obratov, vhodnih surovin, transportnih poti, vodnih virov, minimiranje porabe vode ipd. V modele so vključene tudi analize življenjskega cikla in občutljivosti. Tovrstni modeli tako predstavljajo inovativno sistematično orodje za sprejemanje optimalnih in trajnostnih investicijskih odločitev v biokemijski-sistemski tehniki.

Razvito je bilo računalniško orodje za razširjeni koncept biokemijskih preskrbovalnih verig. Glede na naše vedenje gre za eno izmed prvih povezav med raziskavami na molekularnem nivoju biomolekul, biokemijskih reakcij in njihove kinetike, s sistemskim, algoritemskim načrtovanjem obratov za proizvodnjo bioenergije, skupaj s transportnimi potmi, oceno življenjskega kroga in trajnostnim razvojem.

Pomen projekta je v njegovi povezovalno-sinergijski funkciji, saj smo povezali agronomske, laboratorijsko-eksperimentalne in procesno-sistemske raziskave od pridelave in kultivacije alternativnih energetskih rastlin, preko laboratorijskega odkrivanja novih reakcijskih poti za proizvodnjo energije in koristnih produktov iz obnovljivih virov do sistematičnega načrtovanja novih bioprocesov z uporabo najmodernejših metod računalniško podprte procesne tehnike. Opisan celovit pristop obravnava omenjene aktivnosti simultano, kar omogoča sinergistične učinke med njimi in odkritja novih inovativnih, dobičkonosnih in trajnostnih procesnih rešitev za proizvodnjo zelene energije. Z raziskavami v okviru tega projekta smo razširili koncept tradicionalne in dobro znane kemijske preskrbovalne verige na manj raziskano področje biokemijskih preskrbovalnih verig. Z večkriterijskim optimiranjem smo pridobili procesne rešitve za proizvodnjo zelene energije, ki so optimalne z ekonomskega, okoljskega in socialnega vidika.

V sklopu projekta smo okrepili sodelovanje z domačimi institucijami na področju eksperimentalnega raziskovanja procesa anaerobne digestije (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo in Znanstveno-raziskovalno središče Bistra Ptuj). Okrepili smo mednarodno sodelovanje na področju matematičnega načrtovanja biorafinerijskih procesov s prof. I. E. Grossmannom s Carnegie Mellon University, Pittsburgh, ZDA (bilateralni projekt SLO-

ZDA) in na področju sinteze regionalnih obnovljivih omrežij s skupino prof. J. Klemesa s Pannonia University, Veszprem in UMIST (bilateralni projekt Slovenija-Madžarska).

ANG

At the biomolecular level, a very important scientific contribution is a revelation of new bioreaction paths for converting alternative renewable sources and organic waste into green energy and precious compounds. The alternative energy plants were identified for addition to the chicken dung, which are not part of the food supply chain, and can be cultivated in an extensive way without fertilizing and other cultivating measures. The originality of the research is in combining fungi decay and bacteria fermentation of chicken dung and alternative energy plants. Besides, the conditions for biogas production were optimized experimentally in the laboratory and pilot scale. It is a world-scale novelty and international patent application is foreseen.

At the process-systems level, the originality is in the development of the advanced mathematical models for simultaneous optimization of bioprocess operating conditions, heat integration with other plants and service facilities, coproduction of heat and electricity, as well as the selection of plants, input substrates, transportation paths, water resources, minimization of water demand, etc. Developed models include the life cycle analyses and sensitivity studies. Such models represent the innovative systematic tools for sustainable decision making in the bio-systems engineering based on the optimal values of economic measures.

A computer aided tools were developed for the extended concept of biochemical supply chain design. To the best of our knowledge, this is one of the pioneer works on connecting the researches at the molecular level of biomolecules, biochemical reactions and their kinetics with the algorithmic process-systems approach for designing bioenergy plants simultaneously with transportation paths, life cycle analyses and sustainable development.

The important benefit of the project is its synergistic function. The researches were performed integrally on the agronomic, experimental-laboratory, and process-systems level. They included the production and cultivation of alternative energetic plants, laboratory and pilot plant experiments for discovering new reaction paths and optimizing production of green energy and useful products from renewable sources, and the systematic design of new biochemical processes applying the advanced methods of Computer Aided Process Engineering. All the above mentioned activities were handled simultaneously utilizing the synergistic effects and enabling the discoveries of innovative and profitable process solutions for green energy production. Our researches thus widened the well-known concept of Chemical Supply Chain to the less developed area of Biochemical Supply Chain. Multicriteria optimization produced optimal solutions in the economic, environmental and social points of view.

Within the project, the cooperation was strengthened in the field of the experimental research of the anaerobic digestion with two Slovenian institutions: Department of wood science at the University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, and the Scientific Research Centre Bistra Ptuj. The international cooperation was strengthened in the field of biorefinery process design with the group of Prof. I. E. Grossmann, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA (bilateral cooperation SLO-USA). The syntheses of regional renewable networks were performed in the cooperation with Prof. J. Klemes, Pannonia University, Veszprem and UMIST (bilateral cooperation Slovenia-Hungary).

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Projekt je vključeval raziskovalna vprašanja, ki zadevajo načrtovanje inovativnih in učinkovitih procesov za pretvorbo neugodnih okoljskih obremenitev, kot so klavnični odpadki, gnoj, blato, zeleni odpad deponij ipd., v zeleno energijo in druge koristne produkte. V okviru projekta so bila pridobljena znanstvena spoznanja o učinkovitih in inovativnih načinih za pretvorbo biomase v bioplin z anaerobno fermentacijo. Razvite so bile načrtovalske metode in računalniška orodja za načrtovanje trajnostnih in integriranih procesov na osnovi obnovljivih virov. Rezultati projekta predstavljajo temelj za uvajanje novih tehnologij za proizvodnjo zelene energije in drugih produktov iz biomase, kar omogoča tehnološko razširitev in posodobitev dejavnosti slovenskih podjetij. S tem je vzpostavljen temelj za povečanje učinkovitosti malih, srednjih in velikih obratov, izboljšanje njihove tržne konkurenčnosti in okoljske sprejemljivosti, saj se zmanjša poraba materialov in energije.

Ker količina proizvedene toplotne in električne energije bistveno presega potrebe bioobrata za proizvodnjo zelene energije, lahko podjetja viške ponudijo drugim odjemalcem. Rezultati projekta tako prispevajo k povečevanju deleža energentov iz obnovljivih virov in napredku energetske infrastrukture v Sloveniji. Hkrati z reševanjem okoljske problematike se povečujeta energetska učinkovitost in dodana vrednost tovrstnih obratov. S koristno izrabo odpadkov se obrati približujejo konceptu minimalnih ali celo ničelnih odpadkov, kar pomembno prispeva k varovanju okolja in trajnostnemu razvoju v Sloveniji. Zaradi zmanjšanih okoljskih vplivov in

emisij smradu iz obratov živilsko-predelovalne industrije in deponij je dosežen dvig kvalitete življenja in izboljšanje odnosov z lokalnimi skupnostmi, nova delovna mesta pa prispevajo k socialnemu razvoju okolja.

ANG

This project has involved the research topics about designing innovative and efficient processes for transformation of unpleasant environmental burdens, e.g. slaughterhouse waste, manure, sludge, green waste etc., into green energy and useful products. Within the project the scientific knowledge was acquired about the efficient and innovative ways for transformation of biomass into biogas by the anaerobic fermentation. Design methods and computer tools were developed for designing sustainable and integrated processes based on renewable sources. The results of the project provide the grounds for implementation of new technologies for production of green energy and other valuable products from biomass. This allows the Slovenian enterprises to achieve the technological expansion and modernization of their activities. This could increase the efficiency of small, medium and large enterprises, improve their market competitiveness and environmental characteristics due to lower consumption of energy and raw materials.

As the produced heat and electricity exceed significantly the demands of bioplants, the surpluses could be offered to outside consumers. The results of the project thus contribute to increasing share of renewable energy sources, and to progressing energetic infrastructure in Slovenia. Solving the environmental problems also increases the energetic efficiency and added value of enterprises. Transformation of wastes into useful products helps the enterprises to progress towards the concept of minimum or even zero wastes, which enhances the preservation of the environment, and fosters the sustainable development in Slovenia. Reduced environmental effects and odor emissions improve the quality of life in the area, and the relationships between enterprises and local communities. New jobs contribute to social development in the region.

10. Samo za aplikativne projekte!

Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri aplikativnem projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen

	Uporaba rezultatov	Ni uporabljen
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	

	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE

	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

Komentar

V kratkem nameravamo prijaviti 2 domača in 1 mednarodni patent.

11. Samo za aplikativne projekte!

Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visoko-šolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	☐	☐	☐	☒	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	☐	☐	☐	☒	
G.01.03.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	☐	☐	☒	☐	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	☐	☐	☒	☐	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	☐	☐	☐	☒	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	☐	☐	☐	☒	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	☐	☐	☐	☒	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	☐	☐	☐	☒	
G.02.07.	Večji delež izvoza	☐	☒	☐	☐	
G.02.08.	Povečanje dobička	☐	☐	☒	☐	
G.02.09.	Nova delovna mesta	☐	☐	☒	☐	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	☐	☐	☒	☐	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	☐	☐	☐	☒	
G.02.12.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	☐	☐	☐	☒	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	☐	☐	☐	☒	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	☐	☐	☐	☒	
G.03.04.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	

G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01.	Dvig kvalitete življenja					
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja					
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave					
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti					
G.04.05.	Razvoj civilne družbe					
G.04.06.	Drugo:					
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura					
G.07.02.	Prometna infrastruktura					
G.07.03.	Energetska infrastruktura					
G.07.04.	Drugo:					
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar

--

12. Pomen raziskovanja za sofinancerje, navedene v 2. točki [12](#)

1.	Sofinancer		Perutnina Ptuj d.d.		
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		53.175,00	EUR	
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		25,00	%	
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja				Šifra
		1.	doktorat	A.07	
		2.	upravljanje in razvoj raziskovalnega dela	D.08	
		3.	pridobitev novih znanstvenih spoznanj	F.02	
		4.	razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	F.09	
	5.	mednarodni patent	F.32		
	Do sedaj se je gnoj po kompostiranju uporabljal neposredno za gnojenje v kmetijstvu. Pri tem je kompostiranje, ki ni nič drugega kot "legalizirano" emitiranje toplogrednih plinov v ozračje, celo obligatorno in ga ureja kmetijska zakonodaja. Alternativno je gnoj možno uporabiti za proizvodnjo				

	Komentar			bioplina, a je v vhodni substrat zaradi specifike anaerobne fermentacije (razmerje med N in C v substratu) nujno potrebno dodajati vsaj minimalni delež določene energetske rastline - dandanes je to (še vedno) koruza. Koruza po drugi strani je ključni člen prehranske verige, ki je danes glavni predmet špekulacij na svetovnih borzah, kar se odraža na vztrajnem višanju tržnih cen. Z aplikativnimi raziskavami z zadevnega področja smo zato želeli preveriti možnost uporabe alternativnih energetskih rastlin, pri čemer so nas kot sofinancerja najbolj zanimali: - identifikacija energetske rastline in njeni pogoji rasti; - način (pred)obdelave z namenom dodajanja v vhodni substrat za pridobivanje bioplina in - optimalno razmerje med deležem energetske rastline in preostankom vhodnega substrata. V tem kontekstu je bilo na podlagi izvedenih raziskav možno zastaviti novo temo doktorske disertacije in postaviti nekaj novih hipotez, ki nam bodo služile kot osnova za nadaljnje raziskovalno delo na tem področju. Predvidevamo, da bomo po zaključku nadaljnjih raziskav sposobni modificirati obstoječo tehnologijo z novim - razširjenim - tehnološkim procesom, ki bo po tem, ko bodo rezultati raziskav zaščiteni z mednarodnim patentom, na razpolago tudi na mednarodnem trgu.		
	Ocena			Perutnina Ptuj je projekt aktivno spremljala vsa tri leta izvajanja raziskav, saj so rezultati izjemno pomembni tako za hčerinsko podjetje PP Energija d.o.o., ki bo v kratkem upravljalo z bioplinso napravo, kot tudi za PC Kmetijstvo, ki deluje znotraj PP in ga zanimajo rezultati z vidika pridelave energetskih rastlin. Z rezultati raziskav smo bili sproti seznanjeni in podpiramo nadaljevanje raziskav in sodelovanja na tem področju.		
2.	Sofinancer					
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:			EUR		
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:			%		
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra		
	1.					
	2.					
	3.					
	4.					
	5.					
	Komentar					
	Ocena					
3.	Sofinancer					
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:			EUR		
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:			%		
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra		
	1.					
	2.					

		3.		
		4.		
		5.		
	Komentar			
	Ocena			

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja, za objavo 6., 7. in 8. točke na spletni strani <http://sicris.izum.si/> ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

Zdravko Kravanja	in	
podpis vodje raziskovalnega projekta		zastopnik oz. pooblaščen oseba RO

Kraj in datum:

Maribor

15.4.2011

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2011-1/45

¹ Zaradi spremembe klasifikacije družbeno ekonomskih ciljev je potrebno v poročilu opredeliti družbeno ekonomski cilj po novi klasifikaciji. [Nazaj](#)

² Samo za aplikativne projekte. [Nazaj](#)

³ Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja ter rezultate in učinke raziskovalnega projekta. Največ 18.000 znakov vključno s presledki (približno tri strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta (obrazložitev). V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁶ Navedite največ pet najpomembnejših znanstvenih rezultatov projektne skupine, ki so nastali v času trajanja projekta v okviru raziskovalnega projekta, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov v slovenskem in angleškem jeziku (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki) v slovenskem in angleškem jeziku, navedite, kje je objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote. Navedeni rezultati bodo objavljeni na spletni strani <http://sicris.izum.si/>.

PRIMER (v slovenskem jeziku):

Naslov: Regulacija delovanja beta-2 integrinskih receptorjev s katepsinom X;

Opis: Cisteinske proteaze imajo pomembno vlogo pri nastanku in napredovanju raka. Zadnje študije kažejo njihovo povezanost s procesi celičnega signaliziranja in imunskega odziva. V tem znanstvenem članku smo prvi dokazali... (največ 600 znakov vključno s presledki)

Objavljeno v: OBERMAJER, N., PREMŽL, A., ZAVAŠNIK-BERGANT, T., TURK, B., KOS, J.. Carboxypeptidase cathepsin

X mediates $\beta 2$ - integrin dependent adhesion of differentiated U-937 cells. Exp. Cell Res., 2006, 312, 2515-2527, JCR IF (2005): 4.148

Tipologija: 1.01 - Izvirni znanstveni članek

COBISS.SI-ID: 1920113 [Nazaj](#)

⁷ Navedite največ pet najpomembnejših družbeno-ekonomsko relevantnih rezultatov projektne skupine, ki so nastali v času trajanja projekta v okviru raziskovalnega projekta, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki), izberite ustrezen rezultat, ki je v Šifrantu raziskovalnih rezultatov in učinkov (Glej: <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/sif-razisk-rezult.asp>), navedite, kje je rezultat objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote.

Navedeni rezultati bodo objavljeni na spletni strani <http://sicris.izum.si/>. [Nazaj](#)

⁸ Navedite rezultate raziskovalnega projekta v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁹ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

¹¹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

¹² Rubrike izpolnite/prepišite skladno z obrazcem "Izjava sofinancerja" (<http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>), ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2011-1 v1.01

78-8D-69-B2-2B-77-59-CD-F1-A3-28-C4-99-90-3D-55-E8-C7-82-80