

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2013/45



## ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

### A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

#### 1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

|                                                                                                        |                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Šifra programa</b>                                                                                  | P2-0346                                                                                                                    |
| <b>Naslov programa</b>                                                                                 | Separacijski in drugi procesi za zmanjševanje toplogrednih plinov na podlagi načel trajnostnega razvoja                    |
| <b>Vodja programa</b>                                                                                  | 853 Janvit Golob                                                                                                           |
| <b>Obseg raziskovalnih ur</b>                                                                          | 8100                                                                                                                       |
| <b>Cenovni razred</b>                                                                                  | B                                                                                                                          |
| <b>Trajanje programa</b>                                                                               | 01.2009 - 12.2012                                                                                                          |
| <b>Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)</b> | 103 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo<br>1421 Znanstveno-raziskovalno središče Bistra Ptuj |
| <b>Raziskovalno področje po šifrantu ARRS</b>                                                          | 2 TEHNIKA<br>2.02 Kemijsko inženirstvo                                                                                     |
| <b>Družbeno-ekonomski cilj</b>                                                                         | 02. Okolje                                                                                                                 |

#### 2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS<sup>1</sup>

|                   |                               |
|-------------------|-------------------------------|
| <b>Šifra</b>      | 2.04                          |
| <b>- Veda</b>     | 2 Tehniške in tehnološke vede |
| <b>- Področje</b> | 2.04 Kemijsko inženirstvo     |

### B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

#### 3. Povzetek raziskovalnega programa<sup>2</sup>

SLO

Smotrna uporaba ali separacija in trajno skladiščenje ogljikovega dioksida (CO<sub>2</sub>) iz industrijskih emisij plinov predstavlja enega največjih izzivov globalnega trajnostnega razvoja sveta. Tudi v prihodnje se pričakuje, da bodo fosilna goriva glavni vir proizvodnje energije ter tako tudi glavni vir emisij (v EU v letu 2000 preko 80% vseh emisij) ti. toplogrednih plinov (največ CO<sub>2</sub>, nato CO, CH<sub>4</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>). Povečane emisije CO<sub>2</sub> imajo izredno negativne vplive na okolje zaradi efekta tople grede in

predstavljajo približno 55%-ni prispevek k globalnemu segrevanju ozračja. V skladu z globalnimi razvojnimi prioritetami na področju gospodarjenja s CO<sub>2</sub> so raziskave naše programske skupine usmerjene predvsem v razvoj tehnologij in procesov za čiščenje dimnih plinov in minimizacijo emisij CO<sub>2</sub> pri proizvodnji primarne energije (termoelektrarne), koncentriranje CO<sub>2</sub> v izpušnih plinih industrijskih obratov in njegovo ponovno uporabo v sintezi tržno zanimivih produktov (npr. za proizvodnjo NH<sub>4</sub>Cl in Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> in sintezo PCC), razvoj učinkovitejših in manj energetsko potratnih procesov za selektivno separacijo CO<sub>2</sub>, recikliranje CO<sub>2</sub> kot vir ogljika za kemikalije in goriva, uporabo CO<sub>2</sub> zaradi njegovih edinstvenih fizikalnih lastnosti kot superkritični fluid, topilo ali protitopilo. Raziskovalno delo programske skupine obsega študij in razvoj hibridnih in novejših procesov, kot tudi klasične termodifuzijske operacije ob uporabi novejših topil, entrainerjev, ki močno povečajo učinkovitost izbrane separacijske tehnike, saj se z uporabo selektivnejših topil zvišajo porazdelitveni koeficienti tudi za več redov velikosti oz. omogočajo separacije, ki jih s konvencionalnimi topili ni bilo mogoče doseči. Tako separacija nevarnih substanc kot tudi čiščenje dragocenih virov sta glavna naloga v domeni procesnega inženirstva. V procesih kot absorpcija, ekstrakcija ali destilacija, kjer masne tokove ločujemo v komponente, lahko z uporabo selektivnih dodatkov, kot ekstrakcijska sredstva, entrainerji pri destilaciji oz. membranah z zvečano selektivnostjo močno zmanjšamo tako investicijske kot obratovalne stroške. Poudarek raziskovalnega dela je na reševanju problematike okolja, obnovljivih virov energije, optimizaciji in zapiranju tehnoloških krogov v obstoječi kemijski in procesni industriji, raziskavah in razvoju novih, tehnično pomembnih in gospodarsko zanimivih proizvodov in procesov, raziskavah in razvoju separacijskih procesov za ločevanje zahtevnih, neidealnih večkomponentnih, večfaznih snovnih sistemov, termodinamska karakterizacija le-teh ter procesno modeliranje.

ANG

Effective usage or at least the separation and permanent storage of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) from industrial gas emissions is one of the biggest challenges of global sustainable development. In the future, we still expect fossil fuels to be the main production energy source and thus the main source of emissions (in the EU in 2000 more than 80 % of all emissions), the so called greenhouse gases (mostly CO<sub>2</sub>, as well as CO, CH<sub>4</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>). Increased emissions of CO<sub>2</sub> have an extremely negative effect on the environment due to the so called greenhouse effect and amount to a 55 % contribution to global warming.

According to global development priorities regarding the management of CO<sub>2</sub> the research of our program group is oriented towards the development of technologies and processes for the purification of flue gas and the reduction of CO<sub>2</sub> emissions at the production of primary energy (thermal power plants), the concentration of CO<sub>2</sub> in industrial exhaust gases and its reuse for the production of marketable products (for example for the production of NH<sub>4</sub>Cl and Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and the synthesis of PCC), development of more effective and less energy consuming processes for the selective separation CO<sub>2</sub>, recycling of CO<sub>2</sub> as a source of carbon for chemicals and fuels, the usage of CO<sub>2</sub> due to its unique physical qualities as a supercritical fluid, solvent or anti-solvent. The research work of the project group includes the study and development of hybrid and modern processes, as well as classic thermo-diffusion operations at the usage of modern solvents, entrainers, which heavily increase the effectiveness of the chosen separation method, because the distribution coefficients increase by multiple levels through the usage of selected solvents, which also enable separations, that were unobtainable with the use of conventional solvents. The separation of hazardous substances and the purification of valuable energy sources are the main priorities of process engineering. At the processes, such as absorption, extraction and distillation, where mass currents are separated into components, we

can considerably lower production and operation costs with the use of selective additives, for instance extraction agents, entrainers at the distillation and membranes with increased selectivity. The emphasis of the research is the solving of environmental problems, renewable energy sources, optimization and closure of technological cycles within the existing chemical and processing industries, research and development of new, technically significant and economically interesting products and processes, research and development of separation processes for the separation of complex, non-ideal, multi-component, multiphase substantial systems, their thermodynamic characterization and process planning.

#### 4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu<sup>3</sup>

SLO

V skladu z globalnimi razvojnimi prioritetami na področju gospodarjenja s CO<sub>2</sub> so raziskave PS P2-0346 bile opravljene v 3 poglavitnih RR-podprogramih:

1) *Tehnologija produkcije lipidov z algo Chlorella vulgaris v različnih medijih z vgraditvijo CO<sub>2</sub> iz dimnih plinov v biomaso:*

- zniževanje CO<sub>2</sub> v dimnih plinih,
- pridobivanje lipidov s pomočjo Chlor. vulgaris,
- optimizacija procesnih pogojev,
- modeliranje procesa,
- povečevanje procesa in prenos iz laboratorija na pilotni nivo.

2) *Raziskave industrijskih procesov z namenom ekološke in energetske optimizacije:*

- obravnavanje kritičnih faz procesa,
- zniževanje specifične porabe energije na enoto produkta in emisij CO<sub>2</sub> na enoto produkta,
- zniževanje proizvodnih stroškov enote produkta,
- zviševanje dodane vrednosti produktov.

3) *Raziskave na področju inženirstva okolju prijaznih proizvodov:*

- zasnova produkta v laboratorijskih dimenzijah,
- optimizacija procesnih pogojev za pridobitev produkta,
- modeliranje procesa za pridobitev produkta,
- prenos dosežkov iz laboratorija na pilotske dimenzije,
- ekonomsko vrednotenje smiselnosti tehnološkega procesa.

Gojenje alg z nastajanjem olj z visoko kalorično vrednostjo in različno vsebnostjo različnih nenasičenih maščobnih kislin predstavljajo surovinski vir za predelavo v najkakovostnejša biogoriva. Na področju tehnologije alg smo v laboratoriju pridobili pomembna znanja o rasti algnih celic, za katere je bilo treba določiti ustrezne procesne pogoje za pridobitev podatkov o kinetiki rasti celic in prirastku algnih maščob. Celotne raziskave je spremljala izredno zahtevna analitika za pridobitev podatkov o količini lipidov, maščobno-kislinski sestavi, kalorični vrednosti, dobitku in sestavi plinov pri anaerobnem uplinjanju. Na podlagi rezultatov je bila zgrajena pilotna naprava za gojenje alg volumna 50 L in 1 m<sup>2</sup> osvetljevalne površine. Pilotna naprava omogoča študij parametrov potrebnih za prenos na večje – industrijsko merilo. Izvirnost rezultatov se kaže v dejstvu, da kljub temu, da se mikroalge še ne proizvajajo v velikem merilu za masovno uporabo, predstavlja priložnosti za razvoj tega procesa na vzdržen in ekonomičen način v naslednjih desetih - petnajstih letih. V sklopu teh raziskav je bila tudi vključena mlada raziskovalka.

V okviru raziskovalnega dela smo se osredotočili tudi na raziskovalne vsebine za zajemanje CO<sub>2</sub> iz plinskih zmesi. Analizirali smo edini koncentrador CO<sub>2</sub> v Sloveniji v proizvodnji H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> v fazi parnega reforminga in ločevanja zmesi CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>. Za Nafta Lendava d.o.o. je programska skupina pripravila vrsto elaboratov, ki se navezujejo na procese obdelave z vodikom in proizvodnjo formaldehida. Nadaljevanje raziskovalnega dela na področju tehnologij za zajemanje CO<sub>2</sub> je vključevalo izgradnjo postrojenja za proizvodnjo oborjenih kalcijevih karbonatov (CaCO<sub>3</sub>), ki predstavlja nadgradnjo doktorske disertacije [COBISS.SI-ID 27746309] (IAK Kresnice).

Usmeritev v trajnostni razvoj zahteva poleg zmanjševanja emisij CO<sub>2</sub> tudi uporabo lokalnih virov za pridobivanje energije z namenom uporabe lokalnih virov in zamenjavo fosilnih goriv. Poleg zanesljivih izvorov so pomembne tudi tehnologije za izkoriščanje teh virov, zato smo v naših raziskavah posvetili pozornost uplinjanju in pirolizi.

Uplinjanja smo izvajali tudi s pomočjo dveh mladih raziskovalcev v sodelovanju s podjetjem Bosio d.o.o. in Tehnične univerze na Dunaju (TUV) z raziskovalno skupino prof. Hermana Hofbauerja. S podjetjem Bosio d.o.o. smo načrtovali pilotno napravo velikosti 500kW za uplinjanje biomase in v letu 2012 pričeli s poskusnim obratovanjem. Osvojili smo znanja za povečevanje procesne opreme iz laboratorijskega nivoja na polindustrijski nivo. V sodelovanju s TUV smo na njihovi pilotni napravi (200kW) na Dunaju izvedli poskus uplinjanja SRF goriv iz odpadne plastike. Uspešno izveden poskus omogoča pridobitev podatkov potrebnih za načrtovanje industrijskih naprav za uplinjanje SRF goriv pridobljenih iz odpadkov. Poskus s čistim SRF gorivom pred tem še ni bil izveden in predstavlja novost.

Drugi pomemben proces je piroliza alternativnih goriv, ki smo jo raziskovali v sklopu sodelovanja s podjetjem Albin Promotion d.o.o., ki poseduje delujočo pilotno (2 m<sup>3</sup>) in laboratorijsko napravo (2 L) za testiranje in študij procesa. V raziskovalno delo se je z določenim delom vključil tudi mladi raziskovalec v podjetju. Izveden je bil proces inženirskega povečevanja in zmanjševanja med laboratorijskim in pilotnim reaktorjem (merilo 1: 2000) z namenom študije in pridobivanja prenosnih kriterijev za prenos toplote in snovi na industrijsko merilo. Industrijsko merilo pomeni 1:10-20 krat več od pilotnega. Uspešno je bila izvedena serija 17 poskusov na različnih materialih in pri različnih procesnih pogojih.

Nadalje smo raziskovali proces anaerobne digestije biomase v strnjenem sloju. Gre za kompatibilen proces, ki ga je potrebno uporabiti v primeru biološko aktivne odpadne bio mase kot je: zelena in biomasa izločena iz komunalnih odpadkov. Takšno biomaso v procesu stabilne anaerobne digestije stabiliziramo, izločimo in uporabimo nevaren toplogredni plin CH<sub>4</sub>, ostanek pa pripravimo kot alternativno gorivo za uplinjanje ali pirolizo. Tudi raziskave dela tega procesa so potekale v povezavi z mlado raziskovalko in podjetjem JS Ptuj d.o.o., ki bo v letu 2013 zgradilo večjo pilotno napravo (manjši industrijski obrat).

Raziskave o tehnologijah CO<sub>2</sub> so tesno povezane z raziskavami širšega pomena, zajete v koncept ZERO WASTE, v okviru katerega programska skupina sodeluje s številnimi tujimi partnerji in konzorciji na evropskih projektih (E2BEBIS, SEBE, MED-IPPC-NET, ZERO WASTE, AGRO-ENVIRONMED in SOLBIOPOLYSY) v smereh raziskav uplinjanja, anaerobne digestije, pirolize in produktnega inženirstva okolju prijaznih proizvodov z visoko dodano vrednostjo.

## 5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev<sup>4</sup>

SLO

V okviru raziskovalnega programa (produktno inženirstvo, procesno inženirstvo in tehnologija proizvodnje alg) smo pridobili fundamentalna znanja na laboratorijskem nivoju, pristopili k izgradnji postrojenja in pilotskih naprav. Izsledke raziskovalnega dela sprotno publiciramo, jih objavljamo v znanstvenih in strokovnih revijah z recenzijami, patentiramo, poročamo na znanstvenih konferencah/simpozijih ter promoviramo doktorje oz. diplomante, ki se razvijajo ob našem raziskovalnem delu. Ocenjujemo, da je delo izvršeno v skladu z načrtovanim in sledimo poglavitnemu cilju - premik novih izdelkov in tehnologij v smeri višje dodane vrednosti in uporabe tehnologij za zmanjševanje emisij CO<sub>2</sub>, za zmanjševanje porabe fosilnih goriv in uporaba tehnologij za ločevanje in snovno izrabo CO<sub>2</sub>.

V skupini raziskav sledimo globalnim trendom in lokalnim potrebam po zagotavljanju trajnostnega razvoja z vstopanjem v nizko-ogljico družbo. Tako izpolnujemo usmeritev v reševanja problematike okolja (uporaba odpadkov kot lokalnega vira) in

problematike uporabe obnovljivih virov energije. Gojenje alg predstavlja možnost novega vira biomase in hkrati uporabe CO<sub>2</sub>. Druge obravnavane metode zajemanja CO<sub>2</sub> omogočajo odločanje o programih za zmanjševanje emisij CO<sub>2</sub>. Raziskave koncentriranja in vezave CO<sub>2</sub> izpolnjujejo cilje zapiranja tehnoloških krogov ob zmanjševanju emisij CO<sub>2</sub>. Raziskava možnosti dodatnega pogozdovanja kaže ugodno sliko o viru biomase kot ponoru CO<sub>2</sub> in možnosti zmanjševanja odvisnosti od fosilnih goriv in lokalni vir za lokalni razvoj.

Zastavljene cilje s področja obnovljivih virov izpolnjujemo z nadaljevanjem raziskav na področjih priprave alternativnih goriv in njihove izrabe v procesih uplinjanja in pirolize, predvsem za namen kogeneracije. Oba procesa raziskujemo na pilotnem nivoju pridobivanja podatkov in informacij o možnostih uporabe lokalnih alternativnih goriv, pridobljenih iz odpadkov in možnostih njihove uporabe za regionalne kogeneracije. V primeru pirolize ocenjujemo program kot še posebej uspešen, saj izvajamo vrsto demonstracijskih poskusov na veliki pilotni napravi bodočim potencialnim uporabnikom. Tako uspešno povezujemo raziskovalno fazo z razvojno fazo v gospodarstvu za razvoj nove tehnologije.

Zastavljene cilje izpolnjujemo tudi pri raziskavah in vstopu v razvojno fazo anaerobne digestije v strnjenem sloju. Uspešno zaključujemo raziskovalno fazo na vhodnih surovinah in njihovi pripravi ter procesu za vzpostavitev digestije, s čimer smo pridobili vrsto podatkov in informacij ter oblikovali znanja za načrtovanje pilotnih naprav pri zainteresiranem industrijskem partnerju.

Sled tesne povezanosti smiselnosti raziskav s produktim inženirstvom lahko kot končno skupno oceno podamo uspešno doseganje zastavljenih ciljev tega obdobja programa.

## 6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine<sup>5</sup>

Bistvenih **odstopanj in sprememb ni bilo od predvidenega programa** dela raziskovalnega programa.

V primeru **sestave programske skupine v zadnjem letu** izvajanja raziskovalnega programa je stanje sodelujočih raziskovalnih skupin bilo naslednje:

- v raziskovalni skupini 1421 (ZRS Bistra Ptuj) sprememb ni bilo,

- v raziskovalni skupini 0103 (Fakulteta z akemijo in kemijsko tehnologijo) je nastala sprememba le v razporeditvi ur znotraj raz. skupine zaradi povečanja potreb po raziskovalnem delu na strani raziskovalcev, medtem ko je skupna kvota raziskovalnih ur ostala nespremenjena.

## 7. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine<sup>6</sup>

| Znanstveni dosežek |           |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------|-----------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.                 | COBISS ID | 33677317 | Vir: COBISS.SI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                    | Naslov    | SLO      | Transesterifikacija repičnega in odpadnega sončničnega olja                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                    |           | ANG      | The transesterification of rapeseed and waste sunflower oils                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                    | Opis      | SLO      | Raziskovali smo transesterifikacijo repičnega in odpadnega sončničnega olja z metanolom v prisotnosti katalizatorja. Preučevali smo vpliv temperature na hitrosti reakcij pri konstantnem molskem razmerju alkohol:triacilgliceroli in za konstantno koncentracijo katalizatorja. Za kvantitativno spremljanje reakcij smo uporabili izključitveno kromatografijo in <sup>1</sup> H NMR spektroskopijo. Koeficienti masnega prenosa triacilglicerolov so bili odvisni od vrste olja in temperature. Izračunali smo aktivacijske energije in določili optimalni delež reciklacije metanola. |

|    |              |          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|--------------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |              | ANG      | We have investigated the transesterification of rapeseed and waste sunflower oils with methanol in the presence of catalyst. The effect of the temperature on the reaction rates was studied at a constant molar ratio alcohol:triacylglycerols and for a constant catalyst concentration. Size-exclusion chromatography and <sup>1</sup> H NMR spectroscopy were used to quantitatively monitor the transesterification reaction. The mass-transfer coefficients of the triacylglycerols depended on the type of oil and temperature. Activation energies were calculated and the optimum methanol recycle ratio was established.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|    | Objavljeno v |          | Elsevier Applied Science; Bioresource technology; 2010; Vol. 101, no. 10; str. 3333-3344; Impact Factor: 4.365; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.486; A'': 1; A': 1; WoS: AE, DB, ID; Avtorji / Authors: Klofutar Boštjan, Golob Janvit, Likozar Blaž, Klofutar Cveto, Žagar Ema, Poljanšek Ida                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|    | Tipologija   |          | 1.01 Izvirni znanstveni članek                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|    | 2. COBISS ID | 35597317 | Vir: COBISS.SI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|    | Naslov       | SLO      | Rast, ekstrakcija lipidov in termična razgradnja mikroalge Chlorella vulgaris                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|    |              | ANG      | Growth, lipid extraction and thermal degradation of the microalga Chlorella vulgaris                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|    | Opis         | SLO      | Mikroalga Chlorella vulgaris smo gojili v mediju, pripravljenem z mešanjem standardnega Javorskega medija in raztopine iz spremenjenega Solvejevega procesa, ki je vsebovala samo NaHCO <sub>3</sub> in NH <sub>4</sub> Cl. Z rastjo smo spremljali število celic, pH vrednost medija in vsebnost dušika. Lipide smo ekstrahirali z CHCl <sub>3</sub> -MeOH iz liofilizirane alge biomase. Najboljši izkoristek lipidov v ekstraktu smo dobili s kombinacijo drobljenja, mikrovalov in ultrazvoka. Liofilizirano alno biomaso smo uporabili tudi za študije termične razgradnje. Razgradnja je prikazana v treh različnih območjih - zrušitev primarne celične strukture vzporedno z evaporacijo vode, ki ji sledita dva predominantna eksotermna razgradna procesa. Za slednja smo poiskali model. Aktivacijske energije teh dveh razgradnih procesov smo določili v območjih med 120-126 kJ/mol in 122-132 kJ/mol. Ta model razgradnje se lahko uporabi za številne termične alge procese, še posebej za tiste, ki so povezani s pridobivanjem obnovljive energije.                              |
|    |              | ANG      | The microalga Chlorella vulgaris was cultured in a combined medium obtained by mixing standard Jaworski medium with a solution from the modified Solvay process that contained only NaHCO <sub>3</sub> and NH <sub>4</sub> Cl. Cell number, pH and nitrogen content were monitored throughout growth. Lipids were extracted from lyophilised biomass using CHCl <sub>3</sub> -MeOH. A combination of grinding, microwave treatment and sonication proved to give the best lipid extract yield. Freeze-dried algal biomass was also utilised for thermal degradation studies. The degradation exhibited three distinct regions - primary cell structure breakage paralleled by evaporation of water, followed by two predominant exothermic degradation processes. The latter were modelled using nth order apparent kinetics. The activation energies of the degradation processes were determined to be 120-126 kJ/mol and 122-132 kJ/mol, respectively. The degradation model may be readily applied to an assortment of thermal algal processes, especially those relating to renewable energy. |
|    | Objavljeno v |          | Elsevier; New biotechnology; 2012; Vol. 29, Iss. 3; str. 325-331; Impact Factor: 2.756; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.822; WoS: CO, DB; Avtorji / Authors: Šoštarič Maja, Klinar Dušan, Bricelj Mihael, Golob Janvit, Berovič Marin, Likozar Blaž                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|    | Tipologija   |          | 1.01 Izvirni znanstveni članek                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 3. | COBISS ID    | 29587205 | Vir: COBISS.SI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|    |              |          | Vpliv molekulske mase in reakcij premreženja polimera na adhezijske                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

|    |              |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----|--------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | Naslov       | SLO | lastnosti na pritisk občutljivih akrilatnih mikrosfernih adhezivov na vodni osnovi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|    |              | ANG | The effect of polymer molecular weight and crosslinking reactions on the adhesion properties of microsphere water-based acrylic pressure-sensitive adhesives                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|    | Opis         | SLO | V tem prispevku je predstavljen Vpliv molekulske mase in reakcij premreženja polimera na adhezijske lastnosti na pritisk občutljivih akrilatnih mikrosfernih adhezivov na vodni osnovi (PSA). Molekulsko maso polimera in polimerno mikrostrukturo smo regulirali z uporabo različnih koncentracij prenašalcev verige (CTA) ter z dodatkom diakrilnega monomera (MM). Adhezijske lastnosti sintetiziranih PSA-jev smo vrednotili z meritvami trenutne adhezije, adhezije pri odlepljanju ter strižne trdnosti.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|    |              | ANG | In this work, the effect of polymer molecular weight and crosslinking reactions on the end-use properties of the microsphere water-based acrylic pressure-sensitive adhesives (PSA) is presented. Polymer molecular weight and polymer microstructure were regulated using different chain transfer agent (CTA) concentrations and by addition of a diacrylic monomer (MM). The adhesion properties of the synthesized PSAs were characterized via measurements of tack, peel adhesion and shear strength.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|    | Objavljeno v |     | Elsevier Science; International journal of adhesion and adhesives; 2009; Vol. 29, no. 2; str. 186-194; Impact Factor: 1.853; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.278; A': 1; WoS: II, PM; Avtorji / Authors: Kajtna Jernej, Golob Janvit, Krajnc Matjaž                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|    | Tipologija   |     | 1.01 Izvirni znanstveni članek                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 4. | COBISS ID    |     | 36189445 Vir: COBISS.SI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|    | Naslov       | SLO | Potencialne možnosti za tehnologije zbiranja CO <sub>2</sub> v slovenskem kontekstu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|    |              | ANG | Potential solutions for CO <sub>2</sub> -capturing technologies in the slovenian context                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|    | Opis         | SLO | V članku opozarjamo, da zmanjševanje emisij CO <sub>2</sub> lahko za nacionalne ekonomije predstavlja tudi novo priložnost za pospeševanje lastnega razvoja in ne le grožnjo. Tehnologij, ki so že prisotne v Sloveniji, kot je koncentriranje CO <sub>2</sub> z aminskimi procesi, še ni mogoče ekonomsko učinkovito prenesti na bistveno večje sisteme kot so termoelektrarne, zato je nuja po postopnih korakih toliko večja. Možnosti je več: biotehnologije od samega gozdarstva do gojenja alg, načrtno pogozdovanje, uporaba CO <sub>2</sub> v ind. procesih (npr. za izdelavo oborjenega kalcijevega karbonata) idr.                                                                                                                                                                                                                                      |
|    |              | ANG | In the article we analyze technological possibilities in the Slovenian context as possible opportunities for promoting sustainable development based on regional, renewable resources. Beginning with an analysis of the amine process for CO <sub>2</sub> concentration and its possibilities, we continue with CO <sub>2</sub> chemistry examples, like the precipitation of calcium carbonate from Ca++ sources like lime or fly ash. Through the concept of product engineering we emphasize the need for a stepwise realization from the laboratory to a pilot plant and then to the industrial scale. The growth of biomass through forestry or algae production can provide an additional CO <sub>2</sub> sink. However, for an efficient technical solution and implementation a close working relationship between biologists and engineers is required. |
|    | Objavljeno v |     | Slovensko kemijsko društvo =Slovenian Chemical Society; Acta chimica slovenica; 2012; Vol. 59, no. 3; str. 615-621; Impact Factor: 1.328; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.001; WoS: DY; Avtorji / Authors: Golob Janvit, Klinar Dušan, Bricelj Mihael                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5. | COBISS ID    |     | 33808645 Vir: COBISS.SI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|    |              |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |



|  |              |                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Naslov       | SLO                                                                                                                                                                                                                                                           | Nov pristop k izračunu napovedi verjetnosti nastanka požara                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|  |              | ANG                                                                                                                                                                                                                                                           | Impact of the buildings areas on the fire incidence                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|  | Opis         | SLO                                                                                                                                                                                                                                                           | Verjetnost nastanka požara kot funkcije izpostavljenosti virom vžiga in površine objekta, dveh procesnih parametrov z največjo utežjo, je podana za vrsto raziskanih primerov. Korelacija je uporabna za napoved verjetnosti nastanka požara pri smiselnem upoštevanju relevantnih procesnih parametrov.                                       |
|  |              | ANG                                                                                                                                                                                                                                                           | Probability of fire ignition as function of exposition to ignition sources and surface of the objects, two main process parameters with highest ponder, for a serie of studied examples is presented. Corellation is usefull fire for prediction of ignition probability under reasonable taking into account the relevant process parameters. |
|  | Objavljeno v | Slovensko kemijsko društvo =Slovenian Chemical Society; Acta chimica slovenica; 2010; Vol. 57, no. 1; str. 118-122; Impact Factor: 1.011;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.761; WoS: DY; Avtorji / Authors: Šrekl Jože, Golob Janvit |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|  | Tipologija   | 1.01 Izvirni znanstveni članek                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

## 8.Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine<sup>2</sup>

|              |                            |                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                    |
|--------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
|              | Družbeno-ekonomski dosežek |                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                    |
| 1.           | COBISS ID                  | 13869334                                                                           | Vir: COBISS.SI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                    |
|              | Naslov                     | SLO                                                                                | Suspenzija oborjenega kalcijevega karbonata specifičnih površinskih lastnosti                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                    |
|              |                            | ANG                                                                                | The suspension of precipitated calcium carbonate with specific surface characteritics                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                    |
|              | Opis                       | SLO                                                                                | Predmet izuma je suspenzija oborjenega kalcijevega karbonata (OKK) pridobljena po klasičnem postopku karbonatizacije suspenzije apna Ca(OH) 2, s pH v območju od 8,5 do 9,5 ter deležem suhe snovi v suspenziji od 12 do 65%, stabilizirana z minimalno količino komercialno dosegljivega disperganta tako, da izkazuje visoko stabilnost proti aglomeriranju primarnih delcev v večje skupke tudi do 4 tedne; delci OKK, ki sestavljajo proizvod, imajo porazdelitev delcev d50 do 3 mikro metre in imajo specifične površinske lastnosti izražene preko izmerjenih visokih negativnih vrednosti zeta potenciala v območju od -20 do -40 mV. Proizvod izkazuje zaradi specifičnih površinskih lastnosti pri uporabi kot polnilo za izdelavo papirja visoke vrednosti retencije od 90 do 95 %.                                              |                    |
|              |                            | ANG                                                                                | The subject of this invention is a suspension of precipitated calcium carbonate (OKK) obtained by the conventional process of carbonation of the lime Ca(OH)2 suspension, with pH range from 8.5 to 9.5 and the fraction of solids in suspension from 12 to 65%, stabilized with a minimum amount of commercially available dispersant, so that it shows high stability against agglomeration of primary particles into larger aggregates up to 4 weeks; OKK particles that make up the product, have distribution of the particles D50 up to 3 micrometers and a specific surface properties are expressed through the measured high value of negative zeta potential in the range from -20 to -40 mV. Product shows high levels of retention from 90 to 95% due to specific surface charateristics when used as a filler in paper making. |                    |
|              | Šifra                      |                                                                                    | F.33                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Patent v Sloveniji |
| Objavljeno v |                            | Urad RS za intelektualno lastnino; 2009; [2] str.; Avtorji / Authors: Klinar Dušan |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                    |
|              |                            | 2.24                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                    |



|    | Tipologija   | Patent                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2. | COBISS ID    | 16117782                                                                                          | Vir: COBISS.SI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|    | Naslov       | SLO                                                                                               | Metoda za ciklično vakumiranje v šaržnem reaktorju                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|    |              | ANG                                                                                               | The method for cyclic vacuuming in a batch reactor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|    | Opis         | SLO                                                                                               | Izum se nanaša na metodo za ciklično vakumiranje trdne reakcijske zmesi v šaržnem reaktorju. Metoda temelji na ciklični izmenjavi faze intenzivnega izsesavanja plinov in faza minimalnega izsesavanja plinov. Izumljena metoda za ciklično vakumiranje trdne reakcijske zmesi v šaržnem reaktorju je enostavna, zagotavlja visok koeficient prenosa toplote iz sistema za zunanje ogrevanje na trdo reakcijsko zmes umeščeno v notranjosti reaktorja hkrati pa zagotovi tudi pogoje vakuuma za reakcijo in s tem omogoča skrajševanje procesov v šaržnem reaktorju.                                                                                                                                                    |
|    |              | ANG                                                                                               | The invention is represents a method for cyclic vacuuming of solid reaction mixture in the batch reactor. This method is based on a cyclic exchange of two phases: phase of intensive and phase of minimal suction of gas. Invented method for cyclic vacuuming of solid reaction mixture in a batch reactor is simple, provides a high coefficient of heat transfer from the system of external heating to the solid reaction mixture, that is embedded inside the reactor but also provides vacuum conditions for reaction and thus allows shorter times of batch processes.                                                                                                                                          |
|    | Šifra        | F.33 Patent v Sloveniji                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|    | Objavljeno v | Urad RS za intelektualno lastnino; 2012; [5] str.; Avtorji / Authors: Klinar Dušan, Brenclj Albin |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|    | Tipologija   | 2.24 Patent                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 3. | COBISS ID    | 16118038                                                                                          | Vir: COBISS.SI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|    | Naslov       | SLO                                                                                               | Metoda za hitro segrevanje trdne reakcijske zmesi v šaržnem reaktorju                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|    |              | ANG                                                                                               | A method for rapid heating of a solid reaction mixture in a batch reactor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|    | Opis         | SLO                                                                                               | Izum se nanaša na metodo za hitro segrevanje trdne reakcijske zmesi v šaržnem reaktorju. Metoda temelji na uporabi olja kot ogrevalnega medija in sicer trdno reakcijsko zmes umestimo v šaržni reaktor reaktor, segrevamo z oljem, segretim v fazi predgrevanja na temperaturo blizu vrelišča tako, da olje dovajamo v šaržni reaktor in trdo reakcijsko zmes oblijemo z oljem. Izumljena metoda za hitro segrevanje trdne reakcijske zmesi je enostavna, ima dovolj velik koeficient prenosa toplote v tekoči fazi, kar omogoča skrajševanje procesov v šaržnem reaktorju in omogoča zagotavljanje medija, potrebnega za segrevanje, iz produktov istega procesa.                                                     |
|    |              | ANG                                                                                               | The invention relates to a method for rapid heating of a solid reaction mixture in the batch reactor. The method is based on the use of oil as a heating fluid. A solid reaction mixture is placed into the batch reactor and heated with oil that was preheated in the preheating phase to the temperature close to the boiling point. Prehaeted oil is fed to the batch reactor and solid reaction mixture is surrounded by oil. Invented method for rapid heating of a solid reaction mixture is simple, has a sufficiently high heat transfer coefficient in liquid phase, enables shortening of process time in batch reactor and a medium needed for heating of process is from the products of the same process. |
|    | Šifra        | F.33 Patent v Sloveniji                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|    | Objavljeno v | Urad RS za intelektualno lastnino; 2012; [6] str.; Avtorji / Authors: Klinar Dušan, Brenclj Albin |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|    | Tipologija   | 2.24 Patent                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 4. | COBISS ID    | 35829253                                                                                          | Vir: COBISS.SI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|    |              |                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|            |              |                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                    |
|------------|--------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|            | Naslov       |                                  | SLO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Zajemanje CO2                                                      |
|            |              |                                  | ANG                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Capturing CO <sub>2</sub>                                          |
|            | Opis         | SLO                              | V predavanju so bili predstavljeni rezultati raziskav na globalni problematiki, to je zajemanju in shranjevanja CO2. Raziskave v slovenskih razmerah so vezane na zajemanje v Ca2+ raztopine, alge sisteme ter klasične aminske raztopine. V prispevku je predstavljena metoda, značilna za obravnavanje tehnoloških nalog, ki vključujejo raziskave v laboratoriju, razvoj na pilotskem postrojenju in prenos v produkcijsko kapaciteto, upoštevajoč tri nivoje dela: 1) produkt, 2) proces in 3) oprema.                          |                                                                    |
|            |              | ANG                              | In contribution the results of research carried out on global actual research, that means capturing and sequestration of CO2, is presented. Research in slovenian context are connected with capturing CO2 in Ca2+ solutions, algae systems and classical amine solutions. The methode characteristic for solving technological problems, starting with laboratory research, development on the pilot scale and transfer to industrial capacity taking into account the product, processes and equipment criteria, is demonstrated. |                                                                    |
|            | Šifra        |                                  | B.04 Vabljeno predavanje                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                    |
|            | Objavljeno v |                                  | 2011; Avtorji / Authors: Golob Janvit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                    |
|            | Tipologija   |                                  | 3.14 Predavanje na tuji univerzi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                    |
| 5.         | COBISS ID    |                                  | 36078597                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Vir: COBISS.SI                                                     |
|            | Naslov       |                                  | SLO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Prispevek k nizkoogljični družbi s trajnostnim razvojem            |
|            |              |                                  | ANG                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Contribution to low carbon society through sustainable development |
|            | Opis         | SLO                              | Prispevek obravnava raziskovalno aktivnosti na področju razvoja potencialnih tehnoloških procesov za zniževanje emisij ogljikovega dioksida oziroma njegovo zajemanje in nadaljno predelavo v gorivo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                    |
|            |              | ANG                              | The contribution is concerned to research activities for development of potencial technological processes for CO2 emission reduction and its sequestration and further conversion to fuels                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                    |
|            | Šifra        |                                  | B.04 Vabljeno predavanje                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                    |
|            | Objavljeno v |                                  | 2012; Avtorji / Authors: Golob Janvit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                    |
| Tipologija |              | 3.14 Predavanje na tuji univerzi |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                    |

## 9. Drugi pomembni rezultati programske skupine<sup>8</sup>

Izvirni znanstveni članki:

ŠREKL, Jože, GOLOB, Janvit. New approach to calculate the probability of ignition. J. loss prev. process ind., 2011, vol. 24, no. 3, str. 288-291, doi: 10.1016/j.jlp.2010.09.006. [COBISS.SI-ID 34976773]

ŠREKL, Jože, GOLOB, Janvit. Impact of the buildings areas on the fire incidence. Acta chim. slov.. [Tiskana izd.], 2010, vol. 57, no. 1, str. 118-122. <http://acta.chem-soc.si/57/57-1-118.pdf>. [COBISS.SI-ID 33808645].

ZAKRAJŠEK, Nejc, GOLOB, Janvit. The influence of modified starch on the process water quality in papermaking and the paper properties. Stärke, February 2009, vol. 61, no. 2, p. 109-115. <http://dx.doi.org/10.1002/star.200800009>, doi: 10.1002/star.200800009. [COBISS.SI-ID 512103235].

GREGORI, Andrej, ŠVAGELJ, Mirjan, BEROVIČ, Marin, LIU, Y., ZHANG, Jingsong, POHLEVEN, Franc, KLINAR, Dušan. Cultivation and bioactivity assessment of Grifola frondosa fruiting bodies

on olive oil press cakes substrates. New biotechnology, 2009, vol. 26, no. 5, str. 260-262, doi: 10.1016/j.nbt.2009.08.001. [COBISS.SI-ID 33326341].

BRGLEZ, Polonca, HOLOBAR, Andrej, PIVEC, Aleksandra, BELŠAK, Nataša, KOLAR, Mitja. Determination of oxygen by means of a biogas and gas - interference study using an optical tris (4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline) ruthenium(II) dichloride complex sensor. Acta chim. slov.. [Tiskana izd.], 2012, vol. 59, no. 1, str. 50-58, graf. prikazi. <http://acta.chem-soc.si/59/59-1-50.pdf>. [COBISS.SI-ID 15889686].

VOVK KORŽE, Ana, PIVEC, Aleksandra, POTISK, Julija, BELŠAK, Nataša. Strokovne podlage za umeščanje ERM na VVO območja na Dravskem polju. Ptuj: Znanstveno-raziskovalno središče Bistra, 2010. 41 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 18470152].

## 10. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine<sup>9</sup>

### 10.1. Pomen za razvoj znanosti<sup>10</sup>

SLO

Razvoj znanj na področju separacijskih procesov je odločilnega pomena za poglobitev temeljnega razumevanja separacijskih procesov potrebnih za izbor in optimizacijo tehnoloških procesov ter tehnologij. Tehnologije za separacijo in trajno skladiščenje (sekvesteracijo) ali ponovno izrabo CO<sub>2</sub> in drugih toplogrednih plinov iz plinskih emisij industrije in proizvodnje primarne energije predstavljajo zelo pomembne, če ne celo ključne člene v zapiranju kroga uporabe ogljika. Zato tudi predstavljajo eno najpomembnejših raziskovalno razvojnih prioritet in s tem tudi enega največjih izzivov globalnega trajnostnega razvoja. Poleg separacijskih procesov so za vzpostavljanje krogov uporabe ogljika in njegovih spojin odločilni tudi procesi in tehnologije za degradacijo spojin z visoko molekularno maso in kompleksno strukturo v temeljne gradnike kot sta H<sub>2</sub> in CO. Obe sestavini predstavljata pomembne člene v bodočih krogih tako za proizvodnjo kakor skladiščenje energije. Vodik kot prenosnik in posrednik za skladiščenje energije se kaže kot ekološko najbolj sprejemljiv element. CO predstavlja pol poti (v energetskem smislu) tako do končnega odlaganja (CO<sub>2</sub>) kakor do čistega ogljika in hkrati dobro izhodišče za sintezo višje molekularnih ogljikovih spojin kot je npr. Fischer-Tropscheva sinteza ali pretvorba CO<sub>2</sub> v biomaso preko mikroorganizmov. Rešitev za zagotavljanje masovnega in ekonomsko učinkovitega vira obeh spojin predstavlja proces uplinjanja, še posebej uplinjanje z vodno paro kot virom kisika in vodika. Takšen proces omogoča pridobivanje koncentriranega sinteznega plina brez balastnih plinov kot sta CO<sub>2</sub> in N<sub>2</sub>. Med temi procesi je še posebej uveljavljen proces – uplinjanja z visoko stopnjo interne cirkulacije katalizatorja in prenosnika toplote, ki omogoča ločitev reaktorjev za uplinjanje in zgorevanje, s tem pa tudi ločitev sinteznega plina od dimnih plinov zgorevanja. V sodelovanju z dunajsko univerzo TUV smo razvili znanja za uporabo različnih virov biomase in drugih materialov, ki vsebujejo ogljik za pridobivanje sinteznega plina. Takšen vir predstavljajo odpadki, ki v posameznih regijah vsebujejo tudi do 70% energije, ki jo regija potrebuje za ogrevanje. Odpadki tako predstavljajo dostopen, ekonomsko ugoden vir ogljika, ki ne posega v proizvodnjo hrane (na njive) in pomeni neposreden poseg na reševanje okoljske problematike ter bistven poseg v zmanjšanje porabe fosilnih goriv.

ANG

The development of scientific expertise in the field of separation processes (separating and gathering-concentrating) is of decisive importance for deepening of the essential understanding of separation processes, necessary for selection and optimization of technological processes and technologies. Separation technologies and technologies for permanent warehousing (sequestration) or re-use of CO<sub>2</sub> and other greenhouse gases from industry gas emissions and primary energy production represent very important, if not key parts in closing the circle of carbon usage. That's why they represent one of the most important research-development (RD) priorities and with that one of the biggest challenges of global permanent development. Beside separation processes also processes and technologies for degradation of compounds with high molecular mass and complex structure in fundamental cornerstones, like H<sub>2</sub> and CO, are decisive for restoration of circles of use of carbon and its compounds. Both components represent important parts in future circles for production, as well as for storage of energy. Hydrogen, as a carrier and an intermediary for energy storage is shown as ecologically most acceptable element. CO presents a half way (in terms of energy) to final clipboard (CO<sub>2</sub>), as

well as to pure carbon and at the same time a good starting-point for synthesis of higher molecular carbon compounds, for example Fischer-Tropsch synthesis or transformation of CO<sub>2</sub> into biomass through micro-organisms. The solution for assuring mass and economically effective source of both compounds is represented by the gasification process, especially gasification with water steam as a source of oxygen and hydrogen. That kind of process enables acquiring of concentrated synthesis gas without ballast gasses like CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>. Among these processes there is an especially established process – gasification with high intem level of circulation of catalyst and heat carrier, that enables the separation of reactors for gasification and combustion and with that the separation of synthesis gas from smoke gases combustion. That sot of reactor was developed on laboratory and pilot level in Vienna University of Technology (TUW) and transferred into first uses onto industry rock (objects of thermal power of 8 MW Guessing and Oberwart). In this way, in TUW they develop also processes for circulation and concentration of CO<sub>2</sub> in fluidized layer. By establishing collaboration with the University of Vienna TUV, we have developed the knowledge to use a variety of biomass resources and other materials, which contain carbon for acquiring synthesis gas. That kind of source is represented by waste, which in certain regions contains up to 70% of energy, that region needs for heating. In this way waste presents accessible, economically favourable hydrogen source, that does not interfere into food production (on farms) and presents a direct intervention in rescuing environmental problems and the essential intervention in reducing consumption of fossil fuels.

## 10.2.Pomen za razvoj Slovenije<sup>11</sup>

SLO

Usmeritev v družbo, ki bo znala uporabljati ogljik v zaprtem krogotoku in ne kakor sedaj, s kopičenjem ogljika v CO<sub>2</sub>, predstavlja edino alternativo daljše prihodnosti človeštva. Bližnja prihodnost pa pomeni usmerjanje v razvoj tehnologij, ki vključujejo uporabo CO<sub>2</sub> kot reagenta v svoje procese (snovna uporaba CO<sub>2</sub>) in tehnologije, ki zamenjujejo uporabo fosilnih goriv z biomaso in alternativnimi gorivi. Naslednje področje, ki prispeva k zmanjševanju emisij CO<sub>2</sub> in okoljskemu odtisu proizvodov je razvoj novih generacij proizvodov z izboljšanimi okoljskimi učinki in zmanjšanim odtisom emisij CO<sub>2</sub> pri njegovi izdelavi in uporabi ter v fazi uničenja ali reciklaže.

Prvo perspektivno področje je področje uporabe mikro polnil v papirni industriji na osnovi kalcijevih karbonatov različne kristalne strukture, ki pokriva neposredno uporabo CO<sub>2</sub> v procesu. Tako smo v okviru raziskovalne skupine v preteklih letih razvili tehnologijo obarjanja CaCO<sub>3</sub> iz suspenzije apna in invencijo tudi patentirali SI 22624 (objava 2009). Pilotna in industrijska naprava sta bili zgrajeni v IAK Kresnice, podjetje Radeče Papir pa je testiralo uporabo materiala v proizvodnji fotokopirnega papirja.

Drugi segment – razvoj novih platform izdelkov z zmanjšanim okoljskim odtisom predstavlja serija razvitih proizvodov za podjetje Unichem. Podjetje proizvaja izdelke za zaščito pred škodljivci, ki so še posebej občutljivi glede emisije aktivnih substanc v okolje ali v prehransko verigo. Tako smo v okviru programske skupine razvili dve novi skupini izdelkov na osnovi mikrokapsuliranja aktivne substance in vezave aktivne snovi v mikrogel.

Usmeritev raziskovalne skupine v vzpostavitev RR jeder v industrijskih okoljih je dal kot rezultat 5 RR skupin, ki se razvijajo v različnih okoljih v Sloveniji.

Prva skupina v podjetju Albin Promotion d.o.o. Majšperk razvija tehnologijo pirolize organskih materialov in biomase za soproizvodnjo toplote in elektrike. Zgrajena je pilotna naprava na podlagi projekta TIA – SRRP 08. Laboratorijska naprava vol. 1L in pilotna naprava volumna 2,5 m<sup>3</sup> omogočajo raziskave pirolize različnih materialov in razvoj tehnoloških procesov za različne materiale (guma, polimeri PE-PP, usnje, les itd.). Pilotna naprava ima dva plinska motorja moči 150 kW in dieselski motor 250kW, za testiranje plinskih in tekočih produktov pirolize v kogeneraciji. Prijavili in uspešno pridobili dva patenta v letu 2012 (SI 23545 A, SI 23553 A). Druga skupina za razvoj anaerobne digestije biomase in biološkega dela odpadkov v trdnem stanju z zalivanjem deluje v okviru ZRS Bistra Ptuj. Zgrajena je pilotna naprava volumna 2x 100L za preizkušanje dovolj velikih vzorcev. Program se razvija skupaj z občinskim podjetjem Javne službe Ptuj d.o.o., ki upravlja in izvaja predelavo ter deponiranje preostanka odpadkov za Sp. Podravske regije, 90.000 prebivalcev (letno predela 40.000 ton odpadkov). Podjetje pripravlja investicijo v anaerobno digestijo organskega dela odpadkov v trdnem stanju, ZRS Bistra Ptuj pa skrbi za bazni inženiring te investicije.

Tretja skupina je nastala v podjetju BOSIO v sodelovanju s Fakulteto za strojništvo, Univerza v Ljubljani. Mladi raziskovalec po programu TIA raziskuje in razvija pilotno napravo za uplinjanje

biomase v fluidizirani plasti za soproizvodnjo elektrike in toplote majhne moči do 2 MW. Četrta skupina je nastaja v povezavi s Tehniško Univerzo na Dunaju, katere cilj je razvoj pilotne naprave za uplinjanje alternativnih goriv razvitih iz odpadkov. Raziskave in razvoj znanj so potrebna za bazni inženiring za uporabo alternativnih (SRF goriv in peletnih goriv) goriv v uplinjanju. S tem bomo omogočili gradnjo večjih uplinjevalnih naprav v regijah z močjo do 10 MW na podlagi izrabe biomase in odpadkov. Peta raziskovalna skupina je nastajala v podjetju Helios d.o.o., kjer mladi raziskovalec po programu TIA razvija osnove za novo generacijo proizvodov z zmanjšanim okoljskim odtisom.

ANG

The near future presents direction into the development of technologies, which include the use of CO<sub>2</sub>, as a reagent in its own processes (material use of CO<sub>2</sub>) and technologies that replace the use of fossil fuels with biomass and alternative fuels. The next area, which contributes to reduction of CO<sub>2</sub> emissions and environmental print of products, is the development of new generations of products with improved environmental effects and reduced CO<sub>2</sub> emission prints at its production and use and in the phase of destruction or recycling.

The first perspective area is the area of the micro filler usage in the paper industry on the basis of calcium carbonate of different crystal structures that covers the direct use of CO<sub>2</sub> in the process. That's how we developed in the framework of research group in the past years a technology of CaCO<sub>3</sub> precipitation from lime suspension and also patent the invention SI 22624 (publication 2009). The pilot and industrial devices were built in IAK Kresnice and tested by Radeče Papir company for the use of material in production of photocopier paper. In 2011 the regular production of precipitated CaCO<sub>3</sub> is foreseen. The other segment – the development of new platforms of products with reduced environmental print is presented by a series of developed products for Unichem company. The company produces products for protection against mischief-makers, which are especially sensitive regarding emissions of active substances into the environment or food chain. That's how we developed, in the framework of program group, two new groups of products on the basis of micro-capsuling of active substance and binding the active substance into the micro-gel.

The direction of research group into the gave a result of 5 RD groups, which are developing in different environments in Slovenia.

The first group in Albin Promotion d.o.o. company Majšperk is developing a technology of pyrolysis of organic materials and biomass for co-production of heat and electricity. The pilot device is built on the basis of TIA – SRRP 08 project. Laboratory device of vol 1L and the pilot device of volume 2,5 m<sup>3</sup> enable the researches of pyrolysis of different materials and the development of technological processes for different materials. The pilot device has two gas engines with power of 150 kW and a 250 kW diesel engine for testing gas and liquid pyrolysis products in cogeneration. We have registered and successfully obtained two patents in 2012 (SI 23545 A, SI 23553 A).

The other group for the development of biomass digestion and biological part of waste in solid state with watering operates in the framework of ZRS Bistra Ptuj. A pilot device is built of volume 2x 100L for testing suitable-sized samples. The program is developing together with the municipal company Javne službe Ptuj d.o.o. The company is preparing an investment into anaerobic digestion of organic part of waste in solid state and ZRS Bistra Ptuj takes care of base engineering of the investment.

The third group was formed at a company BOSIO d.o.o. in co-operation with the Faculty of Mechanical Engineering of University of Ljubljana. A re-search assistant in TIA program is researching and developing a pilot device for biomass gasification in fluidized layer for co-production of electricity and heat of small power up to 2 MW.

The forth group is taking shape in a connection with Vienna University of Technology, who has a goal to develop a pilot device for gasification of alternative fuels, developed from waste. Research and develop the knowledge are significant for the creation of base engineering for the use of alternative fuels (SRF fuels and pellet fuels) in gasification. In this way we will enable the construction of larger gasification devices in the regions with power up to 10 MW on the basis of biomass and waste utilization.

The fifth research group was formed in Helios d.o.o., where is developing the basis for new generation of products with reduced environmental print.

## 11. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2012<sup>12</sup>

**11.1. Diplome<sup>13</sup>**

| vrsta usposabljanja             | število diplom |
|---------------------------------|----------------|
| bolonjski program - I. stopnja  | 5              |
| bolonjski program - II. stopnja |                |
| univerzitetni (stari) program   | 26             |

**11.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti<sup>14</sup>**

| Šifra raziskovalca | Ime in priimek    | Mag.                  | Dr.                              | MR                                  |  |
|--------------------|-------------------|-----------------------|----------------------------------|-------------------------------------|--|
| 29402              | Maja Šoštarič     | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  |
| 33817              | Franci Malin      | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  |
| 29673              | Jernej Mele       | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  |
| 31320              | Nataša Belšak Šel | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  |
| 33156              | Miha Narobe       | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  |
| 24352              | Nejc Zakrajšek    | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="checkbox"/>            |  |
| 2226               | Jože Šrekl        | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="checkbox"/>            |  |
| 32425              | Polonca Brglez    | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  |
| 0                  | Boštjan Klofutar  | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="checkbox"/>            |  |
| 0                  | Martin Ocepek     | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  |
| 35256              | Branko Lah        | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  |

Legenda:

**Mag.** - Znanstveni magisterij**Dr.** - Doktorat znanosti**MR** - mladi raziskovalec**12. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju<sup>15</sup>**

| Šifra raziskovalca | Ime in priimek | Mag.                  | Dr.                              | Zaposlitev       |  |
|--------------------|----------------|-----------------------|----------------------------------|------------------|--|
| 24352              | Nejc Zakrajšek | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | C - Gospodarstvo |  |

Legenda zaposlitev:

**A** - visokošolski in javni raziskovalni zavodi**B** - gospodarstvo**C** - javna uprava**D** - družbene dejavnosti**E** - tujina**F** - drugo**13. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2012**

| Šifra raziskovalca | Ime in priimek | Sodelovanje v programski skupini | Število mesecev |  |
|--------------------|----------------|----------------------------------|-----------------|--|
|                    |                |                                  |                 |  |



Legenda sodelovanja v programski skupini:

- A** - raziskovalec/strokovnjak iz podjetja
- B** - uveljavljeni raziskovalec iz tujine
- C** - študent – doktorand iz tujine
- D** - poddoktorand iz tujine

#### **14. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2012<sup>16</sup>**

SLO

##### Vključevanje v raziskovalne programe EU

- 1) Šifra: 38696, Naslov projekta: Deponijski plin in sončna energija kot biogorivo poligeneracijskega sistema, Akronim projekta: Solbiopolysy, Trajanje: 2008 – 2011, 6. OKVIRNI PROGRAM, Vodja: dr. Dušan Klinar.
- 2) Šifra: 1G-MED08-273, Naslov projekta: Mreža za utrjevanje in izpopolnjevanje izvajanja IPPC Direktive Evropske komisije o Celovitem preprečevanju in nadzoru nad onesnaževanjem na območju Sredozemlja, Akronim projekta: MED-IPPC-NET, Trajanje: 2009 – 2011, EVROPSKO TRANSNACIONALNO SODELOVANJE OBMOČJA MEDITERAN, Vodja: dr. Klavdija Rižnar.
- 3) Šifra: 1G-MED08-14, Naslov projekta: Zniževanje stroškov ravnanja z odpadki z uvedbo koncepta Zero Waste v občinah, Akronim projekta: ZERO WASTE, Trajanje: 2009 – 2011, EVROPSKO TRANSNACIONALNO SODELOVANJE OBMOČJA MEDITERAN, Vodja: dr. Alkesandra Pivec.
- 4) Šifra: 1G-MED08-533, Naslov projekta: Tehnološko – okoljska platforma za kmetijsko – živilski sektor v Sredozemlju, Akronim projekta: AGRO ENVIRONMED, Trajanje: 2009 – 2011, EVROPSKO TRANSNACIONALNO SODELOVANJE OBMOČJA MEDITERAN, Vodja: dr. Dušan Klinar.
- 5) Šifra: 2CE113P3, Naslov projekta: Trajnostna in inovativna izraba bioplina, Akronim projekta: SEBE, Trajanje: 2010 - 2013, EVROPSKO TERITORIALNO SODELOVANJE/TRANSNACIONALNO SODELOVANJE OBMOČJA SREDNJA EVROPA, Vodja: dr. Klavdija Rižnar.
- 6) Šifra: 4CE535P3, Naslov projekta: Okoljski in ekonomski benefit grozdov na področju biooglja v centralnem delu Evrope, Akronim projekta: E2BEBIS, Trajanje: 2012 - 2014, EVROPSKO TERITORIALNO SODELOVANJE/TRANSNACIONALNO SODELOVANJE OBMOČJA SREDNJA EVROPA, Vodja: dr. Dušan Klinar.
- 7) Šifra: , Naslov projekta: K učinkovitim virom v mestnih skupnostih JV Evrope, Akronim projekta: RE-SEETies, Trajanje: 2012 - 2014, EVROPSKO TERITORIALNO SODELOVANJE/TRANSNACIONALNO SODELOVANJE OBMOČJA JUGOVZHODNA EVROPA, Vodja: dr. Klavdija Rižnar.

#### **15. Vključenost v projekte za uporabnike, ki v so obdobju trajanja raziskovalnega programa (1. 1. 2009 – 31. 12. 2012), potekali izven financiranja ARRS<sup>17</sup>**

SLO

##### Industrijski projekti

- 1) Proizvodnja levulinske kisline iz odpadne biomase, Naročnik: Inoks d.o.o., Vodja: dr. Dušan Klinar.
- 2) Obnovljivi viri energije iz odpadkov – postopki predelave odpadkov v trdno gorivo in njegova energijska izraba s sežigom in uplinjanjem, Naročnik: Surovina d.d., Vodja: dr. Dušan Klinar.
- 3) Razvoj tehnološke opreme za proizvodnjo toplote in elektrike na osnovi materiala SIST EN 13242, Naročnik: Albin Promotion d.o.o., Vodja: dr. Dušan Klinar.
- 4) Razvoj tehnološkega sistema SPTE iz konjskega gnoja, Naročnik: Bosio d.o.o., Vodja: dr. Dušan Klinar.
- 5) Gospodarjenje z biološkimi odpadki in kompostiranje, Naročnik: Ventovarna d.o.o., Vodja: dr. Klavdija Rižnar.
- 6) Tehnološko inovacijsko vozlišče za okoljske in energetske tehnologije ter trajnostni



razvoj 2009-2012, Uporabniki: Konzorcij podjetij (Teces, OPZ Slovenije, RTD Avtomob.ind. Maribor, ZRS Bistra Ptuj), Vodja: dr. Aleksandra Pivec.

#### Projekti za druge naročnike

7) Snovna in energetska izraba biomase v regiji, Naročnik: Mestna občina Ptuj, Vodja: dr. Klavdija Rižnar.

8) Energetska zanka Ptuja in regije ter izraba alternativnih virov energije, Naročnik: Mestna občina Ptuj, Vodja: dr. Aleksandra Pivec.

### **16. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)**<sup>18</sup>

SLO

#### 1) Opis izdelkov in tehnologij:

Za večino obravnavanih področij lahko strnemo rezultate v dve skupini: (1) podatki, informacije in znanja za izdelavo študij izvedljivosti (feasibility study) in (2) znanja za izdelavo baznega inženiringa. Bazni inženiring je dokument, ki vsebuje vse potrebne podatke, informacije in znanja, ki jih projektanti potrebujejo za načrtovanje opreme – strojev in naprav ter celotnega procesa.

V primeru (1) omogočajo pridobljena znanja izdelavo študij primernosti novih tehnologij ali proizvodov in s tem kakovostno vrednotenje potencialnih investicij. Primer (2) – bazni inženiring predstavlja naslednji korak k komercializaciji tehnologij. Tako lahko na osnovi predstavljenih kriterijev ocenjujemo tehnološko zrelost raziskovalnih rezultatov na relaciji med teorijo in komercialno tehnologijo.

Zajemanje CO<sub>2</sub> in njegova trajna vezava:

- 1) *Gojenje alg*: pridobljeni podatki informacije in znanja iz raziskovanja omogočajo izdelavo študije izvedljivosti za vrednotenje različnih tehnoloških variant, ki jih nudijo dobavitelji. Pilotna naprava omogoča študij novih vrst alg in pogojev za njihovo rast ter sestavo in strukturo nastalih olj, kakor tudi drugih sestavin alg.
- 2) *Koncentriranje in vezava CO<sub>2</sub> na prosti Ca<sup>2+</sup>*: raziskovanje prvega dela je zaključeno - razviti je bil proizvod oborjeni kalcijev karbonat (PCC), prijavljen patent in zgrajen tehnološki obrat. Ocene dodane vrednosti razvitega proizvoda je med 60-80 000 €/zaposlenega pri dani kapaciteti. Drugi del raziskav – absorpcija CO<sub>2</sub> na elektrofilterski pepel se izvaja še na laboratorijskem nivoju.
- 3) *Piroliza*: raziskave procesa so privedene do znanj za izdelavo študij izvedljivosti in do oblikovanja znanj za izdelavo baznega inženiringa za kontinuirni proces. Izvedene so bile 3 študije izvedljivosti za tri različne stranke in pripravljen 1 bazni inženiring. Na laboratorijski napravi je opravljenih 17 poskusov, na pilotni napravi je bilo izvedenih 11 poskusov, demonstracij in predstavitev kupcem.
- 4) *Uplinjanje*: raziskave so privedene do znanj za izdelavo študij izvedljivosti. Pripravljeni so vzorci za uplinjanje na podlagi lokalnih surovin in opravljeno pilotno testiranje.
- 5) *Anaerobna digestija*: raziskave so privedene do znanj za izdelavo študij izvedljivosti. Zainteresiran proizvajalec opreme iz tujine je prevzel iniciativo za izdelavo industrijskih naprav, instalacijo prvih treh reaktorjev predvideva v 2012/2013.

#### 2) Produktno inženirstvo:

Znanja produktnega inženirstva zajemajo rezultate raziskav od fenomenov preko laboratorijskih poskusov do načrtovanja in gradnje pilotnih naprav. Pilotne naprave omogočajo demonstracijo tehnologije in izdelavo testnih količin proizvodov za trg in kupce. Formiranje znanj produktnega inženirstva tako omogočajo intenzivno povezavo med raziskovalci in gospodarskimi subjekti.

Znanja so razvita do stopnje, da se povezovanje v tej obliki širše uveljavlja kot regionalni razvojni model.

**17. Ocenite, ali bi doseženi rezultati v okviru programa lahko vodili do ustanovitve spin-off podjetja, kolikšen finančni vložek bi zahteval ta korak ter kakšno infrastrukturo in opremo bi potrebovali**

|                                                       |                                                              |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| možnost ustanovitve spin-off podjetja                 | <input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE |
| potrebni finančni vložek                              |                                                              |
| ocena potrebne infrastrukture in opreme <sup>19</sup> |                                                              |

**18. Izjemni dosežek v 2012<sup>20</sup>**

**18.1. Izjemni znanstveni dosežek**

Izvirni znanstveni članek:

"Growth, lipid extraction and thermal degradation of the microalga *Chlorella vulgaris*"

OPIS:

Izgradnja pilotnega fotobioreaktorja za gojenje mikroalg je bila korak dalje od dosedanjega dela na laboratorijskem nivoju. Za zaprte fotobioreaktorje je značilno, da ni enostavnega prenosa v večje merilo. Zato so se za testiranje delovanja fotobioreaktorja namenoma izbral eksperiment, ki je potekal pri normalnih rastnih pogojih za mikroalga, da ni bila izpostavljena stresnim pogojem, in da je bil produkt gojenjabinomasa mikroalg. Z redčenjem ravnega medija in dodajanjem hranilnam je uspelo držati kulturo mikroalg v eksponentni fazi rasti.

VIR:

ŠOŠTARIČ, Maja, KLINAR, Dušan, BRICELJ, Mihael, GOLOB, Janvit, BEROVIČ, Marin, LIKOZAR, Blaž. New biotechnology, 2012, vol. 29, iss. 3, str. 325-331, doi: 10.1016/j.nbt.2011.12.002. [COBISS.SI-ID 35597317].

**18.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek**

Predavanje na tuji univerzi:

École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Laboratory for Environmental Biotechnology

NASLOV: "Capturing CO<sub>2</sub>"

OPIS:

V predavanju so bili predstavljeni rezultati raziskav na globalni problematiki, to je zajemanju in shranjevanju CO<sub>2</sub>. Raziskave v slovenskih razmerah so vezane na zajemanje v Ca<sup>2+</sup> raztopine, alge sisteme ter klasične aminske raztopine. V prispevku je predstavljena metoda, značilna za obravnavanje tehnoloških nalog, ki vključujejo raziskave v laboratoriju, razvoj na pilotskem postrojenju in prenos v produkcijsko kapaciteto, upoštevajoč tri nivoje dela: 1) produkt, 2) proces in 3) oprema.

VIR:

GOLOB, Janvit. [Capturing CO<sub>2</sub> : Laboratory for Environmental Biotechnology, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, 23rd February, 2012]. [2012]. [COBISS.SI-ID 36078341].

## 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 in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v papirnatih obliki

- so z vsebino poročila seznanjeni in se strinjajo vsi izvajalci raziskovalnega programa

**Podpisi:**

*zastopnik oz. pooblaščen oseba JRO  
in/ali RO s koncesijo:*

in

*vodja raziskovalnega programa:*

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za  
kemijo in kemijsko tehnologijo

Janvit Golob

**ŽIG**

Kraj in datum: 

|           |           |
|-----------|-----------|
| Ljubljana | 13.3.2013 |
|-----------|-----------|

**Oznaka prijave: ARRS-RPROG-ZP-2013/45**

<sup>1</sup> Opredelite raziskovalno področje po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science). Prevajalna tabela med raziskovalnimi področji po klasifikaciji ARRS ter po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science) s kategorijami WOS (Web of Science) kot podpodročji je dostopna na spletni strani ARRS (<http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/preslik-vpp-fos-wos.asp>). [Nazaj](#)

<sup>2</sup> Napišite povzetek raziskovalnega programa v slovenskem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11) in angleškem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>3</sup> Napišite kratko vsebinsko poročilo, v katerem predstavite raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega programa in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

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

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

<sup>6</sup> Navedite znanstvene dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru tega programa. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja programa (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'. [Nazaj](#)

<sup>7</sup> Navedite družbeno-ekonomske dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru tega programa. Družbeno-ekonomski dosežek iz obdobja izvajanja programa (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'.

Družbeno-ekonomski 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-ekonomskega 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. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat programa ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

<sup>8</sup> Navedite rezultate raziskovalnega programa iz obdobja izvajanja programa (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki (približno 1/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

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

<sup>10</sup> Največ 4.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

<sup>11</sup> Največ 4.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

<sup>12</sup> Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1. 1. 2009 – 31. 12. 2012), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

<sup>13</sup> Vpišite število opravljenih diplom v času trajanja raziskovalnega programa glede na vrsto usposabljanja. [Nazaj](#)

<sup>14</sup> Vpišite šifro raziskovalca in/ali ime in priimek osebe, ki je v času trajanja raziskovalnega programa pridobila naziv magister znanosti in/ali doktor znanosti ter označite doseženo izobrazbo. V primeru, da se je oseba usposabljala po programu Mladi raziskovalci, označite MR. [Nazaj](#)

<sup>15</sup> Za mlade raziskovalce, ki ste jih navedli v tabeli 11.2. točke (usposabljanje so uspešno zaključili v obdobju od 1. 1. 2009 do 31. 12. 2012), ustrezno označite, kje so se zaposlili po zaključenem usposabljanju. [Nazaj](#)

<sup>16</sup> Navedite naslove projektov in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>17</sup> Navedite naslove projektov, ki ne sodijo v okvir financiranja ARRS (npr: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine idr.) in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>18</sup> Opišite možnosti za uporabo rezultatov v praksi. Opišite izdelke oziroma tehnologijo in potencialne trge oziroma tržne niše, v katere sodijo. Ocenite dodano vrednost izdelkov, katerih osnova je znanje, razvito v okviru programa oziroma dodano vrednost na zaposlenega, če jo je mogoče oceniti (npr. v primerih, ko je rezultat izboljšava obstoječih tehnologij oziroma izdelkov). Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>19</sup> Največ 1.000 znakov vključno s presledki (približno 1/6 strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

<sup>20</sup> Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2012 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitve dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROG-ZP/2013 v1.00

14-6E-36-5D-23-EA-5C-2D-8C-E8-37-91-25-A7-93-19-83-05-12-FB

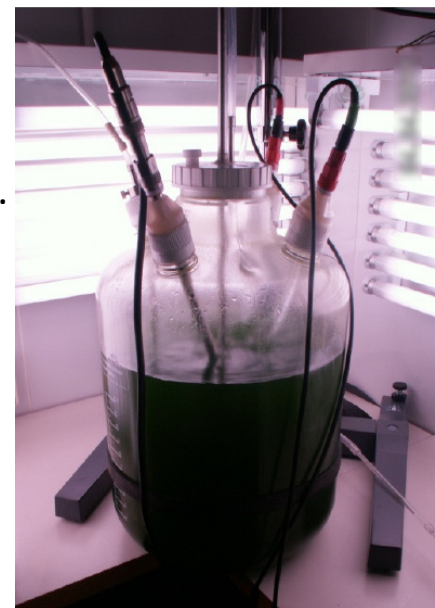
## TEHNIKA

### Področje: 2.02 – Kemijsko inženirstvo

#### Znanstveni dosežek v 2012:

Izgradnja pilotnega fotobioreaktorja za gojenje mikroalg je bila korak dalje od dosedanjega dela na laboratorijskem nivoju. Za zaprte fotobioreaktorje je značilno, da ni enostavnega prenosa v večje merilo. Zato so se za testiranje delovanja fotobioreaktorja namenoma izbral eksperiment, ki je potekal pri normalnih rastnih pogojih za mikroalga, da ni bila izpostavljena stresnim pogojem, in da je bil produkt gojenja biomasa mikroalg. Z redčenjem rastnega medija in dodajanjem hranil nam je uspelo držati kulturo mikroalg v eksponentni fazi rasti.

Vir: COBISS.SI-ID 35597317



V zadnjih letih se vse več zanimanja namenja mikroalgam kot novemu viru biomase za proizvodnjo goriv in s tem obnovljivega vira energije. Mikroalge imajo sposobnost fotosinteze, med katero pod vplivom svetlobe izkoriščajo toplogredni ogljikov dioksid ( $\text{CO}_2$ ), sproščajo pa kisik ( $\text{O}_2$ ). Glavne značilnosti alg, po katerih se ločijo od drugih virov biomase, so velika površina glede na prostornino, visoka vsebnost maščob ali ogljikovih hidratov, ne potrebujejo posebne obdelovalne površine in sveže vode, hranila za rast, pa lahko izhajajo iz odpadnih vod,  $\text{CO}_2$  pa iz dimnih plinov. Odlikuje jih hitrejša rast, zato lahko na enaki površini v istem času proizvedejo nekaj desetkrat več biomase.

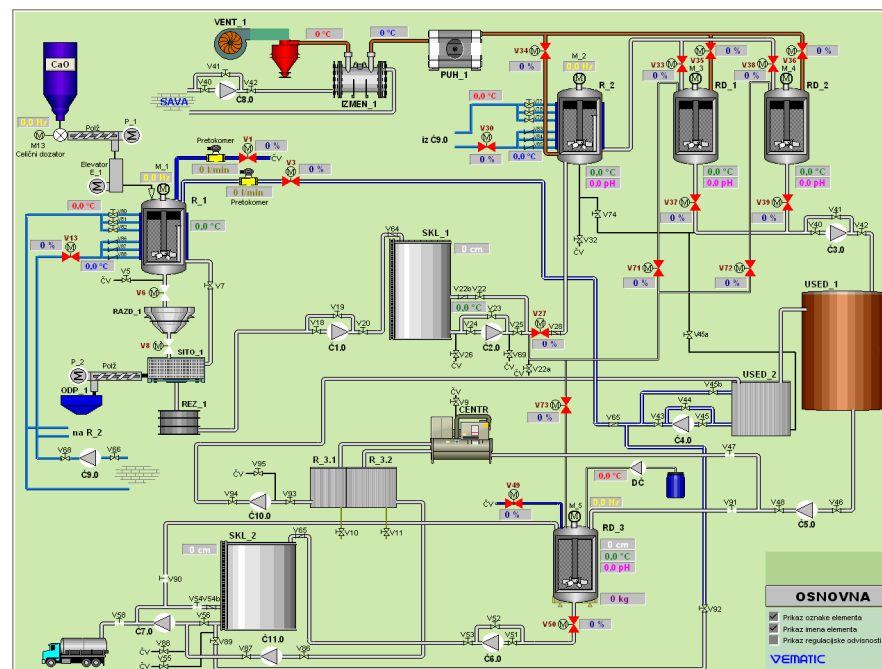
Postavili smo pilotno napravo, ki je bila sestavljena iz mešalne posode in spiralnega cevne fotobioreaktorja, katerega cevi so bile iz upogljive plastične mase in ovite okoli kovinskega ogrodja, znotraj tega pa so bile pritrjene fluorescentne sijalke. Cev je bila na ogrodje speljana z dna mešalne posode, z vrha ogrodja pa se je vračala nazaj na zgornjo ploskev mešalne posode. Mešalna posoda je bila zgrajena iz prosojnega akrilnega stekla in oblikovana v skladu s standardno konfiguracijo.

Preko računalniškega sistema smo v gojeni kulturi neposredno spremljali pH vrednost, koncentracijo kisika in temperaturo. Z odvzemanjem vzorca iz gojene kulture pa smo posredno spremljali koncentracijo hranil, število celic in vsebnost klorofila v biomasi alg. Rast mikroalg je v fotobioreaktorju potekala pol-šaržno (čim bližje eksponentni stopnji rasti), zato smo za računanje potrebnega odvzema oziroma dodatka komponent uporabili kinetiko, značilno za šaržne reaktorje, ki smo jo ovrednotili iz predhodnih šaržnih poskusov.

## TEHNIKA

### Področje: 2.02 – Kemijsko inženirstvo

Družbeno-ekonomski dosežek v 2012:  
Na podlagi vabljenega predavanja je prof.dr. Janvit Golob (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo) gostoval v Švici (Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Laboratory for Environmental Biotechnology) s predavanjem "Capturing CO<sub>2</sub>", s katerim so bili predstavljeni rezultati raziskav na globalni problematiki, to je zajemanju in shranjevanju CO<sub>2</sub>.



Raziskave v slovenskih razmerah so vezane na zajemanje v Ca<sup>2+</sup> raztopine, alge sisteme ter klasične aminske raztopine. V prispevku je predstavljena metoda, značilna za obravnavanje tehnoloških nalog, ki vključujejo raziskave v laboratoriju, razvoj na pilotskem postrojenju in prenos v produkcijsko kapaciteto, upoštevajoč tri nivoje dela:

- 1) produkt,
- 2) proces in
- 3) oprema.