

ZAKLJUČNO POROČILO
O REZULTATIH OPRAVLJENEGA RAZISKOVALNEGA DELA
NA PROJEKTU V OKVIRU CILJNEGA RAZISKOVALNEGA
PROGRAMA (CRP) »KONKURENČNOST SLOVENIJE 2006 – 2013«

I. Predstavitev osnovnih podatkov raziskovalnega projekta

1. Naziv težišča v okviru CRP:

5. Povezovanje ukrepov za doseganje trajnostnega razvoja



REPUBLIKA SLOVENIJA
NOSILEC JAVNEGA POOBLASTILA
JAVNA AGENCIJA ZA RAZISKOVALNO DEJAVNOST
REPUBLIKE SLOVENIJE, LJUBLJANA

2. Šifra projekta:

V4-0333

Prejeto: -2-03-2009	Sig. z:
Šifra zadeve: 03113-374/2009-12	Pril.: Okle
	Vrednost:

3. Naslov projekta:

Analiza možnosti uvedbe energetskih rastlin za predelavo v bioplin na slovenskih kmetijskih gospodarstvih

3. Naslov projekta

3.1. Naslov projekta v slovenskem jeziku:

Analiza možnosti uvedbe energetskih rastlin za predelavo v bioplin na slovenskih kmetijskih gospodarstvih

3.2. Naslov projekta v angleškem jeziku:

Analysis of possibility of growing energy plants for processing into biogas on Slovenian farms

4. Ključne besede projekta

4.1. Ključne besede projekta v slovenskem jeziku:

Bioplin, energetske rastline, večkriterijski model

4.2. Ključne besede projekta v angleškem jeziku:

Biogas, energy plants, multi criteria decision model

5. Naziv nosilne raziskovalne organizacije:

Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede

5.1. Seznam sodelujočih raziskovalnih organizacij (RO):

6. Sofinancer/sofinancerji:

Ministrstvo za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano RS

7. Šifra ter ime in priimek vodje projekta:

15681

Izr. prof. dr. Bogomir Muršec

Datum: 24. 2. 2009

Podpis vodje projekta:

Izr. prof. dr. Bogomir Muršec

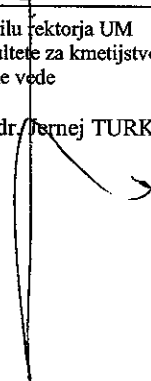


Podpis in žig izvajalca:

Rektor red. prof. dr. Ivan Rozman

Po pooblastilu rektorja UM
Dekan Fakultete za kmetijstvo in
biosistemske vede

Red. prof. dr. Fernej TURK



II. Vsebinska struktura zaključnega poročila o rezultatih raziskovalnega projekta v okviru CRP

1. Cilji projekta:

1.1. Ali so bili cilji projekta doseženi?

- a) v celoti
 b) delno
 c) ne

Če b) in c), je potrebna utemeljitev.

1.2. Ali so se cilji projekta med raziskavo spremenili?

- a) da
 b) ne

Če so se, je potrebna utemeljitev:

2. Vsebinsko poročilo o realizaciji predloženega programa dela¹:

Vsebinsko poročilo je skladno z metodiko projekta, kjer smo projekt razdelili na tri sklope.

SKLOP 1:

Bioplinska scena doživlja pravo renesanso, kar je opaziti tudi na avstrijskem Štajerskem in v Prekmurju na slovenskem. Še pred leti so bile tovrstne naprave redke. Odkar so na voljo in tudi za daljše obdobje (13 let) zagotovljene premije za električno energijo proizvedeno iz obnovljivih virov energije, so se obstoječim bioplinskim napravam pridružile nove, številne pa so v fazi nastajanja.

Medtem, ko so bile prve na avstrijskem Štajerskem postavljene naprave male naprave (20-80 kW el. moči), katerih investitor in upravljaec je bil le en (največkrat kmetovalec), so naprave nove generacije pretežno skupinske (tudi komunalne) naprave, za njihovo postavitev in upravljanje pa so partnerji ustanovili gospodarsko družbo. Te naprave so znatno večje od prvotnih (preko 250 kW el. moči).

Prvotne štajerske bioplinske naprave so koncipirali oz. primerjali glede na število glav velikih živali (GVŽ). Takrat je bilo število in vrsta živali na kmetijskem gospodarstvu odločilni kriterij za velikost bioplinske naprave, saj je osnovo za dimenzioniranje predstavljala količina v kmetijskem gospodarstvu nastajajoče gnojevke. Dandanes dimenzioniranje bioplinskih naprav še komaj kaj temelji na številu GVŽ, toliko bolj pa na količini organskih trdnih snovi in iz tega izhajajoče pridobljene el. moči oz. energetskega potenciala naprav primerljivega velikostnega reda.

Postavitev novih bioplinskih naprav temelji predvsem na surovinah poljedelskega izvora (substratih). Med njimi sta najpomembnejši koruza oz. koruzna silaža ter travna košnja oz. travna silaža. Potencial bioplina iz izključno poljedelskih surovin ter gnojevke predstavlja na avstrijskem štajerskem večinski delež (preko 90%) skupnega potenciala bioplina. Toda smiselna je tudi predelava bioloških odpadkov iz obrti, komunale in industrije v bioplinskih napravah.

V nadaljevanju je na kratko predstavljenih nekaj bioplinskih naprav na avstrijskem štajerskem in Sloveniji:

1. BIOPLINSKA NAPRAVA BIOSTROM KEG (bioplinska naprava v Pöllau, Avstrija)

- poraba električne energije: 124.100 kWh/leto
- stroški električne energije: 16.300 EUR
- v javno omrežje oddana električna energija: 2.000.000 kWh/leto
- bruto proizvedena energija: 6.500.000 kWh/leto
- investicijski stroški: 1.100.000 EUR

2. BIOPLINSKA NAPRAVA V LETUŠU KMETIJA FLERE (Slovenija)

- sestavine substrata: goveja gnojevka, kuhinjski odpadki, ostanki predelave mleka
- električna nazivna moč: 2 x 62 kW
- poraba energije: ogrevanje hiše in hleva, procesna toplota, prodaja električne energije v distribucijsko omrežje
- investicijski stroški: okoli 360.000 EUR

3. BIOPLINSKA NAPRAVA V IHANU (največja prašičja farma v Sloveniji)

- sestavine substrata: prašičja gnojevka

¹ Potrebno je napisati vsebinsko raziskovalno poročilo, kjer mora biti na kratko predstavljen program dela z raziskovalno hipotezo in metodološko-teoretičen opis raziskovanja pri njenem preverjanju ali zavračanju vključno s pridobljenimi rezultati projekta.

- električna nazivna moč: 220 kW
- bruto proizvedena energija: 2.142.000 kWh/leto električne energije in 4.300.000 kWh/leto toplotne energije

- poraba energije: pogon separatorjev, delovanje črpalk in ogrevanje digestorjev (lastna raba), dehidracija, pogoni na komunalni čistilni napravi Domžale-Kamnik

- investicijski stroški: okoli 5.000.000 EUR

4. BIOPLINSKA NAPRAVA NA FARMI NEMŠČAK (KG RAKIČAN - prašičja farma)

- proizvedena količina bioplina 11.700 Nm³ na dan

- električna moč kogeneracije cca 1,3 MW

- proizvedena električna energija 24.000 kWh/dan za oddajo v javno omrežje

- količina odpadkov, ki dnevno vstopa v proces je 234.142 kg

5. BIOPLINSKA NAPRAVA AUERSBACH (avstrijska štajerska)

- substrati: gnojevka, kuhinjski odpadki

- toplotna nazivna moč: 170 kW

- bruto proizvedena energija letno 2.850.000 kWh

- poraba energije lastna in javno el. omrežje

- investicijski stroški 872.074 EUR

6. DRUGE BIOPLINSKE NAPRAVE NA AVSTRJSKEM ŠTAJERSKEM: BLAINDORF (180 kW), STRADEN (420 kW), LIGIST (140 kW), BAD WALTERSDORF (60 kW), SEMRIACH (34 kW), ST. MARTIN (75 kW), GRÖBMING (30 kW), HEILIGENKREUZ AM WAASEN (600 kW), ST. GEORGEN (420 kW).

Substrati, ki jih uporabljajo na teh bioplinarnah so gnojevka, travna silaža, koruzna silaža, ostanki hrane, sadja, kokošji gnoj, pivske tropine, jedilna olja, maščobe, gostinski odpadki, komunalni odpadki, sudanska trava in drugo.

Pri navezavi stikov s Tehnično univerzo v Gradcu smo si ogledali laboratorijske bioplinске fermentorje za merjenje proizvodnje bioplina iz energetskih rastlin in drugih organskih substratov. Podobno napravo smo v nadaljevanju tudi zgradili za lastne potrebe testiranja energetskih rastlin posejanih v poljskih poskusih.

Pri analizi informacij o sistemih pridelave energetskih rastlin za predelavo v bioplin, tehniki pridelave in primernih sortimentov smo prišli do zaključkov, da se energetske rastline pridelujejo v konvencionalni in intergirani pridelavi poljščin, predvsem v čisti setvi. Kolobar na slovenski kmetiji je sestavljen pretežno iz koruze za proizvodnjo silaže, ki ima največji potencial za predelavo v bioplin. V nekaterih primerih jo zamenja sirek, ki bi lahko bila alternativa za predelavo v energetske namene. Iz naših rezultatov je razvidno, da se je pridelek bioplina iz sirka približal koruzi, pa tudi pridelek biomase pri sirku je relativno visok, kar pa zavisi od pravilne izbire hibrida posamezne rastline. Z digestorjem, ki smo ga zgradili v okviru projekta tako sedaj preverjamo različne hibride koruzne silaže v sodelovanju z tremi semenarskimi hišami. Pravtako bi bilo smotno preveriti tudi pridelke bioplina različnih hibridov sirka in drugih energetskih rastlin.

SKLOP 2:

V okviru sklopa dva smo postavili, izvedli in vrednotili poljske poskuse (čisti posevki, združene setve) za energetske rastline koruza, sirek, ščir, sončnica, sladkorna pesa in topinambur. Ob primerni zrelosti smo jih spravili (silirali) v mini silose. Silirano maso smo kasneje uporabili kot vhodni material v digestorju in za kemijsko analizo. Glede na obstoječe poljske poskuse in mini silose je bilo opravljenih 15 Wendskih analiz silaže in analiz na C/N razmerje.

Po nemškem standardu DIN 38414 smo zgradili digestor z 12 enotami za laboratorijsko

določanje bioplina iz energetskih rastlin ter pripadajočo opremo z demo merilnikom deponijskih plinov Geotech Instrumenst GA45, s katerim merimo sestavo bioplina (CH₄, CO₂ in O₂) ter nabava vrečk za vzorčenje plina z ventilom. Zraven spadajo še kemikalije, ki so potrebne za izvedbo poskusa.

Poljski poskusi zajemajo poskus gnojenja sladke koruze z digestatom in združene setve.

Združene setve

Kot pri pridelavi krme na travinju (različne travno-deteljne in deteljno-travne mešanice), se lahko tudi njivske krmne rastline pridelujejo v združenih setvah. Na ta način, z izbiro komplementarnih kultur, lahko izboljšamo kakovost krme, predvsem beljakovinsko vrednost, silaža pa lahko služi tudi kot substrat pri fermentaciji in proizvodnji bioplina.

V ta namen smo v poljskih poskusih proučevali uspešnost pridelave zrnatega ščira v združeni setvi s koruzo in sirkom (interakcije obeh komponent sejanih v različnih vrstičnih razmerjih: komplementarnost, tekmovalnost, LER...) z namenom ugotoviti uspešnost pridelave komponent v združenih setvah ter kakovost silažne mase namenjene za proizvodnjo bioplina.

Kot merilo interakcij kultur, uspešnosti in produktivnosti, se v znanstvenih raziskavah združenih setev uporabljajo posebni indikatorji. Najpogostejši kazalec uspešnosti združene setve je t.i. "ekvivalent pridelovalne površine" (land equivalent ratio, LER). LER je standardiziran indeks, definiran kot relativna potrebna površina kultur v čistih posevkih, za doseganje enako velikih pridelkov v združenih setvah:

$$LER = Y_{m1}/Y_{s1} + Y_{m2}/Y_{s2}$$

kjer je Y_{m1} količina pridelka prve kulture v združeni setvi in Y_{s1} pridelek te kulture v čistem posevku.

Izračun in interpretacija LER (tudi relativni skupni pridelek - relative yield total, RYT), je enostavna; kritična vrednost je 1.0, nad to vrednostjo sta ali so komponente (kulture) produktivnejše v združenih setvah, vrednost LER pod 1.0 pa kaže na večjo produktivnost čistih posevkov.

MATERIAL IN METODE DELA

Združene setve

Poljski poskus združene setve koruza – zrnati ščir je bil postavljen po Meadovi prilagoditvi Bleasdal-ove poskusne sheme za združene setve. Poskus je vključeval vrstična razmerja koruza - ščir 5:0; 4:1; 3:2; 2:3; 1:4 in 0:5. Izbran je hibrid koruze, primeren za pridelavo zrnja ter zrnati ščir A. cruentus 'G6' v gostotah 10 in 15 rastlin/m². Kоруza in ščir (poljščine sejane v dveh gostotah) sta bila sejana istočasno. V fazi mlečne črte in zrelosti koruze smo del obravnavanj izbranih razmerij kultur (koruza/ščir v utežnih razmerjih 100/0, 50/50 in 0/100) silirali v mini silosih. Kakovost različnih silaž mešanic smo ovrednotili z Wendsko analizo. Podobno kot pri opisani setvi, je bil postavljen tudi poljski poskus združene setve sirka in zrnatega ščira. Pridobljeni podatki poljskega dela slednjega še niso statistično analizirani (rast, razvoj, pridelek, LER) in bodo predmet diplomskega dela, kakovost silaže mešanic sirka in zrnatega ščira pa so bili ovrednoteni z

Wendsko analizo.

Gnojenje z digestatom (sladka koruza):

Poljski poskus s sladko koruso je bil izveden v letu 2008 v Cerkvenjaku v okviru Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede.

Postavitev poskusa:

- naključni blok sistem s štirimi ponovitvami,
- velikost parcelice: 17,5m².

I. Uporabljena gnojila:

1. bučne pogače (9% N)
2. digestat (cca 1,5% N, odvisno od sarže)
3. KAN (27% N)
4. ENTEC (26% N)

II. Količina dodanega dušika – (gnojilna norma – Nmin pred sajenjem korusze):

1. 70 kg N/ha
2. 120 kg N/ha
3. 170 kg N/ha
4. 220 kg N/ha
5. 0 kg N/ha.

Potek dela po standardu DIN 38 414:

Kakovost pridobljene silaže različnih razmerij komponent smo preverjali tudi v minidigestorju po nemškem standardu DIN 38 414, del 8.

Postopek je uporaben za blata – mulj, ostanke organskih snovi in odpadne vode z visoko koncentracijo organskih sestavin in živalski iztrebkov, ki uspešno delujejo pod anaerobnimi pogoji. Določitev časa trohnenja organske mase v laboratorijskih določilih (standarden poskus) daje pojasnilo o anaerobnih procesih, v določenem časovnem obdobju, merjeno glede na produkcijo plina, ki nastane pri trohnenju.

Pri poskusu smo uporabili cepitveno blato, ki je v veliki meri iztrohnelo blato in se aktivno ohranja z rednim dodajanjem majhnih količin surovega blata. Pri poskusu smo uporabljali čisti substrat prašičje gnojevke iz prašičje farme Nemščak. Cepitveno blato je primerno trohnelo blato komunalne čistilne naprave in drugih blat organskega izvora, ki ni podvrženo nobeni zavori, ki se da meriti med trohnenjem in ki je v enakih pogojih vsaj en mesec. Ne sme vsebovati velikih delcev, v blatu pa naj ne bi bile prisotne druge primesi kot so trava, lesni ostanki in podobno. V primeru shranjevanja je potrebno skrbeti, da je temperatura okolice enaka.

Po standardu DIN 38414 smo zgradili minidigestor za pridobivanje bioplina (Priloga 1). Osnovna konstrukcija je zgrajena iz nerjavečega jekla. Dolga je 2500 mm in visoka 1000 mm. Na najvišjem delu je polička, na kateri so zunanje posode za odvečno tekočino. Spodaj je korito velikosti 200x200 mm obloženo s stiroporom, kar preprečuje preveliko izgubo toplote. V koritu je poleg eudietrov postavljena še grelna črpalka, ki skrbi za konstantno temperaturo vode in njeno kroženje. Tako smo dosegli enakomerno temperaturo vode v vsem koritu. Eudiometri so pritrjeni na kovinski profil nad konstrukcijo tako, da se ne morejo prevrniti in da jih je moč čim lažje odstranjevati. Na levi strani konstrukcije je pritrjen termometer, ki s tipalom meri temperaturo vode v koritu in temperaturo zraka. V prostoru je prav tako barometer za merjenje zračnega tlaka. Za merjenje sestave bioplina smo uporabili plinski analizator GA 45 (Priloga 1).

Poskusi proizvodnje bioplina so potekali v mezofilnem temperaturnem območju (35 C). Rezultati so preračunani na normalno stanje ($T=273$ K, tlak 1013 mbar) ob upoštevanju suhe snovi in organske suhe snovi in so podani v NI/kg oSS. V ta namen smo v okolju Excela izdelali program, v katerega smo vnašali rezultate meritev, kot rezultat pa smo dobili povprečje treh meritev v NI/kg oSS.

V okviru sklopa 3 smo izdelali pripadajoče stroškovne študije za sisteme pridelave energetskih rastlin. V ta namen smo specificirali tehnološko-ekonomski simulacijski model s katerim smo ocenjevali lastne cene enote posameznega energetskega proizvoda (EUR/enoto energije) pri različnih vhodnih tehnološko-ekonomskih parametrih. Pridobljeni podatki nam služijo za oceno količin proizvodnih inputov in so osnova za izračun proizvodnih stroškov. Nadalje smo definirali kriterije za oceno primernosti posameznih energijskih rastlin (kriteriji okoljske primernosti, tehnološki kriteriji, ekonomski kriteriji) ter na podlagi definirane hierarhične strukture kriterijev z metodo analitične hierarhije procesov izdelali večkriterijsko oceno primernosti za analizirane energetske rastline. Končna ocena je izračunana kot vsota produktov prioritet kriterijev in alternativ. Metoda AHP je implementirana s programskim orodjem Expert Choice 2000TM.

Statistična analiza rezultatov poljedelskih poskusov je temeljila na ANOVI (testih homogenosti varianc, statistično značilnih razlik med obravnavanji in njihovimi interakcijami v poskusnih zasnovah factorskega tipa), testiranju statističnih razlik med merjenimi parametri obravnavanj in interakcij, korelacijskih povezav... Uporabljeno je bilo programsko orodje SPSS.

REZULTATI DELA IN SKLEPI

Rezultati raziskav tega dela projekta bodo delno predstavljeni v diplomskih nalogah študentov višje in visokošolskega študija ter v doktorskih disertacijah Milojke Fekonja in mag. Silve Grobelnik Mlakar. V nadaljevanju podajamo nekatere pomembnejše sklepe.

Rezultati poskusa z gnojilnim digestatom in sladko koruzo:

Rezultati SKUPNI IN TRŽNI PRIDELEK SLADKE KORUZE so podani v Prilogi 2.

Kot je razvidno iz rezultatov, smo pri gnojenju z digestatom dosegli signifikantno najmanjši pridelek. Signifikantno največji pridelek je bil pri gnojenju z bučnimi pogačami. Statistično značilnih razlik pri gnojenju s KAN-om in ENTEC-om ni bilo.

Poskus se bo izvajal še v tem letu, na podlagi letošnjih rezultatov bomo prišli do natančnejših ugotovitev o primernosti gnojenja z digestatom.

Združene setve

Iz pridobljenih informacij lahko povzamemo, da:

- Sta koruza in ščir komplementarni rastlinski vrsti in tako primerni kot komponenti v združeni setvi.

Izračunani parcialni LER-i koruze se gibljejo, glede na vrstična razmerja, med 0.82 in 1.09 parcialni LER-i ščira pa med 0.13 in 0,88. Izračunani LER združene setve je v primeru višje gostote zrnatega ščira (15 rastlin/m²) ter vseh vrstičnih razmerij komponent večji od kritične vrednosti 1.0 (vrednosti med 1.01 in 1.09), kar kaže na večjo produktivnost kultur v združeni setvi v primerjavi s produktivnostjo poljščin sejanih v čisti setvi.

- Izbran kultivar mehiškega ščira 'G6' je primeren za siliranje.

- Kakovost koruzne silaže se z dodatkom ščira v silažno maso izboljša.

Opravljen Wendske analize kažejo izboljšano krmno vrednost silaže razmerja 50/50 predvsem v količini surovih beljakovin (SB), prebavljivih surovih beljakovin (PSB) in

surovega pepela (SP). Tako je količina SB v silosu požetem v tehnološki zrelosti koruze v primerjavi s koruzno silažo za 30% višja, količina PSB višja za 56% in količina pepela v povprečju za 84%, silirna masa razmerja 50/50 požeta v fiziološki zrelosti koruze pa vsebuje v povprečju 55% več SB, kar 85% več PSB in 54% več pepela v primerjavi s koruzno silažo.

V prilogi 3 so prikazani pridelki združene setve ščira in koruze.

Pridelek bioplina pri posameznih energetskih rastlinah:

Rezultati raziskav tega dela projekta bodo podrobneje predstavljeni v doktorski disertaciji Petra Vindiša. V nadaljevanju podajamo nekatere pomembnejše sklepe.

Pridelek bioplina je bil izmerjen z mini digesterjem in je podan v NI/kg oSS.

1. KORUZA: bioplin 576 NI/kg oSS oziroma biometan 333 NI/kg oSS
2. SIREK: bioplin 509 NI/kg oSS oziroma biometan 286 NI/kg oSS
3. ŠČIR: bioplin 421 NI/kg oSS oziroma biometan 234 NI/kg oSS
4. SONČNICA: bioplin 495 NI/kg oSS oziroma biometan 292 NI/kg oSS
5. TOPINAMBUR: bioplin 463 NI/kg oSS oziroma biometan 278 NI/kg oSS
6. SLADKORNA PESA: bioplin 649 NI/kg oSS oziroma biometan 345 NI/kg oSS
7. 50% KORUZA + 50% SIREK (združene setve): bioplin 332 NI/kg oSS oziroma biometan 204 NI/kg oSS
8. 50% SIREK + 50% ŠČIR (združene setve): bioplin 184 NI/kg oSS oziroma biometan 98 NI/kg oSS
9. 50% ŠČIR + 50% KORUZA (združene setve): bioplin 250 NI/kg oSS oziroma biometan 140 NI/kg oSS.
10. 50% SLADKORNA PESA + 50% KORUZA: bioplin 429 NI/kg oSS oziroma biometan 241 NI/kg oSS
11. 75% SLADKORNA PESA + 25% KORUZA: bioplin 493 NI/kg oSS oziroma biometan 289 NI/kg oSS
11. 25% SLADKORNA PESA + 75% KORUZA: bioplin 455 NI/kg oSS oziroma biometan 281 NI/kg oSS.

V prilogi 4 je grafično ponazorjen pridelek bioplina in biometana pri posameznih energetskih rastlinah.

V našem primeru so bili substrati izpostavljeni anaerobnim pogojem 35 dni. Iz grafov je razvidno, da je večina bioplina nastala v prvih 14 dnevih anaerobnega vrenja, kasneje se proizvodnja umiri in na koncu poskusa bioplin več ne nastaja. V prilogi 5 so prikazani trije grafi proizvodnje bioplina v 35 dnevih za koruzo, sirek in ščir.

Zaključni rezultati predstavljajo izdelavo tehnološko - ekonomsko simulacijskega modela, s katerimi se ocenjujejo lastne cene enote posameznega energetskega proizvoda (EUR/enoto energije) pri različnih vhodnih tehnološko-ekonomskih parametrih. Zaradi lažjega preračunavanja, poenostavitve dela in čim hitrejšega iskanja alternativnih rešitev, je uporaba računalnika pri izdelavi in izračunavanju tehnološko - ekonomsko simulacijskih modelov neizogibna. Za razvoj modela smo uporabili programski paket MS Excel 2003, v kombinaciji z programskim jezikom VBA (Visual basic za aplikacije). Sam model je sestavljen iz večih podmodelov, kot so podmodel proizvodnje bioplina za posamezno rastlino, podmodel kalkulacij skupnih stroškov, podmodel pridelka električne in toplotne energije. Posamezen model tako zbere podatke in izračuna določene tehnološke in ekonomske parametre (pridelek bioplina, lastna cena, lastna cena električne energije, lastna cena toplotne energije, koeficient ekonomičnosti itd.) ob različnih vhodnih parametrih (inputi, cene, pridelki biomase...). V prilogi 6 je prikazan osnovni meni glavnih razvitih modelov. Pridobljeni podatki v simulacijskem modelu služijo kot

informacijska osnova za večkriterijsko analizo poslovnih alternativ (energetskih rastlin). Rezultate simulacije nadalje vrednotimo z analitično hierarhičnim procesom (AHP) v programskem paketu EXPERT CHOICE 2000TM.

V nadaljevanju smo definirali kriterije za oceno primernosti posameznih energijskih rastlin (kriteriji okoljske primernosti, tehnološki kriteriji, ekonomski kriteriji). V prilogi 6 je prikazano odločitveno drevo ter nabor alternativ v programskem paketu EXPERT CHOICE 2000TM.

Obravnavani odločitveni problem je strukturiran v dveh nivojih, primarni in sekundarni nivo kriterijev:

- Ekonomski kriterij (podkriteriji: lastna cena kmet, lastna cena električna energija, lastna cena toplotna energija).

- Tehnološki kriterij (podkriteriji: tehnologija pridelave bioplina (primernost rastline za predelavo v bioplin, primernost rastline za manipulacijo v digestorju, C/N razmerje), tehnologija pridelave poljščin (zahtevnost pridelave, kolobar, tveganje v proizvodnji (nevarnost toče, odpornost rastlin na sušo)).

- Okoljski kriterij (podkriteriji: potrebe po gnojilih (dušik), uporaba FFS v proizvodnji).

V naslednji fazi se poda pomembnost posameznih kriterijev s Saatiyevno skalo. Programski paket EC omogoča samodejno izračunavanje lastnih vektorjev primerjalnih matrik in končne ocene alternativ.

Programski paket EC omogoča tudi vnos vrednosti posameznih kriterijev preko t.i. podatkovnega okvira (Data Grid). Vsakemu kriteriju so prirejene zaloge vrednosti. V naslednjem koraku EC samodejno določi ustrezne uteži. V Data Grid pa se numerične vrednosti vnašajo ročno za vsak element odločitvenega modela (priloga 7).

Končna ocena alternative je izračunana kot vsota produktov uteži alternativ (prioritet) in uteži kriterijev. Dobljene rezultate rangiramo glede na razvrstitev koristnosti posameznih alternativ. Alternative v našem primeru so energetske rastline. Alternativa z najboljšo oceno je tako najprimernejša in obratno. Alternativa z najnižjo končno oceno glede na definirane kriterije in cilje je najmanj sprejemljiva. V prilogi 7 je prikazana skupna končna ocena izbire energetske rastline ob danih kriterijih. Iz priloge je razvidno, da je ob danih kriterijih najbolj primerna energetska rastlina za predelavo v bioplin koruza, takoj za njo je sirek, ki je lahko alternativa za zamenjavo koruze. Predvsem v zamenjavi v kolobarju, ob pojavljanju težav s koruznim hroščem. Sledijo topinambur, sončnica, sladkorna pesa in kot zadnji ščir.

Razvit tehnološko - ekonomski simulacijski model v povezavi z večkriterijskim odločanjem svojo pravo vrednost pokaže v praktični uporabi, pri procesu planiranja in odločanja pri proizvodnji energetskih rastlin in predelavi le teh v bioplin oziroma električno in toplotno energijo. Razvito orodje predstavlja tudi dobro osnovo za nadaljnji razvoj kompleksnejših integralnih modelov, ki so namenjeni predvsem procesu planiranja in odločanja. Tako bo nadaljno raziskovalno delo temeljilo na nadgradnji in izpopolnjevanju razvitega modela.

Podrobnejši opis dela in razvoja samega modela bo opisan v znanstveni monografiji (e - publikaciji), ki je v pripravi.

3. Izkoriščanje dobljenih rezultatov:

3.1. Kakšen je potencialni pomen² rezultatov vašega raziskovalnega projekta za:

- a) odkritje novih znanstvenih spoznanj;
- b) izpopolnitev oziroma razširitev metodološkega instrumentarija;
- c) razvoj svojega temeljnega raziskovanja;
- d) razvoj drugih temeljnih znanosti;
- e) razvoj novih tehnologij in drugih razvojnih raziskav.

3.2. Označite s katerimi družbeno-ekonomskimi cilji (po metodologiji OECD-ja) spadajo rezultati vašega raziskovalnega projekta:

- a) razvoj kmetijstva, gozdarstva in ribolova - Vključuje RR, ki je v osnovi namenjen razvoju in podpori teh dejavnosti;
- b) pospeševanje industrijskega razvoja - vključuje RR, ki v osnovi podpira razvoj industrije, vključno s proizvodnjo, gradbeništvom, prodajo na debelo in drobno, restavracijami in hoteli, bančništvom, zavarovalnicami in drugimi gospodarskimi dejavnostmi;
- c) proizvodnja in racionalna izraba energije - vključuje RR-dejavnosti, ki so v funkciji dobave, proizvodnje, hranjenja in distribucije vseh oblik energije. V to skupino je treba vključiti tudi RR vodnih virov in nuklearne energije;
- d) razvoj infrastrukture - Ta skupina vključuje dve podskupini:
 - transport in telekomunikacije - Vključen je RR, ki je usmerjen v izboljšavo in povečanje varnosti prometnih sistemov, vključno z varnostjo v prometu;
 - prostorsko planiranje mest in podeželja - Vključen je RR, ki se nanaša na skupno načrtovanje mest in podeželja, boljše pogoje bivanja in izboljšave v okolju;
- e) nadzor in skrb za okolje - Vključuje RR, ki je usmerjen v ohranjanje fizičnega okolja. Zajema onesnaževanje zraka, voda, zemlje in spodnjih slojev, onesnaženje zaradi hrupa, odlaganja trdnih odpadkov in sevanja. Razdeljen je v dve skupini:
- f) zdravstveno varstvo (z izjemo onesnaževanja) - Vključuje RR - programe, ki so usmerjeni v varstvo in izboljšanje človekovega zdravja;
- g) družbeni razvoj in storitve - Vključuje RR, ki se nanaša na družbene in kulturne probleme;
- h) splošni napredek znanja - Ta skupina zajema RR, ki prispeva k splošnemu napredku znanja in ga ne moremo pripisati določenim ciljem;
- i) obramba - Vključuje RR, ki se v osnovi izvaja v vojaške namene, ne glede na njegovo vsebino, ali na možnost posredne civilne uporabe. Vključuje tudi varstvo (obrambo) pred naravnimi nesrečami.

² Označite lahko več odgovorov.

3.3. Kateri so **neposredni rezultati** vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

Razvit tehnološko - ekonomski simulacijski model v povezavi z večkriterijskim odločanjem svojo pravo vrednost pokaže v praktični uporabi, pri procesu planiranja in odločanja pri proizvodnji energetskih rastlin in predelavi le teh v bioplino oziroma električno in toplotno energijo.

3.4. Kakšni so lahko **dolgoročni rezultati** vašega raziskovalnega projekta glede na zgoraj označen potencialni pomen in razvojne cilje?

Razvito orodje predstavlja dobro osnovo za nadaljnji razvoj kompleksnejših integralnih modelov, ki so namenjeni predvsem procesu planiranja in odločanja. Orodje je tako praktično uporabno pri procesu planiranja in načrtovanja pridelave in predelave energetskih rastlin za namene predelave v bioplino. Ob danih vhodnih parametrih (pridelek biomase, trenutni ceni gnojil, škropiv, električne energije...) tako dobimo finančni rezultat, na podlagi katerega se odločimo za posamezno rastlino. Orodje nam pomaga pri odločitvi, končna odločitev pa je vedno sprejeta s strani pridelovalca in predelovalca.

3.5. Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

- a) v domačih znanstvenih krogih;
- b) v mednarodnih znanstvenih krogih;
- c) pri domačih uporabnikih;
- d) pri mednarodnih uporabnikih.

3.6. Kdo (poleg sofinancerjev) že izraža interes po vaših spoznanjih oziroma rezultatih?

Interes se kaže s strani semenarskih hiš, s katerimi že sodelujemo. Semenarske hiše tržijo tudi koruzne hibride. V okviru tega vršimo meritve količin biometana iz posameznih hibridov in tako podamo oceno o primernosti posameznega koruznega hibrida za predelavo v bioplino. Meritve potekajo v okviru diplomskega dela. Tako se lahko končni uporabnik odloči, kateri hibrid je primernejši za predelavo v energetske nemene in tako doseže večje izplene končnega proizvoda.

3.7. Število diplomantov, magistrov in doktorjev, ki so zaključili študij z vključenostjo v raziskovalni projekt?

2 diplomanta, v pripravi doktorska naloga.

4. Sodelovanje z tujimi partnerji:

4.1. Navedite število in obliko formalnega raziskovalnega sodelovanja s tujimi raziskovalnimi inštitucijami.

Z tujo raziskovalno organizacijo Joanneum research smo sodelovali pri izdelavi digestorjev in primerjavi končnih pridobljenih rezultatov pridelka bioplina pri posameznih rastlinah.

4.2. Kakšni so rezultati tovrstnega sodelovanja?

Rezultati sodelovanja se kažejo v izdelavi podobnega digestorja za laboratorijsko določanje bioplina. Pridobljeni rezultati meritev sovpadajo z rezultati meritev v njihovem laboratoriju, kar kaže na pravilno izvedbo poskusa.

5. Bibliografski rezultati³ :

Za vodjo projekta in ostale raziskovalce v projektni skupini priložite bibliografske izpise za obdobje zadnjih treh let iz COBISS-a) oz. za medicinske vede iz Inštituta za biomedicinsko informatiko. Na bibliografskih izpisih označite tista dela, ki so nastala v okviru pričujočega projekta.

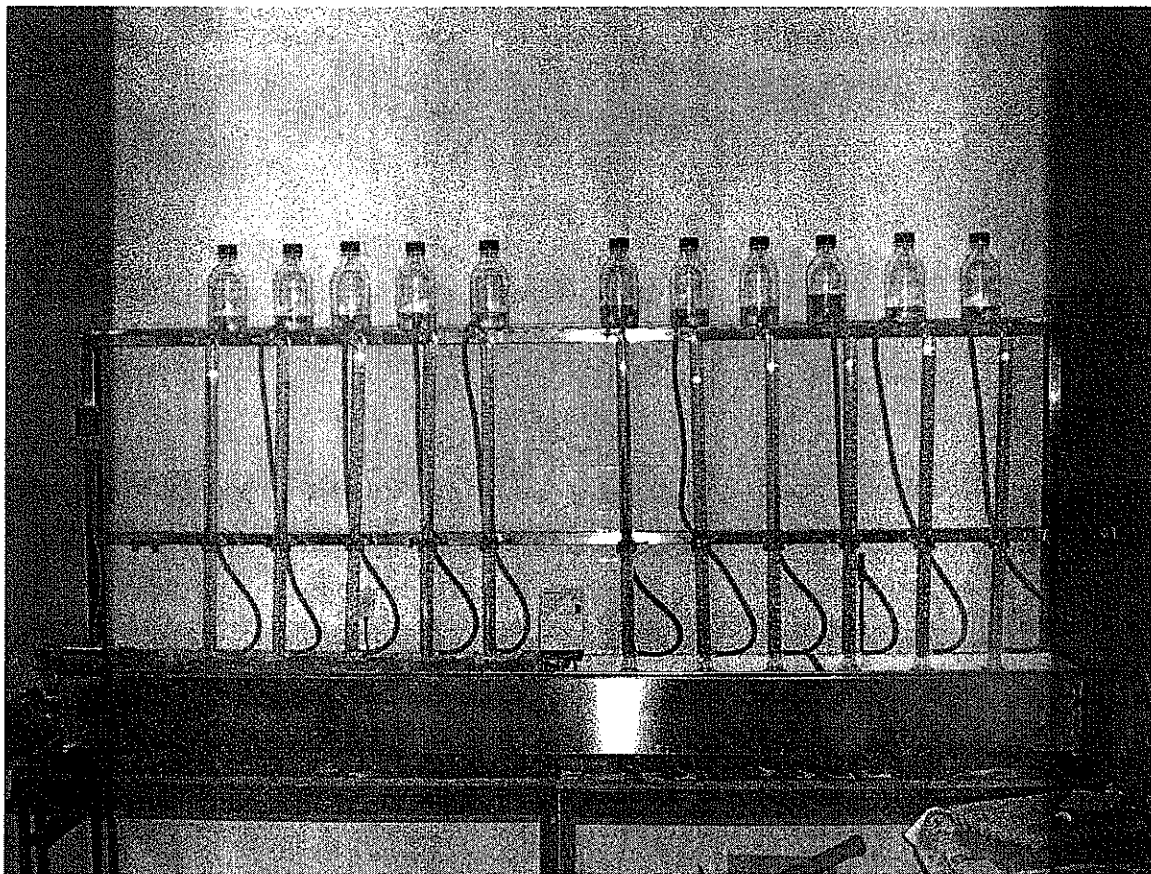
6. Druge reference⁴ vodje projekta in ostalih raziskovalcev, ki izhajajo iz raziskovalnega projekta:

³ Bibliografijo raziskovalcev si lahko natisnete sami iz spletne strani:<http://www.izum.si/>

⁴ Navedite tudi druge raziskovalne rezultate iz obdobja financiranja vašega projekta, ki niso zajeti v bibliografske izpise, zlasti pa tiste, ki se nanašajo na prenos znanja in tehnologije.

Navedite tudi podatke o vseh javnih in drugih predstavitev projekta in njegovih rezultatov vključno s predstavitvami, ki so bile organizirane izključno za naročnika/naročnike projekta.

PRILOGA 1: Zgrajen mini digester za proizvodnjo bioplina iz energetskih rastlin



Plinski analizator GA 45



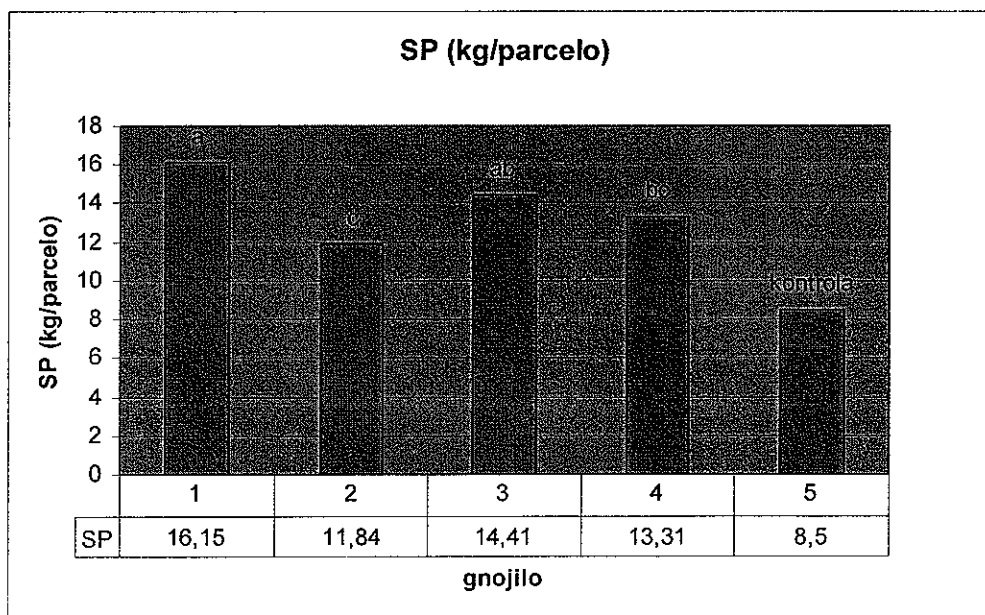
PRILOGA 2

Rezultati: SKUPNI IN TRŽNI PRIDELEK SLADKE KORUZE

	Skupni pridelek (kg/parcelo)	Tržni pridelek (kg/parcelo)
Gnojilo	**	**
N (količina)	*	*
G × N	ns	ns
Srednje vrednosti dejavnikov (kg/parcelo) ^m		
Gnojilo		
Bučne pogače (1)	16,15 ^a ± 0,73	13,61 ^a ± 0,63
Digestat (2)	11,84 ^c ± 0,78	9,92 ^c ± 0,61
KAN (3)	14,41 ^{ab} ± 0,86	11,87 ^b ± 0,66
ENTEC (4)	13,31 ^{cb} ± 0,61	11,02 ^{bc} ± 0,44
N (količina)		
70 kg N ha ⁻¹	11,75 ^b ± 0,80	9,92 ^c ± 0,65
120 kg N ha ⁻¹	13,59 ^{ab} ± 0,69	11,33 ^{cb} ± 0,56
170 kg N ha ⁻¹	15,03 ^a ± 0,75	12,11 ^{ab} ± 0,62
220 kg N ha ⁻¹	15,35 ^a ± 0,84	13,05 ^a ± 0,66
Kontrola (0 kg N ha ⁻¹) (5)	8,50	6,8

*, **, ***, ns – statistično značilen vpliv pri stopnji tveganja $\alpha=0,05$, $\alpha=0,001$ ter statistično neznačilen vpliv dejavnika

m- srednje vrednosti v okviru posameznih proučevanih dejavnikov označene z različnimi črkami se med seboj statistično razlikujejo (Duncan, $\alpha=0,05$)



Grafikon 1: Skupni pridelek (SP) sladke koruze glede na uporabljeno gnojilo

Kot je razvidno iz rezultatov, smo pri gnojenju z digestatom dosegli signifikantno najmanjši pridelek. Signifikantno največji pridelek je bil pri gnojenju z bučnimi pogačami. Statistično značilnih razlik pri gnojenju s KAN-om in ENTEC-om ni bilo.

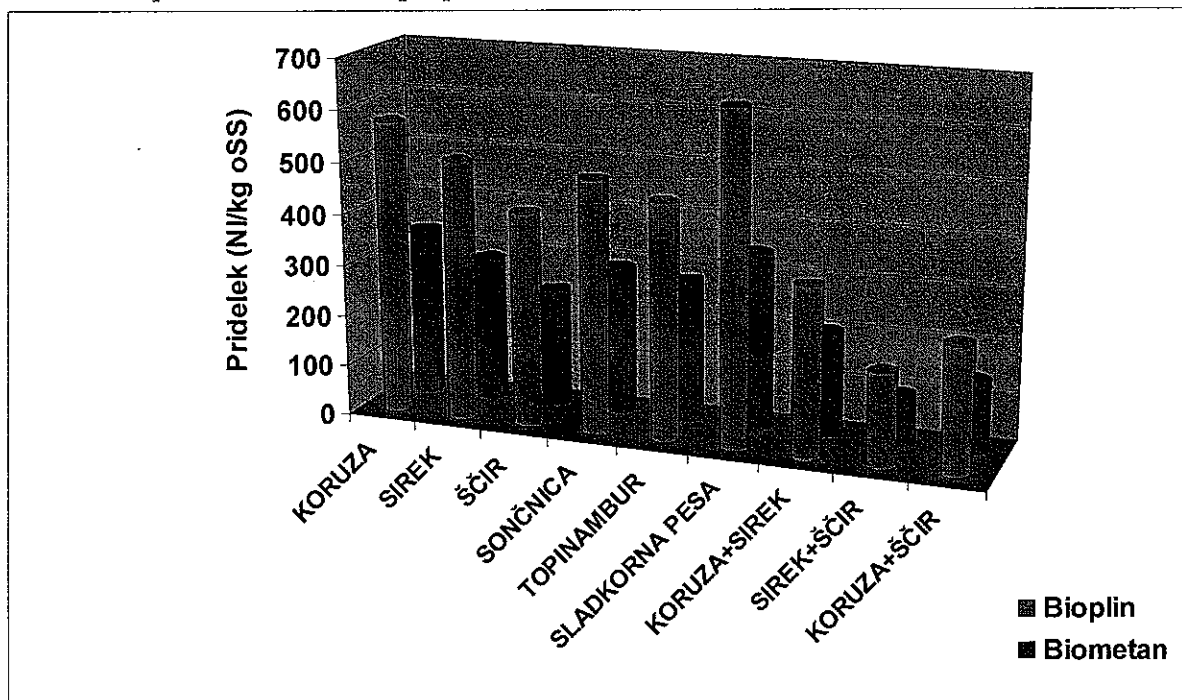
Poskus se bo izvajal še v tem letu, na podlagi letošnjih rezultatov bomo prišli do natančnejših ugotovitev o primernosti gnojenja z digestatom.

PRILOGA 3: Pridelki koruze in ščira v združenju setvi

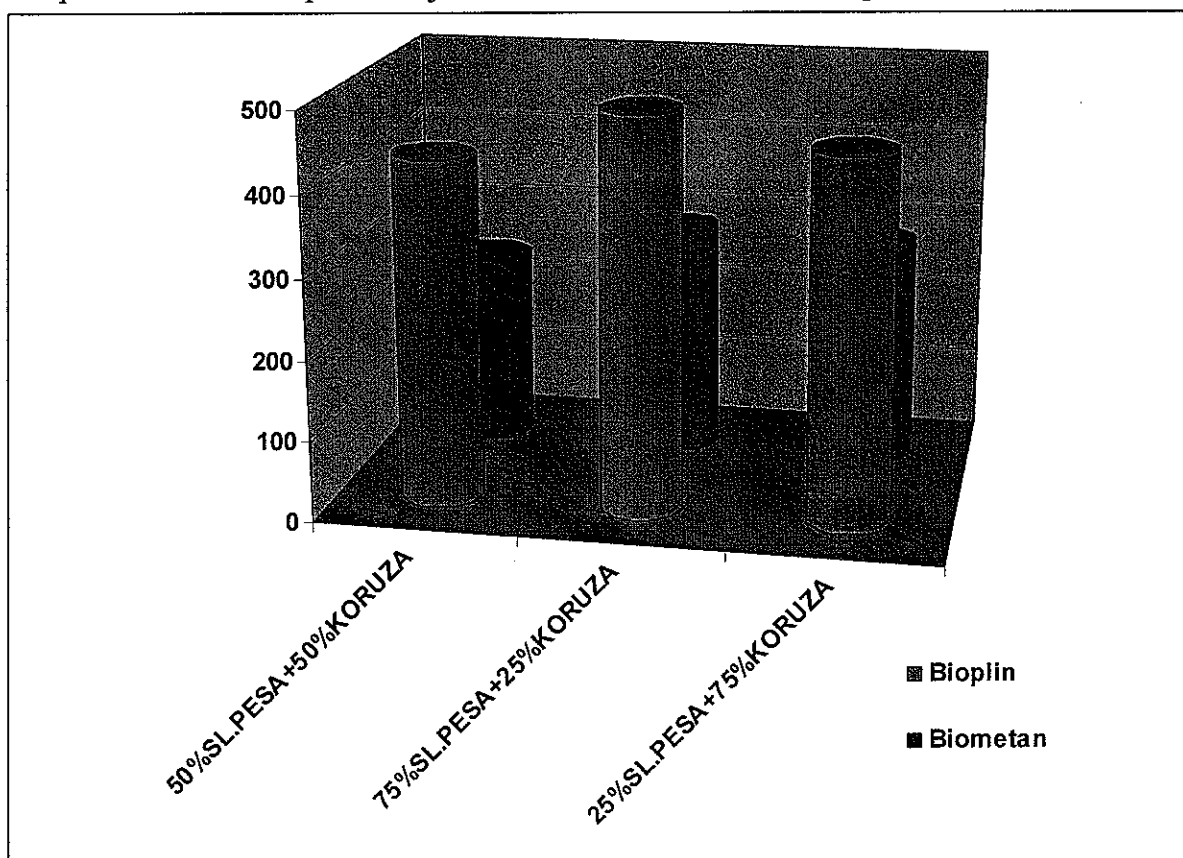
	Razmerje vrstic	Pridelek koruze v združenju setvi	Pridelek ščira v združenju setvi	Pridelek združene setve [kg/ha]
Gostota ščira 10 rastlin/m ²	4:1	35.440	2.400	37.840
	3:2	24.043	4.791	28.834
	2:3	17.600	8.159	25.760
	1:4	8.900	11.009	19.910
	Koruza čisti posevek			43.002
	Ščir čisti posevek			18.114
Gostota ščira 15 rastlin/m ²	4:1	25.315	4.632	29.946
	3:2	25.142	10.163	35.406
	2:3	17.035	15.269	32.305
	1:4	9.085	20.760	29.845
	Koruza čisti posevek			43.002
	Ščir čisti posevek			23.619

PRILOGA 4:

Pridelek bioplina in biometana pri posameznih energetskih rastlinah



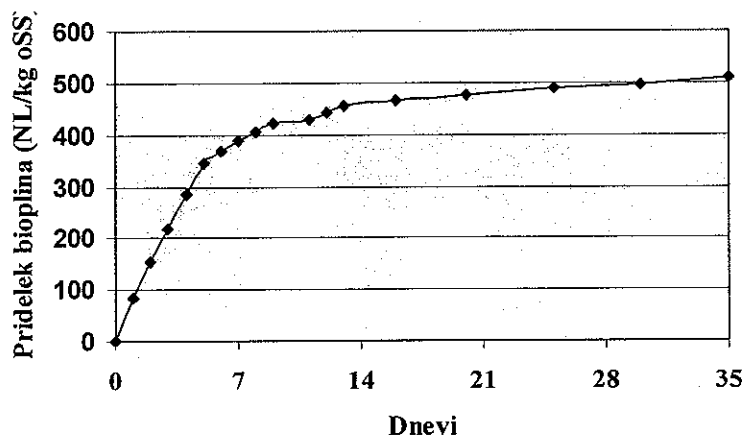
Pridelek bioplina in biometana pri mešanju substratov koruze in sladkorne pese



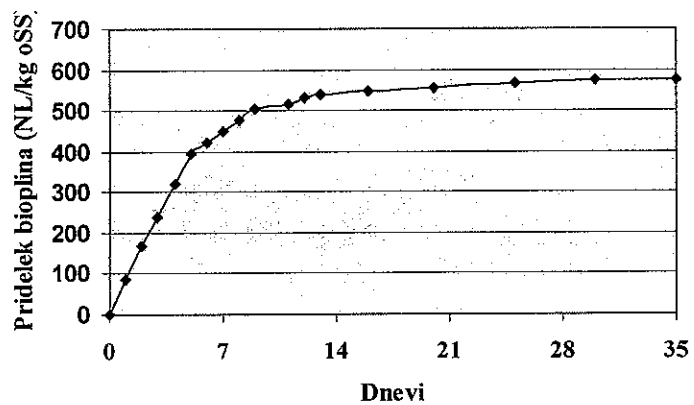
PRILOGA 5:

Potek proizvodnje bioplina v 35 dnevnem anaerobnem vrenju

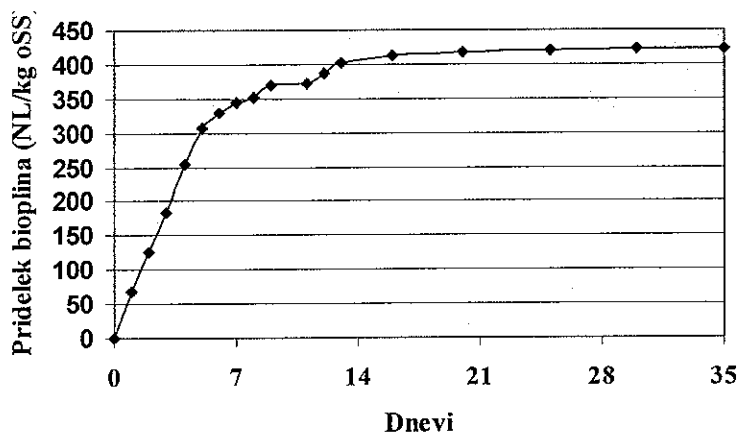
SIREK



KORUZA

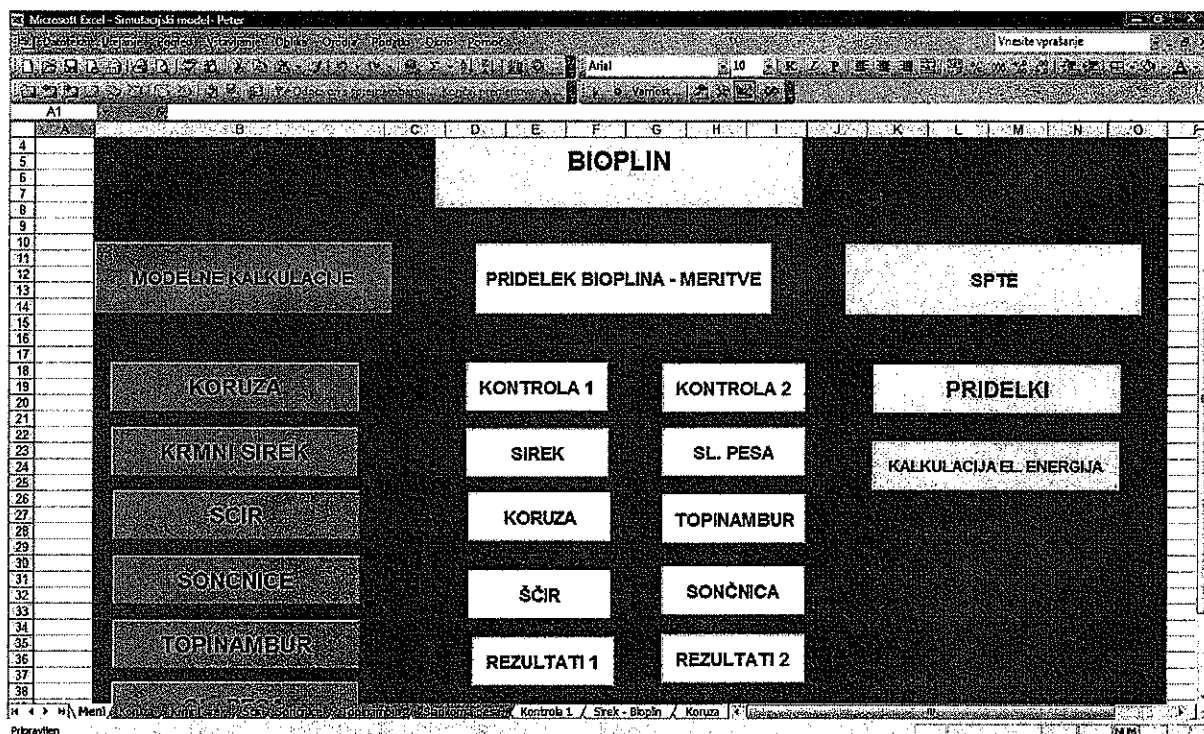


ŠČIR

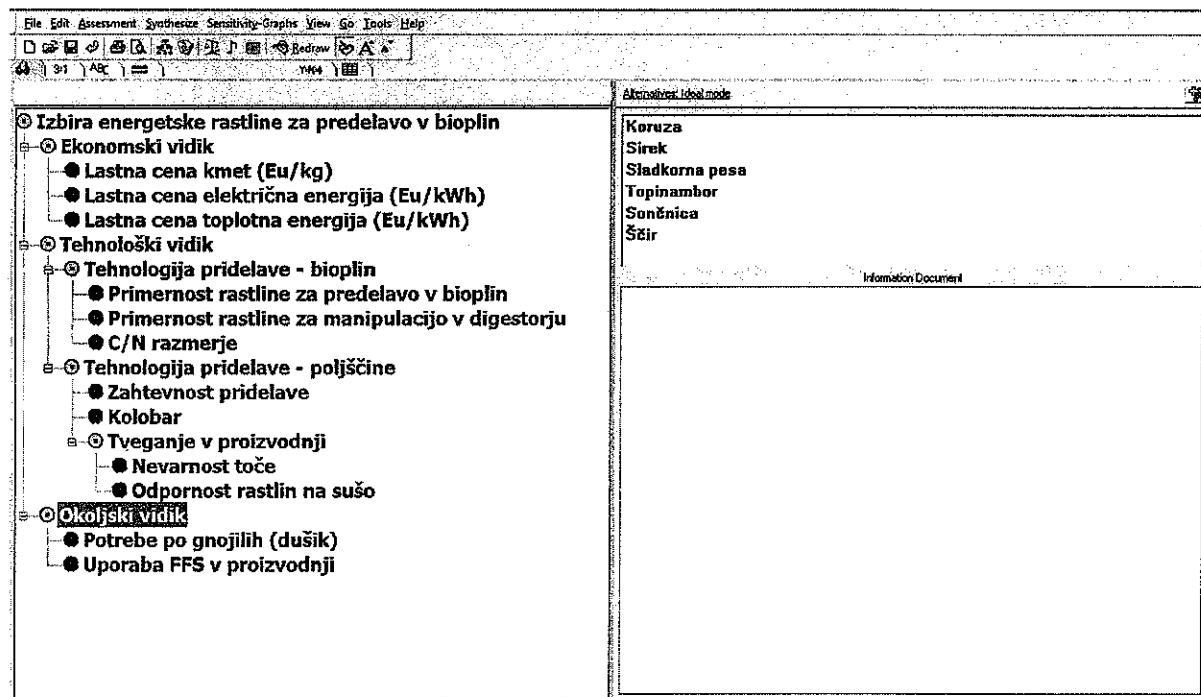


PRILOGA 6:

Osnovni meni glavnih razvitih modelov v programu MS Excel v kombinaciji z programskim jezikom Visual basic za aplikacije (VBA)



Odločitveno drevo v programskem paketu EXPERT CHOICE 2000™



PRILOGA 7:
Vnos podatkov v Data Grid

File Edit Assessment View Go Plot Tools Formula Type Help									
Freeze Judgments Redraw A A									
WM									
Low	High	Curvature							
0.1	1.	Concave							
AID	Alternative	DECR Ekonomski vidik Lastna cena kmet (Eu/kg) (L: 429)	DECR Ekonomski vidik Lastna cena električna energija (Eu/kWh) (L: 429)	DECR Ekonomski vidik Lastna cena toplotna energija (Eu/kWh) (L: 143)	Pairwise Tehnološki vidik Tehnologija pridelave - biopli Prinemost rastline za predelavo v bioplin (L: 428)	Pairwise Tehnološki vidik Tehnologija pridelave - biopli Prinemost rastline za manipulacijo v digestorje (L: 143)	RATINGS Tehnološki vidik Tehnologija pridelave - biopli C/N-razmerje (L: 429)	Pairwise Tehnološki vidik Tehnologija pridelave - poljšč Zahtevnost pridelave (L: 281)	Pairwise Tehnološki vidik Tehnologija pridelave - poljšč Kolobar (L: 584)
A2	Koruza	0.026	0.119	0.010	0.840	1.000	0.590	1.000	0.585
A3	Sirek	0.029	0.243	0.013	0.704	0.804	0.620	0.720	0.600
A4	Sladkorna pesa	0.038	0.343	0.017	.114	.075	30 : 1	.138	.170
A5	Topinambor	0.079	0.142	0.022	.246	.174	30 : 1	.351	.268
A6	Sončnica	0.028	0.267	0.010	.295	.170	30 : 1	.374	.439
A7	Ščir	0.782	0.051	0.028	.510	.554	30 : 1	.050	.585

Skupna končna ocena energetske rastline za predelavo v bioplin

