

Oznaka poročila: ARRS-CRP-ZP-2015/19



ZAKLJUČNO POROČILO CILJNEGA RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	V4-1136
Naslov projekta	Zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov v govedoreji
Vodja projekta	10035 Jože Verbič
Naziv težišča v okviru CRP	3.03.02 Zmanjševanje emisij toplogrednih plinov v govedoreji
Obseg raziskovalnih ur	1261
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	10.2011 - 09.2014
Nosilna raziskovalna organizacija	401 Kmetijski inštitut Slovenije
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	481 Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	4 BIOTEHNIKA 4.02 Živalska produkcija in predelava 4.02.03 Etologija in tehnologija v živinoreji
Družbeno-ekonomski cilj	08. Kmetijstvo
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	4 Kmetijske vede 4.02 Znanosti o živalih in mlekarstvu

2. Sofinancerji

	Sofinancerji	
1.	Naziv	Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano
	Naslov	Dunajska 22, 1000 Ljubljana

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Izdelali smo programsko orodje, ki omogoča celovito ovrednotenje izpustov toplogrednih plinov v govedoreji. Orodje vključuje neposredne izpuste metana zaradi fermentacije v prebavilih in pri skladiščenju živinskih gnojil, neposredne izpuste didušikovega oksida med skladiščenjem živinskih gnojil, na paši in zaradi gnojenja z živinskimi gnojili, izpuste didušikovega oksida, ki nastanejo pri pridelovanju krme zaradi gnojenja z mineralnimi gnojili, posredne izpuste didušikovega oksida zaradi uhajanja dušikovih spojin v zrak in vode, izpuste ogljikovega dioksida zaradi porabe fosilnih goriv pri pridelovanju krme (obdelava tal, spravilo in transport pridelka, sušenje pridelka), pri proizvodnji mineralnih gnojil in sredstev za varstvo krmnih rastlin in zaradi porabe energije pri reji živali, izpuste ogljikovega dioksida zaradi transporta mleka v mlekarne in klavne živine v zakol, izpuste ogljikovega dioksida, ki so zajeti v stavbah in opremi, izpuste ogljikovega dioksida, ki nastanejo pri predelavi mleka in mesa, pri proizvodnji embalaže in transportu živil do trgovin ter izpuste ogljikovega dioksida zaradi sprememb rabe zemljišč, ki so posledica mednarodnega trgovanja s krmo. Na podlagi podatkov in ocen o značilnostih reje goved v Sloveniji je bil ogljikov odtis za mleko ocenjen na 1,52 kg ekv. CO₂ na kg. Ogljikov odtis mesa iz kombiniranih rej (sočasna prireja mleka in mesa) je bil ocenjen na 16,3 kg ekv. CO₂ na kg klavnega trupa, ogljikov odtis mesa specializiranih mesnih rej pa na 30,3 kg ekv. CO₂ na kg klavnega trupa. V okviru projekta smo preučili različne dejavnike, ki vplivajo na izpuste toplogrednih plinov v govedoreji.

Na enajstih vzorčnih kmetijah, ki so usmerjene v živinorejsko oziroma mešano živinorejsko poljedelsko pridelavo, smo merili porabo energije pri pridelovanju krme in pri reji živine. Namen dela je bil preveriti, ali splošni normativi za porabo energije veljajo tudi za specifične slovenske razmere in dopolniti sicer skromno bazo podatkov o porabi energije pri različnih delovnih procesih. Ugotovili smo, da lahko poraba goriva za enake delovne operacije zelo variira.

Ovrednotili smo že znane in identificirali nove ukrepe za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov pri prireji mleka in mesa in pripravili nabor priporočil za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov v praksi.

ANG

A software tool that enables a comprehensive evaluation of greenhouse gas emissions in cattle production was developed. It includes direct emissions of methane from enteric fermentation and storage of livestock manures, direct emissions of nitrous oxide due to storage of livestock manures, grazing and the manure application, nitrous oxide which is released due to mineral fertilizer usage in feedstuff production, indirect nitrous oxide emissions due to leakage of nitrogen compounds into the air and water, carbon dioxide emissions from fossil fuel consumption in feedstuff production (soil cultivation, harvesting and crop transportation, crop drying), carbon dioxide emissions due to fossil fuel usage in the production of mineral fertilizers and plant protection products used in feedstuff production, emissions due to the energy consumption of animal husbandry, carbon dioxide emissions due to transport of milk to dairies and livestock to slaughterhouses, carbon dioxide emissions for energy embedded into farm buildings and equipment, emissions of carbon dioxide resulting from the processing of milk and meat, emissions related to production of packaging materials and food transportation to the shops and carbon dioxide emissions due to land use changes as a result of international feedstuff trading. Based on information on typical cattle production practices in Slovenia the carbon footprint of milk was estimated at 1.52 kg CO₂ eq. per kg. Carbon footprint of meat produced in dual purpose herds (combined production of milk and meat) was estimated at 16.3 kg CO₂ eq. per kg of carcass while the carbon footprint of meat derived from specialised beef herds was estimated at 30.3 kg CO₂ eq. per kg of carcass. Various factors that affect greenhouse gas emissions in cattle production were examined in the frame of project.

Energy consumption in feed production and livestock rearing operations was measured on eleven farms that were focused either in livestock production or mixed crop livestock production. The purpose of the work was to verify whether the general figures for energy

consumption are also applicable to the specific Slovenian situation and to supplement a relatively deficient database on energy consumption for various farm operations. It was found that the fuel consumption for the same work operations varies widely.

The effect of some known measures to reduce emissions of greenhouse gases was quantified and some new were identified. A set of recommendations for reducing greenhouse gas emissions in practice was elaborated.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

Cilj projekta je bil izdelati predlog ukrepov za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov v govedoreji ob upoštevanju naravnih danosti in značilnosti reje v Sloveniji in pripraviti priporočila za zmanjšanje emisij na govedorejskih kmetijah. Ukrepi in priporočila, ki smo jih pripravili, temeljijo na analizi stanja izpustov ob upoštevanju strukture kmetij in načinov reje v Sloveniji. Poleg plinov, ki jih beležimo v okviru uradnih evidenc emisij toplogrednih plinov (metan in didušikov oksid), je projekt posegel tudi na področje neposrednih in posrednih izpustov ogljikovega dioksida, ki se sprosti zaradi rabe fosilnih goriv neposredno v kmetijstvu in izven, pa tudi na področje izpustov/ponorov ogljikovega dioksida zaradi spremembe rabe kmetijskih zemljišč in sprememb zaloge ogljika v tleh. Gre za prvi poskus ocene celovitejšega ogljikovega odtisa mleka in govejega mesa, ki upošteva stanje in posebnosti v Sloveniji.

Izdelava programskega orodja za oceno učinkov ukrepov za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov v govedoreji

Izdelali smo programsko orodje, ki omogoča celovito ovrednotenje izpustov toplogrednih plinov v govedoreji. Orodje omogoča ovrednotenje učinka posameznih ukrepov, ločeno po posameznih toplogrednih plinih (metan (CH₄), didušikov oksid (N₂O), ogljikov dioksid, (CO₂)) in skupaj, izraženo v ekvivalentih CO₂. Model vključuje:

- neposredne izpuste metana zaradi fermentacije v prebavilih in pri skladiščenju živinskih gnojil;
- neposredne izpuste didušikovega oksida, ki nastane med skladiščenjem živinskih gnojil, zaradi izločkov, ki ostanejo na paši in zaradi gnojenja z živinskimi gnojili;
- izpuste didušikovega oksida, ki nastanejo pri pridelovanju krme zaradi gnojenja z mineralnimi gnojili;
- posredne izpuste didušikovega oksida zaradi uhajanja amonijaka v zrak in izpiranja nitratov v vode iz hlevov, gnojišč in pri gnojenju z živinskimi in mineralnimi gnojili;
- izpuste ogljikovega dioksida, ki vključujejo izpuste zaradi porabe fosilnih goriv pri pridelovanju krme (obdelava tal, spravilo in transport pridelka, sušenje pridelka);
- izpuste ogljikovega dioksida zaradi rabe fosilnih goriv pri proizvodnji mineralnih gnojil in sredstev za varstvo krmnih rastlin;
- izpuste ogljikovega dioksida zaradi porabe energije pri reji živali (krmljenje, molža, hlajenje mleka, ventilacija, osvetlitev, ...);
- izpuste ogljikovega dioksida zaradi transporta mleka v mlekarne in klavne živine v zakol;
- izpuste ogljikovega dioksida, ki so zajeti v stavbah in opremi;
- izpuste ogljikovega dioksida, ki nastanejo pri predelavi mleka in mesa, pri proizvodnji embalaže in transportu živil do trgovin;
- izpuste ogljikovega dioksida zaradi sprememb rabe zemljišč, ki so posledica mednarodnega trgovanja s krmo (sojine tropine iz Južne Amerike).

Model omogoča ovrednotenje številnih dejavnikov, ki vplivajo na izpuste toplogrednih plinov pri prireji mleka in mesa. Sestoji iz štirih delov, ki obravnavajo rejo molznic, vzrejo telic, rejo krav dojilj in rejo pitancev.

Predlog ukrepov za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov v govedoreji

Ob pomoči programskega orodja za ovrednotenje izpustov toplogrednih plinov v govedoreji smo izračunali ogljikov odtis za kravje mleko in meso mladega pitanega

goveda v Sloveniji. Pri tem smo uporabili podatke in ocene o intenzivnosti prireje mleka, o reprodukciji in dolgoživosti krav molznic, o intenzivnosti rasti govejih pitancev, o razširjenosti paše in načinih krmljenja živali, o energijski vrednosti pridelane krme, o vsebnosti beljakovin v krmi in o načinih ravnanja z živinskimi gnojili. Ogljikov odtis za mleko je bil ocenjen na 1,52 kg ekv. CO₂/kg. K ogljikovemu odtisu mleka prispeva največ metan, ki nastane v prebavilih živali in med skladiščenjem živinskih gnojil (46,4 %), sledi didušikov oksid, ki je posledica izpustov iz gnojišč, gnojenja z živinskimi in organskimi gnojili in posrednih izpustov zaradi uhajanja drugih dušikovih spojin v okolje (24,5 %). Ogljikov dioksid, ki je povezan s pridelovanjem krme je prispeval 11,9 %, ogljikov dioksid povezan z rejo in stavbami za rejo 6,7 %, ogljikov dioksid povezan s predelavo in transportom mleka pa 10,4 % celotnega ogljikovega odtisa mleka. Ogljikov odtis mesa iz kombiniranih rej (sočasna prireja mleka in mesa) je bil ocenjen na 16,3 kg ekv. CO₂ na kg klavnega trupa. Bistveno večji ogljikov odtis ima meso specializiranih mesnih rej (30,3 kg ekv. CO₂/kg klavnega trupa), pri katerih je tele za pitanje obremenjeno s celotnimi izpusti krave dojilje.

Programsko orodje za oceno izpustov toplogrednih plinov pri prireji mleka in mesa nam je omogočilo ovrednotenje že znanih in identifikacijo novih ukrepov za zmanjšanje izpustov. Med najučinkovitejšimi ukrepi je intenzifikacija prireje mleka v smislu povečanja mlečnosti. S povečanjem mlečnosti od 4.000 na 9.000 kg mleka v standardni laktaciji se izpusti zmanjšajo od 1,93 na 1,24 kg CO₂/kg mleka. Zanimive so ocene za travnike različne intenzivnosti, s katerimi je povezana kakovost pridelane krme. Ob predpostavki, da rejec krmi molznicam zmerne količine močne krme in da posledic manj kakovostne krme ne blaži s povečanimi količinami močne krme, lahko pričakujemo pri reji na dvokosnih travnikih 1,96 kg CO₂/kg mleka, pri reji na štirikosnih travnikih pa 1,35 kg CO₂/kg mleka. Pri enaki porabi močne krme (1115 kg sušine na laktacijo) so obroki s koruznimi silažami zaradi boljše energijske vrednosti ugodnejši (1,37 kg ekv. CO₂/kg mleka) od obrokov s travnimi silažami (1,51 kg ekv. CO₂/kg mleka). Na izpuste toplogrednih plinov močno vpliva tudi morebitni presežek beljakovin v obrokih. Ogljikov odtis mleka je zelo odvisen tudi od dolgoživosti krav molznic. Gre za vprašanje porazdelitve izpustov, ki nastanejo pri vzreji telic. Pri kravi s povprečno mlečnostjo, ki v življenjski dobi zaključí pet laktacij, je ogljikov odtis ocenjen na 1,45 kg ekv. CO₂/kg mleka, če pa zaključí le eno laktacijo, pa na 2,17 kg ekv. CO₂ na kg mleka. Izpuste toplogrednih plinov lahko zmanjšamo tudi z zmanjševanjem porabe fosilnih goriv pri pridelovanju krme.

Tudi pri pitanju je med najpomembnejšimi ukrepi za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov intenzivnost reje, v tem primeru hitrost rasti. Pri zelo počasni rasti traja pitanje do zelene telesne mase zelo dolgo in temu primeren je tudi ogljikov odtis mesa. Pri obrokih s kakovostno krmo in velikimi dnevnimi prirasti (1300 g) je ocenjen okoljski odtis skoraj dvakrat manjši (12,0 kg ekv. CO₂/kg klavnega trupa) kot pri krmi slabe kakovosti in počasni rasti (600 g/dan, 21,3 kg ekv. CO₂/kg klavnega trupa; oboje za pitanje telet iz kombinirane reje).

Ena od možnosti za zmanjšanje ogljikovega odtisa mleka in mesa je tudi uvedba bioplinskih naprav za obdelavo živinskih gnojil. Če bi v Sloveniji vso gnojevko živali, ki niso na paši, obdelali na bioplinskih napravah bi se ogljikov odtis mleka zmanjšal od 1,52 na 1,30 kg ekv. CO₂/kg, ogljikov odtis mesa iz kombinirane reje pa od 16,3 na 14,0 kg ekv. CO₂/kg klavnega trupa.

Poraba energije pri pridelovanju krme in pri reji živali

Na enajstih vzorčnih kmetijah, ki so usmerjene v živinorejsko oziroma mešano živinorejsko poljedelsko pridelavo, smo merili porabo energije pri pridelovanju krme in pri reji živine. Namen dela je bil preveriti, ali splošni normativi za porabo energije veljajo tudi za specifične slovenske razmere in dopolniti sicer skromno bazo podatkov o porabi energije pri različnih delovnih procesih. Za merjenje porabe dizelskega goriva smo uporabljali volumetrično metodo, ki se je pri izvajanju kompleksnih delovnih operacij, s katerimi se srečujemo v kmetijstvu, pokazala za najbolj primerno in zanesljivo. Meritve

porabe električne energije smo opravljali skozi daljše časovno obdobje. S tem smo porabo energije zanesljivo ocenili tudi pri delovnih operacijah, za katere so značilna velika dnevna nihanja (npr. pri sistemu robotizirane molže).

Ugotovili smo, da lahko poraba goriva za enake delovne operacije zelo variira. Odvisna je od več faktorjev, kot so pedofizikalne lastnosti tal, način obdelave, tehnika uporabe traktorskega agregata (traktor + priključni stroj), stanje stroja, usklajenost moči traktorja in velikosti priključnega stroja. Največ energije se porabi pri obdelavi tal, predvsem če gre za osnovno obdelavo z oranjem (24,5, razpon od 4,9 do 55,3 l/ha) in dopolnilno obdelavo s prekopalnikom (frezo) (43,3, razpon od 20,0 do 66,7 l/ha). Pri dopolnilni obdelavi tal z vrtavkasto brano je bila poraba dizelskega goriva precej manjša (16,0, razpon od 3,3 do 46,2 l/ha). Pri aplikaciji gnojevke je bila poraba v povprečju manjša (9,0 l/ha) kot pri trošenju hlevskega gnoja (15,5 l/ha). Razmeroma malo goriva se je porabilo pri trošenju mineralnih gnojil (1,8, razpon od 1,7 do 1,9 l/ha). Pri strnjeni setvi se je poraba dizelskega goriva gibala od 2,7 do 4,0 l/ha, pri presledni setvi pa od 3,1 do 13,3 l/ha.

Pri pripravi travniške krme se največ goriva porabi pri baliranju krme v valjaste bale (8,6, razpon 1,5 do 21,0 l/ha), sledijo košnja (6,4, razpon 1,9 do 18,0 l/ha), pobiranje in transport sena z nakladalko (6,8, razpon 2,9 do 13,0 l/ha) in obračanje krme z vrtavkastim obračalnikom (5,7, razpon od 0,9 do 21,3 l/ha).

Pri reji živali smo merili porabo dizelskega goriva za strojni odvzem silaže iz silosov, za pripravo enolončnic v krmilno mešalnih vozovih in pri delu dvoriščnih traktorjev ter porabo električne energije za molžo, hlajenje mleka, gretje vode, odgnojevanje, prezračevanje in osvetljevanje objektov. Ocenili smo, da se pri intenzivni prirerji mleka (8000 kg mleka na molznico letno) v hlevskem načinu reje poraba celotne energije (seštevek porabljenе energije iz mineralnega dizelskega goriva in porabljenе električne energije) na kravo molznico giblje od 418 do 829 kWh/molznico, odvisno od velikosti črede. Pri porabi na zgornji meji razpona znaša celotna poraba energije 0,102 kWh/kg mleka, od tega 0,044 kWh energije iz mineralnega dizelskega goriva za krmljenje in 0,058 kWh električne energije za molžo, hlajenje in druge porabnike električne energije. Pri robotski molži je poraba energije nekoliko večja kot pri molži z mlekovodom, tako da celotna poraba energije (vključno z energijo za krmljenje) znaša 0,109 kWh/kg mleka.

Ugotovili smo, da se pri reji krav molznic 56,4 % energije porabi v obliki električne energije (predvsem za hlajenje mleka, molzne naprave, gretje vode za procesne potrebe, razsvetljava objekta z živalmi), 43,6 % pa predstavlja energija iz mineralnega dizelskega goriva (pogon krmilno mešalnega voza). Pri električni energiji so največji porabniki hlajenje z 38,1 %, molža z 28,5 % in razsvetljava s 23,4 % (na naštete porabnike odpade 90 % energije). Pri robotski molži je bila poraba električne energije 11,7 % večja kot pri molži z mlekovodom. Na podlagi opravljenih meritev porabe električne energije in mineralnega dizelskega goriva pri reji molznic smo torej ugotovili, da je največji posamični porabnik energije krmljenje s krmilno mešalnim vozom.

Priporočila za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov v govedoreji

Na podlagi rezultatov tega projekta in na podlagi informacij iz literature smo pripravili nabor priporočil za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov v praksi. Priporočila vsebujejo prehranske možnosti za zmanjšanje izpustov metana zaradi fermentacije krme v prebavilih in didušikovega oksida zaradi neustrezne rabe beljakovinskih krmil, možnosti za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov z izboljšanjem vodenja črede, možnosti za zmanjšanje izpustov metana in didušikovega oksida pri skladiščenju živinskih gnojil, možnosti za zmanjšanje izpustov didušikovega oksida pri pridelovanju krme in možnosti za zmanjšanje izpustov ogljikovega dioksida pri pridelovanju krme in pri reji goved.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Program dela je bil v celoti realiziran in cilji doseženi:

- izdelano je bilo programsko orodje za oceno učinkov ukrepov za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov v govedoreji, ki vključuje tako izpuste metana pri reji živali kot izpuste didušikovega oksida iz gnojišč in pri pridelovanju krme ter izpuste ogljikovega dioksida zaradi rabe fosilnih goriv v kmetijstvu;
- izdelan je bil predlog ukrepov za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov v govedoreji;
- na kmetijah so bile opravljene meritve porabe energije (pri pridelovanju krme in v hlevih);
- izdelana so bila priporočila za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov v govedoreji.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁴

Programa dela in projektne skupine nismo spreminjali.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni dosežek														
1.	<table border="1"> <tr> <td>COBISS ID</td> <td>4236136</td> <td>Vir: COBISS.SI</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Naslov</td> <td>SLO</td> <td>Možnosti za izboljšave na področju bioplinskih tehnologij</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>Opportunities for improvement in the field of biogas technologies</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Opis</td> <td>SLO</td> <td>Trenutno se v Sloveniji, bioplin na vseh kmetijskih bioplinskih napravah uporablja na kogeneracijskih enotah za proizvodnjo električne in toplotne energije, vendar samo manjše število bioplinskih naprav oddaja toploto drugim odjemnikom (zaradi tehničnih in ekonomskih ovir), zato je izkoristek kogeneracije razmeroma nizek. Bioplin se razmeroma enostavno skladišči in se potem lahko uporablja na poljubnem mestu in ob poljubnem času. Možnost skladiščenja bioplina predstavlja njegovo posebno vrednost (s skladiščenjem in njegovo uporabo lahko kompenziramo fluktuacije, ki jih imajo drugi obnovljivi viri energije, kot so npr. vetrna in solarna energija). Bioplin nam ponuja tudi drugo možnost, npr. čiščenje in njegovo nadgradnjo do faze biometana. Z vbrizgavanjem biometana v prihodnosti bo mogoče izkoristiti obstoječo mrežo zemeljskega plina in plin transportirati tudi na večje razdalje, kjer bo dostopen uporabnikom, ki sploh ne bi bili dosegljivi zaradi svoje lokacije. Poleg tega z vbrizgavanjem biometana v omrežje zemeljskega plina bo mogoče izboljšati izkoristek obstoječih kmetijskih in drugih bioplinskih naprav. S čiščenjem in nadgradnjo bioplina do faze biometana se tudi povečuje število potencialnih odjemnikov bioplina. Podan je pregled možnih tehnologij, ki bodo omogočile boljše izkoriščanje bioplina v prihodnosti. Zajete so tehnologije za mikro in druge bioplinske naprave ter možnosti za uvajanje tehnologije biometana v Sloveniji.</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Currently in Slovenia, all biogas on agricultural biogas plants is used in cogeneration units for the production of electricity and heat, but only a small number of biogas plants distribute heat energy to other end users (because of technical and economic barriers), therefore the efficiency of cogeneration is relatively low. Biogas is relatively easy to store and can then be used anywhere and at any time. The possibility of storage of biogas represents its specific value (with storage and its use it is possible to compensate fluctuations, which have other renewable energy sources, such</td> </tr> </table>	COBISS ID	4236136	Vir: COBISS.SI	Naslov	SLO	Možnosti za izboljšave na področju bioplinskih tehnologij	ANG	Opportunities for improvement in the field of biogas technologies	Opis	SLO	Trenutno se v Sloveniji, bioplin na vseh kmetijskih bioplinskih napravah uporablja na kogeneracijskih enotah za proizvodnjo električne in toplotne energije, vendar samo manjše število bioplinskih naprav oddaja toploto drugim odjemnikom (zaradi tehničnih in ekonomskih ovir), zato je izkoristek kogeneracije razmeroma nizek. Bioplin se razmeroma enostavno skladišči in se potem lahko uporablja na poljubnem mestu in ob poljubnem času. Možnost skladiščenja bioplina predstavlja njegovo posebno vrednost (s skladiščenjem in njegovo uporabo lahko kompenziramo fluktuacije, ki jih imajo drugi obnovljivi viri energije, kot so npr. vetrna in solarna energija). Bioplin nam ponuja tudi drugo možnost, npr. čiščenje in njegovo nadgradnjo do faze biometana. Z vbrizgavanjem biometana v prihodnosti bo mogoče izkoristiti obstoječo mrežo zemeljskega plina in plin transportirati tudi na večje razdalje, kjer bo dostopen uporabnikom, ki sploh ne bi bili dosegljivi zaradi svoje lokacije. Poleg tega z vbrizgavanjem biometana v omrežje zemeljskega plina bo mogoče izboljšati izkoristek obstoječih kmetijskih in drugih bioplinskih naprav. S čiščenjem in nadgradnjo bioplina do faze biometana se tudi povečuje število potencialnih odjemnikov bioplina. Podan je pregled možnih tehnologij, ki bodo omogočile boljše izkoriščanje bioplina v prihodnosti. Zajete so tehnologije za mikro in druge bioplinske naprave ter možnosti za uvajanje tehnologije biometana v Sloveniji.		Currently in Slovenia, all biogas on agricultural biogas plants is used in cogeneration units for the production of electricity and heat, but only a small number of biogas plants distribute heat energy to other end users (because of technical and economic barriers), therefore the efficiency of cogeneration is relatively low. Biogas is relatively easy to store and can then be used anywhere and at any time. The possibility of storage of biogas represents its specific value (with storage and its use it is possible to compensate fluctuations, which have other renewable energy sources, such
COBISS ID	4236136	Vir: COBISS.SI												
Naslov	SLO	Možnosti za izboljšave na področju bioplinskih tehnologij												
	ANG	Opportunities for improvement in the field of biogas technologies												
Opis	SLO	Trenutno se v Sloveniji, bioplin na vseh kmetijskih bioplinskih napravah uporablja na kogeneracijskih enotah za proizvodnjo električne in toplotne energije, vendar samo manjše število bioplinskih naprav oddaja toploto drugim odjemnikom (zaradi tehničnih in ekonomskih ovir), zato je izkoristek kogeneracije razmeroma nizek. Bioplin se razmeroma enostavno skladišči in se potem lahko uporablja na poljubnem mestu in ob poljubnem času. Možnost skladiščenja bioplina predstavlja njegovo posebno vrednost (s skladiščenjem in njegovo uporabo lahko kompenziramo fluktuacije, ki jih imajo drugi obnovljivi viri energije, kot so npr. vetrna in solarna energija). Bioplin nam ponuja tudi drugo možnost, npr. čiščenje in njegovo nadgradnjo do faze biometana. Z vbrizgavanjem biometana v prihodnosti bo mogoče izkoristiti obstoječo mrežo zemeljskega plina in plin transportirati tudi na večje razdalje, kjer bo dostopen uporabnikom, ki sploh ne bi bili dosegljivi zaradi svoje lokacije. Poleg tega z vbrizgavanjem biometana v omrežje zemeljskega plina bo mogoče izboljšati izkoristek obstoječih kmetijskih in drugih bioplinskih naprav. S čiščenjem in nadgradnjo bioplina do faze biometana se tudi povečuje število potencialnih odjemnikov bioplina. Podan je pregled možnih tehnologij, ki bodo omogočile boljše izkoriščanje bioplina v prihodnosti. Zajete so tehnologije za mikro in druge bioplinske naprave ter možnosti za uvajanje tehnologije biometana v Sloveniji.												
		Currently in Slovenia, all biogas on agricultural biogas plants is used in cogeneration units for the production of electricity and heat, but only a small number of biogas plants distribute heat energy to other end users (because of technical and economic barriers), therefore the efficiency of cogeneration is relatively low. Biogas is relatively easy to store and can then be used anywhere and at any time. The possibility of storage of biogas represents its specific value (with storage and its use it is possible to compensate fluctuations, which have other renewable energy sources, such												

		as wind and solar energy). Biogas offers us another possibility, for example, cleaning and its upgrading to phase of biomethane. With the injection of biomethane in the future it will be possible to take advantage of the existing network of natural gas and the gas can be transported over long distances, which will be accessible to users which are not achievable due to its location. With the injection of biomethane into the natural gas network will be possible to improve efficiency of existing agricultural and other biogas plants. By cleaning the biogas and upgrading to biomethane phase also will increase the number of potential biogas users. A review of potential technologies that will enable better use of biogas in the future is presented. Included are technologies for micro and other biogas plants and the potential for the introduction of biomethane technology in Slovenia.
	ANG	
	Objavljeno v	Coal Mine; EnRe; 2013; Str. 1-11; Avtorji / Authors: Jejčič Viktor, Simončič Andrej, Poje Tomaž
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
2.	COBISS ID	4589160 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Vpliv različnih postopkov pri skladiščenju na mikrobiološko in kemično sestavo govejih živinskih gnojil
		ANG Effect of different procedures at storing on microbial and chemical composition of cattle livestock manure
	Opis	SLO Namen raziskave je bil preveriti vpliv podaljšanega skladiščenja in postopkov med skladiščenjem na mikrobiološko in kemično sestavo gnojevke. Vpliv podaljšanega skladiščenja smo preverjali v praktičnih razmerah s 100 m3 mobilnim skladiščem za gnojevko in v laboratorijskih razmerah pri različnih temperaturah, kjer smo preverili tudi vpliv prezračevanja in mešanja pri podaljšanem skladiščenju. V obeh poskusih z mobilnim skladiščem smo ugotovili, da lahko s takim načinom skladiščenja število E. coli v 2 mesecih zmanjšamo za 100-krat, število intestinalnih enterokokov in Clostridium perfringens pa za 10-krat. Pri skladiščenju gnojevke v mobilnem skladišču je prišlo do sprememb v kemični sestavi, ki so značilne za anaerobno fermentacijo. S podaljšanim skladiščenjem v laboratorijskem poskusu pri 30°C smo število E. coli in enterokokov zmanjšali za 400 in 200-krat. Razen pri enterokokih učinek prezračevanja in mešanja nista povzročila dodatnega zmanjšanja števila mikroorganizmov. Zaradi visoke temperature med skladiščenjem, prezračevanjem in mešanjem gnojevke je v tem poskusu prišlo do večjih sprememb v kemični sestavi. S podaljšanim skladiščenjem v laboratorijskem poskusu pri 10 in 15°C smo število E. coli zmanjšali za 100-krat, število enterokokov in C. perfringens pa za 10-krat. Pri 10 in 15°C smo zmanjšanje pri E coli dosegli po 25 in 45 dneh. Spremembe kemične sestave so bile večje pri 15°C, pri obeh temperaturah pa manjše kot v laboratorijskem poskusu pri 30°C. Vzorci gnojevke s kmetij z ekstenzivno prirajo so vsebovali manjše število neželenih mikroorganizmov kot vzorci gnojevke s kmetij z intenzivno prirajo.
		ANG The aim of the research was to examine the effect of extended storage and procedures between storage on microbial and chemical composition of cattle slurry. Effect of extended storage was examined in practical conditions with 100 m3 flexible storing tank for slurry and in laboratory conditions at different temperatures where the effect of aeration and mixing between extended storage were tested. In both trials with flexible storing tank for slurry it was established that with this kind of storage number of E. coli can be reduced in 2 months for 100-times, number of Enterococcus and C. perfringens for 10-times. During the storage of slurry in flexible storing tank changes in chemical composition typical for anaerobic fermentation were observed. During extended storage in laboratory trial at 30°C number of E. coli and Enterococcus were reduced

		for 400 and 200-times. Except for Enterococcus no additional decrease in the number of microorganisms was obtained with the effect of aeration and mixing. Because of the high temperature, aeration and mixing major changes in chemical composition were measured. With extended storage in laboratory trial at 10 and 15°C number of E. coli was reduced for 100-times and Enterococcus and C. perfringens for 10-times. At 10 and 15°C reduction of E. coli was achieved in 25 and 45 days. Changes in chemical composition were larger at 15°C but at both temperatures lower than in laboratory trial at 30°C. Slurry samples from farms with extensive production contained lower number of unwanted microorganisms than slurry samples from farms with intensive production.
	Objavljeno v	Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod; Zbornik predavanj; 2014; Str. 215-224; Avtorji / Authors: Žnidaršič Tomaž, Verbič Jože, Babnik Drago, Sušin Janez
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
3.	COBISS ID	3954792 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Presoja ukrepov programa razvoja podeželja z vidika učinka na izpuste toplogrednih plinov
		<i>ANG</i> Opinion on the measures of rural development programme from the viewpoint of their effect on emissions of greenhouse gases
	Opis	<i>SLO</i> Za kmetije v ukrepih Ekološko kmetovanje (EKO), Sonaravna reja domačih živali (REJ) in za kmetije izven teh ukrepov, ki prejemajo plačila programa razvoja podeželja (PRPostali) smo za obdobje 2007-2011 ovrednotili izpuste toplogrednih plinov pri prireji mleka in govejega mesa. Emisije smo ocenili na podlagi podatkov o mlečnosti, dolgoživosti in reprodukcijskih parametrih krav molznic, intenzivnosti vzreje telic in dnevnih prirastih pitancev ob upoštevanju razlik v načinih reje. Izpusti pri prireji mleka so bili na kmetijah v EKO, REJ in PRPostali 1,21, 1,11 in 1,07 kg ekvivalenta CO ₂ na kg mleka, pri prireji mesa pa 10,73, 10,14 in 10,01 kg ekvivalenta CO ₂ na kg klavnega trupa. Večji izpusti pri ukrepih EKO in REJ so predvsem posledica manjše mlečnosti in počasnejše rasti govejih pitancev in s tem povezane večje porabe energije za vzdrževanje. Prednost reje goved v ukrepih EKO in REJ je boljša prilagojenost naravnim danostim, ki se kaže v manjši količini močne krme in koruzne silaže v obrokih. Sklenili smo, da bi bilo ob omejeni razpoložljivosti močne krme na kmetijah v ukrepu EKO za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov smiselno več pozornosti nameniti pridelovanju kakovostne travniške krme.
		<i>ANG</i> Emissions of greenhouse gases in milk and beef production for the period 2007-2011 were quantified for farms participating to measures Organic farming (ORG), Sustainable rearing of domestic animals (SRDA) and for farms aside from these measures but receiving payments from Rural Development Programme (RDPothers). Emissions were assessed on the basis of data on milk production, longevity and reproduction parameters in dairy cows, on the basis of intensity of heifer rearing and daily gains in fattening cattle and by taking into account the differences in rearing systems. Emissions in milk production were on farms in ORG, SRDA and RDPothers 1.21, 1.11 in 1.07 kg of CO ₂ equivalent per kg of milk and in beef production 10.73, 10.14 and 10.01 kg CO ₂ equivalent per kg of carcass. Higher emissions in measures ORG and SRDA were mainly due to lower milk production and slower growth rate in fattening bulls and therewith related higher expenditure of energy for maintenance. Advantage of cattle production in measures ORG and SRDA is better adaptation to natural conditions which is expressed through lower quantities of concentrates and maize silage in diets. It was concluded that due to limited availability of concentrates on ORG farms it would be wise to pay more attention to production of high quality grassland forage with the aim to

		mitigate emissions of greenhouse gases.	
	Objavljeno v	Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod Murska Sobota; Zbornik predavanj; 2012; Str. 151-158; Avtorji / Authors: Verbič Jože, Perpar Tomaž, Jeretina Janez	
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
4.	COBISS ID	4590952	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Možnosti za izboljšanje energijske vrednosti travnih silaž za prirejo mleka
		ANG	Options to improve energy value of grass silages for milk production
	Opis	SLO	<p>Možnosti za izboljšanje energijske vrednosti travnih silaž za prirejo mleka</p> <p>Na podlagi rezultatov objavljenih in neobjavljenih poskusov ter na podlagi analiz silaž iz slovenskih kmetij smo prepoznali in ovrednotili nekatere dejavnike, ki vplivajo na energijsko vrednost travnih silaž. Ugotovili smo, da je v Sloveniji glavni vzrok za slabo energijsko vrednost travnih silaž slaba energijska vrednost krme ob košnji. Energijska vrednost travniške krme je odvisna od vrste travniških rastlin. Med travami je v obdobju od zadnjih dni aprila do konca maja v povprečju najslabšo energijsko vrednost dosegla navadna pasja trava (5,54 MJ NEL na kg sušine), najboljšo pa trpežna ljuljka (6,83 MJ NEL na kg sušine). Črna detelja je imela boljše neto energijsko vrednost od lucerne (6,40 proti 5,74 MJ na kg sušine). Pri zeleh se je neto energijska vrednost gibala od 5,62 MJ pri topolistni kislici do 7,09 MJ NEL na kg sušine pri plazeči zlati. Razlike med vrstami znotraj botaničnih skupin so bile večje od razlik med botaničnimi skupinami (6,23, 6,07 in 6,10 MJ NEL na kg sušine pri travah, metuljnicah in zeleh). Med seboj so se razlikovale tudi sorte posameznih vrst trav in metuljnic. Razlike med najslabšo in najboljšo sorto so se gibale od 0,32 MJ NEL pri travniški bilnici do 0,84 MJ NEL na kg sušine pri mnogocvetni ljuljki. Hitrost zmanjševanja energijske vrednosti med staranjem krme je bila odvisna od rastlinske vrste. Pri travniških zeleh je bilo zmanjševanje energijske vrednosti počasnejše (od -0,11 do -0,30 MJ NEL na 10 dni), kot pri travah (-0,29 do -0,63 MJ NEL na 10 dni) in metuljnicah (-0,41 in - 0,52 MJ NEL na 10 dni). Pri travah se je vsebnost NEL najpočasneje zmanjševala pri trpežni ljuljki, najhitreje pa pri navadni pasji travi in mnogocvetni ljuljki. Na energijsko vrednost travnih silaž vpliva tudi onesnaženje krme z zemljo. Na podlagi vzorcev silaž iz slovenskih kmetij smo ocenili, da močno onesnaženje krme z zemljo zmanjša neto energijsko vrednost silaže za 0,5 MJ na kg sušine.</p>
		ANG	<p>On the basis of the results of published and unpublished trials and on the basis of analyzes of silages from Slovenian farms some of the factors that affected the energy value of grass silages were identified and quantified. It was established that the main reason for the low energy value of grass silages in Slovenia is low energy value of forage at the cutting time. The energy value of grassland forage depends on the species of meadow plants. In the period from the last days of April until the end of May, on average, the lowest energy value among the grasses was reached by orchard grass (5.54 MJ NEL per kg dry matter) and the highest by the perennial ryegrass (6.83 MJ NEL per kg of dry matter). Red clover had better net energy value than alfalfa (6.40 vs. 5.74 MJ per kg dry matter). In non-leguminous forbs the net energy value ranged from 5.62 MJ in broad leaved dock to 7.09 MJ NEL per kg of dry matter in creeping buttercup. Differences between species within the botanical groups were greater than differences between botanical groups (grasses, legumes and non-leguminous forbs 6.23, 6.07 and 6.10 MJ NEL per kg of dry matter respectively). There were also differences among varieties within individual species of grasses and legumes. The differences between the worst and the best variety ranged from 0.32 MJ NEL for meadow fescue to 0.84 MJ NEL per kg of dry matter in Italian ryegrass. The rate of the energy value reduction during the forage</p>

		maturation depended on the plant species. In non-leguminous forbs the reduction of the energy value was slower (from -0.11 to -0.30 MJ NEL per 10 days) than in grasses (from -0.29 to -0.63 MJ NEL per 10 days) and legumes (from - 0.41 to - 0.52 MJ NEL per 10 days). In grasses, the slowest decline of NEL content was observed in perennial ryegrass and the fastest in orchard grass and Italian ryegrass. The energy value of grass silages was also affected by the soil contamination of forages. Based on samples of silages from Slovenian farms it was estimated that severe contamination of forage with soil reduces the net energy value of silage by 0.5 MJ per kg of dry matter.
Objavljeno v		Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod; Zbornik predavanj; 2014; Str. 201-209; Avtorji / Authors: Verbič Jože, Verbič Janko, Žnidaršič Tomaž, Lukač Branko, Babnik Drago
Tipologija	1.06	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeni predavanji)

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	4171368
		Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Vsebnost sečnine v mleku slovenskih krav
		ANG Milk urea concentration in Slovenian dairy cows
	Opis	SLO Vsebnost sečnine v mleku (VSM) je dober kazalnik s sečem izločenega dušika pri kravah molznicah. V sedemletnem obdobju (2005-2012) se je delež vzorcev z VSM pod priporočeno vrednostjo (15 mg/100 ml) gibal med 20 in 30 %, brez trenda povečevanja ali zmanjševanja. Delež vzorcev z VSM nad priporočenimi vrednostmi (30 mg/100 ml) se je v tem obdobju zmanjšal za 8 % (od 15 na 7 %). Na podlagi 735.632 podatkov, ki so bili zbrani v letih med 2009 in 2012 smo ugotovili, da je vsebnost sečnine v mleku največja v poletnih mesecih (od junija do avgusta, povprečja od 20,4 do 20,7 mg/100 ml), najmanjša pa v zimskih mesecih (od novembra do februarja, povprečja od 17,7 do 18,0 mg/100 ml). Največjo VSM smo zasledili v poletnih vzorcih krav ki se pasejo ali dobijo svežo krmo v hlevu (31 mg/100 ml). V vzorcih mleka krav, ki dobijo v obrokih le seno, je bila VSM večja (22,2 mg/100 ml) kot v vzorcih mleka krav, ki dobijo seno in travno silažo (19,2 mg/100 ml), kombinacijo koruzne in travne silaže (19,4 mg/100 ml) ali kombinacijo koruzne silaže, travne silaže in sena (17,4 mg/100 ml). Najmanjše VSM so bile značilne za obroke, ki so vsebovali koruzno silažo in seno (13,9 mg/100 ml). Uvedba rutinskega določanja VSM je prispevala k zmanjšanju deleža vzorcev s preseženo zgornjo priporočeno vrednostjo. To kaže, da je mogoče z določitvami VSM zmanjšati dušikov odtis prireje mleka.
		ANG Milk urea concentration (MUC) is considered to be a good indicator of urinary nitrogen excretion in lactating dairy cows. Over the period of seven years (2005-2012) the proportion of samples with the MUC below the recommended value (15 mg/100 ml) varied between 20 and 30% with no trend of decrease or increase. A drop of about 8% (from 15% to 7%) in number of samples with MUC above the recommended value (30 mg/100 ml) was recognized in the last seven years. According to the results of 735,632 records obtained between the years 2009 and 2012 the highest MUC can be found during the summer months (from June to August; averages from 20.4 to 20.7 mg/100 ml) and the lowest during the winter months (from November to February; averages from 17.7 to 18.0 mg/100 ml). The highest average MUC (31 mg/100 ml) was observed in summer

		<p>samples from cows that were grazed or given diets containing fresh grass. In milk samples from cows fed with basal diets of hay (exclusively) higher MUC were observed (22.2 mg/100 ml) than from cows feeding a combination of hay and grass silage (19.2 mg/100 ml), a combination of maize and grass silage (19.4 mg/100 ml) or a combination of maize silage, grass silage and hay (17.4 mg/100 ml). The lowest MUC was observed in basal diets comprised of maize silage and hay (13.9 mg/100 ml). Introduction of routine MUC determinations resulted in a decline of milk samples percentage above the upper recommended limit. It indicates that MUC determinations can reduce the nitrogen footprint from milk production.</p>
	Šifra	F.30 Strokovna ocena stanja
	Objavljeno v	s.n.; Improving nitrogen efficiency on dairy farms; 2013; Str. 15; Avtorji / Authors: Verbič Jože, Jenko Janez, Babnik Drago
	Tipologija	1.13 Objavljeni povzetek strokovnega prispevka na konferenci
2.	COBISS ID	3240840 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<p><i>SLO</i> Vpliv ionofornega natrijevega monenzina na fenotipske, metabolne in genetske značilnosti vampovih bakterij iz rodu <i>Prevotella</i></p> <p><i>ANG</i> Effect of ionophore sodium monensin on phenotypic, metabolic and genetic traits of ruminal bacteria from the genus <i>Prevotella</i></p>
	Opis	<p><i>SLO</i> Monenzin je ionoforni antibiotik, ki ga v mnogih državah uporabljajo kot krmni dodatek pri reji goveda, vendar ne v državah EU. Ionofor monenzin vpliva na bakterijski metabolizem in posledično spreminja vampno fermentacijo, ki vodi v povečano učinkovitost krmljenja. V EU je bila uporaba monenzina in drugih antibiotikov kot krmnih dodatkov prepovedana 2006 zaradi problema širjenja odpornosti na antibiotike in možnega prenosa rezistence z živali na človeka. Ker mehanizem bakterijske odpornosti ni v celoti razumljen in ni dokazov za horizontalni prenos odpornosti na monenzin med bakterijami iz prebavnega trakta, smo pričeli proučevati možne mehanizme odpornosti v bakterijah iz rodu <i>Prevotella</i>, ki predstavljajo pomemben del mikrobne združbe vampa in drugih gastrointestinalnih niš pri živalih in ljudeh, in so sposobne prilagoditve na visoke koncentracije monenzina. Nameravali smo primerjati fenotipske, metabolne in genetske značilnosti divjih sevov vrst <i>Prevotella bryantii</i> in <i>Prevotella ruminicola</i> in njihovih na monenzin odpornih potomcev. Ker monenzin vpliva na bakterijske membrane in fermentacijo, smo uporabili plinsko kromatografijo za analizo profilov membranskih dolgovernih maščobnih kislin in hlapnih maščobnih kislin, ki so glavni produkt fermentacije pri teh organizmih. Da bi odkrili možno genetsko podlago pridobljene odpornosti na monenzin, smo sekvencirali genome divjih in adaptiranih sevov in analizirali njihove sekvence. Preučili smo tudi možnost pojava navzkrižne odpornosti, pri čemer smo preverili več kot 20 različnih antibiotikov.</p> <p><i>ANG</i> Sodium monensin is an ionophore antibiotic, used in many countries as feed additive in cattle breeding, however not in EU countries. The ionophore monensin affects bacterial energy metabolism and subsequently changes ruminal fermentation which results in increased feed efficiency [1]. In EU the use of monensin as feed additive in cattle breeding and many other antibiotics used as feed additives was banned in 2006 [2] due to the concerns related to spreading of antibiotic resistances and possible transfer of these from animals to humans. Since the exact mechanism of bacterial resistance to monensin is not understood and the ideas about the lateral transfer of the monensin resistance among gut bacteria lack evidence, we started to investigate possible resistance mechanism in bacteria from the genus <i>Prevotella</i>, which represent important bacterial population inhabiting the rumen as well as other gastrointestinal niches of animals and man and</p>

		are capable of adaptation to monensin present in high concentrations [3]. Our aim was to compare phenotypic, metabolic and genetic traits of wild type strains of <i>Prevotella bryantii</i> and <i>Prevotella ruminicola</i> , and their monensin adapted descendants. Since the monensin affects bacterial membranes and fermentation, gas chromatography was used to investigate membrane long-chain fatty acid profiles and volatile fatty acids, the main fermentation products. To explore the possible genetic basis of the acquired monensin resistance genomic sequencing of the wild types and adapted strains was performed and sequences compared. Potential of the emerging cross resistances to other antibiotics was examined too, screening more than 20 different antibiotics.
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	Innsbruck University Press; 8th International Symposium on Anaerobic Microbiology (ISAM8), Innsbruck, Austria, June 12-15, 2013; 2013; Str. 28; Avtorji / Authors: Gorenc Katja, Accetto Tomaž, Avguštin Gorazd
	Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci
3.	COBISS ID	3908006 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Slovensko nacionalno poročilo 2014: evidence emisij 1986-2012: predloženo Okvirni konvenciji Združenih narodov za podnebne spremembe in Kjotskemu protokolu
		<i>ANG</i> Slovenia's national inventory report 2014: emission inventories 1986-2012 : submitted under the United Nations framework convention on climate change and the Kyoto protocol
	Opis	<i>SLO</i> Člani projektne skupine so odgovorni za uradno metodiko, na podlagi katere Slovenija poroča o izpustih toplogrednih plinov ter nekaterih drugih onesnažil v zrak in vode. Med izvajanjem projekta smo sodelovali pri pripravi Nacionalnih poročil Okvirni konvenciji Združenih narodov za klimatske spremembe in pri pripravi Poročil Konvenciji UNECE o onesnaževanju zraka na velike razdalje. Z namenom vodenja nacionalnih evidenc in projekcij smo v letu 2014 pripravili novo metodiko za oceno izpustov metana in didušikovega oksida.
		<i>ANG</i> Members of project group are responsible for the official methodology, under which Slovenia reports on greenhouse gas emissions and certain other pollutants into the air and waters. During the project period we participated in the preparation of National Inventory Report to United Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) and the preparation of report to the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution. With the aim of keeping national inventory and projections, a new methodology for the assessment of emissions of methane and nitrous oxide was developed in 2014.
	Šifra	F.30 Strokovna ocena stanja
	Objavljeno v	Ministry for Agriculture and the Environment, Slovenian Environment Agency; 2014; Avtorji / Authors: Mekinda Majaron Tajda, Logar Martina, Verbič Jože, Simončič Primož, Mali Boštjan, Kobal Milan, Hladnik David, Žižek Laura, Skudnik Mitja, Malešič Irena, Kranjc Andrej, Stare Romana
	Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav
4.	COBISS ID	4423528 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Razvojna vprašanja tehnologije priraje mleka
		<i>ANG</i> Development issues of milk production technology
		S konferenco Izgledi in priložnosti priraje in predelave mleka v Sloveniji je Ministrstvo za kmetijstvo in okolje odprlo širšo razpravo o izzivih in rešitvah za mlečni sektor po ukinitvi mlečnih kvot. Na konferenco so bili vabljeni vsi akterji mlečne verige in predstavnik EU. V vabljenem predavanju so bila

Opis	SLO	predstavljena osnovna razvojna vprašanja tehnologije prireje mleka. Ob tem so bili identificirani naslednji izzivi: rajonizacija prireje mleka, izboljšanje učinkovitosti prireje mleka, uvajanje sodobnih načinov (tehnologij) prireje mleka, zagotavljanje varnosti mleka, ohranjanje in povečanje ugleda slovenskega mleka in obvladovanje tveganj. Na predavanju je bil izpostavljen tudi pomen zmanjševanja ogljikovega odtisa mleka za ohranjanje ugleda slovenskega mleka.
	ANG	With the conference Prospects and opportunities of milk production and processing in Slovenia, the Ministry of Agriculture and the Environment opened up a wide debate on the challenges and solutions for the dairy sector after the abolition of milk quotas. All actors who participate to dairy chain and a representative of the EU were invited to the conference. The basic development issues of the milk production technology were presented in invited lecture. The following challenges were identified: spatial distribution of milk production, improving the efficiency of milk production, introduction of modern methods (technologies) of milk production, milk safety, retaining and building of the reputation of Slovenian milk and risk management. The importance of carbon footprint reduction for maintaining of the reputation of Slovenian milk was also exposed in lecture.
Šifra	B.04 Vabljen predavanje	
Objavljeno v	2014; Avtorji / Authors: Verbič Jože	
Tipologija	3.16 Vabljen predavanje na konferenci brez natisa	
5.	COBISS ID	4593512 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Prispevek ukrepa KOPOP k blaženju podnebnih sprememb
	ANG	The contribution of AECC measure to mitigation of climate change
Opis	SLO	Za ukrep kmetijsko-okoljskih-podnebnih plačil (KOPOP) v okviru Programa razvoja podeželja 2014-2020 smo pripravili predlog uvedbe spremljanja kakovosti krme in računanja obrokov na kmetijah z namenom učinkovitejšega izkoriščanja travinja, zmanjšanja emisij toplogrednih plinov in izboljšanja počutja živali. Omenjena zahteva je bila vključena v predlog KOPOP, ki ga je pripravilo MKGP, do dokončne potrditve s strani Evropske komisije pa ni prišlo. MKGP bo poskušalo zahtevo uveljaviti v naslednjem letu.
	ANG	For the Agri-environment climate change measure (AECC) in the frame of Rural development programme 2014-2020 a proposal for forage quality monitoring and diet formulations on farms with the aim of more efficient grassland utilization, reduction of emissions of greenhouse gasses and improving animal welfare was prepared. MAFF included the above mentioned measure in proposal of AECC, however, it was finally not confirmed by the European commission. MAFF will try to introduce the measure within the next year.
Šifra	B.04 Vabljen predavanje	
Objavljeno v	2014; Avtorji / Authors: Verbič Jože	
Tipologija	3.15 Prispevek na konferenci brez natisa	

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine^Z

Projektna skupina je bila zelo aktivna na področju informiranja kmetov, strokovnjakov, usmerjevalcev kmetijske politike in nekmetijske javnosti s stanjem in možnostmi za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov v govedoreji. Na področju izpustov in z njimi povezanimi vsebinami (krmljenje goved, kakovost krme, učinkovita reja goved, ravnanje z živinskimi gnojili, proizvodnja bioplina, kroženje dušika v kmetijstvu, učinkovita in varčna raba energije v

živinoreji in pri pridelovanju krme) so:

- pripravili 22 člankov v strokovnih revijah in časopisih,
- bili 5 krat intervjuvani in 6 krat nastopili na radiu in TV,
- izvedli 114 javnih nastopov.

Gre za aktualne vsebine po katerih je s strani organizatorjev različnih strokovnih srečanj precejšnje povpraševanje in glede na to lahko pričakujemo, da se bodo promocijske aktivnosti za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov v govedoreji nadaljevale tudi po končanem projektu. V prilogi poročila je besedilo enega članka in dveh tehnoloških priporočil, ki so pripravljene za objavo.

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

10.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Projektna skupina se je s projektno vlogo odzvala na razpisano temo, ki je bila izrazito ciljno naravnana. Izrazito ciljno je bil naravnani tudi projekt. Glede na to je pomen projekta za razvoj znanosti razmeroma majhen. Z vidika pomena za razvoj znanosti so pomembne predvsem vsebine, vezane na specifično strukturo in razmere v slovenskem kmetijstvu. Gre za:

- pridobitev specifičnih podatkov o porabi energije in s tem povezane izpuste ogljikovega dioksida pri reji goved v majhnih čredah;
- pridobitev specifičnih podatkov o porabi energije in s tem povezane izpuste ogljikovega dioksida pri pridelovanju krme v razmerah razdrobljene posestne strukture in ob uporabi razmeroma majhnih strojev;
- možnost uvajanja bioplinskih naprav na majhne kmetije;
- model ocenjevanja ogljikovega odtisa kravjega mleka in govejega mesa v razmerah, za katere je značilen zelo velik razpon v intenzivnosti reje.

ANG

The project team responded to a call theme that has been highly target-oriented. Target orientation was characteristic also for the project. Accordingly, the importance of the project for the science is relatively small. From the scientific perspective are important, in particular, the contents related to the structure and the specific situation in the Slovenian agriculture. These are the following:

- acquisition of specific data on energy consumption and related carbon dioxide emissions associated with rearing cattle in small herds;
- the acquisition of specific data on energy consumption and related emissions of carbon dioxide in forage production in conditions of fragmented ownership structure and the use of relatively small farm machinery;
- the possibility of introducing biogas installations on small farms;
- the evaluation of carbon footprint of cow's milk and beef in a situation, which is characterized by a very large range of production intensity.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Operativni programa zmanjševanja emisij toplogrednih plinov do leta 2020 določa, da je dolgoročni cilj na področju kmetijstva obvladovanje izpustov toplogrednih plinov ob povečanju samooskrbe Slovenije s hrano in ob ohranitvi površine kmetijske zemlje v uporabi. Za doseganje tega cilja bo treba zmanjšati izpuste na enoto pridelane hrane. Rešitve, ki smo jih predlagali v okviru projekta bodo omogočale prav to. Pri tem ne gre samo za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov, temveč tudi za povečanje konkurenčnosti govedoreje (boljše izkoriščanje krme, manjša poraba fosilnih goriv, manjše izgube dušika, pridobivanje energije iz obnovljivih virov v primeru bioplina iz živinskih gnojil). Predlagane rešitve so ugodne tudi z vidika izpustov plinov, ki jih obravnava pobuda Clean Air for Europe in obveznosti, ki bodo definirane v novi NEC direktivi (amonijak, NOX, metan kot plin, ki povzroča povečanje koncentracij prizemnega ozona).

Rezultati projekta so pomembni za:

- zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov v govedoreji, povečanje konkurenčnosti panoge

in ohranjanje/povečanje ugleda kravjega mleka in govejega mesa (manjši ogljikov odtis);

- lažje načrtovanje kmetijske/okoljske politike na področju blaženja podnebnih sprememb;
- zanesljivejše poročanje o izpustih toplogrednih plinov in drugih plinov Okvirni konvenciji Združenih narodov za klimatske spremembe Konvenciji UNECE o onesnaževanju zraka na velike razdalje;
- zanesljivejše projekcije emisij in lažje odločanje o sprejemljivosti/neprejemljivosti obveznosti Slovenije v okviru mednarodnih sporazumov.

ANG

The operational programme for the reduction of greenhouse gas emissions by 2020 states that the long-term objective in the field of agriculture is controlling of greenhouse gas emissions along with an increase of food self-sufficiency and maintaining the agricultural land area in use. To achieve this goal the emissions per unit of food have to be reduced. The solutions which were proposed in the frame of the project will enable it. This is not only to reduce greenhouse gas emissions, but also to increase the competitiveness of cattle production (better utilization of feed resources, lower consumption of fossil fuels, decreased nitrogen losses, gaining energy from renewable sources in the case of biogas production from animal manures). The proposed solutions are beneficial also in terms of emissions of gases, which are handled by the Clean Air for Europe initiative and commitment that will be defined in a new NEC Directive (ammonia, NOX, methane as a gas, which causes an increase in concentrations of ground-level ozone).

Results of the project are important for:

- reducing greenhouse gas emissions in cattle production, increasing the competitiveness of the sector and maintaining/improving the reputation of milk and beef (smaller carbon footprint);
- facilitating the planning of agricultural/environmental policy in the area of mitigation of climate change;
- more reliable reporting on greenhouse gas emissions and emissions of other gases under the United Nations Framework Convention on Climate Change and under the UNECE Convention on long-range transboundary air pollution;
- higher reliability of emission projections and to support decision making on acceptance/unacceptance of proposed obligations within international protocols.

11. Vpetost raziskovalnih rezultatov projektne skupine

11.1. Vpetost raziskave v domače okolje

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

- v domačih znanstvenih krogih
- pri domačih uporabnikih

Kdo (poleg sfinancerjev) že izraža interes po vaših spoznanjih oziroma rezultatih?¹¹

- Kmetijsko svetovalna služba
- Različni organizatorji posvetov
- Rejske organizacije in lokalna govedorejska društva
- Načrtovalci kmetijske in okoljske politike (priprava vsebin za Operativni program zmanjševanja emisij toplogrednih plinov do leta 2020, priprava vsebin za ukrep Kmetijsko-okoljsko-podnebnih plačil v sklopu Programa razvoja podeželja 2014-2020)
- Industrija (proizvajalec bioplinskih naprav)
- Visokošolske organizacije (študijski programi)

11.2. Vpetost raziskave v tuje okolje

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

- v mednarodnih znanstvenih krogih
- pri mednarodnih uporabnikih

Navedite število in obliko formalnega raziskovalnega sodelovanja s tujini raziskovalnimi inštitucijami:¹²

- COST FA 1302: METHAGENE - Large-scale methane measurements on individual ruminants for genetic evaluations
- IEE/09/764/si2.558250 - European Farmers and Foresters Involved for Contributing to an Intelligent Energy Network towards the target of 20% reduction in fuel consumption
- Intelligent Energy Europe- Biomethane Regions

Kateri so rezultati tovrstnega sodelovanja:¹³

Projektni sodelavci v okviru mednarodnih projektov iščejo možnosti za selekcijo goved na majhne izpuste toplogrednih plinov, informirajo kmete o možnostih za zmanjšanje porabe energije in jih spodbujajo k spremljanju porabe tekočih goriv ter promovirajo širjenje anaerobnih digesterjev in z njimi povezane tehnologije.

12. Izjemni dosežek v letu 2014¹⁴

12.1. Izjemni znanstveni dosežek

/

12.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Operativni program zmanjševanja emisij toplogrednih plinov do leta 2020

Na podlagi metodike in rešitev, ki so bile identificirane v sklopu projekta, so člani projektne skupine za področje kmetijstva pripravili izhodišča, ukrepe, projekcije izpustov in besedilo Operativnega programa zmanjševanja emisij toplogrednih plinov do leta 2020 (OPTGP). Predlagani so bili ukrepi za zmanjšanje izpustov in ovrednoten njihov učinek. Vlada RS je OPTGP sprejela decembra 2014.

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 pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta
- bomo sofinancerjem istočasno z zaključnim poročilom predložili tudi elaborat na zgoščenki (CD), ki ga bomo posredovali po pošti, skladno z zahtevami sofinancerjev.

Podpisi:

zastopnik oz. pooblaščen oseba raziskovalne organizacije:

in

vodja raziskovalnega projekta:

Kmetijski inštitut Slovenije

Jože Verbič

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana

16.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-CRP-ZP-2015/19

- ¹ Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku). [Nazaj](#)
- ² Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)
- ³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)
- ⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)
- ⁵ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta.
Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)
- ⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta.
Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.
- 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 projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)
- ⁷ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. ni voden v sistemu COBISS). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)
- ⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)
- ⁹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)
- ¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)
- ¹¹ Največ 500 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)
- ¹² Največ 500 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)
- ¹³ Največ 1.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)
- ¹⁴ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). 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/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/> [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-CRP-ZP/2015 v1.00
4C-B8-56-BC-2B-6F-BB-BE-D1-3E-52-E3-1D-30-BB-03-B9-34-C7-1C



Kmetijski inštitut Slovenije
Agricultural Institute of Slovenia
1001 Ljubljana, Hacquetova ulica 17, Slovenija
Tel: +386 1 280-52-62
Telefax +386 1 280-52-55
E-mail: kis@kis.si

ZAKLJUČNO POROČILO O IZVEDBI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA CILJNEGA RAZISKOVALNEGA PROGRAMA »ZAGOTOVIMO.SI HRANO ZA JUTRI«

Naslov projekta: Zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov v govedoreji (V4-1136)

Naročnika: Republika Slovenija, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje
Republika Slovenija, Javna agencija za raziskovalno dejavnost

Izvajalca: Kmetijski inštitut Slovenije
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Odgovorni nosilec: dr. Jože VERBIČ, univ. dipl. inž. zoot.

Sodelavci: dr. Gorazd Avguštin, dr. Drago Babnik, dr. Lijana Fanedl, Anton Gjergek, mag. Tone Godeša, dr. Viktor Jejčič, Janez Jenko, mag. Janez Jeretina, dr. Vesna Jerman, dr. Romana Marinšek Logar, Ben Moljk, Tomaž Perpar, Peter Podgoršek, mag. Tomaž Poje, Barbara Zagorc, dr. Tomaž Žnidaršič

Ljubljana, september 2014

ZMANJŠANJE IZPUSTOV TOPLOGREDNIH PLINOV V GOVEDOREJI POVZETEK

Izdelali smo programsko orodje, ki omogoča celovito ovrednotenje izpustov toplogrednih plinov v govedoreji. Orodje vključuje neposredne izpuste metana zaradi fermentacije v prebavilih in pri skladiščenju živinskih gnojil, neposredne izpuste didušikovega oksida med skladiščenjem živinskih gnojil, na paši in zaradi gnojenja z živinskimi gnojili, izpuste didušikovega oksida, ki nastanejo pri pridelovanju krme zaradi gnojenja z mineralnimi gnojili, posredne izpuste didušikovega oksida zaradi uhajanja dušikovih spojin v zrak in vode, izpuste ogljikovega dioksida zaradi porabe fosilnih goriv pri pridelovanju krme (obdelava tal, spravilo in transport pridelka, sušenje pridelka), pri proizvodnji mineralnih gnojil in sredstev za varstvo krmnih rastlin in zaradi porabe energije pri reji živali, izpuste ogljikovega dioksida zaradi transporta mleka v mlekarne in klavne živine v zakol, izpuste ogljikovega dioksida, ki so zajeti v stavbah in opremi, izpuste ogljikovega dioksida, ki nastanejo pri predelavi mleka in mesa, pri proizvodnji embalaže in transportu živil do trgovin ter izpuste ogljikovega dioksida zaradi sprememb rabe zemljišč, ki so posledica mednarodnega trgovanja s krmo. Na podlagi podatkov in ocen o značilnostih reje goved v Sloveniji je bil ogljikov odtis za mleko ocenjen na 1,52 kg ekv. CO₂ na kg. K ogljikovemu odtisu mleka prispeva največ metan, ki nastane v prebavilih živali in med skladiščenjem živinskih gnojil (46,4 %), sledi didušikov oksid, ki je posledica izpustov iz gnojišč, gnojenja z živinskimi in mineralnimi gnojili in posrednih izpustov zaradi uhajanja drugih dušikovih spojin v okolje (24,5 %). Ogljikov dioksid, ki je povezan s pridelovanjem krme prispeva 11,9 %, ogljikov dioksid povezan z rejo in stavbami za rejo 6,7 %, ogljikov dioksid povezan s predelavo in transportom mleka pa 10,4 % celotnega ogljikovega odtisa mleka. Ogljikov odtis mesa iz kombiniranih rej (sočasna prireja mleka in mesa) je bil ocenjen na 16,3 kg ekv. CO₂ na kg klavnega trupa, ogljikov odtis mesa specializiranih mesnih rej pa na 30,3 kg ekv. CO₂ na kg klavnega trupa.

Na enajstih vzorčnih kmetijah, ki so usmerjene v živinorejsko oziroma mešano živinorejsko poljedelsko pridelavo, smo merili porabo energije pri pridelovanju krme in pri reji živine. Namen dela je bil preveriti, ali splošni normativi za porabo energije veljajo tudi za specifične slovenske razmere in dopolniti sicer skromno bazo podatkov o porabi energije pri različnih delovnih procesih. Ugotovili smo, da lahko poraba goriva za enake delovne operacije zelo variira. Pri pridelovanju krme na njivah se največ energije se porabi pri obdelavi tal, predvsem če gre za osnovno obdelavo z oranjem (povprečje 24,5 l na ha) in dopolnilno obdelavo s prekopalnikom (frezo) (povprečje 43,3 l na ha). Pri pripravi travniške krme se največ goriva porabi pri baliranju krme v valjaste bale (povprečje 8,6 l na ha). Pri reji molznic je bil največji posamični porabnik energije krmilno mešalnim voz.

V okviru projekta smo preučili različne dejavnike, ki vplivajo na izpuste toplogrednih plinov v govedoreji. Tako pri izpustih, ki nastanejo zaradi reje goved, kot pri izpustih, ki so posledica rabe energije za pridelovanje krme, krmljenje in prirejo mleka, so bile razlike med različnimi praksami kmetovanja velike. V optimalnih razmerah (kakovostna krma, pašna reja, optimalna vsebnost beljakovin v obrokih, velika mlečnost, dolga življenjska doba molznic, dobra reprodukcija, intenzivna vzreja plemenskih telic, obdelava gnojevke na bioplinski napravi, racionalna raba energije) je mogoče prirediti mleko z ogljikovim odtisom pod 1 kg ekv. CO₂ na kg. V nasprotnem primeru (krma s slabo energijsko vrednostjo, presežki beljakovin v obrokih, slaba reprodukcija, kratka življenjska doba krav, zelo ekstenzivna vzreja telic, potratna raba energije) se ogljikov odtis mleka približa 3 kg ekv. CO₂ na kg. Še večje so razlike pri prireji mesa. Pri pitanju telet iz kombinirane reje s kakovostno krmo, hitro

rastjo in obdelavo gnojevke na bioplinski napravi lahko priredimo meso z ogljikovim odtisom pod 10 kg ekv. CO₂ na kg, v primeru pitanja telet iz mesnih čred s slabo krmo in ob počasni rasti pa se ogljikov odtis mesa približa 40 kg ekv. CO₂ na kg.

Ovrednotili smo že znane in identificirali nove ukrepe za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov pri prireji mleka in mesa in pripravili nabor priporočil za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov v praksi.

MITIGATION OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS IN CATTLE PRODUCTION SUMMARY

A software tool that enables a comprehensive evaluation of greenhouse gas emissions in cattle production was developed. It includes direct emissions of methane from enteric fermentation and storage of livestock manures, direct emissions of nitrous oxide due to storage of livestock manures, grazing and the manure application, nitrous oxide which is released due to mineral fertilizer usage in feedstuff production, indirect nitrous oxide emissions due to leakage of nitrogen compounds into the air and water, carbon dioxide emissions from fossil fuel consumption in feedstuff production (soil cultivation, harvesting and crop transportation, crop drying), carbon dioxide emissions due to fossil fuel usage in the production of mineral fertilizers and plant protection products used in feedstuff production, emissions due to the energy consumption of animal husbandry, carbon dioxide emissions due to transport of milk to dairies and livestock to slaughterhouses, carbon dioxide emissions for energy embedded into farm buildings and equipment, emissions of carbon dioxide resulting from the processing of milk and meat, emissions related to production of packaging materials and food transportation to the shops and carbon dioxide emissions due to land use changes as a result of international feedstuff trading. Based on information on typical cattle production practices in Slovenia the carbon footprint of milk was estimated at 1.52 kg CO₂ eq. per kg. The largest contributor to carbon footprint of milk was methane related to enteric fermentation and the manure storage (46.4%), followed by nitrous oxide, which originates from manure stores, fertilization with organic and inorganic fertilizers and indirect emissions due to leakage of nitrogen compounds into the environment (24.5%). Carbon dioxide, which is related to forage production contributed 11.9%, carbon dioxide associated with the rearing of animals and with the energy embedded into the buildings and equipment 6.7% and carbon dioxide associated with the processing and transportation of milk 10.4% of the overall carbon footprint. Carbon footprint of meat produced in dual purpose herds (combined production of milk and meat) was estimated at 16.3 kg CO₂ eq. per kg of carcass while the carbon footprint of meat derived from specialised beef herds was estimated at 30.3 kg CO₂ eq. per kg of carcass.

Energy consumption in feed production and livestock rearing operations was measured on eleven farms that were focused either in livestock production or mixed crop livestock production. The purpose of the work was to verify whether the general figures for energy consumption are also applicable to the specific Slovenian situation and to supplement a relatively deficient database on energy consumption for various farm operations. It was found that the fuel consumption for the same work operations varies widely. In field crop production the most energy demanding operation was soil cultivation, especially in the case when initial tillage was done through ploughing (an average of 24.5 l per ha) and secondary soil tillage through the use of rotary tiller (average 43.3 l per ha). In grassland forage production the most energy demanding operation was baling (average 8.6 l per ha). The largest single consumer of energy among cattle rearing operations was total feed mixer.

Various factors that affect greenhouse gas emissions in cattle production were examined in the frame of project. Wide variation in emissions due to differences in farming practices were found in both, i.e. in emissions caused directly by the cattle rearing as well as in emissions which originate from energy used for the production of feed, feeding and milk production. In optimal conditions (high quality feedstuffs, outdoor grazing, optimal protein content in diets, high milk yields, high lifetime production, good reproduction performance, intensive rearing of replacements, processing manure in a biogas plant, rational use of energy) carbon footprint under 1 kg CO₂ eq. per kg milk can be achieved. Otherwise (low energy value feedstuffs, excess of protein in diets, poor reproduction performance, short life span of cows, very extensive rearing of replacements, wasteful use of energy), the carbon footprint of milk can be close to 3 kg CO₂ eq. per kg. Even larger differences can be observed in beef production. In case of fattening of calves from dual purpose herds using high quality feedstuffs, ensuring rapid growth and processing of manure in a biogas plant, beef with a carbon footprint of less than 10 kg CO₂ eq. per kg can be produced. On the other hand, in the case of fattening of calves from specialised beef herds which are given poor feed resulting in slow growth rates, the carbon footprint of beef can be close to 40 kg CO₂ eq. per kg.

The effect of some known measures to reduce emissions of greenhouse gases was quantified and some new were identified. A set of recommendations for reducing greenhouse gas emissions in practice was elaborated.

UVOD

Pri reji goved se v Sloveniji letno sprosti 43.053 ton metana in 285 ton didušikovega oksida. Njun toplogreden učinek, izražen v ekvivalentih ogljikovega dioksida, je 992.546 ton, kar pomeni 53,0 % vseh izpustov v kmetijstvu oz. 5,2 % vseh izpustov toplogrednih plinov v Sloveniji (podatki za leto 2012). Poleg izpustov, ki jih v okviru uradnih evidenc pripisujemo neposredno govedoreji, se toplogredni plini sproščajo tudi pri gnojenju z živinskimi gnojili. Pomembni so tudi posredni izpusti zaradi uhajanja dušikovih spojin v zrak (predvsem amonijak) in vode (predvsem nitrati). Ti izpusti prispevajo dodatnih 271.815 ton ekvivalentov ogljikovega dioksida, tako da prispeva govedoreja skupaj s temi izpusti 67,6 % vseh izpustov toplogrednih plinov v kmetijstvu. Izpustov, ki nastanejo zaradi rabe fosilnih goriv pri kmetovanju in pri proizvodnji različnega repromateriala za kmetijstvo (mineralna gnojila, sredstva za varstvo rastlin) formalno ne vodimo v okviru kmetijstva, v resnici pa so to prav tako izpusti, ki bremenijo kmetijske pridelke.

Cilj predlaganega projekta je bil izdelati predlog ukrepov za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov v govedoreji ob upoštevanju naravnih danosti in značilnosti reje v Sloveniji in pripraviti priporočila za zmanjšanje emisij na govedorejskih kmetijah. Ukrepi in priporočila, ki smo jih pripravili, temeljijo na analizi stanja izpustov ob upoštevanju strukture kmetij in načinov reje v Sloveniji. Učinek posameznih ukrepov je ovrednoten v smislu zmanjšanja izpustov na enoto prirejenega mleka ali mesa. Poleg plinov, ki jih beležimo v okviru uradnih evidenc emisij toplogrednih plinov (metan in didušikov oksid), je projekt posegel tudi na področje neposrednih in posrednih izpustov ogljikovega dioksida, ki se sprosti zaradi rabe fosilnih goriv neposredno v kmetijstvu in izven, pa tudi na področje izpustov/ponorov ogljikovega dioksida zaradi spremembe rabe kmetijskih zemljišč in sprememb zaloge ogljika v tleh. Gre za prvi poskus ocene celovitejšega ogljikovega odtisa mleka in govejega mesa, ki upošteva stanje in posebnosti v Sloveniji.

UPORABLJENE METODE IN REZULTATI

Izdelava programskega orodja za oceno učinkov ukrepov za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov v govedoreji

Izdelali smo programsko orodje, ki omogoča celovito ovrednotenje izpustov toplogrednih plinov v govedoreji. Orodje omogoča ovrednotenje učinka posameznih ukrepov, ločeno po posameznih toplogrednih plinih (metan (CH₄), didušikov oksid (N₂O), ogljikov dioksid, (CO₂)) in skupaj, izraženo v ekvivalentih CO₂. Model vključuje:

- neposredne izpuste metana zaradi fermentacije v prebavilih in pri skladiščenju živinskih gnojil;
- neposredne izpuste didušikovega oksida, ki nastane med skladiščenjem živinskih gnojil, zaradi izločkov, ki ostanejo na paši in zaradi gnojenja z živinskimi gnojili;
- izpuste didušikovega oksida, ki nastanejo pri pridelovanju krme zaradi gnojenja z mineralnimi gnojili;
- posredne izpuste didušikovega oksida zaradi uhajanja amonijaka v zrak in izpiranja nitratov v vode iz hlevov, gnojišč in pri gnojenju z živinskimi in mineralnimi gnojili;
- izpuste ogljikovega dioksida, ki vključujejo izpuste zaradi porabe fosilnih goriv pri pridelovanju krme (obdelava tal, spravilo in transport pridelka, sušenje pridelka);
- izpuste ogljikovega dioksida zaradi rabe fosilnih goriv pri proizvodnji mineralnih gnojil in sredstev za varstvo krmnih rastlin;

- izpuste ogljikovega dioksida zaradi porabe energije pri reji živali (krmljenje, molža, hlajenje mleka, ventilacija, osvetlitev, ...);
- izpuste ogljikovega dioksida zaradi transporta mleka v mlekarne in klavne živine v zakol;
- izpuste ogljikovega dioksida, ki so zajeti v stavbah in opremi;
- izpuste ogljikovega dioksida, ki nastanejo pri predelavi mleka in mesa, pri proizvodnji embalaže in transportu živil do trgovin;
- izpuste ogljikovega dioksida zaradi sprememb rabe zemljišč, ki so posledica mednarodnega trgovanja s krmo (sojine tropine iz Južne Amerike).

Model omogoča ovrednotenje številnih dejavnikov, ki vplivajo na izpuste toplogrednih plinov pri prireji mleka in mesa. Sestoji iz štirih delov, ki obravnavajo rejo molznic, vzrejo telic, rejo krav dojilj in rejo pitancev. Vsi deli so med seboj povezani, tako da je npr. pri obremenitvi prirejenega mleka upoštevana tudi praksa reje telic, pri obremenitvi prirejenega mesa pitancev iz mesnih čred pa praksa reje krav dojilj. Med najpomembnejšimi dejavniki, ki jih upošteva model, so mlečnost in sestava mleka, telesna masa živali, hitrost rasti pri plemenskih telicah in pitancih, doba med telitvama, življenjska doba krav molznic, deleži posameznih krmil v obrokih in njihova energijska vrednost, vsebnost beljakovin v obrokih, v primeru prireje mleka vsebnost sečnine v mleku, načini reje in skladiščenja živinskih gnojil (pašna reja, skladiščenje hlevskega gnoja z nastiljem, skladiščenje gnojevke, obdelava gnojevke na bioplinski napravi), poraba mineralnih gnojil pri pridelovanju krme, pridelki krme, načini rabe travinja (dvo, tri in štirikosni travniki), načini spravila krme s travinja (paša, seno silaža), velikost parcel za pridelovanje krme in njihova oddaljenost od kmetije.

Predlog ukrepov za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov v govedoreji

Ob pomoči programskega orodja za ovrednotenje izpustov toplogrednih plinov v govedoreji smo izračunali ogljikov odtis za kravje mleko in meso mladega pitanega goveda v Sloveniji. Pri tem smo uporabili podatke in ocene o intenzivnosti prireje mleka, o reprodukciji in dolgoživosti krav molznic, o intenzivnosti rasti govejih pitancev, o razširjenosti paše in načinih krmljenja živali, o energijski vrednosti pridelane krme, o vsebnosti beljakovin v krmi in o načinih ravnanja z živinskimi gnojili. Ogljikov odtis za mleko je bil ocenjen na 1,52 kg ekv. CO₂/kg. K ogljikovemu odtisu mleka prispeva največ metan, ki nastane v prebavilih živali in med skladiščenjem živinskih gnojil (46,4 %), sledi didušikov oksid, ki je posledica izpustov iz gnojišč, gnojenja z živinskimi in organskimi gnojili in posrednih izpustov zaradi uhajanja drugih dušikovih spojin v okolje (24,5 %). Ogljikov dioksid, ki je povezan s pridelovanjem krme prispeva 11,9 %, ogljikov dioksid povezan z rejo in stavbami za rejo 6,7 %, ogljikov dioksid povezan s predelavo in transportom mleka pa 10,4 % celotnega ogljikovega odtisa mleka. Ogljikov odtis mesa iz kombiniranih rej (sočasna prireja mleka in mesa) je bil ocenjen na 16,3 kg ekv. CO₂ na kg klavnega trupa. Bistveno večji ogljikov odtis ima meso specializiranih mesnih rej (30,3 kg ekv. CO₂/kg klavnega trupa), pri katerih je tele za pitanje obremenjeno s celotnimi izpusti krave dojilje. Pri prireji mesa je prispevek metana in didušikovega oksida k ogljikovemu odtisu večji, prispevek ogljikovega dioksida pa manjši kot pri prireji mleka (v primeru kombinirane reje 51,9, 26,1 in 22,0 %). Zgoraj navedene vrednosti so ocenjene za povprečne slovenske reje. Pri preverjanju ekstremnih vrednosti se je pokazalo, da se lahko najmanjši in največji ogljikov odtis pri prireji mleka in mesa razlikuje tudi za faktor 2 in več.

Programsko orodje za oceno izpustov toplogrednih plinov pri prireji mleka in mesa nam je omogočilo ovrednotenje že znanih in identifikacijo novih ukrepov za zmanjšanje izpustov. Med najučinkovitejšimi ukrepi je intenzifikacija prireje mleka v smislu povečanja mlečnosti. S povečanjem mlečnosti od 4.000 na 9.000 kg mleka v standardni laktaciji se izpusti zmanjšajo od 1,93 na 1,24 kg CO₂/kg mleka. Zanimive so ocene za travnike različne intenzivnosti, s katerimi je povezana kakovost pridelane krme. Ob predpostavki, da rejec krmi molznicam zmerne količine močne krme in da posledic manj kakovostne krme ne blaži s povečanimi količinami močne krme, lahko pričakujemo pri reji na dvokosnih travnikih 1,96 kg CO₂/kg mleka, pri reji na štirikosnih travnikih pa 1,35 kg CO₂/kg mleka. Če se rejec odloči posledice slabe voluminozne krme blažiti s povečanimi količinami močne krme, so razlike med obroki s slabo in kakovostno voluminozno krmo majhne (1,52 proti 1,49 kg ekv. CO₂/kg mleka). Pri enaki porabi močne krme (1115 kg sušine na laktacijo) so obroki s koruznimi silažami zaradi boljše energijske vrednosti ugodnejši (1,37 kg ekv. CO₂/kg mleka) od obrokov s travnimi silažami (1,51 kg ekv. CO₂/kg mleka). Na izpuste toplogrednih plinov močno vpliva tudi morebitni presežek beljakovin v obrokih. V Sloveniji je zelo razširjeno preverjanje beljakovinske izravnosti obrokov na podlagi vsebnosti sečnine v mleku. Model je ocenil, da se že za priporočen razpon (15-30 mg sečnine na 100 ml mleka) ogljikov odtis precej razlikuje (1,50 do 1,56 kg ekv. CO₂/kg mleka). Pri večjih vsebnostih sečnine lahko pričakujemo povečane izpuste zaradi povečanega izločanja dušika, pri manjših pa zaradi zmanjšanja prireje mleka, kar smo v okviru projekta potrdili tudi na podlagi rezultatov kontrole prireje mleka v obdobju 2009-2012. Ogljikov odtis mleka je zelo odvisen tudi od dolgoživosti krav molznic. Gre za vprašanje porazdelitve izpustov, ki nastanejo pri vzreji telic. Pri kravi s povprečno mlečnostjo, ki v življenjski dobi zaključi pet laktacij, je ogljikov odtis ocenjen na 1,45 kg ekv. CO₂/kg mleka, če pa zaključi le eno laktacijo, pa na 2,17 kg ekv. CO₂ na kg mleka. Izpuste toplogrednih plinov lahko zmanjšamo tudi z zmanjševanjem porabe fosilnih goriv pri pridelovanju krme. Vpliv razlik v razdrobljenosti kmetijskih zemljišč in odaljenosti zemljišč od kmetije je bil ocenjen na 0,07 kg ekv. CO₂/kg mleka in na 0,9 kg ekv. CO₂/kg klavnega trupa.

Tudi pri pitanju je med najpomembnejšimi ukrepi za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov intenzivnost reje, v tem primeru hitrost rasti. Pri zelo počasni rasti traja pitanje do želene telesne mase zelo dolgo in temu primeren je tudi ogljikov odtis mesa. Pri obrokih s kakovostno krmo in velikimi dnevnimi prirasti (1300 g) je ocenjen okoljski odtis skoraj dvakrat manjši (12,0 kg ekv. CO₂/kg klavnega trupa) kot pri krmi slabe kakovosti in počasni rasti (600 g/dan, 21,3 kg ekv. CO₂/kg klavnega trupa; oboje za pitanje telet iz kombinirane reje). Kot že omenjeno pri prikazu povprečnega okoljskega odtisa mesa za Slovenijo, so vrednosti v primeru specializiranih mesnih rej bistveno večje (25,9 in 35,2 kg ekv. CO₂/kg klavnega trupa pri prirastih 1300 in 600 g/dan). Veliki izpusti pri specializirani reji mesnih pasem so posledica dejstva, da je pri mesnih pasmah tele za pitanje obremenjeno s celotnimi izpusti krave dojilje, pri kombinirani reji pa izpuste, ki izhajajo iz vzdrževalnih potreb matere, porazdelimo na teleta in na prirejeno mleko.

Ena od možnosti za zmanjšanje ogljikovega odtisa mleka in mesa je tudi uvedba bioplinskih naprav za obdelavo živinskih gnojil. Če bi v Sloveniji vso gnojevko živali, ki niso na paši, obdelali na bioplinskih napravah bi se ogljikov odtis mleka zmanjšal od 1,52 na 1,30 kg ekv. CO₂/kg, ogljikov odtis mesa iz kombinirane reje pa od 16,3 na 14,0 kg ekv. CO₂/kg klavnega trupa.

Glede na rejske rezultate ki jih dosegamo v praksi in glede na različne načine reje gre v praksi pričakovati zelo velik razpon v ogljikovem odtisu mleka in mesa. V uspešnih rejah (kakovostna krma, pašna reja, optimalna vsebnost beljakovin v obrokih, velika mlečnost, dolga življenjska doba molznic, dobra reprodukcija, intenzivna vzreja plemenskih telic, obdelava gnojevke na bioplinski napravi, racionalna raba energije) je mogoče prirediti mleko z ogljikovim odtisom pod 1 kg ekv. CO₂/kg, v nasprotnem primeru (krma s slabo energijsko vrednostjo, presežki beljakovin v obrokih, slaba reprodukcija, kratka življenjska doba krav, zelo ekstenzivna vzreja telic, potratna raba energije) pa se ogljikov odtis mleka približa 3 kg ekv. CO₂/kg. Še večje so razlike pri prireji mesa. Pri pitanju telet iz kombinirane reje s kakovostno krmo, hitro rastjo in obdelavo gnojevke na bioplinski napravi lahko priredimo meso z ogljikovim odtisom pod 10 kg ekv. CO₂ na kg, v primeru pitanja telet iz mesnih čred s slabo krmo in ob počasni rasti pa se ogljikov odtis mesa približa 40 kg ekv. CO₂ na kg.

Učinke spremembe rabe zemljišč smo obravnavali ločeno od drugih izpustov toplogrednih plinov. Gre predvsem za izpuste, ki nastanejo zaradi širjenja pridelovanja soje v državah Južne Amerike. Za ločeno obravnavo smo se odločili ker so te emisije zelo odvisne od tega na katera zemljišča se širi pridelovanje soje in se emisijski faktorji med posameznimi državami razlikujejo tudi do desetkrat in ker se na drugi strani rejci lahko odločajo tudi za druge vire beljakovin. Pri intenzivni prireji mleka (9000 kg mleka v standardni laktaciji) in ob upoštevanju, da s sojinimi tropinami pokrivamo 1/3 manjkajočih beljakovin v obroku, bi sojine tropine iz Brazilije prispevale dodatnih 0,032 kg ekv. CO₂ na kg mleka, enaka količina sojinih tropin iz Argentine pa le 0,004 kg ekv. CO₂ na kg mleka. Na drugi strani pa reja goved prispeva tudi k povečanju zaloga ogljika v tleh in s tem k ponoru CO₂. Na podlagi podatkov o vsebnosti organske snovi v njivskih tleh (n=2.839) in podatkov o obsegu reje živali na kmetijah, ki jim pripadajo ta zemljišča (podatki zbrani iz različnih podatkovnih zbirk), smo ovrednotili vpliv živinoreje na zaloge ogljika v tleh. Ocenili smo, da je zaradi reje živali v Sloveniji na njivskih tleh vezanega za približno 6.000 t CO₂ več kot če te živine ne bi bilo. Ta količina predstavlja približno trikratnik letnih izpustov iz kmetijstva, pripisujemo pa jo rabo živinskih gnojil, pa tudi ugodnejšemu kolobarju na živinorejskih kmetijah (več krmnih rastlin in večja zatravljenost njiv).

Poraba energije pri pridelovanju krme in pri reji živali

Na enajstih vzorčnih kmetijah, ki so usmerjene v živinorejsko oziroma mešano živinorejsko poljedelsko pridelavo, smo merili porabo energije pri pridelovanju krme in pri reji živine. Namen dela je bil preveriti, ali splošni normativi za porabo energije veljajo tudi za specifične slovenske razmere in dopolniti sicer skromno bazo podatkov o porabi energije pri različnih delovnih procesih. Za merjenje porabe dizelskega goriva smo uporabljali volumetrično metodo, ki se je pri izvajanju kompleksnih delovnih operacij, s katerimi se srečujemo v kmetijstvu, pokazala za najbolj primerno in zanesljivo. Meritve porabe električne energije smo opravljali skozi daljše časovno obdobje. S tem smo porabo energije zanesljivo ocenili tudi pri delovnih operacijah, za katere so značilna velika dnevna nihanja (npr. pri sistemu robotizirane molže).

Ugotovili smo, da lahko poraba goriva za enake delovne operacije zelo variira. Odvisna je od več faktorjev, kot so pedofizikalne lastnosti tal, način obdelave, tehnika uporabe traktorskega agregata (traktor + priključni stroj), stanje stroja, usklajenost moči traktorja in velikosti priključnega stroja. Največ energije se porabi pri obdelavi tal, predvsem če gre za osnovno obdelavo z oranjem (24,5, razpon od 4,9 do 55,3 l/ha) in dopolnilno obdelavo s

prekopalnikom (frezo) (43,3, razpon od 20,0 do 66,7 l/ha). Pri dopolnilni obdelavi tal z vrtavkasto brano je bila poraba dizelskega goriva precej manjša (16,0, razpon od 3,3 do 46,2 l/ha). Pri aplikaciji gnojevke je bila poraba v povprečju manjša (9,0 l/ha) kot pri trošenju hlevskega gnoja (15,5 l/ha). Razmeroma malo goriva se je porabilo pri trošenju mineralnih gnojil (1,8, razpon od 1,7 do 1,9 l/ha). Pri strnjeni setvi se je poraba dizelskega goriva gibala od 2,7 do 4,0 l/ha, pri presledni setvi pa od 3,1 do 13,3 l/ha.

Pri pripravi travniške krme se največ goriva porabi pri baliranju krme v valjaste bale (8,6, razpon 1,5 do 21,0 l/ha), sledijo košnja (6,4, razpon 1,9 do 18,0 l/ha), pobiranje in transport sena z nakladalko (6,8, razpon 2,9 do 13,0 l/ha) in obračanje krme z vrtavkastim obračalnikom (5,7, razpon od 0,9 do 21,3 l/ha).

Pri reji živali smo merili porabo dizelskega goriva za strojni odvzem silaže iz silosov, za pripravo enolončnic v krmilno mešalnih vozovih in pri delu dvoriščnih traktorjev ter porabo električne energije za molžo, hlajenje mleka, gretje vode, odgnojevanje, prezračevanje in osvetljevanje objektov. Ocenili smo, da se pri intenzivni prireji mleka (8000 kg mleka na molznico letno) v hlevskem načinu reje poraba celotne energije (seštevek porabljene energije iz mineralnega dizelskega goriva in porabljene električne energije) na kravo molznico giblje od 418 do 829 kWh/molznico, odvisno od velikosti črede. Pri porabi na zgornji meji razpona znaša celotna poraba energije 0,102 kWh/kg mleka, od tega 0,044 kWh energije iz mineralnega dizelskega goriva za krmljenje in 0,058 kWh električne energije za molžo, hlajenje in druge porabnike električne energije. Pri robotski molži je poraba energije nekoliko večja kot pri molži z mlekovodom, tako da celotna poraba energije (vključno z energijo za krmljenje) znaša 0,109 kWh/kg mleka.

V primeru ekstenzivne reje (4500 kg mleka na molznico letno) na paši je poraba energije manjša kot pri intenzivni reji. Giblje se od 249 do 585 kWh/žival na leto in se v primeru robotske molže poveča na 646 kWh/žival na leto. Manjša poraba energije je posledica zmanjšane porabe energije mineralnega dizelskega goriva za pripravo enolončnic (krmilno mešalni voz), zmanjšajo pa se tudi potrebe po električni energiji za odgnojevanje, zračenje hlevov in razsvetljavo. Preračunano na enoto prirejenega mleka je pri ekstenzivni reji celotna poraba energije kljub temu nekoliko večja kot pri intenzivni reji in znaša 0,127 kWh/kg mleka.

Ugotovili smo, da se pri reji krav molznic 56,4 % energije porabi v obliki električne energije (predvsem za hlajenje mleka, molzne naprave, gretje vode za procesne potrebe, razsvetljavo objekta z živalmi), 43,6 % pa predstavlja energija iz mineralnega dizelskega goriva (pogon krmilno mešalnega voza). Pri električni energiji so največji porabniki hlajenje z 38,1 %, molža z 28,5 % in razsvetljava s 23,4 % (na naštetih porabnikih odpade 90 % energije). Pri robotski molži je bila poraba električne energije 11,7 % večja kot pri molži z mlekovodom. Na podlagi opravljenih meritev porabe električne energije in mineralnega dizelskega goriva pri reji molznic smo torej ugotovili, da je največji posamični porabnik energije krmljenje s krmilno mešalnim vozom.

Priporočila za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov v govedoreji

Na podlagi rezultatov tega projekta in na podlagi informacij iz literature smo pripravili nabor priporočil za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov v praksi. Nekatero od predlaganih vsebin so bile vključene tudi v Operativni program zmanjševanja emisij toplogrednih plinov

do leta 2020 in v ukrep Kmetijsko-okoljsko-podnebnih plačil v sklopu Programa razvoja podeželja 2014-2020.

Priporočila vsebujejo prehranske možnosti za zmanjšanje izpustov metana zaradi fermentacije krme v prebavilih in didušikovega oksida zaradi neustrezne rabe beljakovinskih krmil (krmni dodatki, krmljenje koncentratov, izboljšanje kakovosti voluminozne krme, beljakovinska izravnava obrokov, vodenje paše, računanje obrokov na podlagi rezultatov analiz krme, enostavne metode za ugotavljanje ustrezne beljakovinske izravnosti obrokov), možnosti za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov z izboljšanjem vodenja črede (izbira primerne pasme, odbira živali, vodenje reprodukcije, dolgoživost krav molznic), možnosti za zmanjšanje izpustov metana in didušikovega oksida pri skladiščenju živinskih gnojil (uvajanje pašne reje, načini skladiščenja živinskih gnojil, bioplinske naprave, trajanje skladiščenja živinskih gnojil), možnosti za zmanjšanje izpustov didušikovega oksida pri pridelovanju krme (načini gnojenja z živinskimi in mineralnimi gnojili, ki zmanjšujejo neposredne in posredne izpuste didušikovega oksida, inhibitorji denitrifikacije) in možnosti za zmanjšanje izpustov ogljikovega dioksida pri pridelovanju krme in pri reji goved (prilagoditev moči traktorja zahtevnosti delovne operacije, vzdrževanje strojev, delovanje strojev v prostem teku, uravnavanje ustreznega tlaka v pnevmatikah, pravilno prestavljanje menjalnika, zmanjševanje porabe goriva pri obdelavi tal, zmanjševanje porabe goriva pri strojih, ki so gnani prek priključne gredi, pravilno vzdrževanje rezil na različnih strojih, združevanje delovnih operacij pri obdelavi tal, zmanjševanje porabe goriva pri transportu v kmetijstvu, zmanjševanje porabe električne energije v hlevih).

SKLEP

Programsko orodje za oceno izpustov toplogrednih plinov v govedoreji omogoča identifikacijo in ovrednotenje različnih ukrepov za zmanjšanje ogljikovega odtisa kravjega mleka in govejega mesa. V okviru projekta smo preučili različne dejavnike, ki vplivajo na izpuste toplogrednih plinov v govedoreji. Tako pri izpustih, ki nastanejo zaradi reje goved, kot pri izpustih, ki so posledica rabe energije za pridelovanje krme, krmljenje in prirejo mleka, so razlike med različnimi praksami kmetovanja velike. V uspešnih rejah (kakovostna krma, pašna reja, optimalna vsebnost beljakovin v obrokih, velika mlečnost, dolga življenjska doba molznic, dobra reprodukcija, intenzivna vzreja plemenskih telic, obdelava gnojevke na bioplinski napravi, racionalna raba energije) je mogoče prirediti mleko z ogljikovim odtisom pod 1 kg ekv. CO₂/kg. V nasprotnem primeru (krma s slabo energijsko vrednostjo, presežki beljakovin v obrokih, slaba reprodukcija, kratka življenjska doba krav, zelo ekstenzivna vzreja telic, potratna raba energije) pa se ogljikov odtis mleka približa 3 kg ekv. CO₂/kg. Še večje so razlike pri prireji mesa. Pri pitanju telet iz kombinirane reje s kakovostno krmo, hitro rastjo in obdelavo gnojevke na bioplinski napravi lahko priredimo meso z ogljikovim odtisom pod 10 kg ekv. CO₂ na kg, v primeru pitanja telet iz mesnih čred s slabo krmo in ob počasni rasti pa se ogljikov odtis mesa približa 40 kg ekv. CO₂ na kg. Veliki izpusti toplogrednih plinov imajo tako okoljske kot ekonomske posledice. Izpusti ogljikovega dioksida in metana so povezani z izgubami energije, izpusti didušikovega oksida pa pomenijo izgube rastlinskega hranila (dušika). Izpuste toplogrednih plinov je mogoče zmanjšati z izobraževanjem rejcev na področjih reje živali, pridelovanja krme in učinkovite rabe energije na kmetiji.

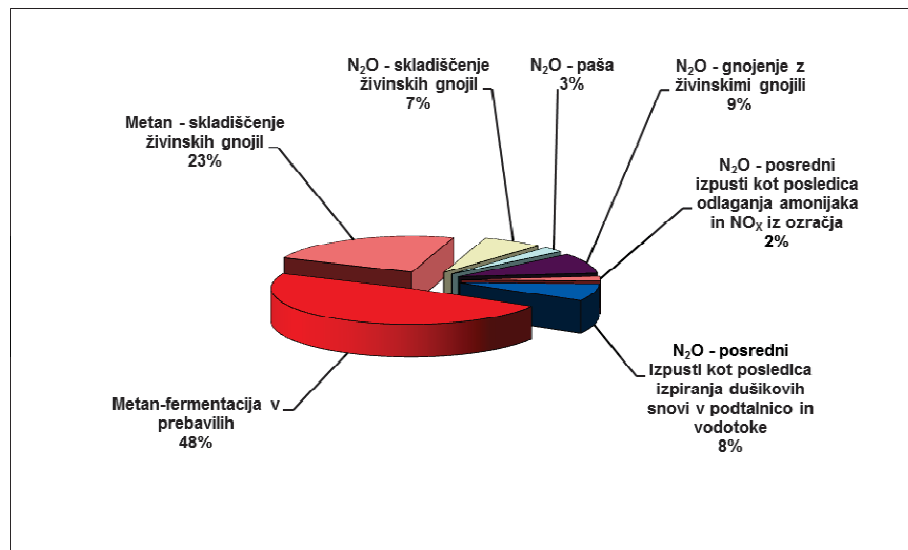
MOŽNOSTI ZA ZMANJŠANJE IZPUSTOV TOPLOGREDNIH PLINOV V GOVEDOREJI

Priročnik za govedorejce

Jože Verbič

Ljubljana, 2015

V Sloveniji je kmetijstvo v letu 2012 prispevalo 9,89 % izpustov toplogrednih plinov. V obdobju 1986-2012 so se izpusti v kmetijstvu zmanjšali za 15,4 %. S tem je kmetijstvo doseglo splošne obveznosti Kjotskega sporazuma, po katerem bi morali od leta 1986 do obdobja 2008-2012 izpuste zmanjšati za 8 %. Od vseh izpustov v kmetijstvu je 53 % izpustov prispevala govedoreja. Gre za izpuste metana iz prebavil goved in iz gnojišč ter izpuste didušikovega oksida med skladiščenjem živinskih gnojil. Če pripišemo govedoreji še izpuste didušikovega oksida, ki nastane zaradi gnojenja z govejo gnojevko, gnojem in gnojnico, izpuste didušikovega oksida zaradi izločkov, ki jih govedo pusti na paši in posredne izpuste didušikovega oksida, ki so posledica uhajanja dušikovih spojin v vode (predvsem nitrati) in zrak (predvsem amonijak), se prispevek govedoreje k skupnim izpustom poveča na 68 %.



Slika 1: Struktura izpustov toplogrednih plinov v slovenski govedoreji leta 2012. Podatki ne vključujejo izpustov zaradi rabe fosilnih goriv

Ob zelo velikem prispevku govedoreje k skupnim izpustom toplogrednih plinov v kmetijstvu je jasno, da bo zmanjšanje izpustov na tem področju odvisno predvsem od uspešnosti zmanjševanja izpustov v govedoreji. Slovenska vlada je sprejela Operativni program zmanjševanja izpustov toplogrednih plinov do leta 2020. Cilj Operativnega programa je obvladovanje izpustov ob povečanju samooskrbe Slovenije s hrano in ob ohranitvi površine kmetijske zemlje v uporabi. Zastavljeni cilj pomeni, da v Sloveniji izpustov toplogrednih plinov ne bomo zmanjševali z omejevanjem kmatovanja, temveč z zmanjševanjem zmanjšanje izpustov na enoto pridelane hrane. Glede na naravne danosti za kmetovanje in strukturo izpustov toplogrednih plinov v kmetijstvu je to še posebej pomembno pri prireji kravjega mleka ter mesa goved in drobnice.

Struktura izpustov toplogrednih plinov v govedoreji je predstavljena na sliki 1. Največ izpustov prispevata metan, ki nastane v prebavilih goved, sledi metan, ki se sprosti iz gnojišč. Na teh področjih je mogoče doseči največji učinek. Za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov na enoto prirejenega kravjega mleka in govejega mesa je najpomembnejše naslednje:

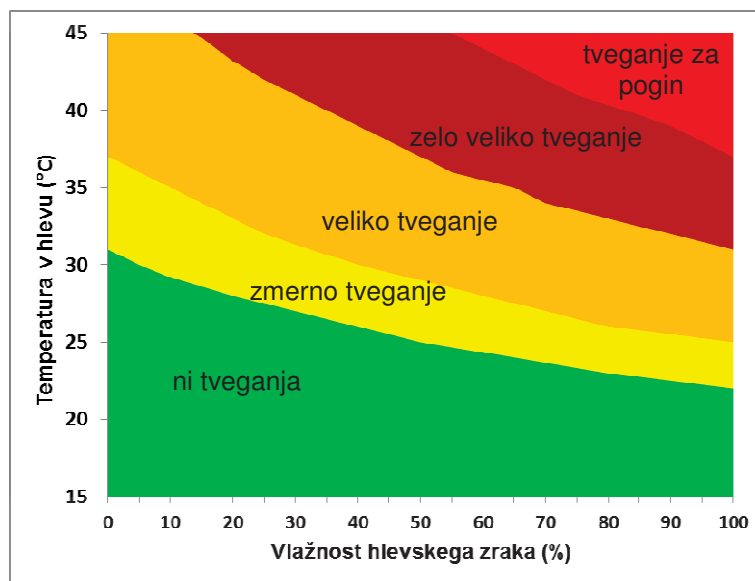
- izboljšanje učinkovitosti reje, kar pomeni povečanje prireje mleka in mesa z obstoječo čredo ali pa ohranitev obstoječe ravni prireje z manjšim številom živali,
- izboljšanje izkoriščanja živinskih gnojil in s tem zmanjšanje porabe mineralnih gnojil.

Ukrepi za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov so praviloma zanimivi tudi z ekonomskega vidika in z vidika konkurenčnosti, saj se z metanom se v okolje izgublja energija, z didušikovim oksidom pa dragoceno rastlinsko hranilo.

Namen tega priročnika je rejce seznaniti z možnostmi za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov.

MOŽNOSTI ZA ZMANJŠANJE IZPUSTOV TOPLOGREDNIH PLINOV Z IZBOLJŠANJEM VODENJA ČREDE

- Učinkovita reja goved* Največ metana in didušikovega oksida na enoto proizvoda (mleka ali mesa) prispevajo molznice z majhno mlečnostjo in pitanci s počasno rastjo. Poleg mlečnosti in hitrosti rasti vplivajo na izpuste toplogrednih tudi nekateri drugi dejavniki, kot so reprodukcijski parametri in dolgoživost molznic. Učinkovitost reje je mogoče izboljšati z različnimi ukrepi, ki so navedeni v nadaljevanju.
- Optimalna oskrba živali z energijo in potrebnimi hranili* Pomanjkljiva oskrba živali z energijo in potrebnimi hranili in vodo ali neustrezno razmerje med energijo in beljakovinami v obrokih povzročajo slabo izkoriščanje krme in povečane izpuste metana in didušikovega oksida. Vzroki povečanih izpustov in rešitve za njihovo zmanjšanje so predstavljeni v poglavju »Prehranske možnosti za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov«.
- Skrb za zdravje živali* Ustrezna zdravstvena oskrba je predpogoj za učinkovito rejo in z njo povezane majhne izpuste toplogrednih plinov. Ob tem velja izpostaviti:
- različne prenosljive in presnovne bolezni zmanjšujejo mlečnost in upočasnjujejo hitrost rasti in s tem povečujejo izpuste toplogrednih plinov na enoto prirejenega mleka in mesa,
 - prirejeno mleko in meso je obremenjeno tudi s toplogrednimi plini, ki so jih za časa življenja izpustile poginule živali. Njihov prispevek je pri pitancih še posebej velik, če pride do pogina v zaključnem obdobju pitanja, pri molznicah pa v primeru pogina v začetku laktacije,
 - obvladovanje različnih zajedavcev pomembno prispeva k učinkoviti reji goved in zmanjšuje izpuste toplogrednih plinov.
- Klima v hlevu* Hlevi za rejo goved morajo biti zračni. Blato, seč in ostanke krme je treba sproti odstranjevati iz hleva. Visoke temperature in visoka vlažnost hlevskega zraka povzročajo pri živalih vročinski stres, katerega posledice so slabša plodnost, manjša mlečnost, počasnejša rast in zdravstvene težave. Pri veliki vlažnosti zraka se tveganje za vročinski stres pojavi že pri temperaturah nad 20 °C. Ukrepi za izboljšanje stanja so:
- izboljšanje pasivnega in aktivnega zračenja hleva,
 - hlajenje zraka z vodo,
 - prilagoditev krmnih obrokov (povečanje koncentracije energije v obroku, prilagoditev oskrbe z minerali, dodatki za blažitev vročinskega stresa)



Slika 2: Tveganje za vročinski stres pri kravah molznicah v odvisnosti od temperature in vlažnosti hlevskega zraka

Pasma

Pri prireji mleka dosežemo na ravni kmetije najmanjše izpuste s specializiranimi mlečnimi pasmami. Za te pasme je značilna zelo velika mlečnost na krmni dan. S tem so izpusti toplogrednih plinov na enoto prirejenega mleka majhni.

Prireja govejega mesa s specializiranimi mesnimi pasmami je z vidika izkoriščanja energije krme in izpustov toplogrednih plinov zelo neugodna. Teleta mesnih pasem so že ob rojstvu »obremenjena« z izpusti njihovih mater, ki jih moramo vsaj eno leto rediti le zato, da od njih dobimo teleta.

Z vidika izpustov toplogrednih plinov je ugodna reja kombiniranih pasem, od katerih dobimo mleko in primerna teleta za pitanje. Pri teh pasmah so sicer izpusti toplogrednih plinov na enoto prirejenega mleka večji kot pri specializiranih mlečnih pasmah, je pa na drugi strani »obremenitev« telet precej manjša kot pri teletih mesnih pasem. Pri kravah kombiniranih pasem lahko namreč izpuste, ki so povezani z energijo, ki jo krave potrebujejo za vzdrževanje, porazdelimo na prirejeno mleko in na rojena teleta. Ogljikov odtis mesa mladega pitanega goveda je zaradi tega pri kombiniranih pasmah približno dvakrat manjši kot pri specializiranih mesnih pasmah.

Krave dojilje

Reja krav dojilj je z vidika izpustov toplogrednih plinov neugodna. Ne glede na to, ali gre za dojilje mesnih ali kombiniranih pasem, je treba vse toplogredne pline, ki jih dojilja izpusti tekom reprodukcijskega ciklusa, pripisati teletom za pitanje in obnovo črede.

Klavne prvesnice

Reja klavnih prvesnic je z vidika izpustov toplogrednih plinov na ravni govedoreje (prireja mleka in mesa) precej ugodnejša od reje krav dojilj. Za razliko od dojilje, poteka pri klavni prvesnici brejost sočasno z rastjo. Ob kakovostnem mesu dobimo s klavnimi prvesnicami teleta za pitanje, del toplogrednih plinov, ki jih je prvesnica izpustila v obdobju rasti, pa lahko porazdelimo tudi na mleko v laktaciji.

Posredna selekcija goved na majhne izpuste toplogrednih

Selekcija v govedoreji je v preteklih desetletjih precej prispevala k zmanjšanju izpustov toplogrednih plinov. Gre za posredne učinke, ki se kažejo prek učinkovitejše prireje mleka in mesa. Z vidika izpustov toplogrednih plinov so pri prireji mleka pomembne predvsem naslednje lastnosti:

- plinov*
- dobra mlečnost,
 - dolgoživost,
 - dobre reprodukcijske lastnosti,
 - dobro zdravje.

Z vidika izpustov toplogrednih plinov so pri prireji govejega mesa so pomembne:

- sposobnost hitre rasti,
- dobra mesnatost,
- majhna zamaščenost.

Pri tem velja opozoriti, da so izpusti še posebej veliki pri živalih, ki nalagajo veliko loja. V loju je naloženo veliko energije, njegova uporabna vrednost pa je majhna

*Neposredna
selekcija goved
na majhne
izpuste
toplogrednih
plinov*

Rezultati raziskav kažejo, da je mogoče izpuste toplogrednih plinov zmanjšati tudi z neposredno selekcijo na majhne izpuste metana. Tudi živali, ki dobijo podobne obroke in so si podobne v prireji mleka ali hitrosti rasti, se med seboj v izpustih metana razlikujejo. Mogoči dejavniki, ki vplivajo na te razlike so prostornina vampa, zadrževalni čas krme v vampu, geometrija vampa, različne navade v dinamiki zauživanja krme, različna poraba energije za vzdrževanje in drugo. Rezultate prizadevanj na področju neposredne selekcije na majhne izpuste metana lahko pričakujemo šele v naslednjem desetletju.

Reprodukcija

V Sloveniji je povprečna doba med telitvama pri molznicah približno 420 dni, pri dojljah pa še nekaj dni več. Z izboljšanjem plodnosti bi bilo mogoče precej zmanjšati izpuste na enoto prirejenega mleka in mesa. Med pomembnejšimi dejavniki, ki vplivajo na slabo plodnost so pomanjkljiva oskrba krav v obdobju po telitvi (premalo energije, neustrezna oskrba z minerali in vitamini) in neuspešno odkrivanje pojatev.

*Dolgoživost krav
molznic*

Dolgoživost krav molznic je med pomembnejšimi dejavniki, ki vplivajo na izpuste toplogrednih plinov. Toplogredni plini se namreč sproščajo tudi pri vzreji plemenskih telic in te pline je treba porazdeliti na mleko, ki ga krava priredi v celem življenju. Ogljikov odtis mleka krav, ki dajo v življenju pet laktacij je približno 35 % manjši kot pri mleku krav, ki dajo le eno laktacijo. Izpuste toplogrednih plinov je mogoče zmanjšati z intenziviranjem vzreje plemenskih telic. Hitrejša rast pomeni krajše obdobje vzreje in s tem manj izpustov na vzrejeno telico. V praksi je to priporočilo težko izvedljivo, saj na številnih kmetijah razpolagajo s krmo slabše kakovosti, ki jo z najmanj škode porabimo pri plemenskih telicah v drugem in tretjem letu vzreje.

*Vzreja mlade
plemenske
živine*

*Osemenjevanje
ali naravni
pripust?*

Z vidika izpustov toplogrednih plinov je osemenjevanje plemenic ugodnejše od naravnega pripusta. Ob večjem obsegu naravnega pripusta bi morali v Sloveniji rediti bistveno večje število plemenjakov, kot jih imamo sedaj. Naravni pripust je smiseln le v večjih čredah in v primeru, če osemenjevanja ni mogoče izvesti.

*Masa pitancev
ob zakolu*

Z vidika izpustov toplogrednih plinov je neugoden zakol nedopitanih živali. Večja kot je telesna masa pisanca ob zakolu, manjša je obremenitev mesa s toplogrednimi plini, ki so povezani z rojenim teletom. Neugodna je tudi prevelika masa pitancev ob zakolu, saj se ob koncu pitanja nalagajo velike količine maščob.

Zakol telet

S toplogrednimi plini je najbolj obremenjena teletina. Izpusti na kg teletine so še posebej veliki, če gre za teleta mesnih pasem ali teleta krav dojlj. V tem primeru je treba vse toplogredne pline, ki jih krave izpustijo tekom reprodukcijskega ciklusa, pripisati teletom.

*Preverjanje
ustreznosti
vodenja črede
na podlagi
rezultatov reje*

Ustreznost vodenja črede preverjamo s sledenjem rezultatom reje. Z vidika izpustov toplogrednih plinov bi morali dosežati najmanj sledeče rezultate:

- pitanje goved: povprečni dnevni prirasti na paši nad 600 g, v hlevski reji s travniško krmo nad 900 g, s koruzno silažo pa nad 1100 g;
- vzreja plemenskih telic: povprečni dnevni prirasti nad 500 g;
- prireja mleka: mlečnost v standardni laktaciji pri obrokih s travniško krmo nad 5000 kg, pri obrokih s koruzno silažo pa nad 6000 kg, doba med telitvama pod 400 dni, najmanj 4 laktacije v življenjski dobi.

PREHRANSKE MOŽNOSTI ZA ZMANJŠANJE IZPUSTOV TOPLOGREDNIH PLINOV

KRMNI OBROKI, KI ZMANJŠUJEJO IZPUSTE METANA IN DIDUŠIKOVEGA OKSIDA

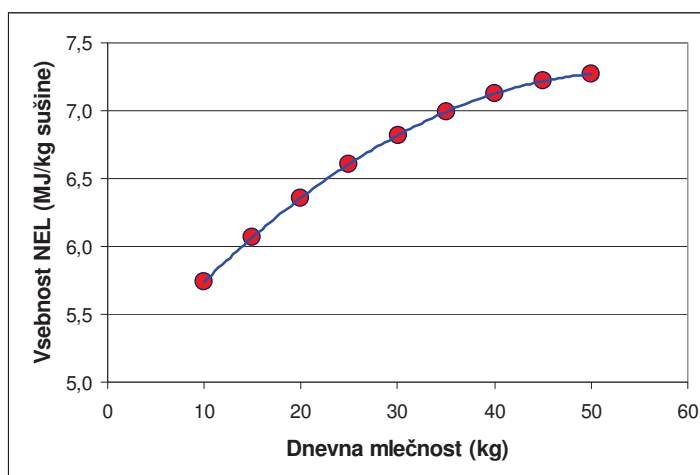
*Precizno
krmljenje*

Izpuste metana in didušikovega oksida je mogoče zmanjšati z ustreznim krmljenjem goved. obroki morajo biti izravnani in prilagojeni potrebam živali. Neustrezna razmerja med energijo in beljakovinami v obrokih in nepravilna dopolnitev obrokov z minerali in vitamini povzročajo slabo izkoriščanje krme in povečane izpuste. Z obroki, ki omogočajo veliko mlečnost in hitro rast, izboljšamo razmerje med energijo in beljakovinami, ki jih rejne živali naložijo v mleko in meso ter energijo in beljakovinami, ki jih porabijo za vzdrževanje osnovnih življenjskih funkcij. **Pri živalih z veliko mlečnostjo in hitro rastjo so izpusti metana in količine izločenega dušika na enoto prirejenega mleka in mesa manjše, kot pri živalih z majhno mlečnostjo in počasno rastjo.** Precizno krmljenje, t.j. krmljenje obrokov, ki so sestavljeni na podlagi rezultatov analiz krme in na podlagi potreb živali po energiji in potrebnih hranilih, je med najučinkovitejšimi ukrepi za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov v govedoreji.

*Energijska
vrednost
obrokov*

Slaba energijska vrednost obrokov je najpogostejši omejitveni dejavnik, zaradi katerega živali ne dosežejo rezultatov, ki jih omogočajo njihove genetsko pogojene sposobnosti. Energijska vrednost obrokov je odvisna predvsem od kakovosti voluminozne krme in od količine močne krme v obroku. Možnosti za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov s pridelovanjem kakovostne voluminozne krme in z dopolnjevanjem obrokov z močno krmo so predstavljene v poglavjih »*Pomen kakovostne voluminozne krme za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov pri govedu*« in »*Učinek dopolnjevanja obrokov za govedo z močno krmo na zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov*.«

Potrebna vsebnost energije v krmnem obroku je odvisna od kategorije živali. Najzahtevnejša so teleta, krave molznice in goveji pitanci. Obroke z nekoliko manjšo vsebnostjo energije lahko ponudimo telicam s telesno maso nad 350 kg, kravam ob koncu laktacije in presušanim kravam ter kravam dojiljam.



Slika 3: Potrebe po vsebnosti energije v obrokih za molznice so povezane z dnevno mlečnostjo. Kravam v začetku laktacije moramo ponuditi energijsko bogatejše obroke kot kravam ob koncu laktacije ali kravam, ki ne dajejo mleka.

Beljakovinska vrednost obrokov

Ustrezna vsebnost beljakovin v obrokih vpliva tako na izpuste metana, kot tudi na izpuste didušikovega oksida. Če je v krmnih obrokih preveč beljakovin živali po nepotrebnem izločajo veliko dušika in to prispeva k povečanim izpustom didušikovega oksida iz gnojšč pa tudi k povečanim izpustom didušikovega oksida zaradi gnojenja z živinskimi gnojili in zaradi uhajanja dušikovih spojin v zrak in vode. Če je v obrokih premalo beljakovin se zmanjša zauživanje krme in prebavljivost krme v vampu. Zmanjšajo se mlečnosti in prirasti, posledično pa tudi izpusti metana na enoto prirejenega mleka ali mesa. Načela izravnave obrokov z beljakovinami so podrobno opisana v poglavju »*Možnosti za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov z optimiranjem vsebnosti beljakovin v obrokih za govedo*«.

Načela krmljenja goved za zmanjšanje izpustov metana

Največ metana nastane pri fermentaciji krme v prebavilih goveda. Pri krmljenju dobro prebavljivih obrokov so izpusti manjši kot pri obrokih s slabo prebavljivostjo. Največje zmanjšanje izpustov metana lahko dosežemo pri živalih z največjimi potrebami po energiji. To so krave molznice v prvem delu laktacije in hitro rastoče mlado pitano govedo. Za zmanjšanje izpustov metana upoštevamo sledeča načela:

- Najzahtevnejšim živalim ponudimo najboljšo travniško krmo (pašo, zeleno krmo, mrvo, silažo), slabšo krmo ponudimo manj zahtevnim živalim (krave dojilje, plemenske telice nad 350 kg, presušene krave molznice in molznice v zadnji fazi laktacije).
- Če je mogoče na kmetiji pridelati krmne rastline na njivah, dopolnimo obroke za najzahtevnejše živali tudi z njivsko krmo (koruzna silaža, krmna pesa, lucerna).
- Z načinom krmljenja poskušamo doseči, da zaužijejo živali čimveč voluminozne krme. V ta namen poskrbimo, da je krma živalim na razpolago po volji. Izogibamo se onesnaženi krmi in vlažnim travnim silažam. Poskrbimo tudi, da je v obroku dovolj beljakovin, rudnin in vitaminov.
- Osnovni obrok po potrebi dopolnimo z močno krmo. Pri tem upoštevamo potrebe živali, kakovost osnovnega obroka in kakovost močne krme. Pri krmljenju močne krme pazimo, da količina in način krmljenja ne povzročita motenj v prebavi (zakisanje vampove vsebine).

Načela
krmljenja
goved za
zmanjšanje
izpustov
didušikovega
oksida

Upošteevamo naslednja osnovna načela:

- Obroke s pašo, zeleno krmo ali travno silažo po možnosti dopolnimo s krmo, ki vsebuje veliko energije in malo beljakovin. Najprimernejša je koruzna silaža.
- Izpuste didušikovega oksida pri obrokih s krmo s travinja je mogoče zmanjšati tudi z dokrmeljevanjem žit in druge močne krme z veliko energije ter malo beljakovin. Ta ukrep je primeren le če so potrebe živali tako velike, da je smiselno krmiti močno krmo.

MOŽNOSTI ZA ZMANJŠANJE IZPUSTOV TOPLOGREDNIH PLINOV Z OPTIMIRANJEM VSEBNOSTI BELJAKOVIN V OBROKIH ZA GOVEDO

Precizno
krmljenje

Preveč beljakovin v krmnih obrokih za govedo povzroča nepotrebno izločanje velikih količin dušika. Posledično se povečajo tudi izpusti didušikovega oksida. Neugodno je tudi, če je v obrokih premalo beljakovin. Zauživanje in prebavljivost obrokov se zmanjšata, posledično se zmanjšata prireja mleka in hitrost rasti pri pitancih. Izpusti metana in didušikovega oksida na enoto prirejenega mleka in mesa se zaradi tega povečajo. Obroki za govedo morajo biti prilagojeni potrebam živali.

Računanje
obrokov

Pri računanju obrokov za prežvekovalce moramo uporabljati način, ki upošteva bilanco dušika v vampu (npr. sistem presnovljivih beljakovin ali sistem izkoristljivih surovih beljakovin). Količina v vampu razgradljivih beljakovin naj bo prilagojena razpoložljivi energiji za sintezo mikrobnih beljakovin v vampu. Pri računanju obrokov upošteevamo rezultate analiz krme.

Vsebnost
surovih
beljakovin v
obroku

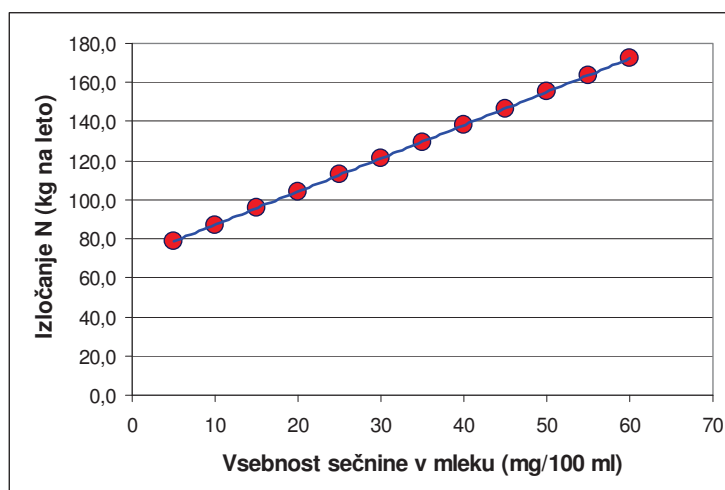
Ustreznost obrokov za govedo je mogoče grobo preveriti na podlagi vsebnosti surovih beljakovin. Priporočila za obroke, ki prispevajo k zmanjšanju sproščanja dušikovih spojin v okolje, so v preglednici 1.

Preglednica 1: Priporočene vsebnosti surovih beljakovin v obrokih, ki prispevajo k zmanjšanju sproščanja dušika v okolje.

Kategorija živali	Vsebnost surovih beljakovin (g na kg sušine obroka)
Krave molznice – vrh laktacije	150-160
Krave molznice – pozna laktacija	120-140
Krave dojilje	120-140
Plemenske telice	120-130
Pitanci – 3 do 6 mesecev	150-160
Pitanci – nad 6 mesecev	120

Vsebnost
sečnine v
mleku

Vsebnost sečnine v mleku je posreden kazalec dogajanj v presnovi beljakovin. Njena vsebnost v mleku je povezana s presežkom v vampu razgradljivih beljakovin, ta pa je odvisen predvsem od razmerja med beljakovinami in energijo v obroku. Splošno priporočilo je, da naj mleko krav molznic vsebuje od 15 do 30 mg sečnine na 100 ml. Vrednosti, ki so bližje spodnji priporočeni meji so primerne predvsem za krave z nekoliko manjšimi mlečnostmi, vrednosti, ki so blizu zgornji priporočeni meji pa za kmetije, na katerih prevladuje krma s travinja in bi bilo bilanco dušika v vampu z ekonomskega vidika nesmiselno izravnati z večjimi količinami žit ali drugih energijsko bogatih krmil. Krave z veliko vsebnostjo sečnine v mleku izločijo tudi do dvakrat več dušika kot krave z majhno vsebnostjo sečnine (Slika 4).



Slika 4: Ocenjeno letno izločanje N pri kravah molznicah z mlečnostjo 6000 kg na leto glede na vsebnost sečnine v mleku. Potrebe po vsebnosti energije v obrokih za molznice so povezane z dnevno mlečnostjo. Kravam v začetku laktacije moramo ponuditi energijsko bogatejše obroke kot kravam ob koncu laktacije ali kravam, ki ne dajejo mleka.

Dopustna odstopanja od priporočil

Na kmetijah, ki gospodarijo na travinju in nimajo možnosti pridelati koruzne silaže ali druge energijsko bogate krme je lahko v obrokih izjemoma tudi več beljakovin, kot je nujno potrebno. Z vidika gospodarnosti reje in trajnostne rabe naravnih virov v tem primeru presežka v vampu razgradljivih beljakovin ne bi bilo smiselno reševati s krmljenjem nakupljenih žit. V praksi se s presežkom beljakovin v obrokih najpogosteje srečujemo pri reji živali na paši.

Uporaba sečnine (uree) v obrokih za govedo

Pri obrokih z energijsko bogato voluminozno krmo (koruzna silaža) je smiselno del beljakovinskih krmil, ki so potrebna za izravnavo obrokov, nadomestiti s krmno sečnino ali krmnimi dodatki z različnimi oblikami počasi dostopnega nebeljakovinskega dušika. S tem prispevamo k zmanjšanju izpustov toplogrednih plinov, saj ima dušik iz sečnine precej manjši ogljikov odtis od dušika iz sojinih tropin. Uporaba sečnine je smiselna predvsem pri pitancih in pri molznicah z zmerno mlečnostjo. Za molznice z zelo veliko mlečnostjo je uporaba sečnine zelo omejena.

POMEN KAKOVOSTNE VOLUMINOZNE KRME ZA ZMANJŠANJE IZPUSTOV TOPLOGREDNIH PLINOV PRI GOVEDU

Stanje na področju kakovosti voluminozne krme je slabo

Slaba energijska vrednost voluminozne krme je med pogostejšimi vzroki za majhno prirejo mleka in počasno rast pitancev. Rezultati analiz krme kažejo, da po energijski vrednosti le približno 20 % vzorcev travnih silaž in le približno 15 % vzorcev sena zadosti priporočilom za krmo, ki naj bi jo dobile krave molznice z velikimi mlečnostmi in pitanci. Slaba kakovost travniške krme je med pomembnejšimi vzroki za velike izpuste toplogrednih plinov na enoto prirejenega mleka in mesa.

Ciljna raba voluminozne krme

Najboljšo voluminozno krmo ponudimo kravam molznicam na začetku laktacije, govejim pitancem in mladi plemenski živini. Na kmetiji je mogoče koristno porabiti tudi nekaj krme slabše kakovosti, kot je npr. krma pozno košenih travnikov, namenjenih varovanju različnih rastlinskih in živalskih vrst. To krmo vključimo v obroke za telice s telesno maso nad 350 kg, kravam ob koncu laktacije in presušenim kravam ter kravam dojiljam.

- Analize krme* Voluminozna krma je zelo variabilna. Z namenom odpravljanja napak pri pripravi krme, z namenom spremljanja napredka in za potrebe računanja obrokov je priporočljivo pridelano krmo analizirati.
- Koruzna silaža* Koruzna silaža v obrokih zmanjšuje izpuste toplogrednih plinov. Zaradi boljše energijske vrednosti omogočajo obroki s koruzno silažo v primerjavi s travniško krmo večje mlečnosti in dnevne priraste in s tem manjše izpuste na enoto prirejenega mleka in mesa. S koruzno silažo je mogoče v obrokih s kakovostno krmo s travinja zmanjšati vsebnost surovih beljakovin, s tem pa se zmanjša izločanje dušika in posledično tudi izpusti didušikovega oksida.
- Alternativne, na sušo odpornejše krmne rastline* Silaže iz alternativnih, na sušo odpornejših krmnih rastlin (žitne silaže, sirkove silaže) praviloma ne dosežejo energijske vrednosti koruznih silaž. Vključevanje teh krmil v obroke za govedo pomeni povečanje izpustov toplogrednih plinov na enoto prirejenega mleka in mesa.

Merila kakovosti voluminozne krme Preglednica 2: Kakovostna merila za voluminozno krmo, namenjeno zahtevnejšim kategorijam goved (krave molznice ob začetku laktacije, pitanci, teleta)

	Seno (1. košnja)	Seno (2. košnja)	Travna silaža	Koruzna silaža
Sušina (g/kg)	več kot 850	več kot 850	350-450	300-400
Surova vlaknina (g/kg sušine)	manj kot 290	manj kot 280	manj kot 260	manj kot 200
Surove beljakovine (g/kg sušine)	več kot 140	več kot 140	več kot 150	/
Pepel (g/kg sušine)	manj kot 110	manj kot 110	manj kot 110	/
NEL (MJ/kg sušine)	več kot 5,6	več kot 5,4	več kot 6,2	več kot 6,6
ME (MJ/kg sušine)	več kot 9,5	več kot 9,2	več kot 10,3	več kot 10,9

Paša in zelena krma

Dobro vodena paša zmanjšuje izpuste toplogrednih plinov Dobro vodena paša travojedih živali je med najučinkovitejšimi ukrepi za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov v govedoreji. Izločki živali ostanejo na pašniku in s tem se izognemo izpustom metana iz gnojišč. Poleg tega se pri pašni reji porabi manj fosilnih goriv, s tem pa se zmanjšajo izpusti ogljikovega dioksida. Zgoraj omenjeno velja le za dobro vodeno pašo, pri kateri imajo živali na voljo veliko kakovostne mlade paše.

Paša v neugodnih razmerah povečuje izpuste toplogrednih plinov Paša v neugodnih razmerah lahko vodi v povečanje izpustov didušikovega oksida. Izpusti se povečajo predvsem zaradi zbitosti tal, pa tudi zaradi točkovnega odlaganja seča in blata. To velja predvsem za pašo v jesenskem in zimskem času. Tudi izpusti metana se v primeru neustrezno vodene paše v primerjavi s hlevsko rejo povečajo. Večji izpusti so predvsem posledica povečanih potreb po energiji, ki jo živali potrebujejo za iskanje krme. Zaradi pomanjkanja krme, ostarele krme ali zaradi prisotnosti za pašo manj vrednih travniških rastlin, se lahko zmanjša mlečnost in upočasni rast. To prispeva k povečanju izpustov toplogrednih plinov na enoto prirejenega mleka in mesa.

Sveža trava Krmljenje mlade sveže trave je z vidika izpustov toplogrednih plinov ugodno. Ob dobri izvedbi sprotne košnje je prebavljivost sveže trave boljša od silaže, boljše pa je tudi izkoriščanje beljakovin. Podobno kot za pašo pa tudi za krmljenje sveže krme velja, da se ob neustrezni izvedbi krmljenja sveže krme v hlevu izpusti povečajo. Problematično je predvsem, če zaradi vremenskih razmer (deževno vreme, suša) ali ostarevanja travniških rastlin ne moremo neprestano (prek cele sezone) zagotavljati dobro prebavljive krme.

Metuljnice v ruši Rezultati nekaterih raziskav kažejo, da krmljenje metuljnic (črna detelja, bela detelja, lucerna) zmanjšuje izpuste metana iz prebavil prežvekovalcev.

Priporočila za pripravo kakovostne travne silaže

Čas košnje S staranjem trav in drugih travniških rastlin se njihova energijska in beljakovinska vrednost zmanjšujeta. Pri prvi košnji se vsebnost NEL na vsakih deset dni zmanjša za približno 0,5 MJ na kg sušine. Za siliranje veljajo naslednja priporočila:

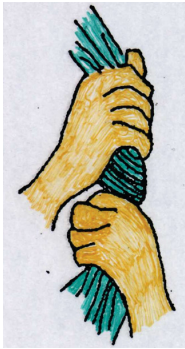
- naravni travniki: najkasneje ob začetku latenja oz. klasenja vodilnih trav (največ 20 % trav tvori latje oz. klasje),
- sejani travniki: travo kosimo najkasneje pri pridelku 3500 do 4000 kg sušine na ha, pomeni 15 do 25 m³ silaže na ha. Trava je takrat visoka približno 30 cm.

Preprečevanje onesnaženja krme z zemljo Silaža iz onesnažene krme ima slabšo energijsko vrednost kot silaža iz neoporečne krme. Z zemljo pridejo v silažo tudi neželeni klostridiji, ki lahko pri silajah iz manj ovele krme povzročajo kvarjenje. Onesnaženju krme z zemljo se izognemo na sledeči način:

- opravimo spomladansko brananje travnikov,
- izogibamo se košnji na razmočenih tleh,
- višina košnje naj bo naravnana na najmanj 5 cm, še bolje na 7 cm.

Venenje krme za siliranje Krmo pred siliranjem ovenimo. Z venenjem povečamo ohranitev beljakovinske vrednosti in zauživanje krme. Izboljša se izkoriščanje beljakovin in zmanjša izločanje dušika s sečem in blatom. Neugodno je tudi, če je krma za siliranje preveč ovela. Silaže iz zelo ovele krme so bolj dovzetne za kvarjenje na zraku, zaradi česar se zmanjša energijska vrednost krme, pri plesnenju pa se lahko tvorijo tudi zdravju škodljive snovi. Pri venenju krme upoštevamo naslednje:

- travo je treba takoj po košnji obrniti. Takrat so listne reže še odprte in zaradi tega krma hitro oddaja vlago. Če je krma ob košnji obdelana z gnetilnikom to opravilo odpade. Zatem je treba krmo na travniku še enkrat ali dvakrat obrniti – odvisno od vremenskih razmer in pridelka.
- trava je primerna za siliranje, ko vsebuje od 350 do 450 g sušine na kg. Pri tej vsebnosti sušine ostanejo roke tudi pri zelo močnem ovijanju šopa trave suhe ali pa imamo v rokah le občutek vlažnosti. Na kmetijah s težkimi stroji za tlačenje, z velikim dnevnim odvzemom silaže iz silosa in pri siliranju v valjaste bale, je lahko krma tudi nekoliko bolj ovela (do 550 g sušine na kg).
- potrebno trajanje venenja trave za siliranje je odvisno od vremenskih razmer in pridelka. Od košnje do spravila traja običajno 24 do 30 ur. Če je vreme vroče in vetrovno, pridelki pa majhni, lahko doseže trava primerno vsebnost sušine za siliranje že v 8-10 urah.

		Vsebnost sušine (g/kg)
	Sveže pokošena trava	150
	Pri ovijanju krme so roke mokre, od krme kaplja	200 - 250
	Pri ovijanju krme so roke vlažne	300
	Pri ovijanju krme imamo le še občutek vlažnosti	350
Tudi pri zelo močnem ovijanju ostanejo roke suhe	več kot 400	

Slika 5: Ovijalni preskus za oceno vsebnosti sušine v krmi za siliranje

Silirni dodatki

Pri siliranju primerno ovele krme uporaba silirnih dodatkov ni potrebna. Dodatke je smiselno uporabiti v primeru, če smo v primeru neugodnih vremenskih razmer prisiljeni silirati premalo ovele krmo ali pa če obstaja zaradi specifičnih razmer na kmetiji, kot je npr. majhen dnevni odvzem silaže iz silosa, povečano tveganje za kvarjenje silaže na zraku.

Priporočila za pripravo kakovostnega sena

Čas košnje

S staranjem trav in drugih travniških rastlin se njihova energijska in beljakovinska vrednost zmanjšujeta. Za pravočasno spravilo sena veljajo naslednja priporočila:

- naravni travniki: najkasneje v fazi latenja oz. klasenja vodilnih trav,
- sejani travniki: travo kosimo najkasneje pri pridelku 4000 do 4500 kg sušine na ha.

Možni so tudi načini priprave zelo kakovostnega sena ob uporabi kondenzacijskih sušilnic ali sušilnic na topel zrak. V tem primeru kosimo travnike istočasno kot za silažo.

Sušenje sena


Med sušenjem se energijska vrednost krme zmanjša za približno 0,5 do 1 MJ na kg sušine. Zmanjša se tudi vsebnost surovih beljakovin. Spremembe so predvsem posledica drobljenja drobnih lističev, ki vsebujejo praviloma več neto energije in surovih beljakovin kot stebila. Za ohranitev energijske in beljakovinske vrednosti krme med sušenjem je pomembno sledeče:

- krmo je treba takoj po košnji obrniti. Na začetku obračamo z velikim številom vrtljajev, da se šopi vzporedno ležečih travniških rastlin premešajo. Kasneje obračamo z manjšim številom vrtljajev, da se izognemo velikim izgubam zaradi drobljenja rastlin. Pogostnost obračanja prilagodimo hitrosti sušenja in vremenski napovedi. Z naslednjim obračanjem ne čakamo, da se zgornja plast krme preveč posuši, saj se sicer povečajo izgube zaradi drobljenja rastlin. Ob napovedi nestabilnega vremena obračamo pogosteje, ob napovedi daljšega obdobja sončnega vremena pa lahko tudi bolj poredko.
- dobra praksa sušenja sena je prevetrovanje s hladnim, toplim ali osušenim zrakom.

Priporočila za pripravo kakovostne koruzne silaže

Čas žetve

Koruzna silaža za siliranje je primerna za žetev v voščeni zrelosti, ko vsebuje cela rastlina 300 do 350 g sušine na kg. Če je koruznica še zelena in brez vidnih znakov plesni ali drugih rastlinskih bolezni, jo lahko žanjemo tudi nekoliko kasneje, pri sušini 350 do 400 g na kg. Z vidika izpustov toplogrednih plinov je ugodnejša silaža iz nekoliko bolj zrele koruze (pri vsebnosti 350 do 400 g sušine na kg). Silaža iz nekoliko bolj zrele koruze vsebuje več škroba in ima boljšo energijsko vrednost. Pri silajah iz nekoliko bolj zrele koruze se več škroba izogne prebavi v vampu, zaradi česar se zmanjšajo izpusti metana. Tudi izkoristek dušika je pri silajah iz nekoliko bolj zrele koruze boljši, saj se razgradljivost beljakovin v vampu zmanjša, sinteza mikrobnih beljakovin pa poveča. To prispeva k manjšemu izločanju dušika, posledično pa tudi k manjšim izpustom didušikovega oksida.

	Delež trdega škroba	Zrelost	Vsebnost sušine (g/kg)
	0	Mlečna	260
	1/4	Zgodnja voščena	320
	1/2	Polna voščena	380
	3/4	Pozna voščena	440
	1	Polna	500

Slika 6: Ugotavljanje zrelosti koruze na podlagi položaja mlečne črte. Več storžev prelomimo na dva enaka dela. Na zgornji polovici storža (t.j. tista, ki se jo drži svila) opazujemo mlečno črto, ki razmejuje trdi in mehki del škroba. Črta se ob koncu mlečne zrelosti pojavi na vrhu zrna, nato pa napreduje proti korenu. Koruza je primerna za siliranje ko je črta na položaju 1/4 do 1/2, najkasneje do 3/4 (slednje pomeni 3/4 trdega in 1/4 mehkega škroba).

Hibrid

Z vidika izpustov toplogrednih plinov je ugodnejša silaža iz koruze trdinke. Pri silajah iz trdink se v primerjavi s silajami iz zobank več škroba izogne prebavi v vampu. S tem se zmanjšajo izpusti metana. Pri koruzi smo priča hitremu genetskemu napredku na področju energijske vrednosti koruze za siliranje. K manjšim izpustom toplogrednih plinov lahko prispevamo tudi s setvijo hibridov, za katere je značilna boljše prebavljivost. Pri pridelovanju koruzne silaže sledimo kakovostnim merilom, ki so predstavljena v preglednici 2.

Kvarjenje silaže na zraku

Koruzna silaža je zelo dovzetna za kvarjenje na zraku. Pri gretju in plesnenju silaže v silosu, mešalnem vozu ali na krmilni mizi se izgublja energija, zmanjšana vsebnost energije v silaži pa vodi v večje izpuste toplogrednih plinov na enoto prirejenega mleka in mesa. Ključna dejavnika za obvladovanje kvarjenja silaže v silosu sta dobra potlačenost silaže in dovolj velik dnevni odvzem silaže iz silosa. Pri tlačenju koritastih silosov je najpomembnejše polnjenje silosa v plasteh, ki ne smejo biti debelejšje od 20 cm, in uporaba dovolj težkega traktorja, katerega masa bi morala presegati 6.000 kg. Dnevni odvzem koruzne silaže iz silosa bi moral biti v zimskem

času vsaj 20 cm, v poletnem času pa vsaj 40 cm na dan.

Silirni dodatki

Na kmetijah, ki zagotovijo dobro tlačenje in ustrezen dnevni odvzem silaže iz silosa uporaba dodatkov za siliranje koruze ni potrebna. Na kmetijah, kjer tega ni mogoče zagotoviti in imajo težave s kvarjenjem silaže, je smiselno uporabiti dodatke za povečanje obstojnosti silaž. To so lahko dodatki na osnovi soli nekaterih organskih ali anorganskih kislin (npr. propionati, benzoati, sulfiti, ...) ali pa na podlagi heterofermentativnih mlečnokislinskih bakterij (npr. *Lactobacillus buchneri*). Na trg prihajajo biološki silirni dodatki tretje generacije, ki med siliranjem razgrajujejo lignin in s tem povečujejo prebavljivost silaže. Ti dodatki imajo potencial za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov, ki pa ga v tem trenutku še ni mogoče dovolj zanesljivo ovrednotiti.

UČINEK DOPOLNJEVANJA OBROKOV ZA GOVEDO Z MOČNO KRMOM NA ZMANJŠANJE IZPUSTOV TOPLOGREDNIH PLINOV

Krmna žita v obrokih zmanjšujejo izpuste metana

Izpuste metana iz prebavil goved je mogoče zelo zmanjšati s povečanjem deleža krmnih žit v obrokih. Intenzivna selekcija S povečanjem žit v obrokih dosežemo naslednje:

- Zaradi povečanja vsebnosti energije v obrokih se pri molznicah poveča mlečnost, pri pitancih pa dnevni prirasti – izpusti metana na enoto prirejenega mleka in mesa se s tem zmanjšajo.
- Škrobna krmila v krmnih obrokih preusmerijo vrenje v vampu v smeri propionske kisline – pri tem tipu vrenja nastane manj metana kot če nastaja veliko očetne kisline, kar je značilno za obroke z veliko voluminozne krme.
- Znatno del škroba se izogne vrenju v vampu – ta škrob se prebavlja v nižjem delu prebavnega trakta, podobno kot pri neprežvekovalcih. V nasprotju s prebavljanjem v vampu, ki je povezano z nastajanjem velikih količin metana, pri prebavljanju škroba v tankem črevesu metan ne nastaja.

Vključitev žit v obroke lahko zmanjša tudi sproščanje metana iz gnojišč. Za obroke z žiti je namreč značilna večja prebavljivost, ki pomeni zmanjšanje izločanja neprebavljene organske snovi, slednja pa je vir energije za metanogenezo med skladiščenjem živinskih gnojil.

Ugoden učinek na izpuste metana iz prebavil lahko pričakujemo le pri krmljenju zmernih količin močne krme. Pretirane količine močne krme v obrokih zmanjšajo prebavljivost voluminoznega dela obrokov in to povzroči povečanje izpustov metana iz gnojišč. Neugoden učinek velikih količin močne krme pride še posebej do izraza v kolikor pride do prebavnih motenj (acidoza) in s tem do zmanjšanja prireje mleka ali prirastov telesne mase na krmni dan.

Krmna žita v obrokih s travniško krmo zmanjšujejo izpuste didušikovega oksida

Pri kakovostni travniški krmi (predvsem pri paši, zeleni krmi in silaži) se v vampu sprosti več amonijaka, kot so ga vampovi mikroorganizmi sposobni zajeti v mikrobne beljakovine. Presežki beljakovin se izločijo s sečem, s tem pa se povečajo izpusti didušikovega oksida iz gnojišč. Dopolnitev tovrstnih obrokov z žiti zmanjša izločanje dušika in posledično izpuste didušikovega oksida iz gnojišč.

Oljne tropine in pogače v obrokih s koruzno silažo zmanjšujejo izpuste metana

Za obroke s koruzno silažo je v praksi pogosto značilno pomanjkanje beljakovin. Pomanjkanje beljakovin povzroča zmanjšanje prebavljivosti vlaknine, zmanjšanje zauživanja krme in posledično zmanjšanje mlečnosti ali počasnejšo rast pitancev. Z dopolnitvijo tovrstnih obrokov z oljnimi tropinami ali pogačami je mogoče znatno povečati mlečnost in priraste in s tem zmanjšati izpuste metana na enoto prirejenega mleka in mesa.

Priporočilo za krmljenje močne krme

Kljub ugodnemu delovanju močne krme na izpuste metana, bi bilo v obrokih za govedo voluminozno krmo nesmiselno nadomeščati z žiti. Prednost goved je namreč ravno v tem, da lahko za prirejo mleka in mesa izkoriščajo travniško krmo, ki je ne moremo neposredno uporabiti za prehrano ljudi, pa tudi možnosti uporabe v prehrani prašičev in perutnine so precej omejene.

Pri načrtovanju krmnih obrokov za govedo upoštevamo načelo, da je močno krmo smiselno uporabljati z namenom izboljšanja izkoriščanja voluminozne krme, ne pa z namenom izrivanja voluminozne krme iz obrokov. Z vidika izpustov metana dosežemo največji učinek močne krme v obdobju po telitvi, ko so potrebe živali po energiji največje.

KRMNI DODATKI ZA ZMANJŠANJE IZPUSTOV METANA IZ PREBAVIL GOVED

Obstajajo številni krmni dodatki za zmanjševanje izpustov metana iz prebavil prežvekovalcev. V prihodnje pričakujemo širšo uporabo v praksi.

Izpuste metana iz prebavil goved je mogoče zmanjšati z različnimi krmnimi dodatki. Na tem področju tečejo številne raziskave, njihova uporaba v praksi pa se širi razmeroma počasi. K počasnemu širjenju krmnih dodatkov za zmanjšanje izpustov metana prispeva predvsem naslednje:

- Številni dodatki so še v fazi razvoja in preskušanja. Rezultati raziskav so obetajoči, njihova učinkovitost in morebitni neželeni stranski učinki pa še niso dovolj preučeni.
- Zaviralci delovanja vampovih arhej so pogosto kemikalije, ki lahko ob nepravilnem doziranju škodijo zdravju živali ali pa imajo negativne okoljske učinke (npr. ozonu škodljive snovi). Kljub ugodnemu učinku na izpuste metana, javnost uporabi teh dodatkov na splošno ni naklonjena.
- Nekateri krmni dodatki, ki vzporedno s povečevanjem mlečnosti in pospeševanjem rasti zmanjšujejo izpuste metana, so v EU prepovedani (npr. krmni antibiotik monenzin, ki je v ZDA splošno razširjen).
- Za številne dodatke je značilno dobro kratkoročno delovanje, na dolgi rok pa se jim mikroorganizmi v vampu prilagodijo. Njihov učinek se sčasoma zmanjša ali pa dolgoročno ni dokazan.

Pričakujemo, da se bodo v prihodnosti na trgu pojavili številni dodatki za zmanjševanje izpustov metana iz prebavil prežvekovalcev. Ker se z metanom v okolje izgublja energija, bodo ti dodatki prispevali tudi k izboljšanju učinkovitosti reje (manjša poraba krme za enako količino prirejenega mleka in mesa).

Maščobe

Maščobe so najprikladnejši dodatki za zmanjšanje izpustov metana iz prebavil prežvekovalcev. Gre za dodatke, s katerimi že imamo izkušnje in za katere so morebitni stranski učinki dobro poznani. Za prakso pridejo v poštev predvsem:

- doma pridelane oljnice (soja, ogrščica, sončnice, lan, ...) in

- stranski proizvodi industrije olj (ogrščične pogače, sojine pogače, sončnične pogače, ...), biodizla (predvsem ogrščične pogače) in bioetanola (žitne tropine).

Prevelike količine maščob v obrokih za prežvekovalce lahko zavirajo prebavljanje vlaknine v vampu. To lahko povzroči zmanjšanje zauživanja krme, zmanjšanje mlečnosti in upočasnitev rasti. Zmanjša se tudi vsebnost maščob in beljakovin v mleku. Obroki za prežvekovalce ne bi smeli vsebovati več kot 60 g maščob na kg sušine. Ta omejitev ne velja za maščobe, ki so zaščitene pred razgradnjo v vampu.

Tanini

Tanini učinkovito zavirajo nastajanje metana v vampu. V ta namen lahko uporabimo tako taninske pripravke, ki so v prodaji na trgu (npr. kostanjev tanin), kot tudi krmne rastline v veliko vsebnostjo taninov (npr. rožičkasta nokota). Tanini v prevelikih koncentracijah lahko tudi zmanjšajo prebavljivost vlaknine in uspešnost reje (manjša mlečnost). Ti dodatki praviloma niso primerni za obroke, ki vsebujejo malo beljakovin.

MOŽNOSTI ZA ZMANJŠANJE IZPUSTOV METANA IN DIDUŠIKOVEGA OKSIDA PRI SKLADIŠČENJU ŽIVINSKIH GNOJIL

Med skladiščenjem živinskih gnojil nastajata metan in didušikov oksid

Med skladiščenjem živinskih gnojil nastajata toplogredna plina metan in didušikov oksid. Didušikov oksid nastaja ob prisotnosti kisika, metan pa v anaerobnih razmerah. Za skladiščenje gnojevke so značilni veliki izpusti metana, za skladiščenje hlevskega gnoja pa veliki izpusti didušikovega oksida.

Posredne izpuste didušikovega oksida povzroča tudi amonijak

Iz hlevov in skladišč živinskih gnojil se precej dušika izgubi v obliki amonijaka. Amonijak nima neposrednega toplogrednega učinka, se pa odlaga na kmetijska zemljišča in v naravne ekosisteme, kjer povzroča posredne izpuste didušikovega oksida.

Trajanje skladiščenja živinskih gnojil

Izpusti metana in didušikovega oksida so povezani s trajanjem skladiščenja živinskih gnojil. Živinskih gnojil ni priporočljivo skladiščiti dlje, kot je to nujno potrebno zaradi preprečevanja onesnaženja voda z nitrati. Pri visokih temperaturah so izpusti metana precej večji kot pri nizkih. Zaradi tega obvezno skladiščenje v času zimske prepovedi gnojenja ni tako problematično kot skladiščenje v poletnih mesecih. V poletnem času je priporočljiva sprotna uporaba živinskih gnojil, bodisi za gnojenje travnikov po vsaki košnji ali pa za gnojenje strniščnih dosevkov.

Pašna reja živali zmanjšuje izpuste metana

Pašne živali pustijo izločke na pašnikih. S pašo živali se v celoti izognemo izpustom metana, ki bi se sicer sprostil iz skladišč živinskih gnojil.

Pokrivanje skladišč za gnojevko

Pokrivanje skladišč za gnojevko zmanjšuje izpuste amonijaka in s tem posredne izpuste didušikovega oksida. Gnojnične jame lahko pokrijemo s stalnimi pokrovi (betonski ali ponjave), lagune pa s plavajočimi elementi (npr. heksaedri) ali plavajočimi polietilenskimi ponjavami. V zadnjem času so za manjše kmetije na voljo tudi posebni mehovi (vreče), ki praktično popolnoma preprečijo izpuste amonijaka.

<i>Učinkovitost naravne plavajoče plasti na gnojevki</i>	Na površini goveje gnojevke se sčasoma oblikuje plavajoča plast iz nastilja, ostankov krme in neprebavljene celuloze. Ta plast dokaj učinkovito preprečuje izhlapevanje amonijaka, zaradi oksidacije metana v tej plasti pa se zmanjšajo tudi izpusti metana. Izpusti didušikovega oksida se lahko zaradi plavajoče plasti nekoliko povečajo. Oblikovanje plavajoče plasti lahko spodbudimo z dodajanjem zrezane slame.
<i>Mešanje gnojevke</i>	Pogosto mešanje gnojevke preprečuje oblikovanje plavajoče plasti na površini. Izpusti amonijaka se s tem povečajo, povečajo pa se tudi izpusti didušikovega oksida.
<i>Prezračevanje gnojevke</i>	S prezračevanjem (aeracijo) gnojevke zmanjšamo izpuste metana, povečajo pa se izpusti didušikovega oksida. Prezračevanje gnojevke lahko povzroča velike izgube dušika. Učinek na izpuste toplogrednih plinov je odvisen od razmeroma zahtevnega vodenja prezračevanja in ga zaradi tega priporočamo predvsem zaradi zmanjšanja smradu pri razvozu gnojevke.
<i>Skladiščenje gnojevke pod rešetkami v hlevu</i>	V praksi je precej razširjeno skladiščenje gnojevke pod rešetkami v hlevu. Z vidika izpustov toplogrednih plinov je ta način skladiščenja gnojevke neugoden, saj gre za nepokrito skladišče za katerega so značilni veliki izpusti amonijaka, zaradi toplega hlevskega zraka pa so veliki tudi izpusti metana.
<i>Obdelava gnojevke na bioplinski napravi</i>	<p>Pridobivanje bioplina je najučinkovitejša metoda za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov med skladiščenjem gnojevke. Obdelava živinskih gnojil na bioplinski napravi ima sledeče prednosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> – metan, ki se sprosti iz gnojevke zajamemo in s tem zmanjšamo izpuste na minimum; – ohranimo prednosti gnojevke, za katero so značilni bistveno manjši izpusti didušikovega oksida kot za hlevski gnoj; – zajeti metan uporabimo kot energent in s tem prispevamo k zmanjšanju izpustov ogljikovega dioksida zaradi rabe fosilnih goriv. <p>Pri proizvodnji bioplina moramo paziti:</p> <ul style="list-style-type: none"> – na pravilno obratovanje bioplinske naprave – na bioplinski napravi spodbudimo nastajanje metana in če ga ne uspemo zajeti, se lahko izpusti v primerjavi z običajnim skladiščenjem gnojevke tudi povečajo; <p>na pravilno ravnanje z bioplinsko gnojevko – za bioplinsko gnojevko so značilni veliki izpusti amonijaka, zato je treba za gnojenje uporabiti postopke z majhnimi izpusti.</p>
<i>Za kakšne kmetije je primerna proizvodnja bioplina</i>	Proizvodnja bioplina iz živinskih gnojil je primerna za velike kmetije. Živinska gnojila na kmetiji s 50 glav velike živine zagotavljajo dovolj bioplina za mikrobioplinsko napravo priključne moči 5 kW (električna energija brez toplote). To je mogoče z uporabo manj vredne krme in namensko pridelanih strniščnih dosevkov podvojiti na približno 10 kW.
<i>Možnosti za zmanjšanje izpustov iz skladišč hlevskega gnoja</i>	Za zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov iz skladišč hlevskega gnoja nimamo učinkovitih, v praksi izvedljivih rešitev. Še najpomembneje je, da so kupi hlevskega gnoja oblikovani tako, da je okolju izpostavljena čim manjša površina. Pomeni, da mora biti hlevski gnoj naložen v visoke kupe, ki morajo biti lepo oblikovani.
<i>Kompostiranje hlevskega gnoja</i>	Kompostiranje hlevskega gnoja učinkovito zmanjša izpuste metana, povečajo pa se izpusti amonijaka in didušikovega oksida. Skupen učinek je zaradi številnih dejavnikov, ki vplivajo na proces kompostiranja, težko ovrednotiti. Slaba stran kompostiranja je predvsem v tem, da poteka v

praksi kompostiranje dlje časa kot skladiščenje hlevskega gnoja in da pride pri tem do velikih izgub dušika. Kompostiranje lahko priporočamo, če želimo z njim doseči druge zelene učinke (higijenizacija za uporabo pri pridelavi vrtnin, manj smradu pri gnojenju).

MOŽNOSTI ZA ZMANJŠANJE IZPUSTOV TOPLOGREDNIH PLINOV PRI GNOJENJU Z ŽIVINSKIMI GNOJILI

Po gnojenju z živinskimi gnojili se sprosti precej didušikovega oksida

Didušikov oksid nastaja predvsem v procesu denitrifikacije, ki poteka v anaerobnih razmerah (brez prisotnosti kisika). Gre za pretvorbo nitratov v molekularni dušik (N_2), pri tem pa uhaja v zrak didušikov oksid, ki je vmesni produkt reakcije. Kljub temu, da se živinska in mineralna gnojila med seboj v številnih lastnostih precej razlikujejo, so količine sproščenega didušikovega oksida na kg dušika pri obeh vrstah precej podobne. Z vidika izpustov didušikovega oksida je prednost živinskih gnojil pred mineralnimi v tem, da vsebujejo malo dušika v nitratni obliki. Slabost organskih gnojil je v tem, da vsebujejo veliko organske snovi, ki pospešuje mikrobiološko aktivnost tal. Pri tem se porablja kisik, s tem pa se vzpostavijo anaerobne razmere, ki so potrebne za denitrifikacijo.

Potrebam rastlin prilagojeno gnojenje

Izpusti didušikovega oksida s povezani s količino dušika, ki ga uporabimo gnojenje. Za zmanjšanje izpustov didušikovega oksida velja enako načelo kot za varovanje voda pred onesnaženjem z nitrati – skupna količina dušika iz gnojil in drugih virov (biološka vezava, voda za namakanje, iz ozračja odložen dušik) ne sme presežati potreb rastlin. S tem prispevamo tudi k zmanjšanju posrednih izpustov didušikovega oksida, ki nastaja v usedlinah rek in jezer zaradi izpiranja in odplavljanja dušikovih snovi v vode.

Izpuste didušikovega oksida zmanjšujemo z vzdrževanjem zračnosti tal

Najpomembnejši ukrep za zmanjšanje izpustov didušikovega oksida je preprečevanje anaerobnih razmer v tleh. Izpuste zmanjšamo z ureditvijo vodnih razmer v tleh (drenaža), s preprečevanjem zbitosti tal in z izogibanjem gnojenju pred obilnimi padavinami.

Vbrizgavanje živinskih gnojil v tla

Vbrizgavanje tekočih živinskih gnojil v tla poveča izpuste didušikovega oksida, v manjšem obsegu pa se zaradi vbrizgavanja v tla sprošča tudi metan. Te izpuste lahko zmanjšamo z ukrepi, ki zmanjšujejo vsebnost organske snovi v gnojevki (obdelava na bioplinski napravi, prezračevanje, separacija). Na splošno velja da zmanjšanje izpustov amonijaka pri vbrizgavanju gnojevke v tla odtehta neugodne učinke vbrizgavanja gnojevke na izpuste didušikovega oksida in metana.

Ukrepi za zmanjšanje posrednih izpustov didušikovega oksida, ki so posledica izpustov amonijaka

Pri gnojenju z živinskimi gnojili se sprostijo velike količine amonijaka, ki povzročajo posredne izpuste didušikovega oksida. Izpuste amonijaka je mogoče zmanjšati z različnimi ukrepi, ki so ključni za zagotavljanje učinkovitega kroženja dušika v kmetijstvu in prispevajo k manjšim izpustom tudi prek manjše porabe mineralnih gnojil. V kolikor pri gnojenju z živinskimi gnojili ne izvedemo ukrepov za zmanjšanje izpustov amonijaka, izgubimo skoraj ves dušik, ki smo ga uspeli zadržati v hlevih in med skladiščenjem živinskih gnojil.

Zmanjšanje izpustov amonijaka pri

Za zmanjšanje izpustov amonijaka pri gnojenju s tekočimi živinskimi gnojili imamo naslednje možnosti:

- uporaba posebnih strojev za zmanjšanje izpustov;

*gnojenju s
tekočimi
živinskimi gnojili*

- gibljive vlečene cevi (njive in travinje),
- vlečene sani (njive in travinje),
- plitvo vbrizgavanje v tla (njive in travinje),
- globoko vbrizgavanje v tla (njive),
- zadelovanje v tla z naknadno obdelavo tal;
 - oranje ali drugi načini obdelave tal najkasneje v 4 urah po gnojenju,
- redčenje gnojevke z vodo (približno 1:1);
- izbira primernih vremenskih razmer;
 - hladen vlažen dan,
 - večer,
 - ob rahlem deževanju.

*Zmanjšanje
izpustov
amonijaka pri
gnojenju s
hlevskim
gnojem*

Za zmanjšanje izpustov amonijaka pri gnojenju s tekočimi živinskimi gnojili imamo naslednje možnosti:

- zadelovanje v tla z oranjem (idealno v 4 urah po gnojenju);
- izbira primernih vremenskih razmer;
 - hladen vlažen dan,
 - večer,
 - ob rahlem deževanju.

Priročnik za zmanjševanje porabe dizelskega goriva in električne energije v kmetijstvu

Avtorja: dr. Viktor Jejčič, mag. Tomaž Poje

Ljubljana 2015

Priročnik je razdeljen v dva dela. V prvem delu se obravnava možnosti zmanjševanja porabe dizelskega goriva s traktorji in samovoznimi kmetijskimi stroji, v drugem delu pa zmanjševanje porabe električne energije na živinorejsko usmerjenih kmetijah.

Ukrepi za zmanjševanje porabe goriva s traktorji in samovoznimi kmetijskimi stroji

V zadnjih letih zaradi naraščajočih cen goriv postaja izredno aktualno zmanjševanje porabe goriva in s tem zniževanje stroškov obratovanja traktorjev in samovoznih kmetijskih strojev. Zmanjševanje porabe goriva v kmetijstvu lahko drastično vpliva na ekonomiko kmetijske pridelave. Strokovnjaki s področja kmetijske tehnike so ugotovili, da kar 50 % vse porabljene energije v kmetijstvu in gozdarstvu predstavlja dizelsko gorivo, stroški goriva pa predstavljajo tudi do 40 % stroškov za uporabo traktorja na kmetiji. Ni zanemarljiv tudi podatek, da cena gorivu raste hitreje, kot rastejo odkupne cene pridelkov. Da poraba goriva ni zanemarljiva za uporabnika traktorja ali drugega kmetijskega samovoznega stroja, kaže podatek da cena goriva lahko pri stroških traktorja skozi njegovo celotno življenjsko dobo lahko dosega tudi več kot polovico od nabavne vrednosti novega stroja. Če vzamemo, da so stroški vzdrževanja, rezervnih delov, amortizacije in ostali stroški približno enaki za traktorje različnih proizvajalcev, povečana poraba goriva povzroči, da ima traktor, ki več porabi, tudi do 10 in več % dražjo strojno uro, kar pomeni manjšo konkurenčnost. Poleg ekonomskega učinka, zmanjševanje porabe goriva vpliva tudi na zmanjševanje emisij toplogrednih plinov, ki so po ugotovitvah strokovnjakov s področja klimatologije krivi za pospešene klimatske spremembe v zadnjih desetletjih. Priča smo, da klimatske spremembe vse bolj pogosto povzročajo različne naravne katastrofe v obliki suš, poplav, žledu itn. ter posledično iz leta v leto vse večje težave gospodarstvu in kmetijstvu Slovenije in Evrope ter ostalih delov sveta. Sodobne tehnične rešitve, ki lahko nekoliko več pripomorejo zmanjševanju porabe goriva se bodo zaradi zahtevnosti in cene postopoma uvajale na stroje, kar bo vplivalo na zmanjševanje porabe goriva v prihodnosti. Porabo goriva lahko znižamo na že obstoječih strojih oziroma tudi traktorjih starejše generacije, ki so še vedno v uporabi na različnih kmetijah. Za zmanjševanje porabe goriva je pomembno, da uporabnik pravilno vzdržuje stroj, da je dobro seznanjen z njegovim delovanjem ter da ga zna pravilno in skrbno uporabljati. V priročniku so podani napotki, kako učinkovito nadzorovati in znižati porabo goriva s traktorji in samovoznimi kmetijskimi stroji.

Usklajenost strojev glede opravil

Zelo pomembno je, da je velikost stroja prilagojena delovni operaciji. Traktorji in samovozni kmetijski stroji velike moči so bolj racionalni od majhnih strojev. Potrebno pa je take stroje uporabljati smiselno. Preveč ali premalo moči na razpolago lahko značilno vpliva na porabo goriva. V praksi pa se dostikrat srečujemo s primeri uporabe predimenzioniranih strojev npr. traktor velike moči in priključni stroj, ki ima premajhno delovno širino, za izvedbo delovne operacije s takim strojem bomo porabili več časa, posledično pa bo tudi višja poraba goriva. Energija se dostikrat nesmiselno zapravlja zaradi nepoznavanja agrotehničnih potreb rastlin. Tipičen primer je npr. oranje na preveliko globino samo zaradi tega, ker moč traktorja in konstrukcijska izvedba pluga to omogoča, določena rastlina pa za svoj razvoj dejansko ne potrebuje preveč globoko obdelanih tal.

Ugotavljanje porabe energije v kmetijski pridelavi

Za merjenje porabe goriva se na kmetiji lahko uspešno uporablja volumetrična metoda merjenja porabe dizelskega goriva, ki se je pri izvajanju kompleksnih delovnih operacij s katerimi se srečujemo v kmetijski pridelavi pokazala, kot najbolj primerna zaradi enostavnosti in zanesljivosti. Pri tej metodi se rezervoar traktorja ali drugega kmetijskega stroja napolni z gorivom do samega vrha rezervoarja. Pri točenju goriva v rezervoar, traktor

ali drugi samovozni kmetijski stroj mora stati na popolnoma ravni podlagi. Pri točenju je potrebno tudi odstraniti zrak iz rezervoarja (zrak v rezervoarju pomeni da bo natočeno manj goriva), za ta namen se opravi premikanje traktorja ali stroja nekoliko naprej in nazaj, kar povzroči uhajanje zraka iz rezervoarja. Točenje goriva se zmeraj opravi na istem mestu na prej omenjeni podlagi. Po končani delovni operaciji se traktor postavi na isto mesto, kjer je gorivo bilo natočeno do vrha rezervoarja. Gorivo se dotoči s pomočjo posod z znano prostornino ali električne črpalke s števcem za merjenje količine iztočenega goriva. Poraba goriva (mineralno dizelsko gorivo ali plinsko olje) je izražena v l/h oziroma v l/ha. Pri nekaterih primerih je ni možno izraziti v l/ha (npr. za krmilno mešalni voz, transport s prikolico itn.) zato je v omenjenih primerih samo podana v l/h. Izmerjene količine si uporabnik vpisuje v posebej pripravljene obrazce, kjer beleži vrsto dleovne operacije, tip priključnega stroja, delovno globino, delovno širino, hitrost vožnje traktorja ali samovoznega kmetijskega stroja itn. S tem je omogočen dober vpogled v porabo goriva pri izvajanju določenih delovnih operacij, kar predstavlja tudi osnovo za ukrepe glede zmanjševanja porabe goriva.

Ugotovljeno je, da poraba goriva za enake delovne operacije lahko zelo variira, ker je odvisna od več faktorjev, kot so: pedofizikalne lastnosti tal, način obdelave, tehnika uporabe traktorskega agregata (traktor + priključni stroj), stanje stroja, usklajenost moči traktorja glede velikosti priključnega stroja itn. Traktor deluje skozi celo leto pri različnih delovnih opravilih. Zato se spreminjajo tudi njegove obremenitve, od zelo težkih, kot je npr. oranje, podrahljanje, delo s silokombajnom, do lažjih obremenitev, kot je npr. obračanje sena, košnja itn. Pri poljedelskih opravilih je največji porabnik energije osnovna obdelava tal z oranjem. Izraženo v porabi goriva na en hektar pridelovalne površine (l/ha) je dopolnilna obdelava tal s prekopalnikom (frezo) absolutno največji porabnik energije. Ostala opravila (delovne operacije) pa predstavljajo relativno majhno porabo goriva oziroma energije. Pri spravilu sena je največji porabnik energije stiskanje valjastih bal, izraženo v porabi goriva na en hektar pridelovalne površine (l/ha). Pri delovnih operacijah na sami kmetiji je največji porabnik goriva krmilno mešalni voz. Rezultati pridobljeni z meritvami na domačih kmetijah se v veliki meri ujemajo z rezultati podobnih meritev v tujini.

Tabela 1: Rezultati merjenja porabe goriva na domačih kmetijah, podana je povprečna poraba goriva s katero lahko najbolj ponazorimo porabo goriva oziroma energije za različna opravila (vir: Kmetijski inštitut Slovenije, Oddelek za kmetijsko tehniko in energtiko)

	Povprečna poraba goriva (l/h)	Povprečna poraba goriva (l/ha)
Poljedelska opravila		
Oranje		24,98
Obdelava tal s kultivatorjem		10,80
Obdelava tal s prekopalnikom		43,33
Obdelava tal z vrtavkasto brano		16,00
Obdelava tal z vrtavkasto brano in istočasna setev		12,69
Setev strnjena		2,89
Setev presledna		6,90
Trošenje gnoja		15,50
Trošenje gnojevke		3,38
Trošenje mineralnih gnojil		1,81
Škropljenje		0,80
Transport s prikolico		
Spravilo sena		

Košnja		6,46
Obračanje sena z vrtavkastim obračalnikom		6,95
Pobiranje in transport sena z nakladalko		4,82
Baliranje okrogle bale		8,56
Ovijanje bal		1,70
Prezračevanje travnika s travniško brano		2,45
Opravila na kmetiji		
Odjemanje silaže	4,11	
Krmilno mešalni voz	9,6	
Dvoriščni traktor	2,17	



Slika 1: Točenje dizelskega goriva z električno črpalko, ki je opremljena z merilnikom iztočene količine goriva, po opravljeni delovni operaciji na kmetiji

Nasvet:

Porabo goriv pri traktorjih in samovoznih kmetijskih strojih lahko zmanjšamo z

- Pravilno uporabo traktorjev, samovoznih in priključnih kmetijskih strojev
- Izobraževanjem s področja varčne uporabe traktorjev, samovoznih in priključnih kmetijskih strojev
- Rednim in kakovostnim vzdrževanjem traktorjev, samovoznih in priključnih kmetijskih strojev
- Uporabo alternativnih goriv namesto mineralnega dizelskega in bencinskega goriva
- Uvajanjem novih, sodobnih, energijsko manj potratnih traktorjev in samovoznih kmetijskih strojev ter z njihovo racionalno rabo
- Opremljanjem s sodobnejšo mehanizacijo, ki omogoča tudi združevanje delovnih operacij

Vzdrževanje strojev

Za uporabnika je pomembno, da vzdržuje stroj v dobrem stanju, ker dobro in redno vzdrževanje stroja poleg daljše življenjske dobe stroja vpliva tudi na zmanjšano porabo goriva. Z rednim vzdrževanjem vplivamo tudi na zmanjševanje števila popravil (posledično tudi na stroške vzdrževanja celotnega stroja), izboljšuje se zanesljivost delovanja stroja in zmanjšujejo emisije škodljivih snovi v izpušnih plinih traktorskih motorjev. Uporabnikom svetujemo, da vodijo skrb glede periodičnega vzdrževanja strojev oziroma njihovih motorjev ter da se držijo napotkov v navodilih za vzdrževanje traktorjev in podatkov o servisnih intervalih. Potrebno je poskrbeti, da se na motorju redno opravlja zamenjava zračnih in oljnih filtrov ter seveda motornega olja. Pomen vzdrževanja filtrov ni zanemarljiv, ker zamašeni zračni filtri lahko povzročijo, da se nam poraba goriva lahko povzpne celo za 20 %. Potrebno je tudi skrbeti za druge dele motorja npr. pravilno nastavitve ventilov ter pravilno delovanje celotnega sistema za vbrizg goriva. Poskrbimo tudi, da so mehanski deli pri mehanizmu za dodajanje plina motorju (nanaša se na starejše in manjše izvedbe traktorjev, novejše visokozmogljive izvedbe traktorjev imajo elektronske sisteme za reguliranje količine goriva) pravilno nastavljeni. Pozorni moramo biti tudi na obrabo batnih obročkov in ventilov motorja, kakovost goriva (npr. voda v gorivu), notranja prepuščanja v motorju itn. Kot zanimivost je potrebno povedati, da tudi poškodovani pokrovi rezervoarjev ali neadekvatni nadomestki za pokrove povzročajo izgube goriva z izhlapevanjem, ki ni zanemarljivo.

Nasvet:

Redno vzdrževanje traktorja

Z relativno preprostim vzdrževanjem traktorja lahko vsak lastnik traktorja prispeva k manjši porabi goriva. Zato pa mora poleg drugega skrbeti za ustrezno stanje hladilnega sistema za motor, za zračni filter in za filter za gorivo.

Izkušnje strokovnjakov pravijo, da lahko z rednim in pravilnim vzdrževanjem zračnega filtra in hladilnega sistema zmanjšamo porabo goriva do 10 odstotkov. Samo s temeljitim čiščenjem zračnega filtra zmanjšamo porabo goriva za 5 %. Če odstranimo umazanijo iz hladilnika pa tudi 7 %. Reže hladilnika se čisti s pomočjo zračnega kompresorja. Curek zraka mora biti usmerjen ravno v nasprotno smer kot pa prihaja sesalni zrak. Zlasti starejši traktorji imajo spredaj mrežico skozi katero se dovaja zrak potreben za hlajenje motorja. Pravilno delovanje motorja je možno le, če imamo to sprednje mrežico vedno čisto.



Slika 2: Sprednje reže ali zaščitna mreža na pokrovu motorja ni samo v okras traktorja ampak omogoča dovod hladilnega zraka ter varuje hladilni sistem motorja pred prevelikimi nečistočami

Delovanje motorja v prostem teku

V nekaterih primerih traktorji delujejo veliko časa v prostem teku, ker pri krajših prekinitvah dela, uporabniki ne ugasnejo motorja traktorja. V preteklosti so se uporabniki bali, da bo pogosti zagon in ustavitev motorja, škodoval električnim napravam traktorja. Poleg tega se tudi za stroške goriva niso dosti zmenili, ker je cena goriva tedaj bila relativno ugodna. V odvisnosti od aplikacije, poraba goriva v prostem teku lahko znese 15 do 20 % od celotne porabe goriva, kar ni zanemarljivo. Zato zmanjšajte delovanje motorja traktorja ali samovoznega stroja v prostem teku na minimum. Delo načrtujte tako, da bo število praznih voženj in obračanj na delovni površini čim manjše. Tudi pogoste ustavitve in ponoven zagon motorjev po zagotovilih proizvajalcev na sodobnih traktorjih in samovoznih strojih ne bodo povzročile škode električni napravi za zagon motorja.

Traktorske pnevmatike

Pnevmatike, ki se uporabljajo za traktorje in kmetijska samovozna vozila, delujejo večinoma na izven cestnih površinah, v primeru delovanja na cestah ali podobnih površinah pa delujejo na različnih podlagah, ki so lahko asfaltne, betonske, makadamske ter dostikrat prekrte z blatom in drugo umazanijo. Pnevmatike morajo prenašati velike obremenitve, zaradi naraščanja moči in mase sodobnih traktorjev, velikosti priključkov, velikosti balasta in vse večjih zalogovnikov za semena in mineralna gnojila ter rezervoarjev za škropiva na priključkih. Delovati morajo tudi pri nizkih ali visokih voznih hitrostih, zato se traktorska pnevmatika konstrukcijsko zelo razlikuje od pnevmatike cestnega vozila. Za cestna vozila se uporabljajo pnevmatike razmeroma ozke širine, za traktorje pa je namenjena cela paleta

pnevmatik različnih širin, od izredno ozkih pa do balonskih pnevmatik izjemne širine. Traktorske pnevmatike delujejo tudi na različnih tipih tal, ki se glede mehanskih lastnosti gibljejo v razponu od zelo mehkih s slabo nosilnostjo pa do zelo trdih. Glede na stanje vlage pa so tla lahko od popolnoma razmočenih do popolnoma zasušenih.

Tlak zraka v pnevmatikah

Na mehkih oziroma razmočenih tleh bo previsok tlak zraka v pnevmatiki traktorja, vplival na zmanjšani prenos moči z motorja preko transmisije na podlago, povečala se bo poraba goriva zaradi prevelikega zdrsa ter obraba pnevmatik. Z vzdrževanjem pravilnega tlaka zraka v pnevmatikah glede stanja podlage bomo dosegali boljšo trakcijo (prenos sile s pnevmatike na podlago in posledično nastanek odrivne sile) in manjšo porabo goriva.

Pri traktorjih se srečujemo z realiziranjem trakcijske sile pri različnih delih na tleh (npr. osnovna in dopolnilna obdelava tal, različna opravila s priključnimi stroji, vleka hlodov itn. Veliko je primerov, ko moramo zmanjšati zdrs pnevmatik, ker preveliki zdrs povzroča prekomerno porabo goriva. Zato je zelo pomembna pravilna izbira pnevmatik in obtežitve stroja. Nezadostna obtežitev stroja povzroča prekomerni zdrs pnevmatik in večjo obrabo motorja, kar pomeni tudi krajšo življenjsko dobo motorja. Pri lahkih delih oziroma majhnih obremenitvah pa je potrebno odstraniti odvečni balast. Velikost balasta je potrebno prilagoditi delovni operaciji zaradi pravilnega kotalnega odpora. V nekaterih pogojih pnevmatike ne omogočajo zadostne trakcije, na primer ko je površina tal zelo mokra in drsi ali ko so tla pokrita s tankim rastlinskim pokrovom. Trakcija se lahko izboljša z dodajanjem uteži ali povečanjem kontaktne površine (npr. večja kolesa). Ko so pogoji za trakcijo dobri, pa je najbolj enostavna rešitev dodajanje uteži na pogonska kolesa. Ko je površina tal zelo mokra, dodajanje balasta ne bo pomagalo (v tem primeru, se trakcija izboljša, ko se kolo prebije do bolj trdne podlage).

Zmotno je mnenje, da se sila pri premikanju na mehki podlagi poveča zaradi delovanja pnevmatik po principu zobnikov (rebra, ki se vtisnejo v tla), ki se premikajo po zobati letvi (zobato letev v tem primeru predstavljajo tla, poškodovana od reber pnevmatik). Rebra pnevmatik lahko le zelo malo povečajo vlečno silo vozila na mehki podlagi, vlečni učinek doseže pnevmatika zaradi vdiranja reber skozi mehkejši del tal do trdne podlage, kjer se podlaga močneje upira kolesom. Pri pnevmatikah je pomemben učinek samočiščenja prostora med rebri. Brez tega začne pnevmatika delovati kot gladko kolo, z zmanjšanim vlečnim učinkom. Samočištilna sposobnost pnevmatike je odvisna od stopnje poševnosti – kota reber. Samočiščenje tudi omogoča, da pnevmatika v razmerah razmočene zgornje plasti zemljišča prodre v nižjo plast tal, ki je bolj suha in dovolj trdna, da vozilo lahko realizira zadostno vlečno silo.

Prednosti optimalnega tlaka zraka v traktorskih pnevmatikah

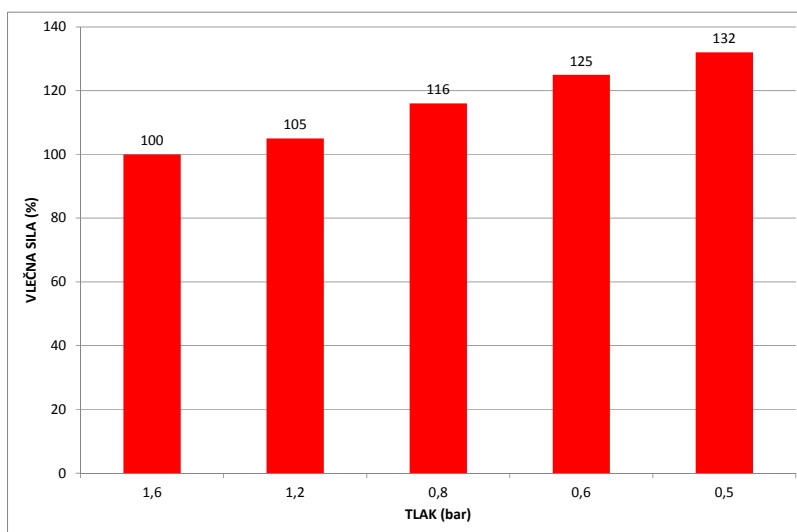
Med osnovno obdelavo tal z oranjem mehanske poškodbe tal lahko zmanjšamo na minimum z zmanjševanjem tlaka pnevmatik, ki delujejo na tla, kar pomeni manjše površinsko zbijanje tal. Manjši tlak dosežemo z zniževanjem tlaka v pnevmatikah traktorja. Poleg tega se zmanjša zdrs pogonskih koles oziroma pnevmatik, kar pri oranju pomeni manjšo porabo goriva. Vlečna sila traktorja se lahko poveča pri enaki masi z regulacijo tlaka zraka v pnevmatikah. Pri transportnih opravilih se kotalni odpor minimalizira ter izboljša vodljivost traktorja z višanjem zračnega tlaka v pnevmatikah. Reguliranje zračnega tlaka zmanjšuje stroške delovanja traktorja, oziroma obraba pnevmatik in stroški za gorivo se lahko znižajo.

Uravnavanje tlaka zraka v pnevmatiki glede trenutnega stanja podlage

Za čim daljšo življenjsko dobo pnevmatike in čim manjšo porabo goriva je pomemben tlak zraka v njej. Tlak zraka v traktorski pnevmatiki se giblje od 0,8 do 2,2 bar, možni pa so

maksimalni tlaki tudi do 2,8 bar. Priporočeni tlak v pnevmatiki traktorja, ki vozi po njivi znaša okrog 0,8 bar, pri vožnji na cesti pa 1,5 bar (okvirni podatki). V navodilih za uporabo traktorjev proizvajalci navajajo omejitve maksimalne obremenitve, ki se pojavljajo pri različnih tlakih pnevmatik na reprezentativnem vzorcu razpoložljivih dimenzij pnevmatik, ki jih je mogoče namestiti na vaš traktor. Pri vožnji z visokimi cestnimi hitrostmi je potrebno strogo upoštevati tlake in maksimalno obremenitveno zmogljivost, ki jih priporoča proizvajalec pnevmatik.

Pnevmatike morajo biti napolnjene tako, da ima tlak zraka v njih najnižjo vrednost, ki jo je predpisal proizvajalec traktorja glede njene obremenitve (težo, ki pnevmatike prenašajo) in vozne hitrosti. Previsok tlak zraka v traktorski pnevmatiki bo povzročal poškodbe na mehkih in razmočenih tleh, zmanjšal prenos moči s traktorskega motorja preko transmisije na podlago, povečala se bo poraba goriva zaradi prevelikega zdrsa ter obraba pnevmatik. Z vzdrževanjem pravilnega tlaka zraka v pnevmatikah glede stanja podlage bomo dosegali boljšo vlečno silo traktorja in manjšo porabo goriva. Na traktor je možno namestiti dodatno opremo za uravnavanje tlaka zraka v pnevmatikah iz kabine traktorja (vgrajujejo ga nekateri proizvajalci traktorjev, kot dodatno opremo). Montira se lahko tudi zunaj kabine (cenejše izvedbe, ki se jih lahko montira na vse obstoječe izvedbe traktorjev). Prednosti tega sistema so: olajša voznikovo delo, traktor postane bolj stabilen pri cestni vožnji, dosegajo se večje vlečne sile traktorja (glede trenutnega stanja podlage), varčuje se z gorivom, zmanjša se obraba pnevmatik, večje udobje za voznika, manjše poškodbe tal.



Slika 3: Vlečna sila za traktor Deutz – Fahr DX 4.70, pnevmatike: zadaj 20,8 R 38; spredaj 16,9 R 26, zdrs 25 %, peščena tla (po Profi special)

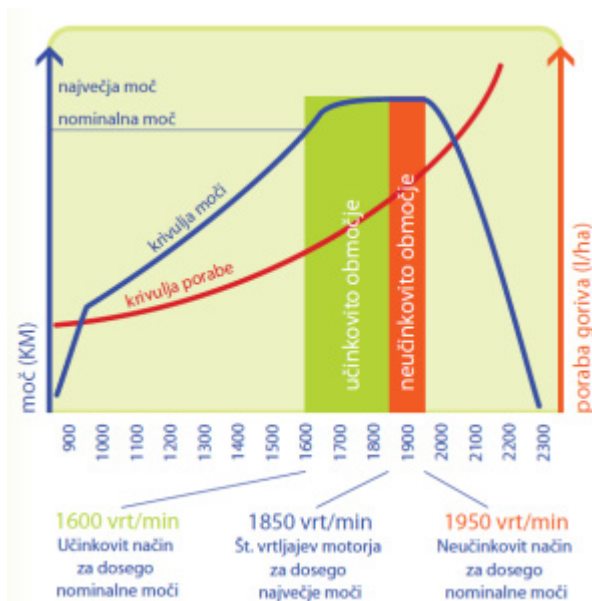
Nasvet:**Ko polnite traktorske pnevmatike z zrakom upoštevajte naslednja priporočila**

- Uporabite tabele za obremenitev in tlak pnevmatik, ki so priložene v navodilih za vaš traktor
- Napolnite pnevmatiko na najnižji priporočeni tlak s strani proizvajalca glede na težo, ki deluje na pnevmatiko
- Prilagodite tlak v pnevmatikah, vsakič ko spremenite osne obremenitve traktorja
- Za določitev obremenitve na pnevmatiko, razdelite celotno osno obremenitev s številom pnevmatik na eni osi
- Preverite ali ste upoštevali dodatno težo, ki deluje na zadnjo os zaradi nošenih priključkov
- Uporabite kakovostne manometre (ne glede na izvedbo ali so z analognim ali digitalnim zapisom), ki so enostavni za branje in natančni, z razdelitvijo po 0,1 bar
- Preverjajte tlak pogosto, najbolje zjutraj, ko so pnevmatike hladne (odčitki so lahko višji, ko so pnevmatike tople)
- Za optimalno delovanje nastavite tlak vseh pnevmatik na eni osi na enako vrednost

Pravilno prestavljanje traktorskega menjalnika

Zelo pomembna je tudi izbira pravilne prestave, ki omogoča želeno hitrost pri nižjih vrtljajih motorja brez preobremenitve. Raziskave so pokazale, da je možno porabo goriva zmanjšati do 15 % pri realiziranih 75 % moči motorja in celo do 30 % pri realiziranih 50 % moči motorja. Prej povedano je povezano s številom vrtljajev motorja, z nižjim številom vrtljajev motorja bomo dosegali tudi manjšo moč motorja, posledično tudi manjšo porabo goriva in daljšo življenjsko dobo motorja. Zato velja osnovno pravilo: takoj, ko je možno prestavljajte v višje prestave, število vrtljajev motorja pa znižujte.

V primeru sodobnih traktorskih motorjev z območjem konstantne moči, motorji dosegajo praktično enako moč v določenem intervalu števila vrtljajev, npr. predpostavimo da je pri sodobnem motorju v intervalu od 1600 do 1900 vrtljajev motorja moč približno konstantna, kar pomeni da je tudi na samem začetku in samem koncu omenjenega intervala vrtljajev, moč motorja praktično zmeraj enaka. Poenostavljeno lahko rečemo, da bomo pri motorjih z območjem konstantne moči pri nižjih vrtljajih motorja, imeli tudi manjšo porabo goriva ter enako moč, kot pri višjih vrtljajih motorja in posledično višji porabi goriva.



Slika 4: Traktorski motor z območjem konstantne moči omogoča, da veliko številnih operacij opravimo že v območju nižjih vrtljajev motorja, ker je moč na začetku in koncu območja konstante moči enaka, pri nižjih vrtljajih motorja je poraba dizelskega goriva nižja, zaradi varčevanja z gorivom je potrebno uporabljati nižje število vrtljajev motorja, ki je na začetku omenjenega območja konstantne moči

Uporaba reverzibilnega ventilatorja

Na sodobne stroje je vgrajeno vse večje število hladilnikov, npr. hlajenje motorja s hladilno tekočino, oljni hladilniki za olje iz transmisije, hidravličnega sistema itn. Za motorje traktorjev in drugih delovnih strojev (na kmetijah se uporabljajo tudi dvoriščni traktorji, rovokopači, terenski viličarji itn.) je značilno, da velikokrat delujejo v pogojih, ko je prisotna velika količina različnih delcev v zraku, na primer prah z zasušenih tal, rastlinski ostanki, insekti in druga umazanija. Omenjeni delci se začnejo nabirati na hladilniku motorja in drugih hladilnikih. Nekateri proizvajalci hladilnike nameščajo na takšna mesta na stroju, da niso direktno izpostavljeni vplivu umazanije npr. na zadnji del stroja ali bočno (primer pri nekaterih dvoriščnih izvedbah traktorjev in teleskopskih nakladalnikov itn. v tem primeru ventilator vleče bolj čisti zrak). Toda ne glede na zasnovo stroja in motorja, pri prevelikih količinah umazanije hladilnik ne more več učinkovito opravljati svoje funkcije. Ventilatorji za prisilno hlajenje delujejo, kot sesalniki za prah, tako da hitro povzročijo zapolnitev rež na hladilnikih. Za uporabnika stroja to pomeni povečano porabo goriva in dodatno delo za večkratno čiščenje. Povečana poraba goriva in delo, ki ga uporabnik nameni čiščenju pa lahko nanese tudi po več tisoč evrov na leto.

Danes obstajajo rešitve, ki omogočajo, da čiščenje hladilnika opravimo že med delom. To nam omogočajo ventilatorji z reverzibilnimi lopaticami, ki lahko spreminjajo kot lopatic med delovanjem. Lopatice lahko nastavljamo pod različnimi koti in s tem dosegamo različne učinke hlajenja, če pa jih obrnemo v nasprotno smer, dosegamo, da zrak usmerimo prek hladilnika motorja in opravimo izpihovanje hladilnika (ter drugih hladilnikov, ki so sedaj v veliko primerov skupinsko nameščeni npr. pri traktorjih). Po opravljenem izpihovanju ventilator spet postavimo na delovni položaj za hlajenje motorja traktorja. Z uporabo omenjenega sistema uporabniku ni potrebno zapuščati kabine delovnega stroja. Tudi ne bo imel dodatne nevšečnosti zaradi zmanjšane zmogljivosti klimatske naprave. Omenjene sisteme nekateri proizvajalci vgrajujejo serijsko, lahko pa jih vgradimo tudi naknadno (npr. sistem s komercialnim imenom CLEANFIX). Pri standardni izvedbi reverzibilnega ventilatorja se lopaticam spreminja usmeritev s pomočjo pnevmatskega valja. V normalni položaj

lopaticice pa vrača vzmetna sila. Postopek čiščenja je možno tudi avtomatizirati tako, da se vgradi elektronsko časovno stikalo, ki občasno vklopi sistem.

Reverzibilni ventilator omogoča tudi, da je poraba energije ventilatorja odvisna glede potreb po hlajenju. Pri manjši obremenitvi motorja so tudi potrebe po hlajenju motorja manjše. V takem primeru so lopaticice postavljene pod manjšim kotom tako da zajamejo manjšo količino zraka. Z uporabo manjših kotov lopatic so možni prihranki glede potrebne moči za pogon ventilatorja tudi do 60 %. Najbolj dodelan je sistem, kjer se kot lopatic ventilatorja spreminja v povezavi z elektronsko enoto za nadzor delovanja motorja. V tem primeru so lahko prihranki moči, ki je potrebna za pogon ventilatorja tudi do 80 %.



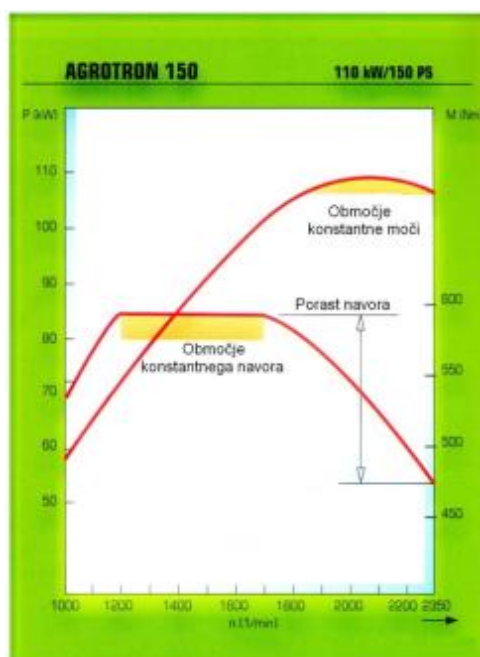
Slika 5: Reverzibilni ventilator, ki mu lahko spreminjamo kot lopatic, a) lopaticice lahko usmerimo v nasprotni smeri, da preprihmo hladilnik in ga tako med delom očistimo – brez ustavljanja traktorja, b) ventilator lahko deluje pri manjši obremenitvi motorja, tako da lopaticice imajo manjši nastavni kot in posledično zajamejo manjšo količino zraka, s tem je omogočen prihranek energije, ki je potrebna za delovanje hladilnega sistema motorja, c) ventilator deluje pri največji obremenitvi motorja, tako da lopaticice zajamejo največjo mogočo količino zraka, oziroma hlajenje motorja je maksimalno.

Sodobni dizelski motorji

V preteklosti so traktorji velike moči imeli šestvaljne motorje, štirivaljne motorje pa so se vgrajevali na traktorje manjše moči. Sedaj so proizvajalci motorjev razvili za traktorje velike moči štirivaljne motorje v razponu od 80 do 130 kW moči. Manjše število valjev motorja pomeni tudi dimenzijsko krajši motor (linijska izvedba motorja) manjšo maso in ceno, ter seveda manjšo porabo goriva. Dimenzijsko manjši motor pa prispeva tudi k temu da je celoten traktor krajši in bolj okreten. Poleg tega so sodobni motorji opremljeni s štirimi ventili na valj (omogoča boljšo izmenjavo plinov) in tehnologijo skupnega voda (Common rail), ki omogoča tlake vbrizga goriva do 2000 bar. Turbinski polnilniki s spremenljivo geometrijo lopatic pa zagotavljajo visok navor tudi pri majhnem številu vrtljajev motorja, izboljšano odzivnost in posledično manjšo porabo goriva. Pomembna lastnost traktorskih motorjev zadnje generacije je da imajo nizko specifično maso motorja (kg/kW), nizke specifične stroške motorja (EUR/kW), nizek nivo hrupa, daljše servisne intervale in nižje stroške vzdrževanja.

Značilnosti sodobnih dizelskih motorjev

- moč sodobnih traktorskih motorjev narašča
- v zadnjem obdobju dominirajo štirivaljni motorji (v preteklosti šestvaljni), kar omogoča da so traktorji krajši in bolj okretni ter lažji, štirivaljni motor porabi manj goriva v primerjavi s šestvaljnim
- turbinski polnilniki so postali izredno pomembni na traktorskih motorjih (omogočajo doseganje večje moči, nižje emisije škodljivih snovi, nižje porabe goriva itn.)
- zahtevnost vzdrževanja motorjev se znižuje
- življenjska doba motorjev se podaljšuje
- motorje z zračnim hlajenjem (danes so prisotni zaradi okoljevarstvenih predpisov pri novih traktorjih samo še na enosnih traktorjih) so izrinili tekočinsko hlajeni motorji
- elektronski regulatorji števila vrtljajev motorja so postali standardni sklopi večjih traktorskih motorjev
- tlaki vbrzganja goriva na visoko zmogljivih motorjih se gibljejo do 2000 bar
- nadzor nad emisijami izpušnih plinov je postal izredno pomemben zaradi strogih okoljevarstvenih predpisov, glede emisij škodljivih snovi iz izpušnih plinov v ozračje.



Slika 6: Karakteristika navora in moči traktorskega motorja sodobne izvedbe, območje konstantnega navora se začne pri 1200 vrt./min. in konča pri 1700 vrt./min, območje konstantne moči se začne pri 1900 vrt./min. in konča pri 2350 vrt./min..

Zmanjševanje porabe goriva v obdelavi tal

Kljub temu, da se veliko govori o nekonvencionalnih načinih obdelave tal, plug ostaja osnovno orodje pri obdelavi tal. Plug opravi veliko delo, ker pri obdelavi npr. enega hektarja na delovno globino 30 cm obrne 3000 m³ zemlje. Plug je tudi velik porabnik energije a hkrati z veliko možnosti za varčevanje goriva. Za zmanjševanje porabe goriva pri oranju obstaja

več možnosti. Ena izmed možnosti, da zmanjšamo porabo goriva v celotni obdelavi tal je tudi tako imenovana „zimski brazda“, ki jo načeloma kmetje dobro poznajo in kar v veliki meri uporabljajo. Poleg potencialne akumulacije vode (če so padavine) pa so konec jeseni oziroma na začetku zime preorana tla čez zimo izpostavljena velikim temperaturnim razlikam kar pomeni izmenjavanje zmrzovanja in odtajevanja, vlaženja in sušenja. Zaradi tega se velike talne grude drobijo v manjše strukturne talne agregate in to po naravnih razpokah. Dopolnilna – sekundarna ali predsetvena obdelava takih tal pa zahteva manj energije – manj goriva. Včasih je dovolj samo en spomladanski prehod z brano. Gnojenje s hlevskim gnojem ima številne pozitivne lastnosti na sama tla. Organska snov veže lahko do 5 krat več vode, kot pa je njena lastna masa, kar je pomembno zlasti za peščena tla oziroma za vsa tla, kadar nastopijo suše. Če njivske površine redno in več let gnojimo z uležanim hlevskim gnojem je potrebna vlečna sila za vleko pluga do 38 % manjša kot na tleh gnojenih s mineralnimi gnojili. Hlevski gnoj (organska snov) izboljšuje strukturo tal, zaradi katere je potem manjši specifični odpor tal ob vleki pluga (manjša poraba goriva).

Na porabo goriva pri oranju ima velik vpliv tudi konstrukcija pluga. Večina „boljših“ proizvajalcev ponuja deske različnih oblik primernih za taka ali drugačna tla. Poleg oblike plužne deske je pomemben tudi material iz katerega je izdelana. Ena izmed možnosti pri izbiri materiala plužne deske pa je tudi plastična plužna deska. Za vleko pluga s plastičnimi deskami se načeloma porabi manj energije, uporaba take deske pa je primerna za lepljiva tla (zamočvirjena, barjanska tla). Slaba lastnost je v tem da je obraba plastične deske hitrejša, zato se jo ne priporoča na kamnitih tleh. Deska je lahko tudi trakasta ali rešetkasta. Ta oblika se vedno bolj širi v uporabi. Tudi pri uporabi take deske se porabi manj goriva. Boljše naj bi bilo tudi drobljenje preoranih tal. Manjši pa so tudi stroški za menjavo izrabljenih delov.

Deli pluga, ki so v stiku s tlemi so med delovanjem izpostavljeni obrabi. Obrabljeni, topi, neostri deli tudi povečujejo porabo goriva. Zato jih je potrebno zamenjati ali obrniti (npr. konico lemeža). Priporoča se menjava z originalnimi nadomestnimi deli (na to prisegajo proizvajalci). Se pa veliko ljudi odloči tudi za nakup recimo lemežev, ki nastanejo v kakšni domači kovačiji. Po obliki so taki deli sicer enaki originalnim, vprašanje pa je njihova kvaliteta. Strokovnjaki evropskega projekta Efficient 20, ki so imeli za cilj zmanjšati porabo goriva v kmetijstvu in gozdarstvu za 20 % in več, tako odsvetujejo dodatno „zaščito“ delov pluga izpostavljenih obrabi. Njihove izkušnje oziroma meritve pravijo, da lahko z zavaritvijo izrabljene konice lemeža pluga na sicer normalno velik lemež povečamo porabo goriva celo tja do 34 %. Obraba spodnjega originalnega lemeža je sicer res manjša, vendar pa se poraba goriva bistveno poveča. Tudi navaritev „posebnih oblog“ na začetek plužne deske lahko sicer zmanjša obrabo deske, je pa poraba goriva spet večja.



Slika 7: Zimska brazda omogoča akumulacijo vode. Velike temperaturne spremembe pa povzročajo razpadanje velikih grud v manjše strukturne agregate po naravnih razpokah. Za predsetveno obdelava takih tal porabimo manj energije.



Slika 8: Praviloma je potrebno izrabljene dele nadomestiti z novimi. Take navarjene obloge sicer plužno desko zavarujejo pred nadaljnjo (večjo) obrabo, so pa potrebne vlečne sile bistveno večje. Večja pa je tudi poraba goriva. Po koncu sezone oranje je priporočljivo plug tudi konzervirati, da ni izpostavljen koroziji (rji).



Slika 9: Pravilno obnovljen plug z originalnimi nadomestni deli (lemež, konica lemeža, lemež na predplužniku). Pred oranjem je dobro, če uporabnik odstrani še barvo iz novih delov. Sicer se ta tudi med oranjem sama „zbrusi“, je pa v času takega odstranjevanja barve poraba goriva spet večja.



Slika 10: Plugi s plastičnimi deskami, potrebujejo za delovanje manj energije – goriva, plastične deske so primerne zlasti za lepljiva tla.



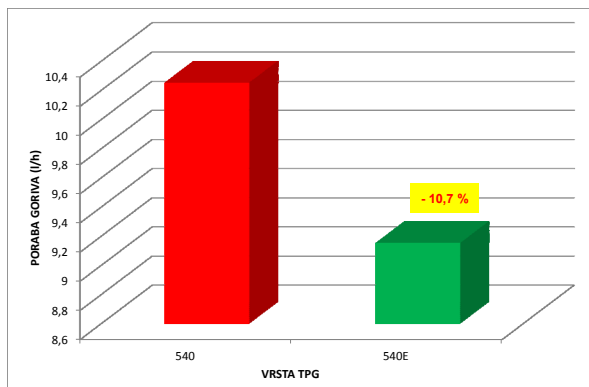
Slika 11: S trakastimi (rešetkastimi) plužnimi deskami tudi lahko zmanjšamo porabo goriva. Zaradi vibracij posameznih trakov naj bi bilo tudi drobljenje brazde bolj intenzivno. Poleg tega je tudi manj stroškov pri menjavi posameznih izrabljenih delov.



Slika 12: Večletno gnojenje s hlevskim gnojem izboljša strukturo talnih agregatov, tako da je pri oranju manjši specifični odpor tal. Porabo goriva lahko torej zmanjšamo tudi z rednim gnojenjem z organskimi gnojili.

Zmanjševanje porabe goriva s priključnimi stroji, ki so gnani prek priključne gredi traktorja

Številni priključki za delo v kmetijstvu so gnani preko priključne gredi traktorja. Večina priključkov je zasnovana tako, da pravilno delujejo pri nazivnih 540 vrt./min. priključne gredi traktorja. Te vrtljaje ima priključna gred v višjem območju vrtljajev motorja, ki so nekje v območju 85 do 90 % glede na nazivne vrtljaje traktorskega motorja. Velikokrat pa gnani priključni stroji ne potrebujejo tako veliko moči, ki je sicer na voljo pri teh višjih vrtljajih motorja (motor ima v območju višjih vrtljajev relativno visoko porabo goriva). Zato večina proizvajalcev traktorjev, ponuja tudi varčno priključno gred. Proizvajalci to varčno priključno gred imenujejo z različnimi imeni kot je 540E, 750, in ECO priključna gred. Pri varčni priključni gredi se ta vrta 540 vrtljajev na minuto ob nižjem številu vrtljajev motorja. V takem delovnem režimu je traktorski motor bolje izkoriščen, specifična poraba goriva pa je manjša. Običajno pri izboru vrtljajev 540E dosežemo nazivno število vrtljajev priključne gredi - 540 vrt./min pri nižjih vrtljajih motorja, ki so nekje v območju od 65 do 70 % glede na nazivne vrtljaje traktorskega motorja. Varčno priključno gred najpogosteje uporabljamo pri gnanih priključkih, ki ne potrebujejo veliko moči za pogon (trosilniki mineralnih gnojil, škropilnice, obračalniki, zgrabljalniki itd). Traktor je ob nižjih vrtljajih motorja tudi manj glasen. Še bolj poglobljena pa je tudi manjša poraba goriva, po nekaterih podatkih iz literature tudi do 15 %. Tudi pri gnanih strojih za obdelavo tal se lahko uporablja varčna priključna gred (če traktor in delovne razmere dopuščajo). Na grafu na sliki 13 je prikazan 10,7 % prihranek goriva, ki je izmerjen ob jesenski predsetveni obdelavi preoranih tal. Na kratko lahko povzamemo, da lahko gorivo na kmetiji privarčujemo tudi s pravilno izbiro števila vrtljajev priključne gredi.



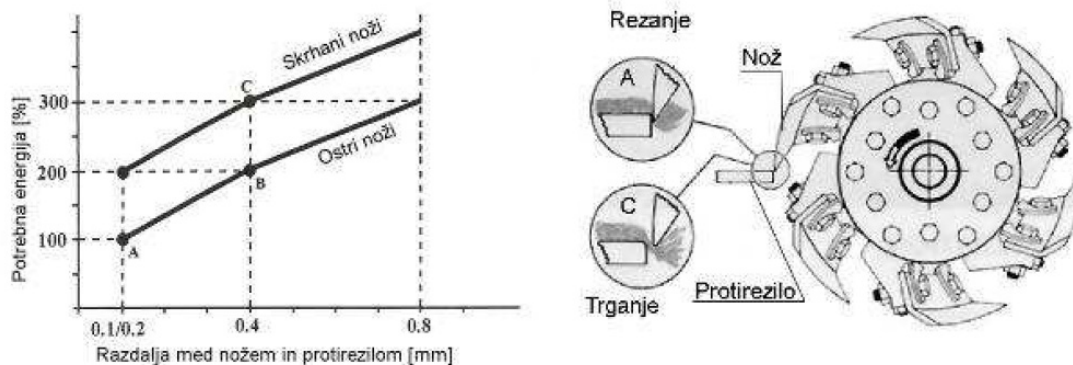
Slika 13: Poraba goriva traktorja Steyr 4110 Profi Ecotech (moč motorja 81 kW / 110 KM po ECE R120) pri pogonu vrtavkaste brane z delovno širino 3 m, na preoranih tleh ob različni izbiri števila vrtljajev traktorske priključne gredi. Poraba goriva je izmerjena, enkrat pri delu s standardno priključno gredjo s 540 vrt./min in drugič pa pri delu s 540E priključno gredjo, ostale delovne razmere so enake pri obeh številih vrtljajev priključne gredi traktorja. Pri izboru priključne gredi s 540 vrt./min. so vrtljaji traktorskega motorja 1969 vrt./min., pri izboru priključne gredi 540E pa vrtljaji traktorskega motorja znašajo 1546 vrt./min.

Zmanjševanje porabe energije s pravilnim vzdrževanjem rezil na različnih strojih

Pri košnji s skrhanimi noži kosilnice porabimo približno 15 % več energije, kot pri nabrušenih rezilih.

Različni noži na strižnih in rotacijskih kosilnicah, silokombajnih, balirkah, odrezovalnikih silaže itn., zato morajo biti pravilno naostreni. Z brušenjem zmanjšamo topost rezilnega roba orodja in s tem zmanjšamo potrebno silo pri rezanju. Pri nižjih silah, ki jih potrebujemo za odrezovanje rabimo tudi manj energije ter posledično goriva za pogon traktorjev oziroma samovoznih strojev. Pomembno je vedeti da kakovostno odrezan rastlinski material mora biti odrezan gladko in ne razcefran.

Poraba energije silokombajna je odvisna od stadija zrelosti koruze (% suhe snovi), dolžine rezanja, ostrine nožev ter razdalje med nožem in protirezilom. Če so delovni elementi v dobrem stanju (pravilna ostrina), poraba energije silokombajna znaša 2 – 3 kWh/t silaže, kar je odvisno tudi od dolžine rezi (tipične dolžine rezi za koruzno silažo znašajo od 6 – 9 mm, če je dolžina rezi zelo kratka imamo posledično tudi višjo porabo energije). Zato je za pravilno delovanje silokombajna izredno pomembna ostrina nožev ter pravilna razdalja med rezili in protirezilom. Pri topih rezilih in nepravilno nastavljenem protirezilu se lahko poraba energije silokombajna podvoji. Poleg tega se zaradi topih nožev in prevelike razdalje med noži in protirezilom povečajo obremenitve ležajev in ostalih delov silokombajna. Zaradi tega moramo nože redno brusiti, protirezilo pa nastavljati na pravilno razdaljo do nabrušenih nožev. Rezila je potrebno brusiti bolj pogosto in manj intenzivno. S tem dosežemo manjšo porabo energije, boljše kakovost odreza silaže ter večji delovni učinek stroja.



Slika 14: Pomen ostrine in razdalje med rezilom in protirezilom na porabo energije za delovanje silokombajna, zaradi prevelike razdalje med rezilom in protirezilom ter zaradi topega noža se poraba energije zelo poveča

Če želimo opraviti kakovostno brušenje različnih nožev, moramo poznati osnovne zakonitosti brušenja. Pri brušenju velja osnovno pravilo da samo brušenje ne sme spremeniti oblike (kotov) rezila na orodjih ter vplivati na lastnosti materiala. Za ohranjanje dolge življenjske dobe rezil je zato izredno pomembno da material med brušenjem ne pregrejemo. Brušenje zmeraj začnemo z grobim brusom in končamo s finim. V primeru da je površina rezila skrhana in dosti poškodovana ter izredno topa bomo pristopili brušenju z grobo ter zatem fino pilo ploščate oblike. V primeru da bomo brušenje opravili s pomočjo električnih brusov z brusilnimi koluti, moramo si zapomniti, da rezila ne smemo pritiskati z veliko silo proti brusnemu kolutu, ker bomo s tem zmanjšali intenzivnost brušenja in povzročili pregrevanje materiala. Bolje je da pri vsakem potegu rezila po brusni plošči odstranimo le zelo tanko plast materiala (spomnimo se npr. kako so mojstri ročne košnje trave večkrat ročno brusili svoje kose). Druga možnost za preprečevanje pregrevanja med brušenjem in opravljanje kakovostnega brušenja pa je mokro brušenje oz. hlajenje rezila med brušenjem z vodo. Sedaj se na trgu dobijo izvedbe brusov v mokro – suhi kombinaciji. Ena brusilna plošča se vrti delno skozi posodo za vodo, na drugi brusilni plošči pa lahko opravimo suho brušenje.

Zmanjševanje porabe energije s konzervacijsko obdelavo tal

Namen obdelave je pripraviti primerne razmere v tleh za optimalni razvoj sejanih rastlin da bi dale velik, kakovosten in zanesljiv pridelek. Gospodarna in ekološko naravnana pridelava, ki sedaj prihaja v ospredje pa postavlja še dodatne zahteve: zmanjšati stroške dela in energije za obdelavo tal ter skržiti intenzivno obdelavo tal le na nujne ukrepe.









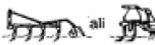

















Pri obdelovanju tal z orodji oziroma stroji za obdelavo zmeraj delujemo z neko silo na strukturo tal, ki je prisotna do momenta obdelave. Z delovanjem zunanje sile na tla nastaja nova struktura tal. Zrahljana tla zaradi dobrega zračenja omogočajo večjo dostopnost kisika mikroorganizmom, kar jih spodbudi k intenzivnejšem delovanju in razmnoževanju. Če je v tleh še zadostna količina hranljivih snovi se v njih sprožijo biološki procesi in z njimi povezani kemijski procesi, ki naredijo tla godna. Obdelana tla pa mora čim prej prekriti vegetacija, v nasprotnem primeru atmosferski vplivi s svojim škodljivim delovanjem (prekomerno segrevanje tal, tlačjenje tal zaradi udarnega delovanja deževnih kapljic, tvorba blata ter pozneje zaskorjevanje) poslabšajo rodovitnost.

Za pridelavo večine poljščin se danes pri nas večinoma uporablja konvencionalna obdelava tal (osnovna obdelava tal z oranjem ter dopolnilna z brananjem). Oranje, ko se opravlja v pogojih primerne vlage v tleh da optimalne rezultate. V primeru oranja tal, ki imajo preveliko vlažnost se kot posledica pojavi večletna porušitev strukture tal in značilno zmanjša pridelek. Samo ena obdelava tal z oranjem na tleh, ki so preveč vlažna že ustvarja zbiti neprepustni sloj – plazino, ki preprečuje dostop vodi v večje globine in zmanjša zračno prepustnost tal. Ponavljajoče oranje na enaki delovni globini vzdržuje konstantno plazino in ustvarja trajne slabe posledice za tla.

Zaradi problemov ustvarjanja neprimerne strukture tal ter prevelike porabe energije in časa pri konvencionalni obdelavi tal, je v svetu in Evropi vpeljan konzervacijski sistem obdelave tal, pri katerem tla ne orjemo, po predsetveni obdelavi setvenih trakov in setvi pa več kot 70 % obdelane površine ostane pokrite z rastlinskimi ostanki prejšnje poljščine (prvič so konzervacijsko obdelavo tal s traktorskimi priključnimi stroji začeli uporabljati v tridesetih letih prejšnjega stoletja v ZDA zaradi prekomerne vetrne erozije, ki se je pojavila na velikih obdelovalnih površinah, ki so bile obdelane s konvencionalnimi plugi). S konzervacijsko obdelavo tal poskušamo tla porušiti v čim manjši meri, tako da se ohrani njihova naravna struktura, ker se tla ne obračajo, kot pri oranju, na tleh pa se pusti rastlinski pokrov. Za njo je značilno da se opravi na manjših globinah (do povprečno 15 cm globine, kar pomeni nižjo porabo goriva). Izboljša se tudi ekonomika pridelave, ker se zmanjša poraba energije in časa za obdelavo tal. Poleg tega je dosežen višji izkoristek pridelave, ker dobimo iste ali večje količine pridelkov ob nižjem vložku energije (večji pridelki so značilni po obdobju, ko se vzpostavi naravna struktura tal). Omogoča tudi manjšo izgubo hranil in povečanje količine vode v tleh (tla bolj ohranjajo vlažnost zaradi rastlinskega pokrova).

Zmanjševanje porabe goriva z združevanjem delovnih operacij v obdelavi tal

Pri konvencionalni obdelavi tal s plugom osnovna obdelava tal zajema obračanje in rahljanje obdelovalne plasti tal, predsetvena ali dopolnilna obdelava tal pa se lahko opravi istočasno s setvijo (kombinirani agregat) ali ločeno. Z obdelavo tal brez oranja in z združevanjem več delovnih operacij, ki jih opravljamo ločeno je mogoče prihraniti energijo oziroma dizelsko gorivo in čas potreben za delo.

obdelava tal in sistem setve	operacije			potek dela
	primarna obdelava	sekundarna obdelava	sejanje	
konvencionalna obdelava		 ali 		ločeno
		 ali 		reducirano
				reducirano
konzervacijska obdelava	 ali 	 ali 		ločeno
	 ali 	 ali 		reducirano
		 ali 		reducirano
		 ali  ali 		reducirano
neposredna setev				samo setev

Slika 15: Različne možnosti za združevanje delovnih operacij pri obdelavi tal in setvi

V sistemu konzervacijske obdelave tal imamo nekaj pomembnejših načinov obdelave, kot so:

Obdelava z mulch posegi – obdelava ali priprava tal v smeri da rastlinski (ali drugi materiali primerni za mulch pokrov) ostanejo blizu ali na sami površini tal.

Reducirana obdelava - sistem, kjer je primarna obdelava povezana s specialnimi tehnikami sejanja da se reducirajo ali eliminirajo operacije sekundarne obdelave.

Obdelava v trakove - sistem, kjer se obdelujejo samo setvene trakove oziroma pasove.

Brez obdelave (angl. No-tillage planting ali Zero tillage) – postopki, kjer se setev opravlja direktno v neobdelana tla npr. tla z rastlinskimi ostanki od prejšnje kulture.

V primeru obdelave tal z mulč posegi, rastlinski ostanki morajo biti kakovostno inkorporirani (vneseni) v tla, delci tal pa morajo biti dobro premešani z rastlinskimi ostanki (s tem se dosega večja mehanska odpornost tal proti vetni (eolski) in vodni eroziji, rastlinska masa v tem primeru deluje, kot armatura - npr. v armiranem betonu jeklena armatura).

Zaradi manjše porabe energije (manjša količina dizelskega goriva se porabi za pogon traktorjev) pri minimalni obdelavi tal in manjšega števila prehodov traktorskih agregatov je omogočena večja produktivnost (manjša poraba časa za izvedbo delovne operacije) in posledično boljša ekonomičnost pridelave. Poleg tega je zmanjšana obremenitev okolja s toplogrednimi plini, mehanske poškodbe tal pa so tudi minimalne.

Sistem neposredne setve koruze v neobdelana tla – direktna setev v strnišče

V tem primeru odpade primarna obdelava tal in priprava setvene posteljice. Seme se seje s posebnimi sejalnici brez vsakršne obdelave tal. V svetovnih razmerah je sistem neposredne setve zelo pomemben. Na velikih površinah semiaridnih (polsuhih) regij Severne in Južne Amerike in Avstralije se ta način veliko uporablja, ker bi ostali sistemi obdelave tal in setve povzročili velike izgube tal z vetno in vodno erozijo in izgubo plodnosti tal v ekstremnih vremenskih pogojih. V zadnjem obdobju se sistem neposredne setve širi tudi v nekaterih delih Evrope, pri nas pa je še v povojih. Prednost tega sistema je nizka poraba časa, energije in stroškov v primerjavi s konvencionalnim načinom setve. Ta sistem ima dobre možnosti če se je uporabnik pripravljen učiti nove smeri kmetovanja. Tla potrebujejo tri do pet let da se vzpostavi nova struktura, primerna za neposredno setev. Uporabnik se mora seznaniti z novim pomenom zaščite pred plevelom in novim načinom gnojenja, mora upoštevati kolobar itn.. Manjši pridelki v prvih letih so pričakovani, stabilizirana pridelava pa se pričakuje v naslednjih letih pridelovanja (faza prilagoditve pri direktni setvi v neobdelana tla lahko traja od 3 do 5 let).



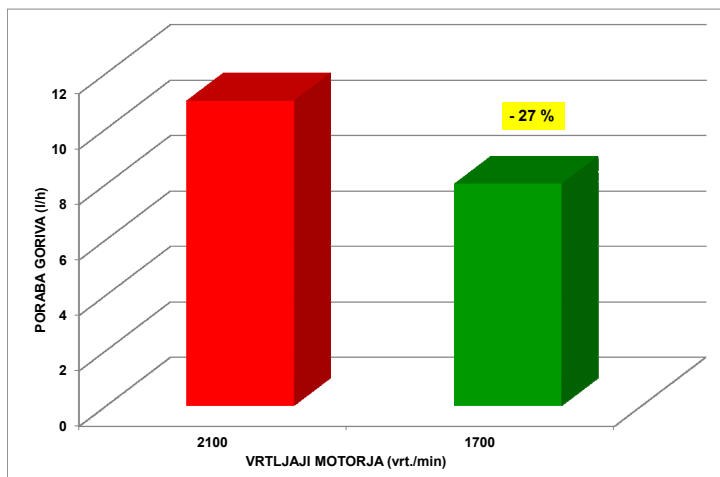
Slika 16: Direktna setev semena koruze v žetvene ostanke prejšnje kulture

Zmanjševanje porabe goriva v transportu s traktorji

V kmetijstvu se poleg različnih kmetijskih opravil srečujemo tudi z veliko transporta. Porabo goriva lahko zelo zmanjšamo z dobro organizacijo transportov tako da zmanjšamo nepotrebne poti. Pri daljših vožnjah na trdni podlagi je potrebno nastaviti višji tlak v pnevmatikah traktorja. S tem dosegamo zmanjševanje kotalnega odpora in porabo energije oziroma dizelskega goriva. Pri transportu na trdnih podlagah je potrebno izključiti štirikolesni pogon. Omenjeni pogon naj bo samo vključen v primeru potrebe in vožnje po strmini (varnost).

Eden izmed razlogov za veliko transporta je tudi slovenska posestna struktura. Povprečna slovenske kmetija ima 6,4 ha, kmetijo pa običajno sestavlja večje število parcel (kmetija naj bi imela v povprečju okrog 22 parcel). Te parcele so lahko med seboj precej oddaljene, daleč pa lahko tudi od same kmetije. Tako je potrebno bistveno več transporta, kot če bi bila cela kmetija v enem kosu ali iz nekaj velikih parcel. Iz stališča zmanjševanja porabe goriva in racionalnega kmetijskega dela se zagovarja komasacijo, arondacijo zemljišč, ukrepe, ki pri večini lastnikov kmetijskih zemljišč niso sprejeti najboljše, saj se vsaka počuti nekako oškodovan.

Transport je tudi dejavnost v kmetijstvu, kjer se velikokrat mudi, zaradi časovne stiske (opravila so dostikrat odvisna od vremena). Zato veliko uporabnikov vozi traktor intenzivno (»plin do konca«). Pri transportu lahko relativno enostavno zmanjšamo porabo goriva. To lahko storimo tudi pri starejših izvedbah traktorjev, samo da malce popustimo plin in malenkost zmanjšamo vozno hitrost (velja enostavno pravilo da čim prej prestavljamo v višjo prestavo in uporabljamo nižje vrtljaje motorja). Poraba goriva je pri nižjih vrtljajih lahko bistveno manjša, sodobnejši traktorji pa pogosto dosežejo maksimalno hitrost tudi pri nekoliko nižjih vrtljajih motorja in traktor ima spet manjšo porabo goriva.



Slika 17: Primer zmanjšanja porabe goriva pri transportu na ozko kolotečnem traktorju, Fendt 211 F Vario TMS z motorjem nazivne moči 74 kW/100 KM (po standardu ECE R24). Traktor je vlekel dvoosno prikolico s 6 ton tovora, pri maksimalni transportni hitrosti 40 km/h. Prva meritev porabe goriva pri vleki prikolice je bila opravljena pri 2100 vrt./min. motorja, druga pa pri nižjih vrtljajih in to 1700 vrt./min. motorja. Poraba goriva je znašala v prvem primeru 11 l/h, v drugem primeru pa 8 l/h, pri nižjih vrtljajih motorja je bila doseženo, kar 27 % manjša poraba goriva ob enaki transportni hitrosti.

Transport s tovornimi vozili

V primeru da je potrebno opravljati večkratni transport velikih količin pridelkov ali jih transportirati na večje razdalje, je potrebno traktorski transport nadomestiti s transportom s tovornimi vozili. Poleg tega da je transport s tovornimi vozili energijsko bolj učinkovit nam omogoča tudi večji prihranke časa zaradi večjih transportnih hitrosti tovornih vozil. V tabeli je podan primer porabe goriva za traktor in tovornjak v primeru transporta enake količine nekega kmetijskega pridelka. Tovorno vozilo ima motor precej večje moči v primerjavi s traktorjem, porabi pa 44,7 % manj goriva od traktorja.

Tabela 2: Primerjava porabe goriva pri transportu s traktorjem in tovornim vozilom (vir: Boehner, Reihl 2009)

Vozilo	Poraba dizelskega goriva
Traktor (140 kW) s prikolico z 10 t nosilnosti	47 l/100 km
Tovorno vozilo (250 kW) z 10 t nosilnosti	26 l/100 km
Razlika	21 l/100 km

Varčno z električno energijo

Sodobnega kmetijstva si danes ne moremo predstavljati brez električne energije. Električna energija poganja številne stroje v hlevih, molziščih - mlekarnah, na dvoriščih itd. Prednosti uporabe električne energije so, da je takoj na voljo, enostaven je vklop strojev, enostavna regulacija moči, visok izkoristek, ni izpušnih plinov na kraju uporabe, poleg tega pa električni stroji potrebujejo relativno malo vzdrževanja (npr. elektro motorji v primerjavi z motorji z notranjim zgorevanjem).

Če želimo porabo električne energije v hlevu zmanjšati moramo najprej ugotoviti dejansko porabo električne energije. Napraviti moramo seznam električnih porabnikov in beležiti njihovo porabo in s tem povezane stroške. Tako spremljanje porabe moramo nadaljevati tudi ko smo že uvedli kakšen ukrep za varčevanje. Saj bomo le tako ugotovili ali smo pri tem uspešni. Porabo lahko ugotavljamo preko skupnega električnega števca ali pa preko posebnih merilnikov za vsak električni porabnik posebej.

Podatki nemškega AEL govorijo, da na živinorejski kmetiji usmerjeni v proizvodnjo mleka povprečno porabijo 400 kWh na kravo na leto (oziroma med 350 in 450 kWh na leto na kravo ali okrog 5 kWh/100 l mleka). Za majhno električno porabo štejemo, če je ta pod 350 kWh na kravo na leto. Če porabimo več kot 450 kWh na kravo na leto, potem govorimo o relativno visoki porabi električne energije. Zmogljivost hladilnice mleka mora biti prilagojena velikosti kmetije. Hladilni sistem pa ustrezne velikosti za dani volumen hladilnega bazena (cisterne). Za manjšo porabo energije je tudi pomembno, da je skladišče mleka (hladilni bazen) ločeno od hladilnega agregata (da ne ogrevamo po nepotrebnem tega prostora). Skladišče mleka

naj bo locirano v hladnejših delih stavbe (severna stran). Pomolženo mleko ima 35 - 36 °C, potrebno pa ga je ohladiti na manj kot 4 °C. Za hlajenje 100 litrov mleka je potrebno okoli 2,5 kWh električne energije.

Ugotavljanje porabe električne energije

Za ugotavljanje porabe električne energije na živinorejskih kmetijah se opravi analiza električnih porabnikov vsake kmetije. Merilnik porabe električne energije se poveže z različnimi električnimi stroji in napravami, ki se uporabljajo pri različnih kmetijskih opravilih (npr. v proizvodnji mleka so zajeti stroji za molžo, hlajenje mleka, čiščenje gnoja, prezračevanje objektov ter električna razsvetljava). Zaradi zanesljivosti meritev pa se meritve na vseh električnih strojih lahko opravljajo skozi daljše časovno obdobje tako da se posamezni električni stroj spremlja več dni, tednov in celo mesecev. Na ta način so zajete tudi električne porabe, ki jih v krajšem časovnem intervalu ne bi zajeli. Npr. pri robot molži je zelo pomembno opravljati meritve skozi daljše časovno obdobje zaradi specifičnosti samega stroja in postopka (ta stroj je v stanju pripravljenosti praktično cel dan, krave pa lahko hodijo na prehranjevanje in molžo nekaj krat na dan). Z registriranjem električne porabe različnih porabnikov lahko kmetija pristopi strategiji glede zmanjševanja porabe električne energije v prihodnosti. V naslednjem tekstu je podano nekaj možnosti za zmanjševanje porabe električne energije na kmetijah.



Slika 18: Prenosni merilnik porabe električne energije (v majhni omarici) zasnovan na Kmetijskem inštitutu Slovenije - Oddelku za kmetijsko tehniko in energetiko, omogoča meritve porabe električne moči posameznih električnih porabnikov. V ozadju je vidna električna omarica z varovalkami na kmetijskem objektu, oranžni električni kabli pa se uporabljajo za merjenje porabe električne energije izbranega porabnika preko omenjenega merilnika. Merilnik beleži trenutno, maksimalno, kumulativno itn. porabo električne energije priključenih strojev in naprav, možen pa je tudi prenos zabeleženih podatkov na osebni računalnik.

Elektromotorji

Elektromotorji predstavljajo enega od največjih porabnikov električne energije pri električnih strojih, ki se uporabljajo v kmetijstvu. Zavedati se moramo, da v življenjski dobi elektromotorja 96 % obratovalnih stroškov predstavlja električna energija za njegov pogon, samo 2,5 % predstavlja njegova nabavna cena, na vzdrževanje pa odpade še dodatno 1,5

% . Zaradi tega je ključnega pomena zagotoviti optimalno delovanje elektromotorja. Pozorni moramo biti na izgube pri različnih prenosih, uporabo krmilnih sistemov (npr. frekvenčni regulatorji) in način vzdrževanja. Pri nabavi novih strojev bi se morali odločati za nabavo takih izvedb, ki imajo energetsko učinkovitejše elektromotorje in krmilne pogonske sisteme. Energetsko učinkoviti elektromotorji so označeni z EFF1.

Upoštevajte tudi, da morata biti elektromotor in gnani stroj medsebojno dobro usklajena. Velikokrat se uporablja za pogon določenih strojev elektromotorje, ki so premočni, v takem primeru elektromotor porablja preveč električne energije. Zato ne uporabljajte predimenzioniranih elektromotorjev po načelu »bolje je da razpolagamo z elektromotorjem, ki nam omogoča večjo rezervo moči«.

Frekvenčni pretvorniki za elektromotorje

Za spreminjanje števila vrtljajev gnanega stroja, ki ga poganja elektromotor je priporočljivo uporabljati frekvenčne pretvornike in ne mehanska gonila za spreminjanje vrtljajev (npr. jermenski variator). Frekvenčni pretvornik omogoča spreminjanje števila vrtljajev elektromotorja, s tem dosegamo nadzor nad delovanjem gnanega stroja (omogočen je tudi mehaki zagon stroja in doseganje visokega navora že pri majhnih vrtljajih elektromotorja) ter vplivamo na zmanjšano porabo električne energije. Frekvenčni pretvorniki se največkrat uporabljajo pri elektromotorjih, ki poganjajo različne črpalke, kompresorje in ventilatorje, srečujemo pa jih tudi pri stiskalnicah za peletiranje krme, in stiskanje rastlinskega olja itn. Ob spreminjanju obremenitvi elektromotorja, frekvenčni pretvornik poskrbi da je hitrost elektromotorja konstantna. Vhodna napetost v frekvenčni pretvornik je lahko eno fazna ali trifazna. Investicija v razmeroma drage frekvenčne pretvornike se bo obrestovala v nižjih računih za električno energijo na kmetiji. V primeru npr. uporabe črpalke, ki jo poganja elektromotor je za reguliranje pretočne količine tekočine, bolj primerno uporabljati frekvenčne regulatorje za spremembo števila vrtljajev elektromotorja, kot reguliranje s pretočnimi ventili. V povprečju bodo prihranki pri porabi električne energije znašali do 30 % manj pri uporabi frekvenčnega regulatorja v primerjavi s pretočnimi ventili.

Vzdrževanje elektromotorjev

Ker električni stroji ne rabijo dosti vzdrževanja se jim dosti krat ne namenja nobena pozornost. Zato pogosto na kmetijah vidimo električne stroje, ki so pokriti z velikimi količinami prahu in druge umazanije. Slabo vzdrževani elektromotorji namenjeni za pogon različnih strojev na kmetiji lahko povečajo porabo električne energije. Npr. če elektromotor deluje v prašnem okolju ga je potrebno periodično čistiti od prahu (hladilna rebra na ohišju, mesto za vstop zraka do ventilatorja za hlajenje motorja) da se izboljša njegovo hlajenje. Pri elektromotorjih brez mazalnih vijakov je potrebno zamenjati ležaje ali mazivo po navodilih proizvajalca. V primeru, da so elektromotorji opremljeni z mazalnimi mesti za ležaje je potrebno redno opravljati mazanje po navodilih proizvajalca. Elektro motorji morajo imeti dostop do zraka za hlajenje, poleg tega temperatura zraka v delovnem okolju elektromotorja ne sme biti previsoka, ker se elektromotor ne bo mogel pravilno hladiti.

Morate se tudi izogibati uporabi elektromotorjev, ki so bili zaradi okvare previti z novim navitjem, ker se velikokrat poslabša izkoristek takega elektromotorja. V primeru da se ne morete izogniti tovrstnemu popravilu, se prepričajte, da je izvajalec previjanja ustrezno usposobljen in pooblaščen od proizvajalca elektromotorjev.

Ventilatorji

Najboljši način za zmanjševanje porabe električne energije pri prezračevanju hlevov je uporaba naravnega prezračevanja, kjer je možna. Ker pa ta način ni povsod možen moramo uporabljati tudi električne ventilatorje za prezračevanje.

Na obstoječih hlevskih ventilatorjih je potrebno opravljati redne vzdrževalne posege, kar pomeni da je potrebno preverjati stanje ventilatorjev in jih po potrebi tudi občasno očistiti. Umazani ventilatorji (umazane lopatice in prezračevalne reže, prekrite z različno umazanijo) lahko zmanjšajo izkoristek ventilatorjev za več, kot 40 %. Lahko se celo zgodi da so ventilatorji tudi poškodovani (npr. zvite lopatice, odpadle lopatice itn.), kar pomeni da ventilator deluje popolnoma neučinkovito. Očiščeni in vzdrževani ventilatorji lahko znižajo stroške električne energije v razponu od 15 do 50 %.

Pri nakupu novih ventilatorjev je potrebno pravilno izbrati ventilatorje glede zahtev po prezračevanju hlevskih objektov in porabe moči (energijsko učinkovite izvedbe ventilatorjev ter izvedbe opremljene s frekvenčnimi regulatorji za reguliranje števila vrtljajev ventilatorja). Dimenzioniranje ventilatorjev je izrednega pomena. Predimenzionirani ventilatorji lahko zapravljajo električno energijo, premalo dimenzionirani ventilatorji pa ne bodo opravljali učinkovitega prezračevanja, poleg tega jih bo potrebno prepogosto dajati v pogon za doseganje pravilne temperature v hlevu. Samo podatek o moči elektromotorja, ki poganja ventilator ne pove nič za uporabnika, bolj pomemben je podatek o razmerju pretoka zraka v enoti časa in električne moči za ventilator, ki je izražen v l/s/W ali m³/h/kW. Na žalost omenjeni podatek pa se dobi samo za renomirane proizvajalce ventilatorjev, ki svoje izdelke testirajo na nekaterih inštitucijah, ki se ukvarjajo z učinkovito rabo energije v kmetijstvu.

Ventilatorji velikega premera

Konvencionalni način ventiliranja z ventilatorji, ki se vrtijo z visokimi vrtljaji, porabi precej električne energije. V zadnjih letih se v svetu in tudi pri nas uvaja novi način ventiliranja s pomočjo visoko pretočnih, nizko tlačnih ventilatorjev velikega premera. Ventilatorji imajo propelerje s premerom od 1,8 m do 7,3 m. Moč elektromotorjev, ki jih poganjajo pa znaša od 400 W do 1,5 kW (odvisno od premera ventilatorja). Z njimi je možno učinkovito hladiti govedorejske hleve. Zaradi počasnega vrtenja ventilatorji porabijo malo električne energije. Poleg tega se vrtijo tiho in omogočajo počasno nemoteče gibanje zraka. V zimskem obdobju so velike temperaturne razlike v objektih na tleh in pri stropu. Z uporabo omenjenih ventilatorjev velikega premera je možno praktično dosegati skoraj enako temperaturo po celotni višini prostora (v povprečju je razlika manjša od 0,5 °C). Ventilator počasi potiska topli zrak proti tlom in ga meša s hladnim zrakom, s tem se premeša celotna količina zraka v hlevu. Zaradi izenačitve v temperaturi zraka se lahko dosega prihranki pri toplotni energiji tudi do 25 %.

Število vrtljajev ventilatorja velikega premera se regulira s pomočjo frekvenčnega pretvornika, kar omogoča velike prihranke električne energije. Npr. v letnem obdobju se ventilatorji vrtijo z 10 – 15 vrt./min., v poletnem pa z 30 do 40 vrt./min.

Hlajenje mleka

Hladilni sistem za ohlajanje mleka spada med največje porabnike električne energije v hlevu, sledi segrevanje vode za procesne potrebe, nato pa so še vakumske črpalke, osvetlitev itd. Eden največjih porabnikov (električne) energije v molzišču je čiščenje molznih naprav po vsaki molži. Poleg detergentov potrebujemo za čiščenje vodo in to hladno in toplo (vročo). Pri hlajenju mleka nastaja toplotna energija, ki jo lahko »spustimo v zrak« ali pa koristno uporabimo. Najbolj pogosto se ta toplotna energija preko toplotnega izmenjevalca uporabi za gretje vode. V toplotni izmenjevalec priteče hladna voda in se ogreje na višjo temperaturo. Ta višja temperatura se da nastaviti in je običajno od 45 °C navzgor. Črpalka nato transportira toplo – vročo vodo v izolirani hranilnik toplote. Podatki iz literature navajajo, da z enim litrom mleka ogrejemo 0,7 litra vode na 55°C. Koliko te »odpadne« toplote zaradi hlajenja mleka bomo lahko izkoristili (pridobili) pa je odvisno od količine mleka in ali imamo vgrajen sistem pred ohlajevanja mleka. S pred ohlajevanjem mleka lahko bistveno zmanjšamo glavno hlajenje mleka (tudi za polovico). S pred ohlajevanjem pa se tudi zmanjša količina ogrete vode preko toplotnega izmenjevalca ob glavnem hlajenju mleka. Velikost

hranilnika toplote je odvisna od potrebe po topli vodi za čiščenje po molži. Količina tako pridobljene tople vode je odvisna od števila krav molznic in količine namolzenega mleka na kravo. Z večanjem obojega pa lahko hitro pridobimo več toplote kot pa jo potrebujemo v molzišču in hlevu. Ta višek lahko koristno uporabimo za druge potrebe – toplo vodo za umivanje ali za ogrevanje hiše (ekonomičnost je tu odvisna tudi od razdalje med molziščem in stanovanjsko hišo).



Slika 19: Primer dobre prakse za varčevanje z električno energijo na eni kmetiji, kjer se dnevno namolze približno 1000 litrov mleka, ki se ga potem hladi v hladilnem bazenu, v mlekarno pa se omenjeno mleko odvaža na dva dni. Toplota, ki nastaja pri hlajenju mleka preko toplotnega izmenjevalca ogreva vodo za pranje molzišča. Voda se segreje na 76 °C in se prečrpava v 800 litrski hranilnik toplote. Tako ogreta voda popolnoma zadošča za potrebe pranja v molzišču in mlekarni!



Slika 20: Za manjšo porabo energije se priporoča, da je hladilni agregat (kompresor) nameščen ločeno od hladilnega bazena z mlekom.



Slika 21: Dober primer izkoriščana odpadne toplote, ki nastane pri hlajenju mleka. Na eni kmetiji dnevno namolzejo 1250 litrov mleka, ki ga ohladijo na 3,5 °C. Z odpadno toploto pa ogrevajo preko toplotnega izmenjevalca vodo na 55 °C, ki gre nato v 500 litrski hranilnik toplote. Vročo vodo uporabljajo za čiščenje molzišča in mlekarne. Potencial tako pridobljene

toplotne energije je večji od sedaj izkoriščene, tako da razmišljajo tudi o uporabi toplotne energije za druge namene.

Uporaba obnovljivih virov energije na kmetiji

Na živinorejski kmetiji lahko pridobivamo tudi električno energijo iz obnovljivih virov energije (sonca, vetra, biomase). Na strehah različnih objektov so lahko nameščene fotovoltaične naprave ali mikro vetrnice za proizvodnjo električne energije. Iz gnojevke in hlevskega gnoja ter različnih rastlinskih ostankov pa lahko pridobivamo bioplin. S sežiganjem bioplina se npr. v kogeneratorski enoti istočasno proizvaja električna in toplotna energija (uveljavljeno zaradi sistema podpor električni energiji iz OVE). Bioplin, ki se sežiga na gorilniku pa se lahko na kmetiji direktno uporabi za proizvodnjo toplotne energije za procesne potrebe kmetije.

Na strehe različnih objektov na kmetiji se lahko namestijo solarni kolektorji za segrevanje vode ali zraka za procesne potrebe. Solarni kolektorji predstavljajo eden od najcenejših načinov za pridobivanje toplotne energije (zmanjšamo porabo električne energije, ki se porabi npr. za segrevanje vode za procesne potrebe kmetije itn.) v primerjavi z ostalimi načini pridobivanja energije iz obnovljivih virov. Na kmetiji lahko zmanjšamo porabo energije tudi z uporabo različnih izvedb toplotnih črpalk.

S pridobljeno energijo iz obnovljivih virov zmanjšamo ogljični odtis kmetije oziroma ogljični odtis končnega kmetijskega produkta npr. mleka, mesa itn.

PRISPEVEK BIOPLINSKIH NAPRAV V SLOVENIJI K ZMANJŠEVANJU TOPLOGREDNEGA UČINKA IZ KMETIJSKEGA SEKTORJA

Romana Marinšek Logar^a in Maša Vodovnik^a

^a) Univ. of Ljubljana, Biotechnical Fac., Dept. of Animal Science, Groblje 3, SI-1230 Domžale, Slovenija, Prof, Pd.D., M.Sc., e-mail: romana.marinsek@bf.uni-lj.si.

Received ____, accepted ____.

Delo je prispelo ____, sprejeto ____.

IZVLEČEK

Kmetijstvo je vir emisij toplogrednega plina metana v okolje. Te emisije lahko zmanjšamo z ustreznim skladiščenjem gnojevke in gnoja, s pravilnim gnojenjem in ustrezno predelavo organskih kmetijskih odpadkov v bioplin, kjer metan kontrolirano zajemamo, uporabimo kot vir energije in s tem zmanjšujemo nekontrolirane emisije toplogrednih plinov v atmosfero. Bioplin je obnovljiv vir energije, ki ga proizvodimo z mikrobnoma anaerobno razgradnjo v bioplinskih napravah. Substrati v bioplinskih napravah so različne vrste organske biomase kot so živinski gnoj in gnojevka, žetveni ostanki, pokvarjena silaža, odpadki iz živilsko-predelovalne industrije in biorazgradljivi industrijski in komunalni odpadki. Nastali bioplin lahko uporabimo za proizvodnjo toplote in električne energije, očiščenega pa kot pogonsko gorivo (biometan). Presnovljen substrat lahko uporabimo kot kvalitetno organsko gnojilo. Bioplin kot obnovljivi vir energije predstavlja zamenjavo za fosilna goriva in tako dodatno zmanjšuje emisije toplogrednih plinov iz fosilnih goriv. V Sloveniji je v uporabi sistem finančnih podpor električni energiji, proizvedeni iz bioplina. Leta 2014 je v Sloveniji delovalo 24 bioplinskih naprav, ki največji delež bioplina proizvedejo iz energetskih rastlin. Premajhen delež bioplina proizvedemo iz gnojevke in gnoja, zato bomo v bodoče prvenstveno podpirali razvoj kmetijskih mikrobioplinskih naprav, ki bodo kot substrat uporabljale živilska gnojila in odpadno organsko biomaso.

Ključne besede: kmetijstvo, bioplin, toplogredni učinek

ABSTRACT

Agriculture is a source of emissions of the greenhouse gas methane into the environment. These emissions can be reduced by appropriate storage of animal slurry and manure, with proper fertilization and processing of organic agricultural waste into biogas, where methane is captured and used as an energy source. Biogas is a renewable source of energy that is produced by microbial anaerobic digestion in biogas plants. As a substrate in biogas plants using different types of organic biomass such as animal manure and slurry, crop residues, corrupt silage, waste from food processing industry and biodegradable industrial and municipal waste. Biogas can be used to produce heat and electricity or purified to biomethane as a fuel for vehicles. Digestate can be used as a high-quality fertilizer. Biogas as a renewable energy source represents a replacement for fossil fuels, thus reducing greenhouse gas emissions from fossil fuels. The system of financial support for electricity produced from biogas is applied in Slovenia. There were 24 operating biogas plants in Slovenia in year 2014. Slovenian biogas plants currently produce the majority of biogas from energy crops. As only the minority of biogas is produced from animal excrements we

will primarily support the development of agricultural microbiogas plants that will use animal excrements and organic waste biomass as substrates.

Key words: agriculture, biogas, green house effect

UVOD

Pospešen napredek v kmetijstvu so v zadnjem stoletju omogočila fosilna pogonska goriva. Ker so količine fosilnih goriv omejene in ker njihova intenzivna uporaba povečuje učinek toplogrednih plinov in s tem povezane klimatske spremembe, se osredotočamo na ekonomično izrabo omejenih virov in na iskanje novih tehnologij za izkoriščanje obnovljivih virov, kot je biomasa različnih izvorov (velik delež tu predstavlja odpadna kmetijska biomasa), za nadaljnjo proizvodnjo energije (Deublein in Steinhauser, 2008).

V zadnjih nekaj letih se je spet močno povečal interes za proizvodnjo bioplina z anaerobno razgradnjo organskih snovi in njegovo uporabo kot obnovljiv vire energije. Interes za proizvodnjo bioplina se je sicer ciklično povečeval z vsako naftno krizo do sedaj, trenutno pa ga podpira tudi globalno okoljsko zavedanje o toplogrednih učinkih. Pri uporabi fosilnih goriv preoblikujemo ogljik, ki je shranjen v zemeljski skorji, in ga izpustimo v ozračje kot toplogredni plin CO₂. Pri uporabi bioplina se v končni fazi tudi sprošča CO₂, vendar je v tem primeru ogljik odvzet iz atmosfere s fotosintezo rastlin in je kroženje ogljika zelo kratko, od enega do nekaj let. Če gnoja in gnojevke ne shranjujemo pravilno in sta podvržena spontani anaerobni fermentaciji, v ozračje spuščamo toplogredni plin CH₄. CH₄ prispeva približno 20% k antropogenemu učinku tople grede. Polovico vseh virov onesnaževanja z CH₄, ki ga povzroča človek, predstavlja govedoreja. Pri proizvodnji bioplina CH₄ nastaja kontrolirano, se zajame in se porabi za proizvodnjo energije, pri tem pa so izpusti v ozračje zmanjšani (Berglund, 2006).

Proizvodnja bioplina kot obnovljivega vira energije ima za kmetijski sektor več pozitivnih učinkov: dodatni vir zaslužka v kmetijski dejavnosti, gre za ekonomsko upravičen in okoljsko sprejemljiv način odstranjevanja odpadne kmetijske biomase in stranskih živalskih proizvodov, presnovljen substrat predstavlja kvalitetno organsko gnojilo, emisije smradu so manjše kot pri konvencionalnem shranjevanju in raztrosu surovega gnoja in gnojevke, zmanjšuje se odvisnosti od uvoza fosilne energije, saj proizvodnja bioplina poteka lokalno in znotraj državnih meja. V procesu anaerobne razgradnje iz ogljikovih spojin nastaja CH₄ kot energetski plin, nekatere ogljikove spojine pa ostanejo v digestatu, ki ga uporabimo kot gnojilo, ta povečuje vsebnost organske snovi v zemlji in posledično poveča kapaciteto za zadrževanje vode v tleh (Deublein in Steinhauser, 2008).

PROCES PROIZVODNJE BIOPLINA

Bioplin je plin brez vonja in barve, ki gori z modrim plamenom, podobno kot utekočinjen naftni plin. Običajno je sestavljen iz 60-70% , CH₄ 40-30% CO₂, vodne pare in vodikovega sulfida v sledih (Christy in sod., 2014). Nastaja v mikrobem procesu anaerobne razgradnje, kjer mešana mikrobna združba anaerobnih bakterij in arhej

kompleksne organske snovi v večstopenjskem procesu pretvori v bioplin, nov mikrobní celični material, mineralizirano snov in ostanek organske snovi. Postopek poteka brez prisotnosti kisika v bioreaktorjih oz. digestrih. Gre za posnemanje naravnih procesov, ki sicer potekajo v prebavilih živali (posebej pri prežvekovalcih) in ljudi, v močvirjih, ribnikih, riževih poljih, jezerskih sedimentih, termalnih vrelih in oceanih. Procese anaerobne razgradnje uporabljamo za anaerobno čiščenje z organsko snovjo bogatih odplak ali trdnih organskih odpadkov in/ali za trajnostno proizvodnjo obnovljive energije iz načrtno vzgojenih energetskih rastlin (Christy in sod., 2014).

Anaerobna metanogena razgradnja je kompleksen proces, ki ga lahko razdelimo na štiri faze: hidrolizo, acidogenezo, acetogenezo in metanogenezo. Različne faze izvajajo različni mikroorganizmi, ki so med seboj povezani in delujejo sinergistično. Prva in druga faza sta med seboj močno povezani, prav tako tretja in četrta, kar omogoča, da lahko proces izvajamo tudi v dveh stopnjah. V prvi fazi eksoencimi fakultativnih in obligatnih anaerobnih bakterij celulozo, proteine in maščobe hidrolizirajo do monomerov. Fakultativni anaerobni mikrobi porabijo kisik, raztopljen v vodi in s tem ustvarijo nizek redoks potencial, ki je potreben za obligatne anaerobne mikroorganizme. Lignoceluloza in lignin se razgradita počasi in nepopolno, kar je tudi poglavitna ovira pri proizvodnji bioplina iz odpadnih kmetijskih substratov (Deublein in Steinhäuser, 2008). Anaerobna razgradnja trdnega lignoceluloznega materiala in dostopnost hidrolitskih mikroorganizmov do trdnih delcev je omejujoč korak. Možna rešitev je predhodno tretiranje, ki ga lahko izvajamo z močnimi kislinami in bazami, encimi, različnimi drugimi kemikalijami, glivami ali hidrolitskimi bakterijami (Čater in sod. 2014).

Monomerne produkte hidrolitične faze kot substrat uporabljajo različne obligatno in fakultativno anaerobne bakterije in jih preoblikujejo v kratkoverižne maščobne kisline (KMK; mravljična, očetna, propionska, maslena kislina), alkohole, vodik in ogljikov dioksid. Pretvorba organskega materiala v organske kisline zniža pH vrednost v bioreaktorju, kar pri zelo nizkih vrednostih lahko povzroči zaviranje proizvodnje metana in ustavljanje procesa na ravni kratkoverižnih maščobnih kislin. Če tako stanje brez posredovanja v proces traja nekaj dni, se lahko proces proizvodnje bioplina popolnoma ustavi, restavracija postopka pa lahko traja tudi nekaj mesecev. Zato so KMK zelo pomembna kontrolna točka bioplinskega procesa, ki omogoča dovolj hitro posredovanje in preprečitev ekonomske in okoljske škode (Christy in sod., 2014). Raven KMK ugotavljamo s plinsko kromatografijo po dvojni etrski ekstrakciji (Holdeman in sod., 1977)

Obligatne vodik proizvajajoče acetogene bakterije pretvorijo propionsko kislino, masleno kislino in alkohole v očetno kislino, vodik in ogljikov dioksid. Homoacetogene bakterije pa pretvorijo vodik in ogljikov dioksid v očetno kislino (Liu in sod., 2011). Acetogene bakterije so v sinotrofičnem odnosu z metanogenimi arhejami, ki porabljajo vodik za tvorbo metana, ker potrebujejo nizek parcialni pritisk vodika za preživetje in rast (Christy in sod., 2014).

V zadnji fazi metanogene arheje proizvedejo metan v striktno anaerobnih pogojih. Metan nastaja na dva načina, in sicer z razcepom očetne kisline v CH_4 in CO_2 ali z redukcijo ogljikovega dioksida z vodikom. Običajno z razcepom acetata nastane okoli 70% metana, z redukcijo CO_2 pa le okoli 30%. Če metanogeneza ne poteka pravilno in metan ne nastaja, pride do povečane kislosti, ta zavre tudi acetogenezo. Podobne težave se pojavijo tudi v primerih, ko substrati za bioplinsko proizvodnjo vsebujejo sulfate. V teh primerih se v bioreaktorju namnožijo sulfat reducirajoče bakterije, ki porabljajo H_2 za tvorbo vodikovega sulfida. Za vodik tekmujejo z metanogenimi arhejami, ki posledično

proizvedejo manj metana, poleg tega je vodikov sulfid toksičen za metanogene arheje (Deublein in Steinhauser, 2008).

Proizvodnja bioplina je kompleksen mikrobiološki proces, kjer je za dober izplen bioplina potrebno strokovno vodenje in zagotavljanje konstantnih pogojev. Uspešna proizvodnja bioplina je odvisna je od mnogih parametrov, ki jih moramo med procesom obvladovati.

Najpomembnejši dejavniki, ki vplivajo na proizvodnjo bioplina, so:

- Redoks potencial: med -400 in -100 mV.
- Temperatura: procese glede na temperaturo ločujemo v tri tipe, in sicer psihrofilne (pod 25°C), mezofilne (25°- 45°C) in termofilne (45°- 65°C). Običajno anaerobna razgradnja poteka v mezofilnih ali termofilnih pogojih,
- Substrat: za anaerobno razgradnjo uporabljamo odpadno organsko biomaso, ki daje različne donose bioplina glede na svojo sestavo ali pa dražje energetske rastline (koruza, oljne rastline), ki dajejo večji izplen bioplina,
- pH: Optimalni pH za anaerobno metanogeno razgradnjo je med 6,8 in 7,5,
- C/N razmerje: Primerno razmerje med ogljikom in dušikom (C/N) za anaerobno razgradnjo je med 20 in 30. Pri odstopanju od tega intervala se zmanjša donos bioplina,
- Inhibitorji: organski odpadki živinorejski farm in rastlin velikokrat vsebujejo toksične snovi, kot so dezinfekcijska sredstva, pesticidi, antibiotiki, prevelike količine amonijaka, sulfata in težkih kovin, ki inhibirajo rast, metabolizem in razmnoževanje mikrobov,
- Mešanje: za prenos substrata do mikroorganizmov, razredčevanje inhibitorjev in zagotavljanje enakomernega pH ter temperature je v bioreaktorju potrebno mešanje z mešali, črpalkami, pihalniki.
- Inokulum: aktivni mikroorganizmi, ki proizvajajo metan so ključnega pomena za uspešen začetek bioprocesa. Volumen inokuluma mora biti nad 10% delovnega volumna bioreaktorja (Liu in sod., 2011).

Anaerobne mikroorganizme, ki sodelujejo pri proizvodnji bioplina, lahko razdelimo na dve skupini, nemetanogene bakterije in metanogene arheje (Liu in sod., 2011). Med nemetanogene uvrščamo fermentativne bakterije, vodik proizvajajoče acetogene bakterije in homoacetogene bakterije. Prve opravijo fazi hidrolize in acidogeneze, nekateri najbolj znani rodovi iz te skupine pa so *Clostridium*, *Bacteroides* in *Butyrivibrio*, pri čemer je bila posebej med klostridiji odkrita velika pestrost. Tudi nekatere anaerobne glive delujejo podobno kot fermentativne bakterije. Vodik proizvajajoče acetogene bakterije metabolizirajo C₃ ali višje organske kisline, etanol, nekatere aromatske spojine, H₂ in CO₂, kar ni termodinamsko ugodno in zato predstavlja omejujoč faktor. Nekateri znani rodovi so *Syntrophomonas*, *Syntrophobacter*, *Fusobacterium* in *Pelobacter*. Homoacetogene bakterije so miksotrofi in lahko uporabljajo H₂ in CO₂ ali nekatere organske spojine za produkcijo očetne kisline, s čimer povečujejo koncentracijo očetne kisline za nastajanje metana ter tudi ohranjajo nizek parcialni pritisk vodika. Funkcija teh bakterij v anaerobni razgradnji še ni popolnoma znana. Ocenjeno je, da proizvedejo 1-4% očetne kisline v digestorju. Poznane homoacetogene bakterije so *Acetobacterium woodi*, *Acetobacterium*

wieringae in *Clostridium thermoautotrophicum* (Liu in sod., 2011; Ziganshina in sod., 2014).

Metanogene arheje, ki pretvarjajo anorganske in organske spojine v metan in ogljikov dioksid, razdelimo v dve skupini: tiste, ki uporabljajo acetat in tiste, ki uporabljajo vodik in CO₂. Najpomembnejše vrste so iz rodov *Methanobacterium*, *Methanospirillum* in *Methanosarcina*. Metanogene arheje živijo v obligatnem sinstrofičnem odnosu z acetogenimi bakterijami. Zaradi termodinamskih razlogov lahko acetogene bakterije razgradijo maščobne kisline od C₃- C₆, le ko produkte te razgradnje učinkovito odstranjujejo metanogene arheje (Worm in sod., 2014).

BIOPLINSKE NAPRAVE in SUBSTRATI ZA PROIZVODNJO BIOPLINA

Bioplinska naprava je bioreaktor, ki omogoča proizvodnjo bioplina, energetske izrabo bioplina in hkrati nadzor onesnaževanja. Na voljo je več različnih tipov bioplinarn in različnih tehnologij, njihova uporaba pa je odvisna od vrste substrata, ekonomske situacije in energetske politike. Bioplinske naprave po velikosti razvrstimo v mikro (do 50 kW), majhne (do 1000 kW), srednje (med 1 in 10 MW) in velike (več od 10 MW) (Borroni in Sakulin, 2010).

Kmetijska bioplinska naprava je namenjena razgradnji gnojevke in ostalih kmetijskih odpadnih organskih snovi za produkcijo bioplina. Kmetijska bioplinska naprava običajno vsebuje sledeče sestavne dele: zbirna jama za gnojevko, eden ali več digestorjev, plinohram, oprema za čiščenje in obdelavo bioplina, eden ali več končnih rezervoarjev za shranjevanje predelane (bioplinske) gnojevke ena ali več kombiniranih toplotnih enot in oprema, potrebna za dovajanje električne energije v javno omrežje in izkoriščanje nastale toplotne energije (Liu in sod., 2011). V zbirni jami se zbira gnoj, gnojevka in/ali drugi organski odpadki in se homogenizira. Glede na vrsto substrata ima lahko zbirna jama še dodatno tehnično opremo, kot so mešalnik, drobilnik in črpalke. Digestor je lahko narejen iz različnih materialov (armiran beton, jeklo, plastična masa...) in obrnjen navpično ali vodoravno. Opremljen je z mešalnikom in opremo za zbiranje bioplina ter ogrevan, da je zagotovljena konstantna proizvodnja bioplina. V plinohramu se zbira plin do nadaljnje predelave. Lahko je sestavni del digestorja ali ločena enota. V kogeneracijski enoti se bioplin, ki se mu predhodno z ustreznimi filtri odstranita vodikov sulfid in voda, sežiga v motorju z notranjim izgorevanjem, pri čemer nastajata toplotna in električna energija (Deublein in Steinhauser, 2008).

Obstaja več različnih postopkov fermentacije organskih snovi do bioplina. Uporabljajo se šaržni in kontinuirni procesi. Pri šaržnem se digestor napolni naenkrat in substrat se počasi razgrajuje brez dodajanja ali odvzemanja do konca procesa. Šaržna fermentacija traja od 40 do 100 dni. Lahko se postavi več zaporednih šaržnih digestorjev, vendar so pri tem stroški višji. V takšnem sistemu potekajo v različnih digestorjih različne faze razgradnje. Pri kontinuirnem procesu se ves čas dodaja svež substrat in odvzema digestat. Prednosti so krajši čas zadrževanja substrata (od 10 do 30 dni) in konstantna proizvodnja bioplina s konstantno sestavo. Slabosti so višji stroški in večja poraba energije zaradi segrevanja in mešanja (Deublein in Steinhauser, 2008)

Substrati za proizvodnjo bioplina se uvrščajo v biomaso, ki je alternativni vir energije. Vse rastline in živali v nekem ekosistemu pripadajo biomas. Tudi hranila, iztrebki in biodpadki iz gospodinjstev in industrije so biomasa. Biomasa, ki se lahko uporablja za proizvodnjo bioplina, se glede na vir deli na naslednje kategorije:

- B1 – energetske rastline – olesenele in neolesenele rastline, ki se gojijo posebej za energetske namene,
- B2 – biorazgradljivi deli produktov, ostankov in odpadkov iz kmetijstva; vključuje snovi rastlinskega in živalskega izvora,
- C1, C2 – biorazgradljivi industrijski in komunalni odpadki

V kmetijskih bioplinarnah kot substrate največ uporabljajo živinsko gnojevke in energetske rastline. Vedno več se uporabljajo tudi kmetijski odpadki in stranski proizvodi, organski del komunalnih odpadkov, organski odpadki prehranske industrije in kanalizacijska gošča (Borroni in Sakulin, 2010).

Bioplin ahko direktno pretvorimo v električno moč v gorivni celici, ga sežigamo, pri čemer se sprošča toplota, ali ga sežigamo za sproizvodnjo toplote in električne energije. Možno je tudi napajanje v mrežo zemeljskega plina ali uporaba kot gorivo za motorna vozila. Bioplin, ki pride iz digestorja ni čist, ampak vsebuje paro, prah in sledi H_2S , NH_3 . Te nečistoče je potrebno odstraniti, glede na nadaljnjo uporabo bioplina. Trdne delce prefiltrirajo z zbiralniki prahu, brozga in pena se odstranita s ciklonskimi separatorji, odstranjevanje plinov v sledih izvedejo v več korakih. Prvi je odstranitev vodikovega sulfida, sledi ločevanje ogljikovega dioksida in drugih neželenih plinskih komponent, na koncu pa še razvlaževanje. Prvi in tretji korak sta prisotna v skoraj vsaki bioplinski napravi. Odstranjevanje ogljikovega dioksida in drugih plinskih komponent je potrebno le, če se bioplin napaja v plinovodno omrežje ali če se uporablja kot pogonsko gorivo za vozila (Deublein in Steinhauser, 2008).

Neposredno izgorevanje bioplina je najpreprostejši način uporabe in je najpogostejši v državah v razvoju. Občasno se uporablja tudi v razvitih državah v gorilnikih za zemeljski plin. Za pridobivanje toplote bioplin ne potrebuje izboljšave, a mora čez proces kondenzacije, odstranitve delcev, stiskanja, ohlajanja in dehidracije (Holm-Nielsen in sod., 2009). Naprave za sproizvodnjo toplote in električne energije (SPTE naprave) so v slovenskih bioplinarnah zelo pogoste. Pred uporabo v SPTE napravi je potrebno bioplin osušiti. V Evropi se največ uporablja širitaktni motor z notranjim izgorevanjem. Novejše tehnologije, kot na primer gorivne celice ali plinske mikroturbine so redko v uporabi (Deublein in Steinhauser, 2008). Za dovajanje bioplina v omrežje zemeljskega plina (česar v Sloveniji še ne izvajamo) in uporabo kot gorivo za vozila ga je potrebno očistiti do t.i. biometana, ki mora vsebovati vsaj 99% metana. Obstaja veliko različnih metod čiščenja bioplina, najpomembnejše so absorpcija, adsorpcija, membransko in kriogeno odstranjevanje. Odstranjen CO_2 se običajno spušča nazaj v atmosfero, v nekaterih primerih pa se lahko uporabi za povečevanje koncentracije CO_2 za fotosintezo v rastlinjakih in za karbonizacijo v živilski industriji (Starr in sod., 2012).

DIGESTAT ali BIOPLINSKA GNOJEVKA KOT STRANSKI PROIZVOD BIOPLINSKE TEHNOLOGIJE

Presnovljen substrat se lahko uporabi kot gnojilo, in sicer v tekoči ali dehidrirani obliki. Bioplinska gnojevka ima v primerjavi z neobdelano manjše razmerje C/N, manjšo vsebnost suhe snovi, večjo vsebnost NH_4^+ in manjšo vsebnost KMK, ki sicer sproščajo neprijeten vonj. Zaradi zmanjšane vsebnosti suhe snovi se lahko presnovljen substrat

hitreje vsrkava v zemljo, pri čemer se zmanjšajo emisije amonijaka pri gnojenju (Amon in sod., 2006).

PRISPEVEK BIOPLINSKIH TEHNOLOGIJ K ZMANJŠEVANJU TOPLOGREDNEGA UČINKA

Bioplin se pogosto uporablja kot zamenjava za fosilna goriva, s tem pa se zmanjšujejo emisije CO₂. CO₂ sicer nastaja med anaerobno razgradnjo in izhaja med izgorevanjem bioplina, a izvira iz rastlin, ki so ga pred kratkim vgradile prek fotosinteze, zato te emisije na daljši rok ne bodo povzročile akumulacije CO₂ v atmosferi, vse dokler ga bodo nove rastline vgrajevale naprej. Pri izgorevanju fosilnih goriv izhaja CO₂, ki se je vgradil pred 50 do 500 milijoni let. Regeneriranje fosilnih goriv traja zelo dolgo, zato izgorevanje fosilnih goriv prispeva k neto akumulaciji CO₂ v atmosferi. Pri proizvodnji bioplina se porabi veliko manj fosilnih goriv (npr. gorivo za transport), kot se jih nadomesti z uporabo bioplina (Berglund, 2006).

Živinska gnojila vsebujejo velike količine ogljika, ki služi kot vir hranil za mikroorganizme. Pri shranjevanju živinskih gnojil se organska snov v anaerobnih pogojih mikrobno razgrajuje, pri tem nastajata CH₄ in CO₂, ki se nekontrolirano sproščata v ozračje in povečujeta toplogredni učinek. Tudi določen delež dušika, ki ga izločijo živali, se po mikrobni pretvorbi sprosti v ozračje kot N₂O med shranjevanjem živinskih gnojil. N₂O nastaja iz dušikovih spojin v procesu nitrifikacije in denitrifikacije. Med nitrifikacijo se dušik iz sečnine in amonijaka oksidira preko nitrita do nitrata. Če temu sledi anaerobna faza denitrifikacije, iz nitrita nastaja N₂O kot vmesni produkt in uhaja v ozračje. Med anaerobno razgradnjo se ogljik, ki predstavlja energijo, potrebno za denitrifikacijo, vključuje v mikrobno biomaso ali pa se pretvori v CH₄ in CO₂. Če pa izvajamo anaerobno razgradnjo živinskih gnojil pri kontroliranih pogojih (proizvodnja bioplina), ves nastali CH₄ lahko zajamemo in pretvorimo v energijo. S tem ne le zmanjšamo emisije CH₄, ki ima do 24-krat večji toplogredni učinek kot CO₂, ampak tudi zmanjšamo porabo fosilnih goriv, torej gre za dvakratni prispevek k zmanjševanju učinka tople grede (Amon in sod., 2006). Amon in sodelavci (2006) so preučevali emisije CH₄ in N₂O v atmosfero med shranjevanjem in po uporabi surove gnojevke na polju. Iz neobdelane gnojevke so med shranjevanjem in po uporabi na polju izhajali TGP v obsegu 92,4 ekv. kg CO₂/m³. Po anaerobni razgradnji so se emisije TGP zmanjšale na 37,9 ekv. kg CO₂/m³. Kontrolirana anaerobna obdelava gnojevke v bioplinarni je dobra rešitev za zmanjševanje izpustov CH₄ in N₂O ter tudi zmanjševanje neprijetnih vonjav, saj se amonijak, ki je glavni vir neprijetnih vonjav, v bioplinskem procesu reducira do raztopljenega amonijevega iona, ki ne povzroča smradu.

V Sloveniji prispeva govedoreja kar 82 % izpustov CH₄. Od leta 1986 do 2011 so se izpusti CH₄ v kmetijstvu zmanjšali za 7,2 %, izpusti N₂O pa za 21,3 %. K zmanjšanju je največ prispevala govedoreja, pri kateri so se precej zmanjšali izpusti CH₄ zaradi fermentacije v prebavilih ter izpusti N₂O pri skladiščenju živinskih gnojil. To je predvsem posledica izboljšane učinkovitosti reje. V prašičereji pa so se izpusti zmanjšali tudi zaradi izboljšane načina ravnanja z živinskimi gnojili. Izpusti CH₄ na vhlavljenem žival pri skladiščenju prašičjega gnoja so se zmanjšali za 20 % zaradi separacije gnojevke in njene

obdelave v anaerobnih digestorjih za pridobivanje bioplina (Verbič in Mekinda Majaron, 2013). V slovenski živinoreji obstaja kar precejšen potencial za dodatno zmanjšanje izpustov toplogrednega CH₄ z obsežnejšo predelavo živinskih gnojil v kmetijskih bioplinskih napravah. Trenutno ta dejavnost poteka v majhnem obsegu.

PREGLED STANJA NA PODROČJU PROIZVODNJE BIOPLINA V SLOVENIJI

V letu 2013 je bila Slovenija v 51,3% energetske odvisna od uvoza energije. V strukturi bruto domače porabe so kot vir energije prevladovali naftni proizvodi s 35% deležem, obnovljivi viri energije (OVE) brez hidro energije pa so predstavljali le 9,2%. Ostali del je bil razdeljen med zemeljski plin, jedrsko in hidro energijo, trdna goriva in neobnovljive industrijske odpadke. Poraba bioplina je bila 5,4% v strukturi porabe obnovljivih virov energije (brez hidro energije) (Energetska bilanca Republike Slovenije za leto 2013). Direktiva 2009/28/ES Evropskega parlamenta in sveta z dne 23. aprila 2009 o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov, spremembi in poznejši razveljavitvi direktiv 2001/77/ES in 2003/30/ES za Slovenijo določa, da mora do konca leta 2020 doseči najmanj 25% delež OVE v rabi bruto končne energije in 10% delež OVE v prometu, kar je tudi zapisano v Nacionalnem akcijskem načrtu za obnovljive vire energije. K povečani porabi OVE lahko prispeva tudi kmetijski sektor z bioplinom (Akcijski načrt za obnovljive vire energije 2010-2020). V Akcijskem načrtu za energetske učinkovitost je zapisano, da bo Slovenija do leta 2020 za 20% zmanjšala skupne emisije toplogrednih plinov glede na leto 1990.

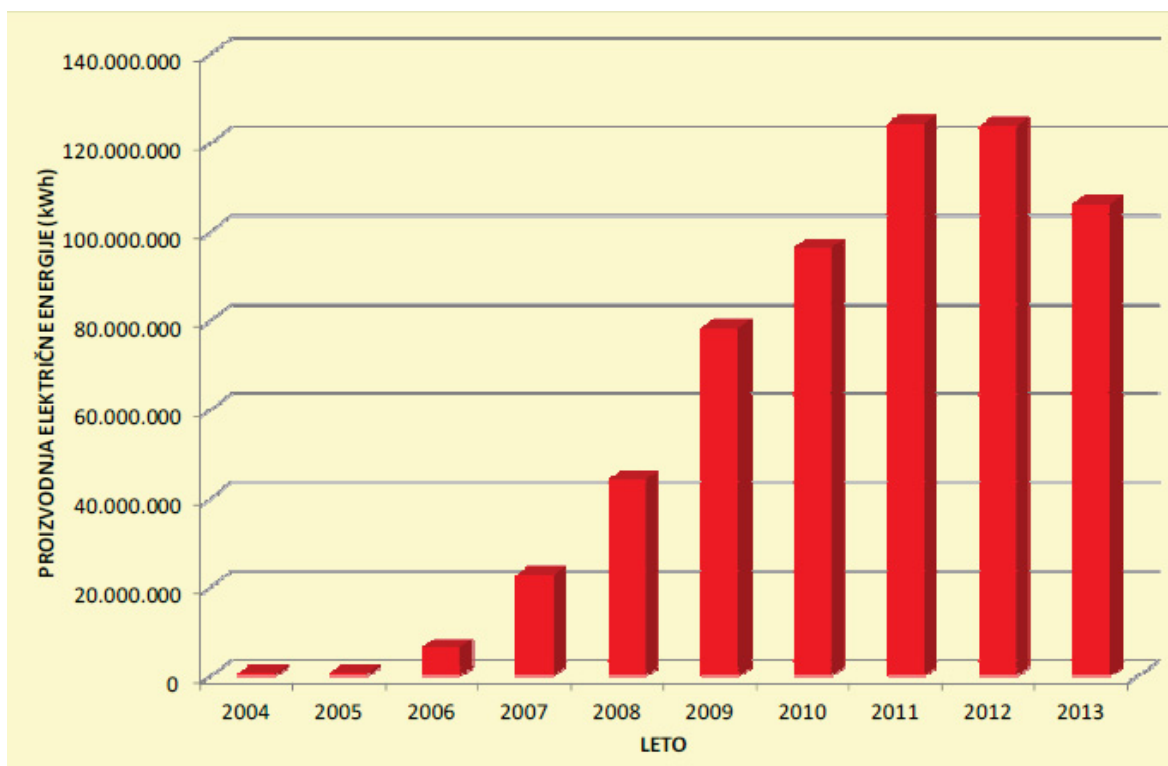
Pred letom 2002 je bilo pridobivanje bioplina z anaerobno razgradnjo omejeno na bioplin iz čistilnih naprav in zajetje deponijskega plina na deponijah komunalnih odpadkov. Pridobivanje plina iz odpadkov in ostankov kmetijstva je bilo pred tem letom omejeno na eno samo napravo, in sicer na prašičjo farmo Ihan (Kranjc in sod., 2010). Razvoj bioplinarn se je v Sloveniji začel po letu 2002, ko je vlada Republike Slovenije zagotovila ustrezne odkupne cene in premije za kvalificirane proizvajalce električne energije in se je povečal interes za izgradnjo bioplinskih naprav na kmetijske odpadke na velikih živinorejskih farmah (Poje, 2011). Priložnost za gradnjo bioplinskih obratov so izkoristile predvsem večje kmetije in investitorji, ki so načrtovali bioplinske naprave nad 1MW_{el.}. Velike bioplinske naprave so začele bioplin proizvajati pretežno iz načrtno gojenih, pogosto uvoženih energetskih rastlin. V letu 2008 se je stanje na trgu EU spremenilo in prišlo je do velikega zvišanja cen kmetijskih rastlin, na primer kuzuze, kar je porušilo njihovo ekonomsko vzdržnost (Grmek, 2009). V letu 2009 je stopila v veljavo nova shema podpor proizvodnji zelene elektrike. Podpore sestavljata zagotovljeni odkup električne energije in finančna pomoč za poslovanje (obratovalna podpora). Na podlagi zagotovljenega odkupa center za podpore, ne glede na ceno električne energije na trgu, odkupi vso prevzeto neto proizvedeno električno energijo po zagotovljenih cenah energije, določenih z uredbo. Obratovalna podpora se dodeli neto proizvedeni električni energiji, ki ima potrdilo o izvoru in jo proizvajalci električne energije prodajajo na trgu (Kranjc in sod., 2010; Biomethane Regions, 4. novice, 2013).

Preglednica 1: Višina podpor električni energiji proizvedeni iz bioplina v letu 2014 (Biomethane Regions, 4. novice, 2013: 4)

Velikostni razred proizvodne naprave	Zagotovljeni odkup (€/MWh _{el.})		Obratovalna podpora(€/MWh _{el.})	
	B1 in B2 vhodni substrat (energetske rastline)	C1 in C2 vhodni substrat (biološko razgradljivi odpadki)	B1 in B2 vhodni substrat (energetske rastline)	C1 in C2 vhodni substrat (biološko razgradljivi odpadki)
Mikro (do 50kW)	165,55	139,23	127,44	101,12
Mala (do 1KW)	161,75	139,23	122,34	99,82
Srednja (do 10 MW)	147,77	129,15	107,92	89,30

Ker je bilo v Sloveniji leta 2010 večino bioplina proizvedenega iz koruze in koruzne silaže, je leta 2011 prišlo do spremembe v Uredbi, po kateri so višine podpore odvisne tudi od vrste vhodnih substratov (Preglednica 1). Če gnoj in gnojevka letno predstavljata prostorninsko več kot 30% substrata, je bioplinska naprava upravičena do dodatka v višini 10% obratovalne podpore, če pa predstavljata več kot 70% substrata, je naprava upravičena do dodatka v višini 20% obratovalne podpore. S tem se spodbuja uporaba gnoja in gnojevke namesto energetskih rastlin za proizvodnjo bioplina, kar podpira trajnostni razvoj in realno omejuje emisije TPG. Za naprave nastale po 1. 7. 2012 dodatno velja, da če uporabljajo več kot 40% prostorninskih odstotkov načrtno proizvedenih energetskih rastlin niso upravičene do podpore (Določanje višine podpor električni energiji proizvedeni iz OVE in SPTE in višine podpor v letu 2014, 2014).

V Sloveniji je bilo leta 2013 24 delujočih bioplinskih naprav z deklaracijami in skupno nazivno močjo 33,6 MW_{el.}, njihova povprečna velikost pa je bila 1 MW_{el.} Največja bioplina je v Lendavi (Ecos d.o.o.) Njena nazivna moč je 7 MW_{el.} in kot substrat uporablja le koruzno in drugo silažo (Biomethane Regions, 6. novice, 2014).



Slika 2: Proizvodnja električne energije iz bioplina v Sloveniji od leta 2004 do leta 2013 (Biomethane Regions, 6. novice, 2014: 3)

Bioplinske naprave v Sloveniji kot substrat v največjem deležu uporabljajo energetske rastline, ki dajo dober izkoristek metana. Gnojevka se uporablja v manjši meri. Bioplinarne, ki so pridobile obratovalno dovoljenje pred letom 2011, imajo sklenjene pogodbe, ki jim 15 let zagotavljajo subvencionirano odkupno ceno elektrike ne glede na vrsto uporabljenih substratov. Višina podpore bioplinarnam vpliva na pridelovalce tako, da uporabljajo kosubstrate (predvsem koruzno silažo) in odpadke, pridelane izven kmetij, ki jih dodajajo gnojevki. Med odpadki, ki jih uporabljajo kmetijske bioplinarne prevladujejo odpadki iz živilske industrije in komunalnih dejavnosti. Za doseganje večjih donosov bioplina slovenske bioplinarne največ uporabljamo koruzno silažo. V prihodnosti bi bila za bioplinarne lahko zanimiva tudi raba bioremediacijskih rastlin s površin, ki so kontaminirane s težkimi kovinami, vendar bioplinska gnojevka potem ne bi bila uporabna kot gnojilo. Tla bi se tako postopoma očistila (Country Specific Conditions and barriers to Implementation for Anaerobic Digestion). Prav tako bi lahko koruzno silažo nadomestili in povečali izplen bioplina v kmetijskih bioplinskih napravah z načrtnim gojenjem sekundarnih posevkov na obstoječih kmetijskih površinah in s pridelavo ustrezne biomase na opuščeni in manj kvalitetni kmetijski površini (Pšaker, 2011). Živalska gnojila, predvsem gnojevka in gnojnica, imata za pridelavo bioplina nekoliko neugodno razmerje C/N, z dodajanjem rastlinske biomase pa je možno razmerje ustrezno povečati. V Sloveniji se je leta 2011 Kmetijski inštitut Slovenije vključil v EU projekt »Biomethane Regions«, ki spodbuja razvoj proizvodnje metana iz živalskih in rastlinskih odpadkov in uporabo v javnem omrežju zemeljskega plina ter za pogon vozil (Biomethane Regions, 1. novice, 2011).

Bioplinske naprave, ki so odmaknjene od večjih naselij in mest in ne morejo izkoristiti vse presežne toplotne energije, so primerne za dovajanje metana v javno plinovodno omrežje. Bioplin lahko očistijo do čistega metana (biometan) direktno na bioplinskih napravah in ga vbrizgajo v javno omrežje ter s tem transportirajo do potencialnih uporabnikov na velike razdalje. Takšno rešitev bi v Sloveniji lahko uporabili na kmetijah, ki imajo nad 150 GVŽ. To bo izvedljivo, ko bo obstajala pravna in tehnična zakonodaja za vbrizgavanje biometana v obstoječe plinsko omrežje (Biomethane Regions, 4. tehnične novice, 2013), zaenkrat pa te možnosti še ni.

V zadnjih letih se je v Evropski uniji povečal interes za mikro bioplinske naprave, ki tudi za Slovenijo predstavljajo najprimernejši način proizvodnje bioplina. To so naprave z močjo manjšo od 50 kW. Njihove prednosti so, da so zasnovane kot manjši objekti, zato na kmetiji ni potrebno žrtvovati veliko prostora. Lahko jih načrtujemo tako, da se tudi arhitekturno ujamejo s krajino, kar je zelo pomembno na turističnih kmetijah. Veliko prednost imajo tudi v primeru naravnih nesreč, ko pride do energetskih izpadov, saj so manj ranljive od velikih sistemov in zagotavljajo lastno energetska oskrbo. Lahko se jih postavi v kontejnerski izvedbi in ni potrebno opravljati večjih gradbenih del. Koncept mikro bioplinske naprave je v Sloveniji predstavilo podjetje Omega Air (Omega Air) iz Ljubljane (Biomethane Regions, 3. tehnične novice, 2012). Podjetje Omega Air se je v zadnjih dveh letih uveljavilo kot edini ponudnik kmetijskih mikrobioplinskih naprav, ki ponuja kompletno načrtovanje in postavitev bioplinske naprave. Podjetje zaposluje ustrezno usposobljen multidisciplinarni tim, česar do sedaj v Sloveniji nismo imeli, in smo bili vezani na tuje ponudnike.

V Sloveniji imamo tudi velik potencial za izrabo gospodinjskih organskih odpadkov, ki jih lahko dodajamo v kmetijske bioplinarne za povečanje razmerja C/N in s tem povečamo proizvodnjo bioplina. Poleg tega kot kosubstrate lahko uporabljamo tudi odpadke iz proizvodnje mleka, iz klavnic, iz prehranske industrije, industrije pijač... Za uspešno anaerobno razgradnjo sta pomembni sestava in kvaliteta substrata, zato je potrebno gospodinjske organske odpadke predhodno obdelati (mletje) in sanitirati, kar povzroči nekaj dodatnih stroškov in dodatne porabe energije (Cesaro in Belgiorno, 2014).

ZAKLJUČKI

V Sloveniji imamo le pet kmetijskih bioplinarn, ki anaerobno presnavljajo gnojevko in/ali gnoj rejnih živali ter druge organske odpadke iz agroživilskega sektorja ter na ta način le v majhnem deležu prispevajo k zmanjšanju emisij toplogrednih plinov iz kmetijstva. Dostopnost investicijskih kreditov, državne podpore zeleni energiji, ugodne odkupne cene bioplinske elektrike in zakonodaja pred letom 2011 so vzpodbudile za slovenski prostor neustrezno rast velikih bioplinarn (nad 1 MW_{el}) po letu 2002. Tako večina slovenskih bioplinarn trenutno proizvaja bioplin iz koruze in koruzne silaže. V stremljenju po dobičku so predvsem v SV Sloveniji nekateri živinorejci opustili rejo več sto glav govedi in začeli koruzo pridelovati izključno za proizvodnjo bioplina. Ker so bile investicije v bioplinarne načrtovane v prevelikem obsegu, je večina pomurskih bioplinarn danes v finančnih težavah in ne obratuje s polno zmogljivostjo. Preusmeritev velikih

slovenskih bioplinarn na odpadne agro-živilske substrate je težavna, ker bi bile potrebne dodatne investicije v prilagoditev tehnologij in pridobitev okoljevarstvenih dovoljenj (OVD). Pridobivanje OVD (po Zakonu o varstvu okolja; Ur. list RS, št 39/2006) za velike bioplinarne je v Sloveniji trenutno zelo zapleten postopek, saj OVD nasprotujejo civilne iniciative, podobno kot izbiram lokacij za deponije odpadkov in sežigalnicam. Za kmetijski sektor (in slovenski prostor nasploh) so primerne manjše mikrobioplinarne, ki živinska gnojila in odpadno kmetijsko biomaso predelajo na mestu nastanka, ne obremenjujejo okolja s transportom substratov in digestat (bioplinsko gnojevko) uporabijo za gnojenje kmetijskih površin.

LITERATURA

- Bannink A., Valk H., Van Vuuren A.M. Intake and Excretion of Sodium, Potassium and Nitrogen and the Effects on Urine Production by Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 82(1999), 1008-1018
- Akcijski načrt za obnovljive vire energije za obdobje 2010-2020. 2010. Ljubljana: 134 str.
http://www.mgrt.gov.si/fileadmin/mgrt.gov.si/pageuploads/Energetika/Porocila/AN_OVE_2010-2020_final.pdf (15. maj 2014)
- Al-Mansour F. 2008. Regionalna strategija in akcijski plan za razvoj proizvodnje bioplina v Sloveniji. Ljubljana, Inštitut Jožef Štefan
http://www.kis.si/datoteke/File/kis/SLO/MEH/Biogas/STRATEGIJA_RAZVOJA_BIOPLINSKIH_NAPRAV.pdf (15. maj 2014)
- Amon B., Kryvoruchko V., Amon T., Zechmeister-Boltenstern S. 2006. Methane, nitrous oxide and ammonia emissions during storage and after application of dairy cattle slurry and influence of slurry treatment. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 112: 153–162
- Berglund M. 2006. Biogas Production from a Systems Analytical Perspective. Lund, Lund University, Faculty of Engineering: 59 str.
- Biomethane Regions, 1. novice. 2013. Jejčič V. (ur.). Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 7 str.
http://www.kis.si/datoteke/file/kis/SLO/MEH/Biomethane/D6.1.2_NOVICE_1_BIOMETHANE_REGIONS_JUNIJ_2011.pdf (15. maj 2014)
- Biomethane Regions, 3. novice. 2012. Poje T. (ur.). Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 8 str.
http://www.kis.si/datoteke/file/kis/SLO/MEH/Biomethane/e-novice/NOVICE_3_BIOMETHANE_REGIONS_SEPTEMBER_2012.pdf (15. maj 2014)
- Biomethane Regions, 3. tehnične novice. 2013. Jejčič V. (ur.). Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 17 str.
http://www.kis.si/datoteke/file/kis/SLO/MEH/Biomethane/e-novice/TEHNICNE_NOVICE_3_BIOMETHANE_REGIONS_OKTOBER_2012.pdf (15. maj 2014)
- Biomethane Regions, 4. novice. 2013. Jejčič V. (ur.). Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 8 str.
http://www.kis.si/datoteke/file/kis/SLO/MEH/Biomethane/e-novice/NOVICE_4_BIOMETHANE_REGIONS_MAREC_2013.pdf (15. maj 2014)
- Biomethane Regions, 4. tehnične novice. 2013. Jejčič V. (ur.). Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 10 str.
http://www.kis.si/datoteke/file/kis/SLO/MEH/Biomethane/e-novice/TEHNICNE_NOVICE_4_BIOMETHANE_REGIONS_JULIJ_2013.pdf (15. maj 2014)
- Biomethane Regions, 6. novice. 2014. Jejčič V. (ur.). Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 7 str.
http://www.kis.si/datoteke/file/kis/SLO/MEH/Biomethane/e-novice/NOVICE_6_BIOMETHANE_REGIONS_MAREC_2014.pdf (21. avgust 2014)
- Borroni V., Sakulin C. 2010. Country specific conditions for the implementation of biogas technology, Comparison of Remuneration. *Biogas Regions*: 12 str.
http://www.kis.si/datoteke/File/kis/SLO/MEH/Biogas/PRIMERJAVA_PLACILA_ZA_PROIZVEDENO_ELEKTRIKO.pdf (15. maj 2014)
- Cesaro A., Belgiorio V. 2014. Pretreatment methods to improve anaerobic biodegradability of organic municipal solid waste fractions. *Chemical Engineering Journal*, 240: 24-37
- Christy P. M., Gopinath L. R., Divya D. 2014. A review on anaerobic decomposition and

- enhancement of biogas production through enzymes and microorganisms. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34: 167–173
- Country Specific Conditions and Barriers to Implementation for Anaerobic Digestion Plants in Slovenia. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 19 str.
http://www.kis.si/datoteke/file/kis/SLO/MEH/Biomethane/D2.1.1_COUNTRY_SPECIFIC_CONDITIONS_AND_BARRIERS_REPORT_AIS_SLOVENIA.pdf (15. maj 2014)
- Čater M., Zrec M., Marinšek Logar R. 2014 Methods for improving anaerobic lignocellulosic substrates degradation for enhanced biogas production. *Springer science reviews*, 2: 59-61.
- Deublein D., Steinhauser A. 2008. Biogas from Waste and Renewable Resources. Weinham, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA: 443 str.
- Določanje višine podpor električni energiji proizvedeni iz OVE in SPTE in višine podpor v letu 2014. 2013. Ljubljana, Borzen, organizator trga z električno energijo, d.o.o.: 12 str.
http://www.borzen.si/si/cp/Shared%20Documents/Podpore_slo.pdf (20. dec. 2014)
- Energetska bilanca Republike Slovenije za leto 2013. 2013. Ljubljana, Vlada Republike Slovenije: 82 str.
<http://www.energetika-portal.si/dokumenti/statisticne-publikacije/letna-energetska-bilanca/> (20. dec. 2014)
- Grmek T. 2009. Potencial bioplina v Sloveniji, Zbirno poročilo. Ljubljana, Agencija za prestrukturiranje energetike d.o.o.: 14 str.
http://www.big-east.eu/downloads/fr-reports/ANNEX%203-6_WP2_D2.2_Summary%20Report%20Slovenia-Slovenian.pdf (18. oktober 2014)
- Holdeman, L.V., Cato, E.P., Moore, W.E.C. 1977. Anaerobe laboratory manual, 4th Edition, VPI, Blacksburg, Virginia
- Holm-Nielsen J.B., Al-Seadi T., Oleskowicz-Popiel P. 2009. The future of anaerobic digestion and biogas utilization. *Bioresource Technology*, 100, 22: 5478–5484
- Kranjc N., Mihelič M., Premrl T. 2010. Poročilo o proizvodnji bioplina v Sloveniji. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 15 str.
- Liu X., Yan Z., Yue Z. B. 2011. Biogas. V: *Comprehensive Biotechnology*. Moo-Young M. (ur.). Oxford, Elsevier: 99-144
- Omega Air (<http://www.omega-air.si/index.php?PageID=708>)
- Poje T. 2011. [KM24] Proizvodnja obnovljive energije iz kmetijskih virov. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje
http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=467 (15. maj 2014)
- Pšaker P. 2011. Potencial kmetijstva za proizvodnjo bioplina v Sloveniji. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko: 127 str.
- Starr K., Gabarrell X., Villalba G., Talens L., Lombardi L. 2012. Life cycle assessment of biogas upgrading technologies. *Waste Management*, 32: 991–999
- Verbič J., Mekinda Majaron T. 2013. [KM14] Izpusti metana in didušikovega oksida. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje
http://kazalci.arso.gov.si/print?ind_id=558&lang_id=302 (21. Avgust 2014)
- Worm P., Koehorst J. J., Visser M., Sedano-Núñez V.T., Schaap P. J., Plugge C. M., Sousa D. Z., Stams A. J. M. 2014. A genomic view on syntrophic versus non-syntrophic lifestyle in anaerobic fatty acid degrading communities. *BBA Bioenergetics*
- Ziganshina E. E., Bagmanova A. R., Khilyas I. V., Ziganshin A. M. 2014. Assessment of a biogas-generating microbial community in a pilot-scale anaerobic reactor. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 117, 6: 730-736
- Zakon o varstvu okolja (ZVO-1-UPB1),
 Stran4151.<http://www.uradnilist.si/1/objava.jsp?urlid=200639&stevilka=1682> (15. December 2014)

