

 PROGRAM
RAZVOJA
PODEŽELJA



Evropski kmetijski sklad za razvoj podeželja: Evropa investira v podeželje

ZRS Bistra
P T U J

ZNANSTVENO-RAZISKOVALNO SREDIŠČE BISTRA PTUJ
SCIENTIFIC RESEARCH CENTRE BISTRA PTUJ

ZAKLJUČNO POROČILO

projekta

Proizvodnja in uporaba biooglja na kmetijah za namen izboljšanja tal
in prispevka k blaženju podnebnih sprememb

Pilotni projekt Proizvodnja in uporaba biooglja na kmetijah za namen izboljšanja tal in prispevka k blaženju podnebnih sprememb, se izvaja v okviru ukrepa M16 : Sodelovanje iz Programa razvoja podeželja 2014-2020, podukrep 16.5 Podpora za skupno ukrepanje za blažitev podnebnih sprememb ali prilagajanje nanje ter za skupne pristope k okoljskim projektom in stalnim okoljskim praksam.

ZAKLJUČNO POROČILO projekta

Proizvodnja in uporaba biooglja na kmetijah za namen izboljšanja tal in prispevka k blaženju podnebnih sprememb

Avtorji: dr. Nataša Belšak Šel, ZRS Bistra Ptuj

dr. Denis Stajniko, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede

Erik Rihter, Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede

Ivan Brodjak, Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod Ptuj

Matic Leben, Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Kmetijsko gozdarski zavod Ptuj

Manfred Jakop, KMG Jakop

Uredila: dr. Nataša Belšak Šel

Ptuj, november 2021

Kazalo vsebine:

01	UVOD	6
1.1	Ključni načrtovani cilji projekta	7
02	PROIZVODNJA BIOOGLJA NA KMETIJI	9
2.1	Opis pirolizne peči KOPI.....	9
2.2	Energetska in ekonomska bilanca delovanja pirolizne peči KOPI na kmetiji.....	13
2.2.1	Ekonomika priprave ali nakupa sekancev	13
2.2.1.1	Poraba energije za izdelavo lesnih sekancev	14
2.2.2	Ekonomika proizvodnje biooglja na kmetiji	14
2.2.2.1	Mokri sekanci – poraba energije za sušenje	15
2.2.2.2	Obratovanje pirolizne peči.....	16
2.2.3	Energetska bilanca pirolizne peči.....	17
2.2.4	Sekvestracija ogljika	18
2.3	Analiza proizvedenega biooglja na kmetiji.....	19
03	POLJSKI POSKUS NA KMETIJAH.....	22
3.1	Zasnova poljskega poskusa.....	22
3.1.1	Sadike.....	22
3.1.2	Skica poljskega rastnega poskusa	22
3.1.3	Preračun potrebnih količin gnojil za poljska poskusa	23
3.1.4	Aktivacija biooglja	24
3.2	Poljski rastni poskus	27
3.2.1	Poljski rastni poskus na kmetiji Vogrinec	27
3.2.2	Poljski rastni poskus na kmetiji Jakop	28
3.3	Rezultati poljskega poskusa.....	30
3.4	Analize zemlje	37
04	ZAKLJUČEK.....	39

Kazalo slik:

Slika 1: Pirolizna peč na kmetiji.....	9
Slika 2: Model zalogovnika biomase.	10
Slika 3: Transportni sistem iz zalogovnika do pirolizne peči in pirolizna peč.....	10
Slika 4: Toplovodni sistem iz pirolizne peči.....	11
Slika 5: Transportni sistem za bioogljje in skladiščenje proizvedenega bioogljja.	11
Slika 6: Nasipavanje bioogljja iz zalogovnika v vrečo.	12
Slika 7: Proizvedeno bioogljje iz pirolizne peči KOPI.....	12
Slika 8: Krmilni sistem pirolizne peči.....	13
Slika 9: Porabljena energija za izdelavo sekancev glede na energijo, ki jo pridobimo iz sekancev	14
Slika 10: Zalogovnik (sušilna komora) za bioomaso pri pirolizni peči KOPI.	15
Slika 11: Pirolizna naprava KOPI postavljena na kmetiji Vogrinec v Skorbi	16
Slika 12: Bioogljje Avstrijskega proizvajalca Sonnenerde, podatki iz november 2021.	17
Slika 13: Cena različnih pakiranj bioogljja proizvajalca Sonnenerde.	17
Slika 14: Mešanje bioogljja in komposta.	24
Slika 15: Navlaženo in premešano aktivirano bioogljje	25
Slika 16: Pokrito aktivirano bioogljje	25
Slika 17: Lokacija poljskega poskusa na kmetiji Vogrinec	27
Slika 18: Njiva z označenim območjem poljskega poskusa – Skorba.....	27
Slika 19 a – f: Rast zelja na poljske rastnem poskusu na kmetiji Vogrinec	28
Slika 20: Lokacija poljskega poskusa na kmetiji Jakob	29
Slika 21: Njiva z označenim območjem poljskega poskusa – Biš	29
Slika 22 a-e: Rast zelja na poljske rastnem poskusu na kmetiji Jakob	30
Slika 23: Skupni pridelek zelja na lokaciji Biš.	33
Slika 24: Skupni pridelek zelja na lokaciji Skorba.....	34
Slika 25: Tržni pridelek zelja na lokaciji Biš.	34
Slika 26: Tržni pridelek zelja na lokaciji Skorba.....	35
Slika 27: Obseg glave zelja na lokaciji Biš.....	35
Slika 28: Povprečna masa tržne glave na lokaciji Biš.	35
Slika 29: Obseg glave zelja na lokaciji Skorba.	36
Slika 30: Povprečna masa tržne glave zelja na lokaciji Skorba.....	36

Kazalo tabel:

Tabela 1: Analiza vzorcev biooglja, proizvedenega s prilolizno pečjo KOPI	20
Tabela 2: Analiza aktiviranega biooglja.....	26
Tabela 3: Agrotehnični ukrepi na obeh lokacijah pilotnega poljskega poskusa	31
Tabela 4: Skupni in tržni pridelek zelja na obeh lokacija pilotnega poljskega poskusa.	32
Tabela 5: Odstotek tržnega pridelka in število glav na posamezno parcelo.	32
Tabela 6: Obseg in povprečna masa glav zelja.....	33
Tabela 7: Analiza zemlje na lokaciji Skorba pred pilotnim poskusom in po pilotnem poskusu.	37
Tabela 8: Analiza zemlje na lokaciji Biš pred pilotnim poskusom in po pilotnem poskusu.	37



01 UVOD

Ena od prioritet Skupne kmetijske politike po letu 2020 bo spodbujanje trajnostnega kmetijstva s shranjevanjem ogljika v tleh. Shranjevanje ogljika in s tem povečanje organske snovi v zemlji predstavlja enega od temeljev trajnostnega kmetijstva. V tem pogledu bo imelo kmetijstvo tudi veliko vlogo v boju proti podnebnim spremembam.

Danes se kažejo negativne posledice intenzivnega kmetijstva, katerega vodi načelo čim večjih donosov, kot so: kompaktirana tla z manjšo vsebnostjo organske snovi, onesnaženost tal zaradi pretirane uporabe umetnih gnojil in fitofarmaceutvskih sredstev, povečana onesnaženost vodotokov in podtalnice zaradi izpiranja rastlinskih hranil, porušeni naravni habitati in osiromašena tla, v katerih so umetna gnojila in pesticidi uničili življenje, visok delež izpustov toplogrednih plinov s strani kmetijstva, itd.

Bioogljje je produkt termične obdelave biomase z omejeno količino prisotnega kisika (piroliza). V kmetijstvu se uporablja kot dodatek h krmi za živali, dodatek h kompostu, dopolnilo k tlom in dodatek za obdelavo tekočega gnoja. Uporablja se za izboljšanje zdravja živali in rastlin, za zniževanje izgub hranilnih snovi z izhlapevanjem ali izpiranjem, za preprečevanje erozije tal in za izboljšanje zadrževanja vode v tleh, za dvig vsebnosti ogljika v tleh in za vzpostavitev trajnostno rodovitnih tal v kmetijstvu.

Da bi lahko začeli intenzivno uporabljati bioogljje v kmetijstvu, je potrebno vzpostaviti proizvodnjo ustreznega in certificiranega biooglja na ekonomičen način. Lastna proizvodnja biooglja bi kmetom omogočala uporabljati lastno biomaso kot je manjvreden les, rastlinski ostanki in različni gnoji.

Eden ključnih pogojev za proizvodnjo kakovostnega biooglja je dobra pirolizna peč. Ker pri procesu pirolize nastaja tudi toplota, je iz ekonomskega vidika, najboljša izbira take peči, ki omogoča pridobivanje biooglja ob hkratni energetski izrabi biomase. Gre torej za soproizvodnjo – snovno in energetsko izrabo biomase, kar je bistveno bolj učinkovito kot le posamezna raba. Tako peč se tako uporabljajo kot peč za ogrevanje zgradb, farm ali rastlinjakov. Proizvedeno bioogljje je stabilno in se lahko skladišči za daljše časovno obdobje, tako si ga lahko v zimskem času proizvedemo večje količine, ko je potreba po ogrevanju večja, in ga med rasno sezono uporabimo. Pojavljajo se še številna vprašanja o ekonomski upravičenosti proizvodnje biooglja, npr. v povezavi z visokimi stroški transporta odpadne biomase, strošek skladiščenja, sušenjem biomase. . Pred samim postopkom pirolize je potrebno material posušiti. To predstavlja dodaten strošek energije in dela. Peč, ki jo bomo uporabili v projektu ima to prednost pred drugimi pečmi, da je sušilnik biomase del pirolizne peči in tako se v prvi fazi biomasa posuši in nato avtomatsko dovaja v reaktor, kjer poteka proces pirolize za proizvodnjo biooglja.

Dodajanje aktiviranega biooglja ima blagodejne in dolgoročne učinke na ravnovesje tal. Izboljšuje zadrževanje vode, ionsko izmenjevalno kapaciteto tal, njegova porozna struktura pa nudi habitate za koristne talne mikroorganizme in tako spodbuja in podpira življenje v tleh. V enem gramu biooglja je namreč lahko za 400 m² površine. Bioogljje je ostanek kogeneracije električne in toplotne energije iz lesnih peletov s postopkom pirolize. Ogljik, ki bi pri izgorevanju lesa ob prisotnosti kisika šel v zrak v obliki CO₂, se pri pirolizi shrani v oglju. Ko takšno oglje vgradimo v tla, shranimo ogljik v tleh in preprečimo uhajanje v atmosfero. Bioogljje samo po sebi je le ogrodje, niša in habitat, ki ga je potrebno pred vgrajevanjem v tla aktivirati s hranili, minerali in mikroorganizmi. Neobdelano oglje ni primerno kot izboljševalec tal, ker deluje kot spužva in najprej veže nase vse snovi iz svoje okolice. To namreč najprej veže hranila iz tal nase in jih šele nato postopoma sprošča. Zato je pomembno, da pore biooglja najprej napolnimo s hranili in koristnimi mikroorganizmi, preden oglje vdela v tla.

Priporočeno je bioogljje nasičiti s hranili in vodo, kolonizirati z mikroorganizmi ali z oksidacijskim staranjem povečati CEC na največjo možno vrednost. Pri nasičevanju biooglja veljajo naslednja osnovna načela: prisotne mora biti zadosti vlage za topljenje hranil in nasičevanje por, velika različnost organskih hranil, pomembna hranila za mikrobno kolonizacijo sta ogljik in dušik, C/N razmerje substrata z bioogljem naj bi znašal od 25 do 35, nasičevanje mora trajati vsaj 14 dni.

Nasičevanje biooglja z dodatkom komposta predstavlja najboljši način za pridelavo substratov podobnim Terra Preti, saj ima visoko mikrobnost stimulacijo, hranila so vgrajena v kompleksne organske spojine, končni substrat pa je podoben humusu. Bioogljje lahko nasičimo tudi z gnojem. Pri tej metodi ne kompostiramo, zato moramo gnoj hraniti najmanj eno leto pred uporabo. Najbolje je, da bioogljje uporabljamo že kot steljo za gnoj. Tretja možnost je, da bioogljje redno vmešavamo v greznico. Bioogljje lahko nasičimo tudi s tekočimi gnojili. Namesto NPK gnojila je bolje uporabiti tekoče organsko gnojilo (npr. gnojevka). V tem primeru ne gre za mikrobnost kolonizacijo, saj bo ta potekala v tleh. Za nasičevanje se lahko uporabi tudi Bokashi metoda.

Aktivirano bioogljje prinaša veliko koristi za same lastnosti, strukturo in živost tal. Zato ima potencial izboljševalca tal. Vsebnost ogljika v aktiviranem biooglju je vsaj 50 %, ogljik je stabilno uskladiščen za več sto let. Bioogljje pospešuje nastanek humusa, kar izboljša rodovitnost tal, zaradi česar tla postanejo boljši shranjevalec ogljika. Zaradi boljšega zadrževanja vode pa so bolj prilagojena na posledice podnebnih sprememb, kot so suše in nalivi.

Pozitivne spremembe kot so zmanjšana volumska gostota, povečana poroznost, vodno-zadrževalna sposobnost, pH in zaloga hranil, pozitivno vplivajo tudi na biomaso, številčnost in aktivnost mikrobov v tleh. Zaradi velike specifične površine, poroznosti in številčnosti por različnih velikosti, bioogljje nudi (varno) življenjsko okolje za mikroorganizme ter spodbudi njihovo rast. Po dodatku biooglja naj bi se količina mikroorganizmov v povprečju povečala tudi za 18 %. Na različen vpliv na biomaso mikroorganizmov v tleh najbolj vpliva odmerek biooglja. Rezultati raziskav poudarjajo, da je vpliv uporabe biooglja na sestavo mikrobnih združb v tleh zapleten, ker bistveno vpliva na fizikalne in kemijske lastnosti tal, kar lahko nato privede do kompleksnih interakcij, ki vplivajo na značilnosti talne mikrobne združbe.

Kompost je najboljše gnojilo

Prednosti komposta je zelo veliko. Zato je resnično smiselno posvetiti nekaj več časa in dela temu, da iz živalskih in rastlinskih ostankov naredimo idealno gnojilo za naše rastline. - Kompost vsebuje že preperelo organsko snov in ima le redko negativen vpliv na okolico, podtalnico, talne organizme... - Ker je snov že preperela, sta volumen in teža komposta nižja od vhodnega materiala, zato je prevoz lažji in bolj ekonomičen. - Kompost, posebej tisti, pridelan na kmetiji, vsebuje podobno ali enako mikrofloro in favno kakor zemlja na njivi, zato ne povzroča nestabilnosti v samem sistemu mikroorganizmov v tleh - Ob primernem stanju (vlaga, toplota, zrak) tal se procesi mineralizacije organske snovi takoj nadaljujejo, hranila so rastlinam hitro dostopna. - Vedeti je potrebno, da kompostni kup ni koš za smeti. Dobro organsko gnojilo je lahko samo strokovno kompostiran organski material s kmetije, vrta in/ali gospodinjstva. Kompostni kup moramo vedno narediti namerno, ga sestaviti, vzdrževati, kar pa zahteva nekoliko več dela, vendar je končni rezultat vreden truda. Proces kompostiranja je biološko – kemični proces, ki mora pravilno potekati, da je rezultat tega gnojilo za rastline. Za kompostiranje je potrebno zračno in vlažno okolje, da v pravem času začnejo delovati pravi organizmi. Kompostni kup sestavljamo navadno v jeseni, čeprav bi bilo zaradi toplote bolje to narediti spomladi. Vendar imamo v jeseni na razpolago veliko več rastlinskih ostankov. Ker potrebujemo vlago, za kompostni kup izberemo senčno mesto. Nemci so celo ugotovili, kateri grmi naj bi bili najbolj primerni za senčenje kompostnega kupa. To naj bi bila leska in bezeg. Oba grma sta tudi drugače uporabna, leska nam da sladke lešnike za praznične potice, bezeg pa je koristna rastlina v ekološkem vrtnarjenju, pa tudi zdrav, osvežilen sok lahko naredimo tako iz cvetov, kakor iz plodov, ki so lahko še naravno barvilo. Kompost iz gospodinjskih odpadkov vsebuje na 1 tono okoli 10 – 15 kg N, 4 kg P₂O₅ in 7 kg K₂O, kompost iz odpadkov zelenjavnega vrta pa okoli 6 kg N, 3 kg P₂O₅ in 5 kg K₂O. Dušik (N) iz zrelega komposta deluje praviloma zelo počasi. Prvo leto se ga sprosti 10 - 20%, pozneje še manj. (Mihelič in sod., 2010). Zato tudi s kompostom gnojimo v kolobarju in seveda v odvisnosti od posamezne vrtnine.

1.1 Ključni načrtovani cilji projekta

- **proizvodnja kakovostnega biooglja na kmetiji.** Rezultat: proizvedene zadostne količine biooglja preverjene kakovosti (dokazano z analizami) za izvedbo poljskih poskusov na dveh kmetijah, partnericah v projektu. Korist od tega bo imela kmetija, saj se bodo kmetje seznanili s samim postopkom, uporabili bodo lahko odpadno biomaso in s tem skrbeli za zaključen krog biomase na kmetiji. Imeli bodo tudi ekonomsko

korist – biooglja jim ne bo potrebno kupovati na trgu. Viške doma pridelanega biooglja pa bodo lahko prodali drugim kmetijam.

- **Aktivacija biooglja na kmetiji** – predstaviti kmetom zakaj je aktivacija biooglja tako pomembna in kako jo izvesti pred uporabo na njivah. Korist bodo imeli kmetje, kot tudi kmetijski svetovalci, ki jim ta tematike še ni poznana. Rezultat: aktivirano (nasičeno) biooglje s hranili, vlago in mikroorganizmi. Uspešnost aktivacije bo dokazana z analizami.

- **Uporaba aktiviranega biooglja na dveh poljskih poskusih.** Rezultat: rezultati poskusa dodajanja različnih količin aktiviranega biooglja izbrani zelenjadnici – vpliv na prirast zelenjadnice in na vrednosti hranil v zemlji (dokazano z analizami). Korist bodo imeli kmetje, kmetijski svetovalci, strokovnjaki iz področja kmetijstva.

S pilotnim projektom smo pridobili rezultate iz dejanskih poskusov uporabe aktiviranega biooglja na kmetijskem področju iz naše regije, s tem smo pridobili podatke, kako se uporaba aktiviranega biooglja odnese v naših tleh in bo to lahko podlaga za izdelavo nadaljnjih priporočil o uporabi biooglja na kmetijskih površinah.

02 PROIZVODNJA BIOOGLJA NA KMETIJI

Pirolizno peč smo postavili na kmetiji Vogrinec v Skorbi.



Slika 1: Pirolizna peč na kmetiji.

2.1 Opis pirolizne peči KOPI

Novo razvita pirolizna peč KOPI, ki je jo razvilo podjetje ZRS Bistra Ptuj v sodelovanju s podjetjem GREGA-JK d.o.o., je sestavljena iz več sklopov. Prvi sklop je zalogovnik oziroma sušilna komora za biomaso, v kateri je vgrajen 22 kW grelec za sušenje biomase. Grelec porablja energijo (toploto) pridobljeno s procesom pirolize. Pod grelcem je vgrajen ventilator, kateri skozi porozno dno zalogovnika piha vroč zrak in suši lesno biomaso, saj je za proces pirolize potrebna suha biomasa. Zalogovnik, oziroma sušilna komora, je obdana z izolacijo in je iz zunanje strani dolga 2100 mm, široka 2100 mm in v višino meri 3000 mm. Zalogovnik za lesno biomaso sprejme 6 m³ biomase lesnih sekancev. Na vrhu zalogovnika so vgrajena drsna vrata za zapiranje zalogovnika.



Slika 2: Model zalogovnika biomase.

V zalogovniku je vgrajen transportni polž, ki lesne sekance transportira v manjši vmesni zalogovnik pred pirolizno pečjo. Iz vmesnega zalogovnika se sekanci transportirajo neposredno v pirolizno peč preko dozirne cevi.



Slika 3: Transportni sistem iz zalogovnika do pirolizne peči in pirolizna peč

Glavni del pirolizne peči je reaktor, kateri je opremljen, s temperaturnimi sondami, s fenom za vžig lesne biomase, z ventilatorjem za podpih, s katerim dovajamo zrak v samo komoro, z ventilatorjem za vlek, kateri odvaja dimne pline skozi dimnik, na dnu reaktorja pa je vsipni lijak, kjer se zbira proizvedeno bioogljje in kjer je pritrjen transportni polž za odvzem bioogljja.

Pri procesu pirolize, se del energije skladišči v biooglju, del pa je v obliki toplote namenjen za ogrevanje. Tako se del toplotne energije porabi za sušenje sekancev v zalogovniku, del toplotne energije pa je na voljo za segrevanje stavb, rastlinjakov, delavnic itd.



Slika 4: Toplovodni sistem iz pirolizne peči.

Za pirolizno pečjo sledi sklop za odvzem biooglja iz reaktorja. Na spodnji vsipni del reaktorja je nameščen transportni polž za odvzem biooglja. Na transportnem polžu sta nameščeni dve razpršilni šobi, kateri sta priklopljeni na vodovodno omrežje. Proizvedeno biooglje naškropimo z vodo, da ga ohladimo in preprečimo pretirano prašenje. Na vrhu transportnega polža za biooglje je nameščen manjši zalogovnik za biooglje. Na dnu zalogovnika je loputa, preko katere lahko nadzorujemo nasipanje biooglja v vrečo, ki je nameščena pod tem zalogovnikom.



Slika 5: Transportni sistem za biooglje in skladiščenje proizvedenega biooglja.



Slika 6: Nasipavanje biooglja iz zalogovnika v vrečo.



Slika 7: Proizvedeno biooglje iz pirolizne peči KOPI.

Delovanje pirolizne peči je avtomatizirano, delovanje posamezne komponente se nadzira in regulira preko krmilnega sistema.



Slika 8: Krmilni sistem pirolizne peči.

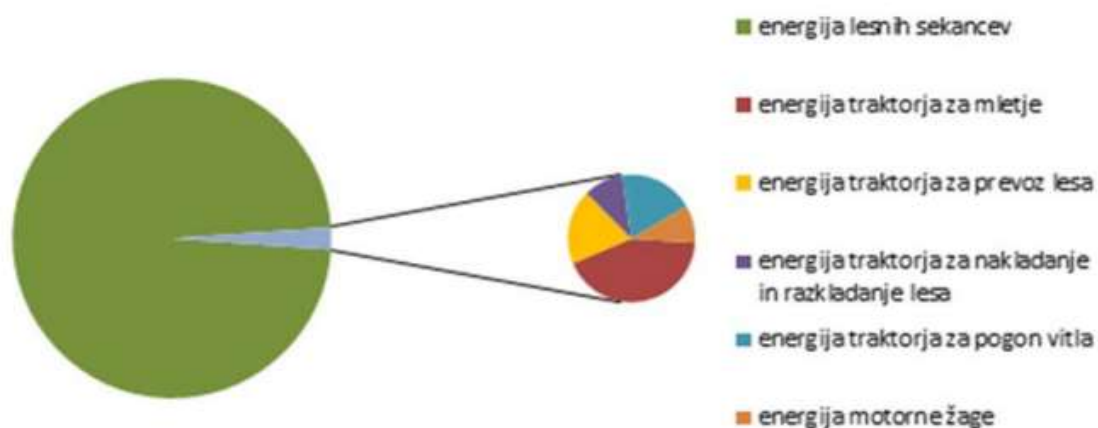
2.2 Energetska in ekonomska bilanca delovanja pirolizne peči KOPI na kmetiji

2.2.1 Ekonomika priprave ali nakupa sekancev

Za proizvodnjo kakovostnih lesnih sekancev, uporabnih za kotle majhne in srednje zmogljivosti, za vhodno surovino uporabljamo (neposredno iz gozdov) okrogli les iglavcev in listavcev slabše kakovosti ter sečne ostanke. Veje manjšega premera (pod 5 cm) so nezaželene zaradi relativno visokega deleža skorje. Večji delež skorje pomeni večji delež pepela.

Pri izdelavi sekancev iz sečnih ostankov je pomembno vprašanje ekonomičnosti celotne proizvodnje (spravilo sečnih ostankov do vlake ali gozdne ceste, izdelava sekancev na gozdni cesti ali vlaki). V Sloveniji je pri sečnji še vedno najpogostejša uporaba motorne žage, sledi spravilo lesa s traktorjem. Pri taki tehnologiji, pri sortimenti metodi in pri manjši koncentraciji sečnje (redčenja) je iznos sečnih ostankov zamudno in težavno delo. Vendar trenutno še ne razpolagamo z lastnimi študijami porabe časa in skupnih stroškov izdelave zelenih sekancev v primeru teh tehnologij. Dokazano bolj ekonomična je izdelava zelenih sekancev v primeru spravila z žičnim žerjavom in pri drevesni metodi, saj se v tem primeru sečni ostanki zbirajo na kupih ob stojišču stroja. Pri strojni sečnji in spravilu z zgibnim polprikoličarjem pa se količina razpoložljivih sečnih ostankov bistveno zmanjšana zaradi uporabe sečnih ostankov za zmanjševanje negativnih vplivov strojev na gozdna tla (polaganje sečnih ostankov na vozne poti in vlake).

2.2.1.1 Poraba energije za izdelavo lesnih sekancev



Slika 9: Porabljena energija za izdelavo sekancev glede na energijo, ki jo pridobimo iz sekancev

Na Sliki 1 je viden delež energije, ki se porabi pri pridobivanju lesa iz gozda do izdelave lesnih sekancev. Porabo goriva so spremljali dalj časa v okviru projekta Intelligent Energy Europe Efficient 20, ki ga je Kmetijski inštitut izvajal tudi na kmetiji Potokar. Ker so stroški goriva v kmetijstvu precej visoki, je bil cilj projekta zmanjšati porabo goriva. Gorivo so merili tako, da so pred vsakim delom natočili poln rezervoar goriva, po končanem delu dotočili in izmerili, koliko goriva so porabili za opravljeno delo. S pravilno nastavljenimi, redno servisiranimi, dobro vzdrževanimi in pravilno upravljanimi stroji, je poraba goriva relativno nizka.

Motorna žaga Stihl 290 je porabila 10 L bencina, ki ima energijsko vrednost 87,68 kWh.

Traktor Lamborghini 600 DT je za pogon vitla Krpan 5 EH porabil 18 l plinskega olja, kar je 175,95 kWh energije. Za nakladanje lesa v gozdu in razkladanje z gozdarsko prikolico z dvigalom Palm 840 so porabili 2 uri in med tem porabili 8 l plinskega goriva.

Za izdelavo sekancev so uporabili sekalnik Bider TS30, ki ga je poganjal traktor Steyr 9094. Pogonski traktor je imel vrtilno hitrost na priključni gredi 540 min⁻¹. Vrtilna hitrost motorja je bila 2100 min⁻¹. V tem času so porabili 40 l plinskega olja. 0,94 % energije lesa je bila potrebna za mletje celega lesa. S to energijo so naredili sekance, katerih kurilna vrednost je 41750 kWh. **Energija goriva, ki so ga porabili za spravilo lesa iz gozda in izdelavo sekancev je 2,2 % energije, ki jo pridobimo iz sekancev.**

Storitve izdelave sekancev opravlja skoraj 60 % vseh lastnikov sekalnikov. Cene storitev so v razponu od 2,5 do 6 €/nm³ (brez DDV) in so odvisne predvsem od vrste vhodne surovine, količine sekancev ter samega mesta izdelave. V kurilni sezoni 2015/2016 je povprečna cena najbolj prodanih sekancev (vsebnost vode okoli 30 % in velikost delcev okoli 35 mm) znašala 67 €/t. Na ceno dostavljenih sekancev vplivajo tudi stroški prevoza, ki se zaračunavajo na število prevoženih kilometrov ali na količino dostavljenih sekancev. Cena sekancev brez dostave je do 16 % nižja.

Oktober 2021 – Žaga LKF Ptuj: cena 1nm³ svežih sekancev = 25 EUR (brez DDV in brez prevoza)

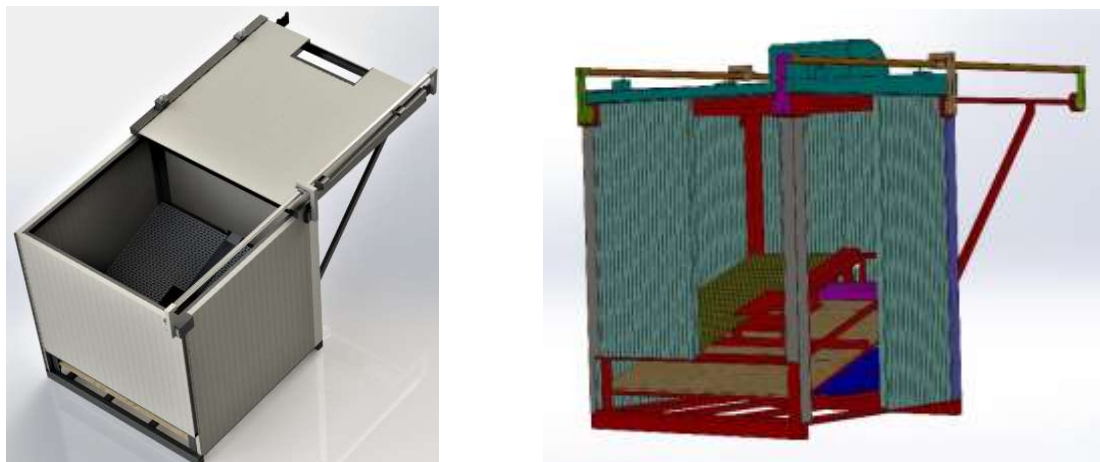
Oktober 2021 – Tisa d.o.o.: cena 1nm³ svežih sekancev = 25 EUR (brez DDV in brez prevoza)

Marec 2021 – Žaga LKF Ptuj: Cena 1nm³ svežih sekancev = 20 EUR (brez DDV in brez prevoza)

2.2.2 Ekonomika proizvodnje biooglja na kmetiji

Za izračun ekonomike proizvodnje biooglja na kmetijah so kot vhodna biomasa uporabljeni podatki za sekance.

Novo razvita pirolizna peč KOPI, je sestavljena iz več sklopov. Prvi sklop je zalogovnik oziroma sušilna komora za biomaso, v našem primeru so to leseni sekanci. Pirolizna peč ima v zalogovniku (sušilni komori) vgrajen 22 kW grelec za sušenje biomase. Grelec porablja energijo (toploto) pridobljeno s pirolizo. Pod grelcem je vgrajen ventilator, kateri skozi porozno dno zalogovnika piha vroč zrak in suši lesno biomaso, saj je za proces pirolize potrebna suha biomasa. Zalogovnik za lesno biomaso sprejme 6 m^3 biomase lesnih sekancev.



Slika 10: Zalogovnik (sušilna komora) za biomaso pri pirolizni peči KOPI.

Gostota mokrih sekancev ($w = 35 \%$) je približno 225 kg/nm^3 , kar pomeni, da imamo lahko v polnem zalogovniku približno 1,35 t mokrih sekancev.

Gostota suhih sekancev je približno 170 kg/nm^3 , kar pomeni, da po sušenju dobimo sekance z vlažnostjo $w = 6 - 15 \%$, kar predstavlja približno 1 t sekancev v zalogovniku.

2.2.2.1 Mokri sekanci – poraba energije za sušenje

Pirolizna naprava porabi za obratovanje 20 kg suhe biomase na uro, iz katere nastane približno 5 kg biooglja na uro.

To pomeni, da za neprekinjeno dnevno obratovanje pirolizne peči potrebujemo:

$20 \text{ kg suhih sekancev/h} \times 24 \text{ h} = 480 \text{ kg suhih sekancev na dan.}$

To pa pomeni, da za en dan konstantnega obratovanja pirolizne peči potrebujemo približno polovico zalogovnika suhih sekancev.

Najbolj idealno bi bilo, da bi dnevno dodali v zalogovnik približno 3 nm^3 svežih sekancev, ki bi se ravno posušili do naslednjega dne, ko bi jih uporabili v pirolizni peči za proizvodnjo biooglja.

3 nm^3 z gostoto $225 \text{ kg/nm}^3 = 650 \text{ kg sekancev (} w = 35 \%)$, kar pomeni, da je v 650 kg svežih sekancev 236 kg vode.

Na kurilno vrednost najbolj vpliva vlažnost lesa oziroma vsebnost vode. V procesu zgorevanja lesa voda izhlapeva, pri tem pa se porablja energija. **Za izhlapevanje 1 kg vode potrebujemo 0,68 kWh energije.** Torej: več kot je vode v lesu, več energije porabimo za njeno izhlapevanje in manj je ostane za naše ogrevanje!

Za izhlapevanje 236 kg vode bi potrebovali:

$236 \text{ kg} \times 0,68 \text{ kWh} = 160 \text{ kWh na dan (oz. za } 3 \text{ nm}^3 \text{ svežih sekancev)}$

2.2.2.2 Obratovanje pirolizne peči



Slika 11: Pirolizna naprava KOPI postavljena na kmetiji Vogrinec v Skorbi

Konstantno obratovanje (24h/7dni) v kurilni sezoni, to je od 6 do 8 mesecev

Ogrevalna sezona po Sloveniji v večini nižinskih krajev z nadmorsko višino do 500 m traja okoli 6 do 8 mesecev. To pomeni, da mora biti naprava za ogrevanje v pripravljenosti od 4500 do 6000 ur.

Povprečje 7 mesecev \times 30 dni = 210 dni \times 24 ur = 5040 ur \sim 5000 ur

5000 ur \times 20 kg suhe biomase (sekancev) = 100000 kg = 100 t suhe biomase (oz. približno 135 t svežih sekancev ($w = 35\%$), kar je 600 nm^3 svežih sekancev.

V tem obdobju bi lahko proizvedli 25 t biooglja.

Glede na to, da je nasipna teža biooglja približno 150 kg/m^3 , predstavlja 25 t biooglja približno 166 m^3 biooglja (ali 166 big bag vreč)

Tržna cena biooglja:



Slika 12: Bioogljje Avstrijskega proizvajalca Sonnenerde, podatki iz november 2021.

2 m³ bioogljja Avstrijskega proizvajalca Soneneerde ima ceno 589 EUR. Če to primerjamo s količino našega provedenega bioogljja pridemo do vrednosti 48.887 EUR za 166 m³ bioogljja.

Za primerjavo:

Pakiranje 1,2 m³ = 379 EUR, torej je količina 166 m³ vredna 52.428 EUR

Pakiranje 30 L = 26,90 EUR, torej je količina 166 m³ vredna 148.886 EUR



Slika 13: Cena različnih pakiranj bioogljja proizvajalca Sonnenerde.

Vir: <https://www.blooming.at/sonnenerde/pflanzkohle> (2. 11. 2021)

2.2.3 Energetska bilanca pirolizne peči

Moč pirolizne peči je 26 kW (93600000 J/h = 93,6 MJ/h)

Če bi jo uporabljali izključno za ogrevanje, bi z njo lahko ogrevali približno 300 m² prostorov.

V eni uri iz 20 kg suhe biomase pridobimo:

1) masna bilanca

Iz 1 kg posušenih sekancev (10 % vlage) dobimo 0,250 kg Bioogljja ali drugače 1/4 teže sekancev se pretvori v BO. Rečemo lahko tudi, da 4 tone suhih sekancev (10 % vlage) dajo 1 t BO.

Iz 20 kg/h sekancev pridobimo 5 kg bioogljja.

2) toplotna bilanca

1 kg suhih sekancev (10 % vlage) se v procesu pirolize pretvori v BO in toploto:

- Bioogljje (kot gorivo) v sebi shrani 45 % energije;
- 26 % energije iz lesnih sekancev nam ostane v obliki koristne toplote (v obliki vroče vode),
- 29 % energije pokriva izgube in delovanje procesa

(vir: Dušan Klinar, Universal model of slow pyrolysis technology producing biochar and heat from standard biomass needed for the techno-economic assessment, Bioresource Technology, Volume 206, 2016, Pages 112-120, ISSN 0960-8524, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.01.053>)

$45 \% + 26 \% + 29 \% = 100 \%$

5 kg/h BO (45 %) + 94 MJ/h (26 %) + izgube in delovanje procesa (29 %)

94 MJ/h vroče vode porabimo za sušenje sekancev in segrevanje prostorov.

Za sušenje 3m³ svežih sekancev na dan porabimo 160 kWh (24 h), torej v eni uri porabimo 6,67 kW = 24012000 J/h = 24,0 MJ/h

Iz tega sledi:

$94 \text{ MJ/h} - 24,0 \text{ MJ/h} = 69,6 \text{ MJ/h}$

Torej 25 % proizvedene energije pirolizne peči porabimo za sušenje sveže biomase v zalogovniku.

Iz pirolizne peči KOPI tako pridobimo:

69 MJ/h toplotne energije + 5 kg/h bioogljja

$69 \text{ MJ/h} = 69000000 \text{ J/h} = 19166,67 \text{ J/s} = 19,17 \text{ kW}$

To pomeni, da še vedno ostane dovolj toplotne energije za ogrevanje približno 200 m² prostorov.

2.2.4 Sekvestracija ogljika

Med rastjo rastline zbirajo CO₂ iz ozračja in iz njega ustvarjajo biomaso, ki vsebuje ogljik. Ko ostanki rastlin razpadejo, se ta ogljik ponovno sprosti kot CO₂. Namesto, da bi to dopustili, lahko s pomočjo pirolize približno polovico v rastlinah shranjenega ogljika spremenimo v dokaj stabilno neaktivno obliko, to je bioogljje, ki ga dodamo prsti. V tem primeru gre za tako imenovano sekvestracijo ogljika. Ker proizvodnja in uporaba bioogljja odstrani iz ozračja več CO₂, kot pa ga je v ozračje sproščenega, govorimo o ogljikovo negativni tehnologiji (carbon-negative process). Torej je proces pridelave bioogljja ravno nasproten od procesa gorenja, ki zmanjšuje ogljični odtis. (Vir: <https://www.gajin-vrt.com/bioogljje-ozivi-in-trajno-izboljsa-strukturo-zemljo/>)

Bioogljje ostane v tleh stoletja, saj je zelo odporen proti razgradnji mikrobov. Med izgorevanjem je molekularna struktura biomase preurejena v obliko, ki je zelo stabilna v tleh, kar pomeni, da skladišči ogljik več stoletij. Prav tako dodajanje bioogljja zmanjša izpiranje hranil in mineralov v podtalnico. Prisotnost bioogljja v tleh zmanjša nastajanje toplogrednih plinov, kot sta dušikov oksid in metan. Iz tal nase veže težke kovine in pesticide - v tleh zmanjša njihovo biodostopnost. K tlom je priporočeno, da dodajamo samo aktivirano bioogljje. Če bi ga dodali k tlom neaktiviranega, bi namreč trajalo leto ali dve, da bi se v njem naselili mikroorganizmi, v vmesnem času pa bi s svojo sposobnostjo vezave hranil in vode lahko poslabšal rodovitnost. (Vir: <https://www.linkedin.com/pulse/vpliv-bioogljja-na-izbolj%C5%A1anje-tal-bo%C5%A1tjan-grabner/?articleId=6632951311652438017>)

V poljskem poskusu za namen pilotnega projekta smo uporabili bioogljje v odmerku 3 t/ha.

V eni kurilni sezoni bi s pirolino pečjo lahko proizvedli do 25 t bioogljja

Kar pomeni, da bi s pirolizno pečjo KOPI lahko proizvedli bioogljje za uporabo na 8 ha kmetijskih zemljišč.

2.3 Analiza proizvedenega biooglja na kmetiji

Evropski certifikat za biooglje je bil razvit, da bi omejili tveganja uporabe biooglja v skladu z najboljšimi znanstvenimi spoznanji in pomagali uporabnikom in proizvajalcem biooglja preprečiti ali vsaj zmanjšati kakršno koli nevarnost za zdravje in okolje med proizvodnjo in uporabo biooglja.

Cilj smernic Evropskega certifikata za biooglje je spodbuditi in zagotoviti nadzor proizvodnje in kakovosti biooglja na podlagi dobro raziskanih, pravno podprtih, ekonomsko izvedljivih in praktično uporabnih procesov. Uporabniki biooglja in izdelkov na osnovi biooglja bodo imeli koristi od preglednega in preverljivega spremljanja ter zagotavljanja kakovosti. (Vir: EBC: <https://www.european-biochar.org/en>)

Pri analizah biooglja iz pirolizne peči KOPI smo se ravnali po določbah iz Evropskega certifikata za biooglja.

Tabela 1: Analiza vzorcev biooglja, proizvedenega s prilolizno pečjo KOPI

	enota	BO Skorba 2021-1566 8. 9. 2021	BO Skorba 2021-1715 21. 9. 2021	zahvete po EBC (EBC Feed -Class I)	zahvete po EBC (EBC AgroBio -Class II)	zahvete po EBC (EBC Agro Class III)
Elementarna analiza						
C-total, Corg, H, N, O, S, ash						
Celotni organski ogljik (TOC)	%	57,54	65,38			
Celotni ogljik - C	%	62,04	70,86			
Žarična izguba/Organska snov (C _{org})	% s. s.	75,79	91,30			
Žarični ostanek (ash)	% s. s.	24,21	8,7			
Vodik - H	%	1,93	2,25			
Celotni dušik - N	%	0,96	0,456			
kisik - O	%	10,372	17			
Žveplo - S	%	0,488	0,734			
H/Corg		0,03	0,03	< 0,7	< 0,7	< 0,7
O/Corg		0,18	0,26	< 0,4	< 0,4	< 0,4
Fizični parametri						
Vsebnost vode, suha snov, nasipna gostota, specifična površina, pH, vsebnost soli						
Specifična električna prevodnost	uS/cm	417,5	411			
Suha snov	%	94,9	93,24			
pH ekstrakcija s KCl ali s CaCl ₂ (1.)	/	9,42	10,45			
vsebnost soli	mgKCl/L	425,83	271,565			
Hranila						
vsaj N, P, K Mg, Ca						
Celotni dušik - N	%	0,96	0,456			
Fosfor - P	mg/kg s. s.	4435,6	2204,54			
Kalij - K	mg/kg s. s.	26792,17	15822,26			
Magnezij - Mg	mg/kg s. s.	3191,82	3799,12			
Kalcij - Ca	mg/kg s. s.	29703,03	38355,15			
Težke kovine						
Svinec - Pb	mg/kg s. s.	<5	<5	10	45	150
Kadmij - Cd	mg/kg s. s.	<3	<3	0,8	0,7	1,5
Baker - Cu	mg/kg s. s.	<15	<15	70	70	100
Nikelj - Ni	mg/kg s. s.	<5	9,76	25	25	50
Živo srebro - Hg	mg/kg s. s.	/	/	0,1	0,4	1
Cink - Zn	mg/kg s. s.	50,58	115,49	200	200	400
Krom - Cr	mg/kg s. s.	8,57	14,51	70	70	90
Arzen - As	mg/kg s. s.	<8	<8	2	13	13
Barij - Ba	mg/kg s. s.	/	/			
Kobalt - Co	mg/kg s. s.	<7	<7			
Mangan - Mn	mg/kg s. s.	382,06	1117,36			
Molibden - Mo	mg/kg s. s.	<8	<8			
Vanadij - V	mg/kg s. s.	/	/			
Železo - Fe	mg/kg s. s.	2763,8	1476,74			
Organski onesnaževalci						
16 EPA PAH						
Benzo(a)piren	mg/kg s. s.	<0,23	<0,25	25 mg/t		
Benzo(b)floranten	mg/kg s. s.	<0,23	<0,25			
Benzo(g,h,i)perilene	mg/kg s. s.	<0,23	<0,25			
Benzo(k)floranten	mg/kg s. s.	<0,23	<0,25			
Fenantren d-10	mg/kg s. s.	/	/			
Fluoranten	mg/kg s. s.	<0,23	<0,25			
Indeo(1,2,3,c,d)piren	mg/kg s. s.	<0,23	<0,25			
Naftalen	mg/kg s. s.	0,25	<0,25			
PAO-Dibenzo(a,h)antracen	mg/kg s. s.	<0,23	<0,25			
PAO-Fluoren	mg/kg s. s.	<0,23	<0,25			
PAO-Acenaften	mg/kg s. s.	<0,23	<0,25			
PAO-Acenaftilen	mg/kg s. s.	<0,23	<0,25			
PAO-Antracen	mg/kg s. s.	<0,23	<0,25			
PAO-Benzo(a)antracen	mg/kg s. s.	<0,23	<0,25			
PAO-Fenantren	mg/kg s. s.	<0,23	<0,25			
PAO-Krizen	mg/kg s. s.	<0,23	<0,25			
PAO-Piren	mg/kg s. s.	<0,23	<0,25			
Policiklični aromatski ogljikovodiki - PAH Σ 16 PAH	mg/kg s. s.	<1,23	<1,33	4 ± 2	4 ± 2	6 ± 2,2

V Tabeli 1 so predstavljeni rezultati analize dveh vzorcev biooglja. Za primerjavo so dodane mejne vrednosti določenih parametrov, ki so določene v Evropskem certifikatu za biooglje (EBC). EBC opredeljuje mejne vrednosti v treh različnih razredih, in sicer BO, ki je primerno za uporabo v prehrani živali (EBC Feed – Class I), BO, ki je primerno za uporabo v ekološkem kmetijstvu (EBC AgroBio – Class II) ter BO, ki je primerno na uporabo v kmetijstvu (EBC Agro Class III).

Proizvedeno biooglje v pirolizni peči KOPI zadosti vsem zahtevanim mejnim vrednostim, kar pomeni, da je primerno za uporabo v kmetijstvu v vseh segmentih.

03 POLJSKI POSKUS NA KMETIJAH

3.1 Zasnova poljskega poskusa

Pri poljskem poskusu smo uporabili 6 različic gnojenja:

K (kontrola) - brez dodanih gnojil

BO (bioogljje) – omočeno bioogljje, brez dodanih gnojil (po površini ali plitko zadelati v tla, pred sajenjem sadik 3 kg/m²)

ABO (aktivirano bioogljje (bioogljje : vermikompost = 1:1 (volumsko razmerje))) - dodano aktivirano bioogljje (po površini ali plitko zadelati v tla, pred sajenjem sadik 3 kg/m²)

NPK+ABO (mineralno gnojilo + aktivirano bioogljje(masno razmerje 1:1)) - kombinacija min. gnojil in ABO (1/2+1/2, dognojevanje 1x NPK v rastni dobi)

VKO (vermikompost) –dodana količina vermikomposta, kot pri aktivaciji BO (kontrola učinka samega vermikomposta)

NPK (mineralno gnojilo) - osnovno +1x dognojevanje

3.1.1 Sadike

Zelje za kisanje, predelavo, svežo uporabo, skladiščenje, srednje pozna (120 dni),

Sorta: Passat F1 - Zelje močne rasti, odlične strukture. Pri večji razdalji sajenja lahko glave dosežejo težo tudi do 7 kg. Manj občutljiv na trips in odporen na belo rjo.

3.1.2 Skica poljskega rastnega poskusa

Velikost osnovne parcele: 3 m × 3 m

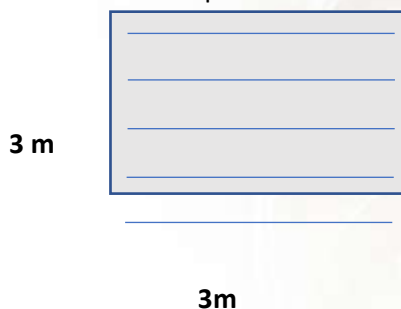
Medvrstna in vrstna razdalja: 60 cm x 50 cm (0,30 m²/rastlino) 5 vrst na parcelo, vrednotenje notranje 3 vrste (pridelek, tla...)

Sklop rastlin/ha: 33.333 r, 30 r/parcelo; (18 parcel) 540 r

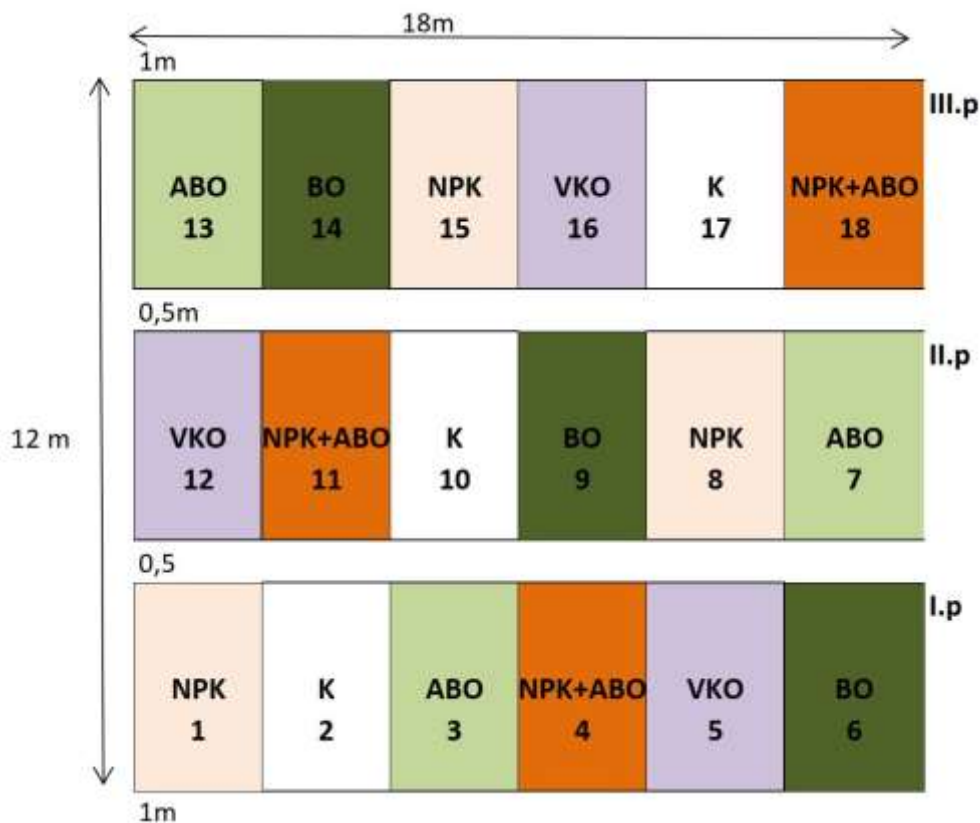
Število ponovitev: 3

Skupna velikost poskusa: 12 m x 18m, na začetku 1 m oskrbovalne poti, med ponovitvami 0,5 m).

Shema osnovne parcele:



Shema celotnega poskusa:



3.1.3 Preračun potrebnih količin gnojil za poljska poskusa

Za poskus so bile količine mineralnih gnojil in VKO v samostojnih obravnavanjih enake kot v kombinaciji z ABO, tako smo lahko izmerili neposredni doprinos ABO k rasti in razvoju rastlin ter aktivnostim v tleh.

Dodatek biooglja (aktiviranega biooglja) na njivske površine: 3t/ha

Osnovna parcela: 3 m × 3 m=9m² × 3 ponovitve = 27 m² (za posamezno obravnavo)

ABO = 3000 kg biooglja/ha = (3000 × 27)/10000 = 8,1

= 8,1 kg aktiviranega biooglja (za en poskus) = 16,2 kg za dva poljska poskusa

(4,05 kg BO + 4,05 kg v. komposta) × 2

NPK+ABO = 1500 kg bioglja/ha + NPK

NPK:

350 kg 15-15-15 NPK/ha = (350 × 27)/10000 = 0,945 kg × 4 (dve obravnavanji , dva poskusa)=cca.4 kg

250 kg/ha Kalijeve soli =(250×27)/10000= 0,675 kg × 4 (dve obravnavanji, dva poskusa)= cca 2,8 kg

250 KANA/ha=(250×27)/10000= 0,675 kg*4 (dve obravnavanji , dva poskusa)= cca 2,8 kg

ABO:

= 4,05 kg aktiviranega biooglja (za en poskus) = 8,1 kg za dva poskusa

(2,025 kg BO + 2,025 kg v. komposta)

VKO (vermikompost) – dodana količina vermikomposta, kot pri aktivaciji BO

4,05 kg v. komposta

BO (bioogljje) – dodana količina BO, kot pri aktivaciji BO

(4,05 kg BO) ×2

BO (preračun) – količina BO potrebna za poljski poskus

4,05 kg BO + 2,025 kg BO + 4,05 kg BO = 10,125 kg (za en poljski poskus) = **20,25 kg (za dva poljska poskusa)**

VKO (preračun)

4,05 kg v. komposta + 2,025 kg v. komposta + 4,05 kg v. komposta = 10,125 kg (za en poskus) = **20,25 kg (za dva poljska poskusa)**

ABO (preračun)

16,2 kg za dva poljska poskusa + 8,1 kg za dva poskusa = **24,3 kg aktiviranega bioogljja**

Za oba poljska poskusa je potrebno pripraviti **24,3 kg aktiviranega bioogljja**.

3.1.4 Aktivacija bioogljja

Aktivacijo bioogljja smo izvedli 7. aprila 2021. V volumskem razmerju 1:1 smo zmešali bioogljje in kompost. Uporabili smo kompostiran hlevski gnoj proizvajalca Biobrazda. Mešanica uležanega hlevskega gnoja (konjski, goveji) je naravno organsko humusno gnojilo. Bogat je z mikroorganizmi, humusnimi snovmi in je uporaben kot sredstvo za izboljšanje tal. Uporabljamo ga spomladi in jeseni oz. najmanj 10 dni pred setvijo in sajenjem. Material enakomerno porazdelimo po površini tal in ga zadelamo v vrhno plast zemlje. Pred uporabo ga je priporočljivo navlažiti. Rahlja zemljo, pospešuje rast in nastajanje humusa, kot osnovnega dejavnika rodovitnosti.



Slika 14: Mešanje bioogljja in komposta.



Slika 15: Navlaženo in premešano aktivirano bioogljje



Slika 16: Pokrito aktivirano bioogljje

Aktivirano bioogljje smo uporabili na pilotnem poljskem poskusu 1. 6. 2021. Pred uporabo pa smo izvedli še analizo. Rezultati analize so prikazani v Tabeli

Tabela 2: Analiza aktiviranega biooglja

Aktivirano biooglje		
Anorganski parametri	enota	rezultat
Arzen - As	mg/kg s. s.	<8
Baker - Cu	mg/kg s. s.	23,52
Barij - Ba	mg/kg s. s.	106,53
Cink - Zn	mg/kg s. s.	99,52
Fosfor - P	mg/kg s. s.	5110,91
Kadmij - Cd	mg/kg s. s.	<3
Kalij - K	mg/kg s. s.	3462,78
Kobalt - Co	mg/kg s. s.	<7
Krom - Cr	mg/kg s. s.	14,21
Magnezij - Mg	mg/kg s. s.	7152,58
Molibden - Mo	mg/kg s. s.	<8
Nikelj - Ni	mg/kg s. s.	11,61
Selen - Se	mg/kg s. s.	<15
Svinec - Pb	mg/kg s. s.	<5
Vanadij - V	mg/kg s. s.	<15
Železo - Fe	mg/kg s. s.	5202,99
Živo srebro	mg/kg s. s.	<3
Osnovne lastnosti materiala	enota	rezultat
Specifična električna prevodnost	uS/cm	318
Suha snov	%	31,62
Žarilna izguba/Organska snov	% s. s.	63,5
Celotni dušik - N	%	1,195
Celotni ogljik - C	%	45,05
Vodik - H	%	2,06
Žveplo - S	%	3,42
pH ekstrakcija s KCl ali s CaCl ₂ (1.)	/	9,99
PAH	enota	rezultat
Benzo(a)piren	mg/kg s. s.	<0,2
Benzo(b)floranten	mg/kg s. s.	0,24
Benzo(g,h,i)perilene	mg/kg s. s.	<0,2
Benzo(k)floranten	mg/kg s. s.	0,25
Fenantren d-10	mg/kg s. s.	<0,2
Fluoranten	mg/kg s. s.	0,55
Indeo(1,2,3,c,d)piren	mg/kg s. s.	<0,2
Naftalen	mg/kg s. s.	0,28
PAO-Dibenzo(a,h)antracen	mg/kg s. s.	<0,2
PAO-Fluoren	mg/kg s. s.	<0,2
PAO-Acenaften	mg/kg s. s.	<0,2
PAO-Acenaftilen	mg/kg s. s.	<0,2
PAO-Antracen	mg/kg s. s.	0,42
PAO-Benzo(a)antracen	mg/kg s. s.	0,23
PAO-Fenantren	mg/kg s. s.	<0,2
PAO-Krizen	mg/kg s. s.	0,23
PAO-Piren	mg/kg s. s.	0,55
Policiklični aromatski ogljikovodiki - PAH	mg/kg s. s.	2,76
Σ 16 PAH		

3.2 Poljski rastni poskus

3.2.1 Poljski rastni poskus na kmetiji Vogrinec

Kmetija Ivana Vogrinca se nahaja v Skorbi v občini Hajdina. Skupno obsega kmetija cca. 40 ha obdelovalnih površin, od tega je približno 6 ha na vodovarstvenem območju v Skorbi iz katerega se oskrbuje ptujski vodooskrbni sistem. Ivan Vogrinec ima 70 do 75 glav živine, in sicer krave in bike.

Njiva, na kateri se je izvajal poskus se nahaja v neposredni bližini golf igrišča Ptuj.

Točna lokacija poljskega poskusa:

GKY: 565.430,60

GKX: 142.253,46



Slika 17: Lokacija poljskega poskusa na kmetiji Vogrinec



Slika 18: Njiva z označenim območjem poljskega poskusa – Skorba.

- Osnovna obdelava: oranje
- Predposevek: kruzna (zimski brazda)
- Rastlina/kultura, ki je na njivi rastla v predhodni rastni sezoni: kruzna

Spremljanje rasti zelja na kmetiji Vogrincec je predstavljeno na naslednjih slikah.



Slika 19 a – f: Rast zelja na poljske rastnem poskusu na kmetiji Vogrincec

3.2.2 Poljski rastni poskus na kmetiji Jakop

Kmetijsko gospodarstvo Manfred Jakop je poljedelska kmetija, ki leži na obrobju pesniške doline na srednje težkih tleh. Glavna kmetijska panoga je poljedelstvo, v manjšem obsegu pridelujejo tudi različne vrste zelenjave. Kmetija sodeluje v kmetijskih okoljskih programih od leta 2004 (Integrirana pridelava poljščin), danes je vključena v KOPOP z vsemi kmetijskimi površinami. Kmetija obdeluje 4,66 ha njivskih površin. Na površinah prideluje žita, koruza, oljnice in različno zelenjavo.

Točna lokacija poljskega poskusa:

GKY: 586.360,22

GKX: 154.692,21



Slika 20: Lokacija poljskega poskusa na kmetiji Jakob



Slika 21: Njiva z označenim območjem poljskega poskusa – Biš

Njiva, na kateri se bo izvajal poskus se nahaja na KO BIŠ, številka GERKA 4116239.

- Osnovna obdelava: po spravi koruze za zrnje konec oktobra, so se vsi rastlinski ostanki zaorali
- Predposevek: koruza (zimski brazda)

Spremljanje rasti zelja na kmetiji Jakob je predstavljeno na naslednjih slikah.



Slika 22 a-e: Rast zelja na poljske rastnem poskusu na kmetiji Jakob

3.3 Rezultati poljskega poskusa

Izvedba poskusa je potekala v skladu s pravili za integrirano pridelavo zelenjadnic (Tehnološka navodila za integrirano pridelavo zelenjave 2021). Predposevek na obeh lokacijah izvedbe poskusa z zeljem (Biš, Skorba), je bila koruza. Njiva je bila v jeseni na obeh lokacijah preorana do globine 30 cm.

Tabela 3: Agrotehnični ukrepi na obeh lokacijah pilotnega poljskega poskusa

Agrotehnični ukrep	Lokacija poskusa	
	Biš	Skorba
Predposevek	Koruza	Koruza
Osnovna obdelava: oranje do 30 cm	Oranje	Oranje
Ravnanje zimske brazde	15.3.	21.3.
Slepa setev s predsetvenikom do globine 4 cm	16. 4. in 10.5.	/
Priprava površine za presajanje sadik	Predsetvenik, 31. maj	Ročni kultivator
Presajanje zelja na prsto	1. 6.	1. 6.
Varstvo pred bolhači FFS; Karate Zeon 5 CS 0,15 l/ha	8.6.	8.6.
Namakanje	9.6.	10.6.
Varstvo pred bolhači FFS; Karate Zeon 5 CS, odmerek:0,15 l/ha	13.6.	13.6.
Namakanje	/	16.6.
Okopavanje	17. 6.	25.6.
Namakanje	21.6.	22.6.
Dognojevanje	23.7.	23.7.
Okopavanje	13.7.	11.8.
Okopavanje	12.9.	/
Varstvo pred kausovim belinom FFS; Bulldock EC 25, odmerek: 0,3 l/ha	26. 8.	26. 8.
Pobiranje pridelka	18.10.	18.10.

Pridelek smo vrednotili po naslednjih kriterijih:

- štetje pridelka na obravnavano območje (parcelo),
- merjenje obsega zeljnih glav,
- tehtanje skupnega pridelka zelja na parcelo
- tehtanje tržnega pridelka zelja na parcelo.

Tabela 4: Skupni in tržni pridelek zelja na obeh lokacija pilotnega poljskega poskusa.

Biš	Skupni pridelek zelja		Tržni pridelek zelja	
	t/ha	% pridelka ABO=100	t/ha	% pridelka ABO=100
Obravnavanje	**	/	*	/
ABO	48,0 ^b	100	37,5 ^b	100
BO	40,2 ^b	84	30,8 ^b	82
K	41,3 ^b	86	30,5 ^b	81
NPK	66,7 ^a	139	53,2 ^a	142
NPK+ABO	65,6 ^a	137	51,8 ^a	138
VKO	45,6 ^b	95	36,3 ^b	97
Skorba				
Obravnavanje	n.s.	/	n.s.	/
ABO	62,8	100	45,8	100
BO	66,0	105	49,2	108
K	62,0	99	44,1	96
NPK	73,9	118	51,8	113
NPK+ABO	65,9	105	44,4	97
VKO	70,8	113	50,1	109
Lokacija				
Biš	51,3	100	40,0	100
Skorba	66,9	130	47,6	119

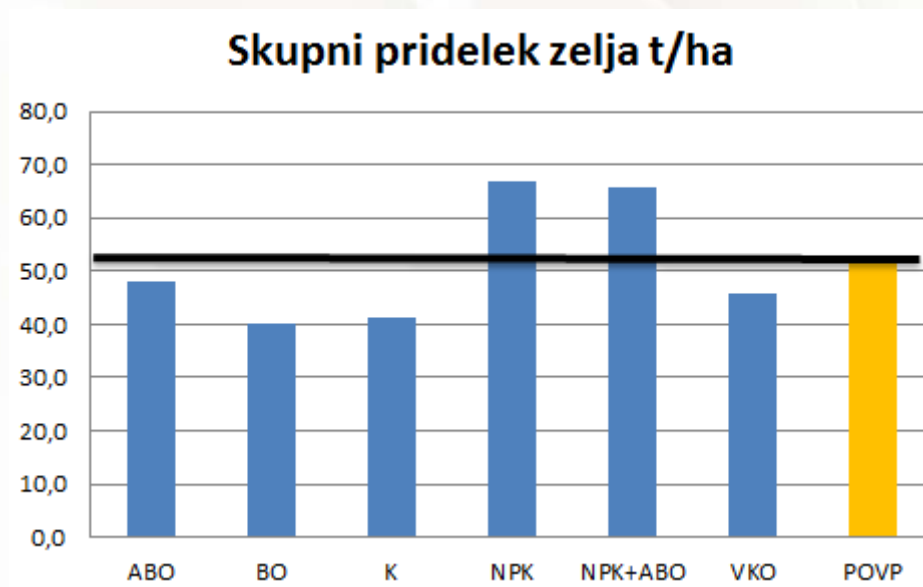
Tabela 5: Odstotek tržnega pridelka in število glav na posamezno parcelo.

Biš	Delež tržnega pridelka (%)		Število glav/parcelo	
	%	% TP ABO=100	kg	% mase ABO=100
Obravnavanje	n.s.	/	*	/
ABO	77,3	100	18,3 ^a	100
BO	76,7	99	19,0 ^a	104
K	73,0	94	15,3 ^b	84
NPK	79,7	103	19,0 ^a	104
NPK+ABO	78,0	101	17,7 ^a	96
VKO	79,7	103	18,7 ^a	102
Skorba				
Obravnavanje	n.s.	/	/	/
ABO	73,0	100	16,3	100
BO	74,3	102	18,7	114
K	70,7	97	15,7	96
NPK	70,0	96	17,3	106
NPK+ABO	67,0	92	14,3	88
VKO	70,3	96	17,0	104
Lokacija				
Biš	77,4	100	18,0	100
Skorba	70,9	91	16,6	92

Tabela 6: Obseg in povprečna masa glav zelja.

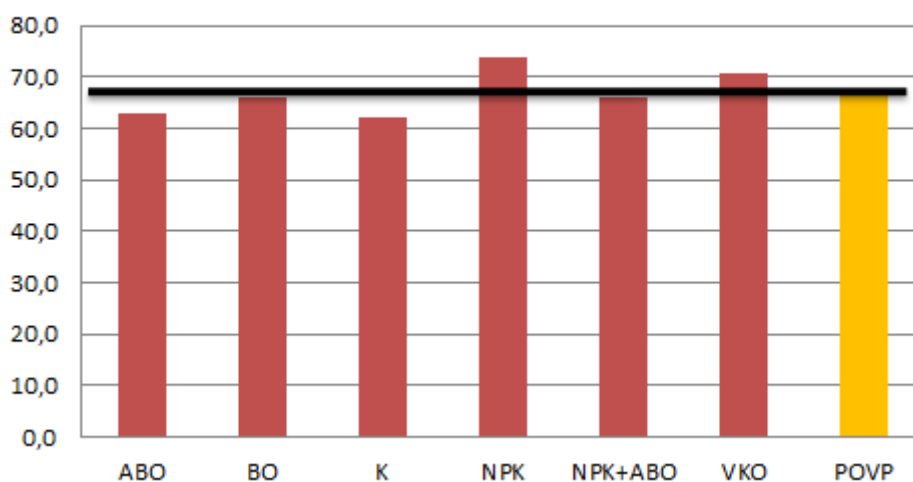
	Obseg glave zelja (cm)		Povprečna masa glave zelja (kg)		
	Biš	%	% TP ABO=100	kg	% mase ABO=100
Obravnavanje	n.s.	/	**	/	
ABO	57,3	100	1,83 ^b	100	
BO	55,8	97	1,46 ^b	79	
K	55,1	96	1,78 ^b	97	
NPK	64,9	113	2,52 ^a	137	
NPK+ABO	64,7	113	2,62 ^a	143	
VKO	60,0	105	1,74 ^b	95	
Skorba					
Obravnavanje	n.s.	/		/	
ABO	69,9	100	2,51	100	
BO	65,9	94	2,37	95	
K	63,7	91	2,55	102	
NPK	67,9	97	2,82	112	
NPK+ABO	74,5	107	2,79	111	
VKO	66,9	96	2,65	106	
Lokacija					
Biš	59,6	100	1,99	100	
Skorba	68,1	115	2,62	132	

Iz rezultatov je razvidno, da so bile razlike med posameznimi obravnavanji (parcelami), kot tudi glede na lokacijo pilotnega poskusa. Kot referenčni pridelek smo vzeli rezultate parcele, kjer smo uporabili aktivirano biooglje (ABO) in nato primerjali rezultate ostalih parcel.



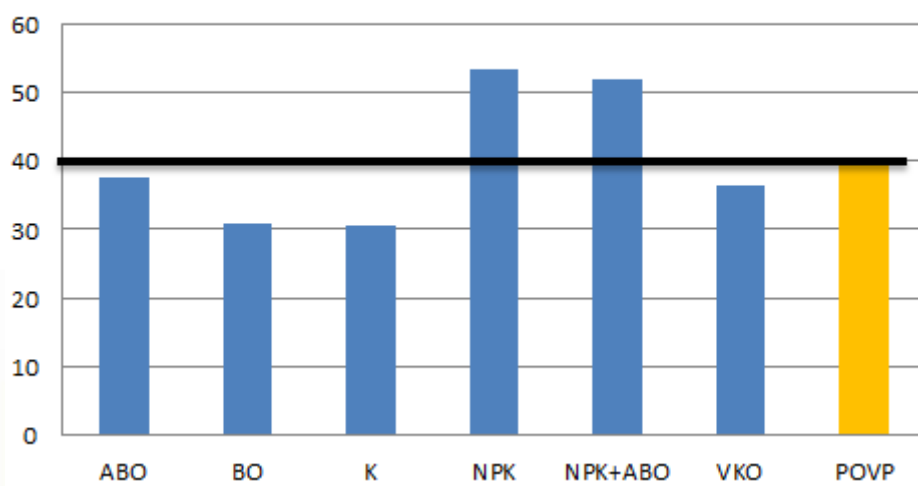
Slika 23: Skupni pridelek zelja na lokaciji Biš.

Skupni pridelek zelja t/ha



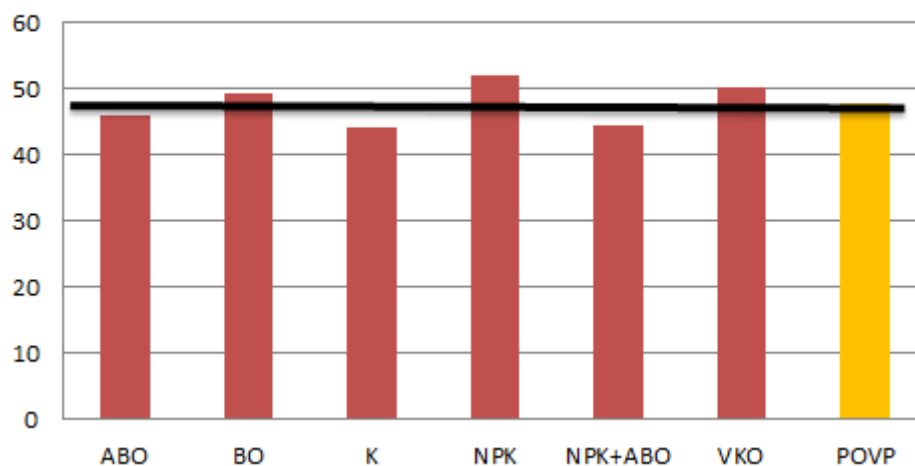
Slika 24: Skupni pridelek zelja na lokaciji Skorba.

Tržni pridelek zelja t/ha



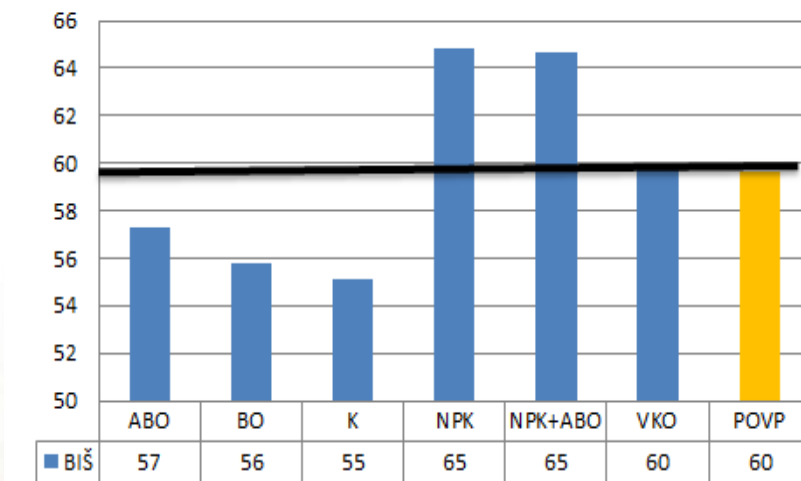
Slika 25: Tržni pridelek zelja na lokaciji Biš.

Tržni pridelek pridelek zelja t/ha



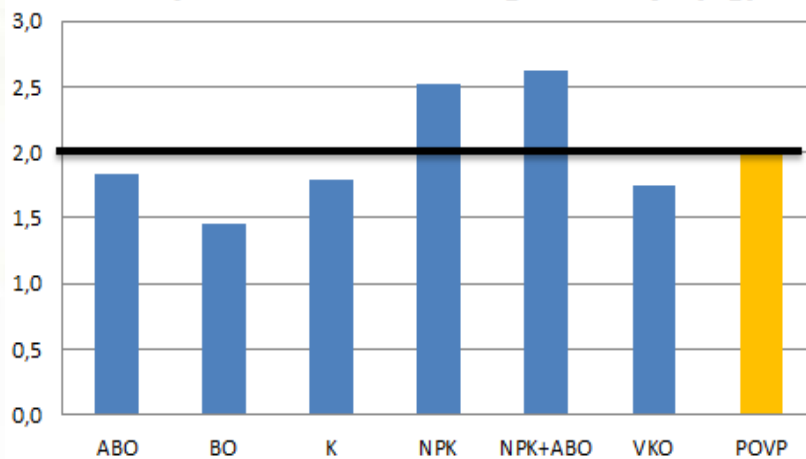
Slika 26: Tržni pridelek zelja na lokaciji Skorba.

Obseg glave zelja (cm)



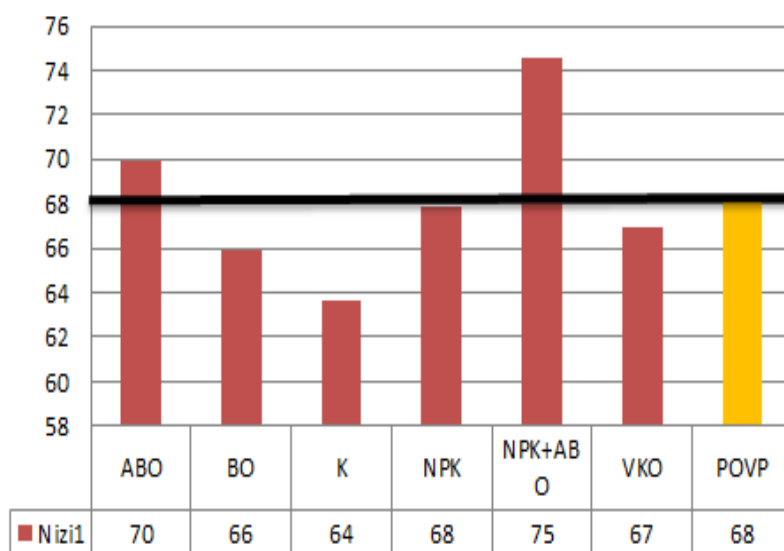
Slika 27: Obseg glave zelja na lokaciji Biš.

Povprečna masa tržne glave zelja (kg)

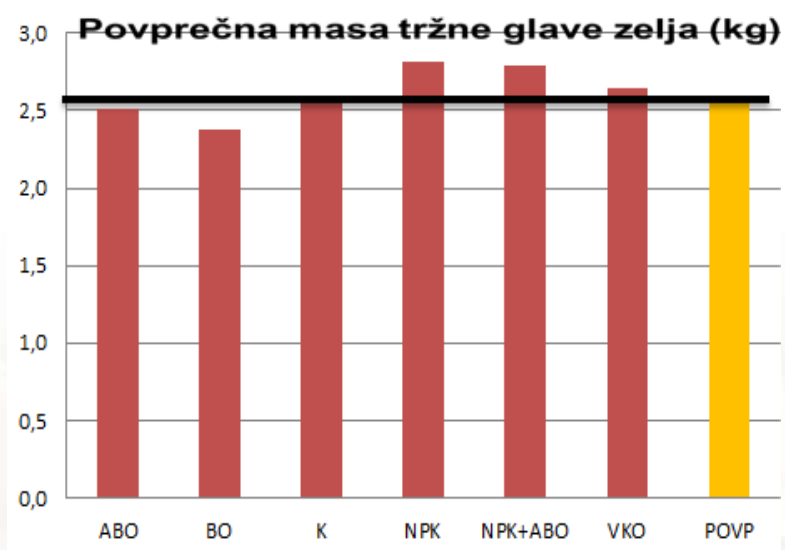


Slika 28: Povprečna masa tržne glave na lokaciji Biš.

Obseg glave zelja (cm)



Slika 29: Obseg glave zelja na lokaciji Skorba.



Slika 30: Povprečna masa tržne glave zelja na lokaciji Skorba.

3.4 Analize zemlje

Na lokaciji v Skorbi je karakteristika tal naslednja:

- Tip tal: peščena ilovica, obrečna tla
- Njiva je zelo dobro založena z dostopnimi hranili
- Rastlinam dostopen fosfor – razred E (ekstremna založenost)
- Kalij – razred B (slaba založenost)

Tabela 7: Analiza zemlje na lokaciji Skorba pred pilotnim poskusom in po pilotnem poskusom.

Pedološki parametri	enota	Zemlja pred pilotnim poskusom	Analiza zemlje po končanem poskusom					
			NPK	K	ABO	NPK+ABO	VKO	BO
TOC - Celotni organski ogljik	% s. s.	2,44				2,2	2,17	
Specifična električna prevodnost	uS/cm	123,65	63,95	56,75	56,75	71,45	63,8	56,65
Suha snov	%	73,13	72,62	72,92	72,45	72,71	72,65	72,91
razmerje C:N	/	14:1	17,18	17,52	17,96	17,40	18,17	
Amonijev dušik	mgN/kg s. s.	210,8						
Celotni Dušik - N (2.)	%	0,298	0,241	0,234	0,23	0,235	0,224	
Celotni ogljik - C (3.)	%	4,27	4,14	4,1	4,13	4,09	4,07	
Rastlinam dostopen fosfor	mgP ₂ O ₅ /100 g	54,1	35,5	37,6	36,3	35,7	38,2	36
Rastlinam dostopen kalij	mgK ₂ O/100 g	15,5	16,1	19,3	15	13,5	12,8	13,4
pH ekstrakcija s KCl ali s CaCl ₂ (1.)	/	8	7,51	7,53	7,55	7,54	7,55	7,54

Na lokaciji v Bišu je karakteristika tal naslednja:

- Tip tal: peščena ilovica, psevdoglej
- Njiva je zelo dobro založena z dostopnimi hranili
- Rastlinam dostopen fosfor – razred D (čezmerna založenost)
- Kalij – razred C (primerna založenost)

Tabela 8: Analiza zemlje na lokaciji Biš pred pilotnim poskusom in po pilotnem poskusom.

Parameter - pedološki parametri	enota	Zemlja pred pilotnim poskusom	Analiza zemlje po končanem poskusom					
			NPK	K	ABO	NPK+ABO	VKO	BO
TOC - Celotni organski ogljik	%/s. s.	1,91	1,33		1,29			
Specifična električna prevodnost	uS/cm	103,75	43,95	39,65	39,55	45,75	37,4	34,35
Suha snov	%	76,02	77,46	76,25	75,61	74,23	76,05	76,32
razmerje C:N	/	9:1	12,20	11,40	12,02	12,48	12,18	11,35
Amonijev dušik	mg/kg s. s.	121,9						
Celotni Dušik - N (2.)	%	<0,2	0,123	0,136	0,129	0,133	0,119	0,133
Celotni ogljik - C (3.)	%	1,7	1,5	1,55	1,55	1,66	1,45	1,51
Rastlinam dostopen fosfor	mgP ₂ O ₅ /100 g	33,3	32,1	38,7	40,9	42,4	30,1	26,4
Rastlinam dostopen kalij	mgK ₂ O/100 g	29,9	29,5	35,8	36,3	37,7	34,4	26,6
pH ekstrakcija s KCl ali s CaCl ₂ (1.)	/	6,94	7,53	7,44	7,31	7,15	7,03	6,96

Dostopnost kalija:

- kalij je na lokaciji Biš v razredu C (primerna založenost) in lokaciji Skorba v B razredu (slaba založenost).
- Dostopnost kalija na lokaciji Biš se je glede na izhodiščno stanje povečala skoraj na vseh obravnavanjih, najbolj pri NPK+ABO (za 26%) in ABO (za 21%).
- Pri NPK so vrednosti ostale približno enake, medtem ko so se pri obravnavanju BO (-12%) vrednosti zmanjšale.
- Dostopnost kalija na lokaciji Skorba se je glede na izhodiščno stanje povečala na obravnavanju K (za 24%) in NPK.
- Pri VKO (-17%) so se vrednosti zmanjšale, medtem ko so pri ostalih obravnavanjih, vrednosti ostale približno enake.

Dostopnost fosforja:

- na lokaciji v Bišu so se vrednosti dostopnega fosforja analiziranega v času rastne dobe povečala na obravnavanjih z dodanim NPK+ABO (za 27%), ABO (za 23%) in K (za 17 %) v primerjavi z izhodiščnimi vrednostmi ob postavitvi poskusa.
- Na lokaciji v Skorbi se je dostopnost fosforja za rastline tekom vegetacije na vseh obravnavanjih znižala, v povprečju za 35 %, glede na stanje ob presajanju sadik.

Razmerje C/N:

- na obeh lokacijah se je razmerje C/N povečalo glede na stanje v tleh na začetku poskusa.
- Na lokaciji v Bišu se je razmerje C/N najbolj povečalo pri NPK + VBO (za 37%) in NPK (36%). Na lokaciji v Skorbi se je razmerje C/N najbolj povečalo pri VKO (za 30%).

pH:

vrednosti pH so v vseh obravnavanjih v idealnem območju po priporočilih svetovalcev/pridelovalcev zelja in sicer se vse vrednosti pH nahajajo v območju 6,5 – 7,5.

04 ZAKLJUČEK

Proizvodnja biooglja na kmetijah (s pirolizno pečjo KOPI):

- S pirolizno pečjo KOPI proizvedemo biooglje, ki ustreza EBC standardu
- Največji strošek predstavlja biomasa, prednost lastne biomase
- Zalagovniki biomase in potreben čas za proizvodnjo lastnih sekancev
- Dnevno polnjenje sušilnika (zalagovnika) pri pirolizni peči
- Ob nakupu dodatne opreme možnost trženja drugih produktov iz biooglja (npr. briketi za žar, organsko gnojilo z dodatkom biooglja)

Aktivacija biooglja:

- Aktivacija s trdnimi gnojili (kompost) – potreben prostor in gnojilo (lastno, kupljeno)
- Aktivacija s tekočimi gnojili (urin govedi, tekoči digestat iz bioplinarn, kompostni čaj, komercialna tekoča gnojila)
- Dodajanje biooglja v gnojevko

Pilotni poljski poskus:

- Del mineralnih gnojil bi lahko zamenjali z organskim gnojilom ali aktiviranim bioogljem, vendar z enoletnim poskusom tega ne moremo zagotovo potrditi.
- Učinek biooglja v tleh s srednjo založenostjo fosforja in kalija poveča dostopnost obeh elementov za rastline.
- Učinek biooglja v tleh s pomanjkanjem ali velikim presežkom fosforja in kalija se ne da zaznati ali se njuna dostopnost celo zmanjša.





ZRS **Bistra**
P T U J

ZNANSTVENO-RAZISKOVALNO SREDIŠČE BISTRA PTUJ
SCIENTIFIC RESEARCH CENTRE BISTRA PTUJ

SLOVENSKI TRG 6, SI - 2250 PTUJ - SLOVENIJA