

OŠ Olge Meglič

Raziskovalna naloga

VPLIV BIOOGLJA NA RAST RASTLIN



Področje: Biologija

Avtorja: Oskar Hodnik, Taj Sledič

Mentorica: Darja Lipovec

Ptuj, 2021/22

Zahvala

Zahvaljujeva se mentorici gospe Darji Lipovec za pomoč pri raziskovanju, načrtovanju naloge in za vse nasvete.

Zahvaljujeva se tudi dr. Nataši Belšak Šel iz ZRS Bistra Ptuj za pomoč pri aktivaciji biooglja in za nasvete ob začetku naloge.

Kazalo vsebine

1.	Uvod.....	7
1.1	Hipoteze in namen raziskovalne naloge.....	7
1.2	Struktura raziskovalne naloge	7
2.	Teoretični del.....	9
2.1	Prst.....	9
2.2	Odkritje »Terra Preta«	9
2.3	Kaj je biooglje in njegova zgradba	10
2.4	Trajnostno kmetijstvo z bioogljem	11
2.5	Pridelava biooglja	11
2.6	Aktivacija biooglja	13
2.7	Učinek aktiviranega biooglja	13
3.	IZVEDBA RAZISKOVALNEGA DELA	14
3.1	Proizvodnja in pridobitev materialov	14
3.1.1	Pridelava biooglja	14
3.1.2	Pridelava komposta	16
3.1.3	Proizvodnja domačega komposta.....	19
3.1.4	Aktivacija biooglja	21
3.2	Rastni testi z vrtno krešo	22
4.	REZULTATI IN UGOTOVITVE	25
4.1	Rezultati aktivacije kupljenega biooglja in komposta iz CERO Gajk	25
4.2	Rezultati aktivacije kupljenega biooglja in kupljenega komposta.....	26
4.3	Rezultati aktivacije kupljenega biooglja in domačega komposta	27
4.4	Rezultati aktivacije biooglja iz ZRS Bistra Ptuj in komposta iz CERO Gajk	28
4.5	Rezultati aktivacije biooglja iz ZRS Bistra Ptuj in kupljenega komposta.....	29
4.6	Rezultati aktivacije biooglja iz ZRS Bistra Ptuj in domačega komposta	30
5.	Zaključek	31
6.	Viri in literatura	33
7.	Priloge.....	34

Seznam slik

Slika 1: Biooglje pod mikroskopom	10
Slika 2: Pirolizna peč.....	12
Slika 3: Peč za domačo pridelavo biooglja.....	12
Slika 4: Vrtna kreša	13
Slika 5 : Primerjava proizvedenega biooglja in sekancev	14
Slika 6: Transportni polž in zalogovnik	15
Slika 7: Pirolizna peč.....	15
Slika 8: Masa za kompost	16
Slika 9: Kontejnerji za zorenje komposta	16
Slika 10: Merilne naprave za kontrolo procesa	17
Slika 11: Hlajenje komposta	17
Slika 12: Stroj za sejanje komposta	18
Slika 13: Končan kompost.....	18
Slika 14: Zbrani material za vroče kompostiranje na domačem vrtu.....	19
Slika 15: Sestava kompostnega kupa po principu »sendviča«	19
Slika 16: Spremljanje temperature v kompostnem kupu.....	20
Slika 17: Preverjanje zrelosti domačega komposta.....	20
Slika 18: Priprava biooglja na aktivacijo	21
Slika 19: Primer treh enakih pripravljenih ponovitev.....	22
Slika 20: Sejanje semen kreše.....	23
Slika 21: Postopek merjenje korenin.....	24
Slika 22: Povprečna dolžina korenine po posameznem vzorcu poskusa – 1.1.....	25
Slika 23: Povprečna dolžina korenine po posameznem vzorcu poskusa – 1.2.....	26
Slika 24: Povprečna dolžina korenine po posameznem vzorcu poskusa – 1.3.....	27
Slika 25: Povprečna dolžina korenine po posameznem vzorcu poskusa – 2.1.....	28
Slika 26: Povprečna dolžina korenine po posameznem vzorcu poskusa – 2.2.....	29
Slika 27: Povprečna dolžina korenine po posameznem vzorcu poskusa – 2.3.....	30

Seznam tabel

Tabela 1: Sestavni elementi biooglja.....	10
Tabela 2: Vsebina aktivacij biooglja.....	21
Tabela 3: Odstotki kaljivosti	26
Tabela 4: Odstotki kaljivosti	26
Tabela 5: Odstotki kaljivosti	27
Tabela 6: Odstotki kaljivosti	28
Tabela 7: Odstotki kaljivosti	29
Tabela 8: Odstotki kaljivosti	30

Povzetek

Mnoge raziskave o biooglju so pokazale njegove dobre in slabe učinke. Biooglje se v kmetijstvu uporablja kot naravni izboljševalec tal, ki pospešuje rast rastlin, daje potrebna hranila in ne onesnažuje prsti, zraka in podtalnice. Uporaba biooglja lahko pospešuje in povečuje rast pridelkov, vendar ima lahko tudi slabe učinke. Ob nepravilni pripravi in uporabi biooglja, lahko le-to kot spužva popije vodo iz prsti in ne pomaga pri rasti rastlin. Ker naju raziskovanje rastlinskega sveta že dolgo zanima, naju je pritegnila tema o vplivu biooglja na rast samih rastlin. Zanimalo naju je, kako različne vrste aktiviranega biooglja delujejo na rast rastlin in kako najti najustreznejši volumski delež s prstjo za najbolj optimalno rast. Za poskuse z rastnim testom sva izbrala vrtno krešo, saj dokaj hitro kali, zato je razlika v rasti hitro vidna. Ugotovila sva, da biooglje vidno pripomore pri rasti rastlin v primeru, ko je pravilno aktivirano in uporabljeno v pravilnih odmerkih. S svojimi poskusi sva dokazala, da je najbolj priporočljivo razmerje, kadar uporabimo 10 volumskih procentov aktiviranega biooglja in 90 volumskih procentov prsti, in sicer pri aktivaciji, ki je sestavljena iz kupljenega biooglja Sonnerde, aktiviranega s kupljenim kompostom.

Ključne besede: biooglje, vrtna kreša, rastni test

Summary

The number of studies on biochar have shown its good and bad effects. Biochar is used in agriculture as a natural soil improver that accelerates plant growth, provides the necessary nutrients and does not pollute soil, air and groundwater. The use of biochar can accelerate and increase crop growth, but it can also have bad effects. Improper preparation and use of biochar can, just like a sponge, absorb water from the soil and do not help plants to grow. Since we have been interested in researching the world of plants for a long time, we were attracted by the topic of the impact of biochar on the growth of plants themselves. We were interested in how different types of activated biochar have an effect on plant growth and how to find the most appropriate volume fraction of soil for the most optimal growth. We chose garden cress for growth test experiments, as it germinates quite quickly, so the difference in growth is quickly visible. We found out that biochar visibly contributes to plant growth when it is properly activated and used in the right doses. Throughout our experiments, we have proven, that the most recommended ratio is when using 10 volume percent of activated charcoal and 90 volume percent of soil. We have also proven that the best activation is made when using purchased biochar named Sonnerde, which is activated by purchased compost.

Key words: biochar, garden cress, growth test

1. Uvod

Za naravoslovje, posebej rastline in njihovo rast, se zanimava že več let. Zanimajo naju procesi rasti, gojenja in gnojenja rastlin. V tem šolskem letu sva se odločila za zahtevnejšo raziskavo in se zato povezala z znano lokalno institucijo Znanstveno-raziskovalno središče Bistra Ptuj, ki že dolgo deluje na področju biooglja. Biooglje postaja vedno bolj popularno tudi med kmeti in vrtnarji. Namen najine raziskave je sodelovanje pri raziskavah okolju prijaznih gnojil.

Na področju raziskav o biooglju je pomemben projekt »Proizvodnja in uporaba biooglja na kmetijah za namen izboljšanja tal in prispevka k blaženju podnebnih sprememb«, ki ga je v letu 2021 zaključilo Znanstveno-raziskovalno središče Bistra Ptuj. Intenzivno kmetijstvo, onesnaženost tal, vodotokov in podtalnic povzročajo negativne posledice za naš planet. Zaradi tega je pomembno spodbujanje trajnostnega kmetijstva. Kmetovanje z bioogljem predstavlja enega od temeljev trajnostnega kmetijstva.

Biooglje 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 hraničnih 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 (6).

Dodajanje aktiviranega biooglja ima blagodejne in dolgoročne učinke na ravnotesje 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 (6).

1.1 Hipoteze in namen raziskovalne naloge

Namen tega raziskovalnega dela je ugotoviti, katero biooglje, s katero vrsto komposta ter v kakšnem razmerju je najboljše za rast rastlin in kako biooglje vpliva na rast rastlin.

Ob začetku naloge sva si postavila dve hipotezi:

- domače biooglje in domač kompost najbolje vplivata na rast rastlin,
- volumski delež med bioogljem in prstjo je pomemben.

1.2 Struktura raziskovalne naloge

Kot osnovo bova v drugem poglavju predstavila biooglje, njegov zgodovinski razvoj, prejšnja odkritja in raziskave. Zgodovina *Terra Prete* pravi, da so biooglje začeli ustvarjati že Indijanci ob porečju Amazonke. Biooglje se je od takrat zelo razvilo. Je vedno popularnejše področje med mladimi raziskovalci, prav tako pa tudi pri znanstvenikih. Predstavila bova tudi njegovo delovanje. Biooglje deluje kot dodatek prsti, ki samo po sebi ne vsebuje dovolj hraničnih snovi. Predstavila bova tudi postopek, imenovan aktivacija, pri katerem biooglju dodamo hranične snovi in mikroorganizme. Biooglje ima dobre in slabe učinke. Ob nepravilni pridelavi in uporabi ima lahko slabše učinke kot želeno. Zgradbo biooglja si lahko predstavljamo kot gobi podobno strukturo z majhnimi prostorčki za hranične snovi in mikroorganizme.

V tretjem poglavju bova predstavila najino delo in raziskovanje. Uporabljala sva domače in kupljeno biooglje. Biooglje sva zmešala z domaćim, kupljenim in kompostom iz CERO Gajk. Zmela sva ga, aktivirala in več tednov uporabljala kot naravni izboljševalec tal. Za rastni test sva uporabila krešo in po treh dneh izmerila dolžino korenine. To sva ponavljala 6 tednov z obema vrstama bioogla in s tremi vrstami komposta.

V četrtem poglavju bova vse podatke, zbrane skozi rastne teste, predstavila. Podala bova tudi komentarje in ugotovitve. Potrdila ali ovrgla bova hipoteze in iz najinih rezultatov predlagala teme za potencialne poznejše raziskave. Podatke bova prikazala z grafi in v prilogah dodala razpredelnice z vsemi meritvami.

2. Teoretični del

2.1 Prst

Rast rastlin je zelo odvisna od strukture in sestavin v prsti. Prst je sestavljena iz vode, zraka, rudninskih delcev in organskih snovi. Najpotrebnejši elementi za rast rastlin so dušik, fosfor in kalij (7). Ti so znani kot glavna rastlinska hranila. Prsti pogosto dodajamo različna gnojila in pospeševalce rasti, ki so lahko okolju in človeku škodljivi. Z uporabo biooglja bi lahko te nadomestili in s tem prispevali k blaženju podnebnih sprememb.



2.2 Odkritje »Terra Preta«

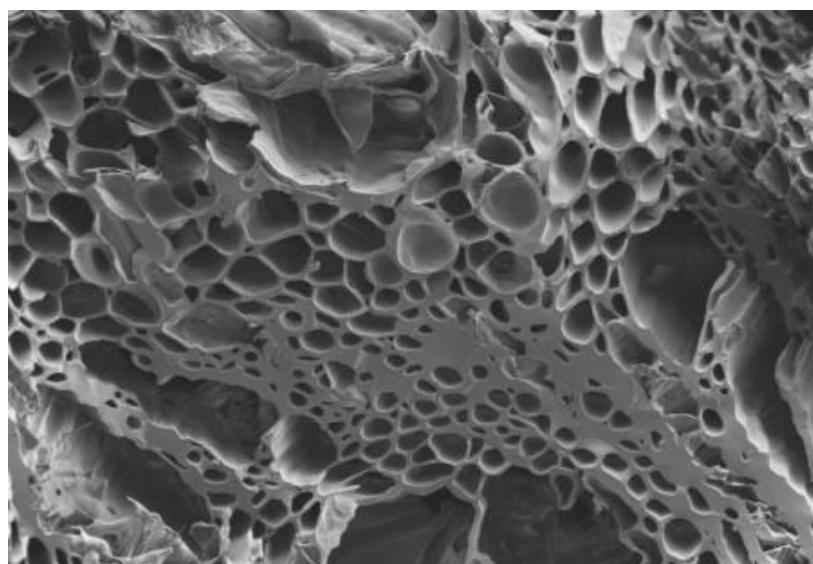
Terra Preta oziroma temna zemlja, je zemlja, ki vsebuje biooglje, dušik, kalcij, fosfor, kalij in magnezij. Zlahka zadrži vlogo in ne potrebuje gnojenja. Znanstveniki verjamejo, da je del razloga, da so tla tako globoko temna in bogata, posledica rastlinskih ogljikov, ki se v tleh zadržujejo tisoče let. Ti so bili rezultat čiščenja zemlje in zoglenitve dreves.

Terra Preta so odkrili že Indijanci pred več kot 1.500 leti. To zemljo so Indijanci ustvarjali sami. V zemljo so dodajali živalske in rastlinske ostanke ter koščke oglja. Leta 1541 je španski konkvistador *Francisco De Orellana* vodil ekspedicijo v porečje Amazonke. Ko se je vrnil je poročal o področjih sredi pragozda, prepolnih rodovitne črne zemlje. V pozmem 18. stoletju so začeli raziskovati *Terra Preta*, ko so ugotovili o izboljšanju rodovitnosti zemlje ob dodajanju te vrste. Raziskave so se za nekaj časa ustavile in se nadaljevale sredi 20. stoletja. (1)

2.3 Kaj je biooglje in njegova zgradba

Biooglje je trdni ogljikov preostanek postopka karbonizacije organske snovi pri visokih temperaturah in odsotnosti kisika (8). Uporablja se v kmetijstvu in ne škoduje okolju. V zemlji lahko ostane več kot 100 let. Samo po sebi je zelo suho in ne vsebuje velikih količin hranilnih snovi.

Biooglje je naravni izboljševalec tal. Pripravljen je na prijazen način pri katerem se uporabi tudi nastala energija. Preden se biooglje doda prsti, ga moramo obogatiti s hranilnimi snovmi. Majhne pore v biooglju nudijo mikroorganizmom varno okolje za razmnoževanje in bogatenje prsti.



Slika 1: Biooglje pod mikroskopom

(Vir: *Permakultura za telebane, b. d.*)

Glavni sestavni elementi biooglja so: ogljik, hlapljive snovi, mineralne snovi in vlaga.

SESTAVINA	DELEŽ (%)
Ogljik	50–80
Hlapne snovi	0– 40
Vлага	1–15
Pepel (mineralni delci)	1.5–4

Tabela 1: Sestavni elementi biooglja

Biooglje si lahko predstavljamo kot gobi podobno strukturo z milijoni majhnih prostorčkov, ki takoj, ko se pokaže priložnost, iz okolice vsrkajo vse razpoložljive dobre (hranilne snovi) in vlago. Napolni se s hranili in vlago, v njegovih porah pa se v ugodnem okolju naselijo in nato z veseljem množijo glive in mikroorganizmi, ki so življenjskega pomena za tla. (1)

2.4 Trajnostno kmetijstvo z bioogljem

Med večje onesnaževalce okolja poleg industrije in prometa spada tudi kmetijstvo. Kmetijstvo prispeva približno 9 % toplogrednih plinov. Krivdo znanstveniki pripisujejo veliki uporabi umetnih gnojil. To se odraža v vodi in tleh. Z uporabo naravnih gnojil kot je biooglje lahko močno pripomoremo pri trajnostnem kmetijstvu.

Kmetijstvo je danes postavljeno pred velik izziv povečanje pridelave hrane, a vendar pri tem ne sme dodatno onesnaževati okolja (5). V zadnjem času se raziskuje biooglje prav v ta namen. Biooglje je organski in ekološki proizvod, ki pozitivno vpliva na zdravje in rast živali, ter uspešno pomaga tlom zadrževati hrano in vodo in več kot 100 let v tleh zadržuje ogljik, medtem ko ne onesnažuje tal in podtalnice.

2.5 Pridelava biooglja

Včasih se je oglje pridobivalo s procesom imenovanim ogljarjenje. Proces, v katerem pridelamo biooglje imenovan piroliza, je popolnoma neškodljiv okolju. Biooglje je proizvedeno pri temperaturi okrog 500°C tako, da pline ki pri tem nastanejo, koristno uporabimo kot vir energije in s tem ne onesnažujemo okolja.

Pirolizna peč je sestavljena iz več sklopov. Prvi sklop je zalogovnik oziroma sušilna komora za biomaso. Grelec porablja energijo (toploto) pridobljeno s procesom pirolize (6). Pod grelcem je vgrajen ventilator, kateri skozi porozno dno zalogovnika piha vroč zrak in suši lesno biomaso. 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. V peči se sekanci žgejo. Pri procesu pirolize, se del energije skladišči v biooglju, del pa je v obliki toplotne namenjen za ogrevanje. Tako se del toplotne energije porabi za sušenje sekancev v zalogovniku, del pa se porabi za druge namene. Za pirolizno pečjo sledi sklop za odvzem biooglja iz reaktorja. Na spodnji vsipni del reaktorja je nameščen transportni polž za odvzem biooglja. Proizvedeno biooglje naškropimo z vodo, da ga ohladimo in preprečimo pretirano prašenje. Biooglje se nato dosipa v vrečo. Biooglje je pripravljeno za uporabo.



Slika 2: Pirolizna peč

(Vir: ZRS Bistra Ptuj, b. d.)

Za pridelavo biooglja se uporablajo različne vrste biomase kot so drevesno lubje, les, gnoj in ostali naravni ostanki. Biooglje lahko pridelamo tudi sami, a vendar lahko pri nepravilnem procesu pridelave biooglja občutimo tudi negativne učinke biooglja.



Slika 3: Peč za domačo pridelavo biooglja

(Vir: derdejan.wordpress.com/2011/9/18/, 2011)

2.6 Aktivacija biooglja

Biooglje je samo po sebi zelo suho. Vsebuje velike količine ogljika, ne pa dovolj hranilnih snovi, ki jih rastline potrebujejo za uspešno rast. Brez aktivacije biooglje ne bi delovalo kot želeno, saj bi vso vodo vsrkalo. Biooglje je potrebno »nahraniti«. Temo postopku se reče aktivacija biooglja. V tem postopku biooglju dodamo hranilne snovi, kot so dušik, fosfor, kalij in še nekaj ostalih hranil. Če želimo biooglje uporabiti kot izboljševalec tal, je pomembno, da pore oglja napolnimo s snovmi, ki so koristne za tla. To so hranila, mikrohranila in seveda mikroorganizmi.

Najučinkovitejši aktivator biooglja je kompost. Kompost vsebuje velike količine naravnih hranil. Pomembna je tudi količina in razmerje med bioogljem in kompostom. V tej raziskavi raziskujeva, katero razmerje je najbolj primerno za rast rastlin.

2.7 Učinek aktiviranega biooglja

V tleh se vzpostavi novo ravnovesje, nov ekosistem, saj smo vanje vnesli koristne mikroorganizme – življenje. Zmanjša se potreba po zalivanju in dognojevanju, saj se v porah oglja skladiščijo hranila in voda. Zdrava tla namreč prekipevajo od življenja. Rastline, ki rastejo na takšnih tleh, pa imajo na voljo vsa makro- in mikrohranila, potrebna za rast. Korenine vzpostavijo simbiozo s koristnimi bakterijami in glivami, zato imajo na voljo bistveno večjo površino za črpanje hranil. (4)



Slika 4: Vrtna kreša

(Vir: <https://www.bodieko.si/kalcki>, b. d.)

3. IZVEDBA RAZISKOVALNEGA DELA

Najino raziskovanje je razdeljeno na dva dela:

1. Proizvodnja in pridobitev materialov – proizvodnja biooglja in komposta ter aktivacija biooglja.
2. Rastni poskusi z aktiviranim bioogljem in vrtno krešo.

Pri rastnih testih sva uporabila prst iz bližnje njive.

3.1 Proizvodnja in pridobitev materialov

3.1.1 Pridelava biooglja

Ob začetku najinega raziskovalnega dela nju je zanimalo, kako materiali, ki jih bova uporabljala, nastanejo. Najprej sva obiskala kmetijo v Skorbi, kjer ZRS Bistra Ptuj proizvaja biooglje. Tam sva po korakih opazovala, kako iz sekancev nastane biooglje.



Slika 5: Primerjava proizvedenega biooglja in sekancev

(Vir: Osebni arhiv, 2021)

Postopek se začne v zalogovniku. V njem se zbrana biomasa suši. Grelec porablja energijo (toploto), pridobljeno s procesom pirolize. Pod grelcem je vgrajen ventilator, ki skozi porozno dno zalogovnika piha vroč zrak in suši lesno biomaso. Iz zalogovnika vodi cev, imenovana transportni polž.



Slika 6: Transportni polž in zalogovnik

(Vir: Osebni arhiv, 2021)

Po polžu biomasa potuje do manjšega vmesnega zalogovnika in nato direktno v pirolizno peč. V peči se sekanci na temperaturi med 500 °C in 700 °C žgejo. Ko v peč spustimo malo kisika, nastane biooglje. Del nastale energije se zadržuje v biooglu, preostali del pa je v obliki topote uporabljen za ogrevanje in druge namene. Za pirolizno pečjo sledi sklop za odvzem bioogla iz reaktorja. Na spodnji vsipni del reaktorja je nameščen transportni polž za odvzem bioogla. Proizvedeno biooglje potem poškropimo z vodo, da ga ohladimo in preprečimo pretirano prašenje.



Slika 7: Pirolizna peč

(Vir: ZRS Bistra Ptuj, b. d.)

3.1.2 Pridelava komposta

Na CERO Gajkah Ptuj sva si ogledala pridelavo komposta. Eden izmed kompostov, s katerimi sva aktivirala biooglje, je bil prav iz omenjene kompostarne. Postopek same pridelave komposta traja med 20 in 30 dni.

Postopek se začne na zbirališču. Za pridelavo komposta na CERO Gajkah uporabljajo zmleto vejevje in biološki odpad. Zmeša in zmelje se ga v razmerju 70 % biološkega odpada in 30 % vejevja. Zbiranje in začasno skladiščenje vhodnih surovin poteka v zaprti hali, ki ima urejeno odsesavanje zraka skozi biofilter.



Slika 8: Masa za kompost

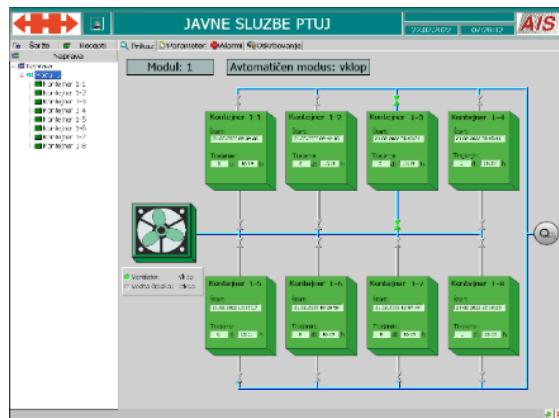
(Vir: Osebni arhiv, 2022)

Po nekaj dneh se masa, pripravljena za kompost, prestavi v kontejnerje. V zaprtih boksih poteka prva aktivna faza zorenja komposta z dovajanjem zraka, čiščenjem odpadnega zraka na biofiltru, zbiranjem izcedne vode, avtomatiziranim krmiljenjem procesa in merilnimi napravami za kontrolo celotnega procesa.



Slika 9: Kontejnerji za zorenje komposta

(Vir: Osebni arhiv, 2022)



Slika 10: Merilne naprave za kontrolo procesa

(Vir: Osebni arhiv, 2022)

Ko je kompost po desetih dneh zorenja pri približno 80 °C pripravljen za naslednji korak, ga premaknejo v zaprto halo, kjer se še nekaj časa hladi in poseda.



Slika 11: Hlajenje komposta

(Vir: Osebni arhiv, 2022)

Po nekaj dneh hlajenja je na vrsti korak, pri katerem iz komposta odstranimo nezaželene odpadke, kot so plastične vrečke, plastenke ... Te odpadke ločijo s strojem za sejanje. Tako se znebijo vseh odpadkov, ki ne spadajo v sam kompost.



Slika 12: Stroj za sejanje komposta

(Vir: Osebni arhiv, 2022)

Po tem koraku kompost čaka še en preizkus – analiza. Ko je kompost pripravljen, se v laboratorij odnese vzorec komposta, kjer preverijo, ali so v kompostu kakršne koli nezaželene sestavine, ki bi lahko povzročile različne bolezni. Kompostu se zatem določi stopnja, ki pove, kje in kako se ga lahko uporablja. Stopnja 1 se lahko uporabi za vrtove in za druge površine, kjer se pridelujejo vrtnine in poljščine. Stopnja 2 je uporabna za travnike in druge površine. Stopnja 3 ni uporabna. Kompost po tem postopku še nekaj dni počiva in se prečiščuje. Nato je pripravljen za uporabo.



Slika 13: Končan kompost

(Vir: Osebni arhiv, 2022)

3.1.3 Proizvodnja domačega komposta

Domači kompost je bil pripravljen po vročem postopku. Najprej je bil ločeno zbran zeleni (dušični) material in posebej rjavi (ogljični) material.



Slika 14: Zbrani material za vroče kompostiranje na domaćem vrtu

(Vir: Osebni arhiv, 2022)

Nato so bili materiali sestavljeni po principu sendviča na način, da so se izmenjevale plasti rjavega in zelenega materiala.



Slika 15: Sestava kompostnega kupa po principu »sendviča«

(Vir: Osebni arhiv, 2022)

Zatem se je kompostnik pokril s folijo in redno se je kontrolirala temperatura. Temperatura v kompostu je dosegla 70 °C in po nekaj dneh smo kompost premetali na način, da smo material z roba kupa prestavili v sredino kupa. Na tak način smo zagotovili, da je bil ves material podvržem visokim temperaturam.



Slika 16: Spremljanje temperature v kompostnem kupu

(Vir: Osebni arhiv, 2022)

Tako je bil kompost pripravljen za uporabo po približno enem mesecu.



Slika 17: Preverjanje zrelosti domačega komposta

(Vir: Osebni arhiv, 2022)

3.1.4 Aktivacija biooglja

Po ogledu postopkov, pri katerih nastaneta biooglje in kompost, je bilo biooglje potrebno aktivirati. Aktivacija je postopek, pri katerem biooglju dodamo hrnilne snovi, ki jih samo po sebi ne vsebuje, saj biooglje temelji na ogljiku.

Biooglje iz pirolizne peči pride v obliki sekancev, zato ga je potrebno zmleti. V laboratoriju Znanstveno-raziskovalnega središča Bistra Ptuj sva njihovo biooglje in biooglje iz podjetja Sonnerde zmlela.



Slika 18: Priprava biooglja na aktivacijo

(Vir: Osebni arhiv, 2022)

Ko je biooglje zmleto v fini prah, je pripravljeno na aktivacijo z različnimi vrstami komposta. Vsako aktivacijo sva oštrevilčila s svojo številko. Aktivacije s kupljenim bioogljem so bile označene z 1.X, aktivacije z bioogljem iz ZRS Bistre Ptuj pa z 2.X. Ko sva zmlela obe vrsti biooglja, so sledile aktivacije. 1.1 in 2.1 sta bili aktivaciji z kompostom iz CERO Gajk, 1.2 in 2.2 sta vsebovali kupljen kompost, aktivaciji 1.3 in 2.3 pa domači kompost. Vsaka aktivacija je vsebovala 50 volumskih % biooglja in 50 volumskih % komposta.

/	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3
Voda (ml)	1000 ml	1000 ml	900 ml	700 ml	850 ml	700 ml
Teža biooglja (g)	370 g	370 g	370 g	306,3 g	306,3 g	306,3 g
Teža komposta (g)	661,3 g	609,7 g	683,5 g	661,3 g	609,7 g	683,5 g

Tabela 2: Vsebina aktivacij biooglja

Po 14 dneh počivanja in postopka aktivacije sva vsem aktivacijam biooglja dodala še 100 ml vode.

3.2 Rastni testi z vrtno krešo

Po 14 dneh, ko sva biooglje uspešno aktivirala, je prišel čas za rastne teste. Uporabljala sva določene metode:

- za rastne teste sva uporabljala kvadratne petrijevke,
- v vsaki petrijevki je bilo 10 semen vrtne kreše,
- za vsak vzorec poskusa sva uporabila tri petrijevke.

Priprave rastnih testov sva se lotila v treh korakih:

- priprava razmerja aktiviranega biooglja in prsti v petrijevkah,
- sejanje in zalivanje,
- merjenje korenin.

Priprave sva se lotila z merjenjem količine biooglja in zemlje. Za vsak vzorec (tri petrijevke) sva pripravila skupno 300 ml mase. Ob vsaki ponovitvi sva si najprej pripravila kontrolo. Ta je vsebovala le zemljo in malo vode.



Slika 19: Primer treh enakih pripravljenih ponovitev

(Vir: Osebni arhiv, 2021)

Za pripravo treh petrijevk z 10 % bioogljem sva uporabila:

- 30 ml aktiviranega biooglja,
- 270 ml njivske zemlje,
- 100 ml mlačne vode.

Vsebino sva zmešala v majhni posodi in preverila, ali ima zadostno količino vode. Ko je bila vsebina primerna za sajenje kreše, sva se znebila vseh grud in jo razporedila v treh petrijevkah.

Za pripravo treh petrijevk z 20 % bioogljem sva uporabila:

- 60 ml aktiviranega biooglja,
- 240 ml njivske zemlje,
- 100 ml mlačne vode.

Tudi to vsebino sva zmešala v majhni posodi, preverila količino vode in se znebila vseh grud ter jo razporedila v tri petrijevke.

Za pripravo treh petrijevk s 30 % bioogljem sva uporabila:

- 90 ml aktiviranega biooglja,
- 210 ml njivske zemlje,
- 100 ml mlačne vode.

Ko sva to vsebino pripravila in preverila, ali je količina vode zadostna, sva vsebino enakomerno razporedila v tri petrijevke.

Za pripravo treh petrijevk s 40 % bioogljem sva uporabila:

- 120 ml aktiviranega biooglja,
- 180 ml njivske zemlje,
- 100 ml mlačne vode.

Ko sva pripravila vsa volumska razmerja, je sledilo sejanje kreše. Z mentorico sva se posvetovala glede količine semen v eni petrijevki. V vsako petrijevko sva na vrhu, 1 cm pod robom, posejala deset semen z medsebojnim razmikom 1 cm.



Slika 20: Sejanje semen kreše

(Vir: Osebni arhiv, 2021)

Enak postopek sva ponovila pri vsaki petrijevki. Ko sva uspešno razporedila semena v vse petrijevke, sva s kapalkami na vsako seme kreše spustila kapljico vode. Kreša ni zahtevna rastlina in ne potrebuje večkratnega zalivanja, zato je ena kapljica na seme zadostovala.

Ko sva posejala in zalila vsa semena, sva petrijevke pokrila s pokrovi in jih zlepila z lepilnim trakom. Petrijevke sva po tri skupaj zavila z aluminijasto folijo in jih pod 30 stopinjskim kotom položila v temno omaro.

Po treh dneh kalitve sva petrijevke odkrila in odprla. Pri merjenju dolžine semen sva upoštevala nekaj pravil:

- meriva le dolžino korenin,
- dolžine zapisujeva na dve decimalki,
- semen, ki niso vzkalila, ne upoštevava pri povprečju dolžine korenin.

Pri merjenju sva si delo razdelila na dva dela. Prvi je na papir previdno zložil kalčke kreše, drugi pa je izmeril korenino. Za merjenje korenin sva uporabljala premično merilo in meritve sproti zapisovala v raziskovani dnevnik.



Slika 21: Postopek merjenje korenin

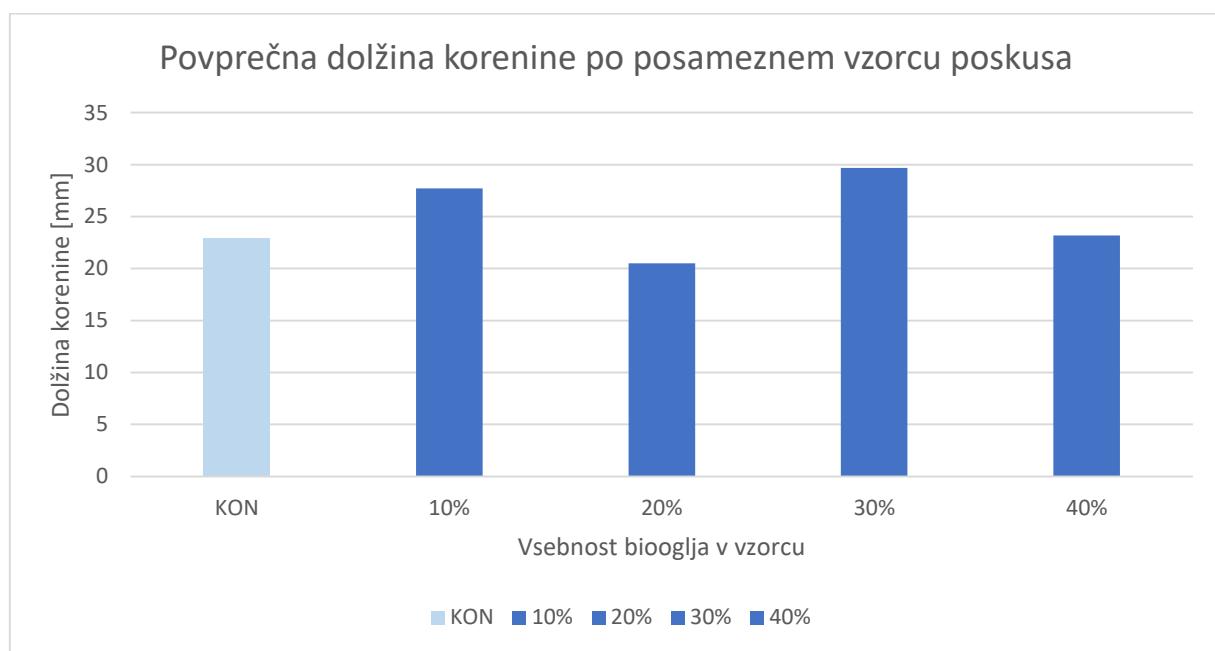
(Vir: Osebni arhiv, 2021)

4. REZULTATI IN UGOTOVITVE

Vpliv biooglja na kalitev rastlin sva preverjala s tri-dnevnim rastnim testom. Po treh dneh sva dolžine korenin merila s premičnim ravnalom in dolžine zapisovala v raziskovalni dnevnik. Kasneje sva izračunala povprečno dolžino korenine kalčka. Poskuse vsake aktivacije sva delala s petimi različnimi razmerji (kontrola, 10 %, 20 %, 30 % in 40 %). Vsaka petrijevka je vsebovala deset semen. Semen, ki niso zrastla nisva računala v povprečje. Podatke sva kasneje vnesla v tabele in grafe. Po končanem raziskovalnem delu sva zastavljene hipoteze, glede na pridobljene podatke, potrdila/zavrnila. Rastni test je opisan v tretjem poglavju.

4.1 Rezultati aktivacije kupljenega biooglja in komposta iz CERO Gajk

Slika 17 prikazuje povprečno dolžino korenine po posameznem vzorcu poskusa, ki je izračunano glede na vse izrastle korenine pri posamezni ponovitvi razmerja poskusa. Kot je na sliki prikazano, je povprečna dolžina korenine pri kontroli 22,97 mm. Povprečna dolžina korenine pri 10 % biooglju je 27,7 mm, povprečna dolžina korenine pri 20 % biooglju je 20,49 mm, povprečna dolžina korenine pri 30 % biooglju je 29,67 mm in povprečna dolžina korenine pri 40 % biooglju je 23,17 mm.



Slika 22: Povprečna dolžina korenine po posameznem vzorcu poskusa – 1.1 (aktivacije kupljenega biooglja in komposta iz CERO Gajk)

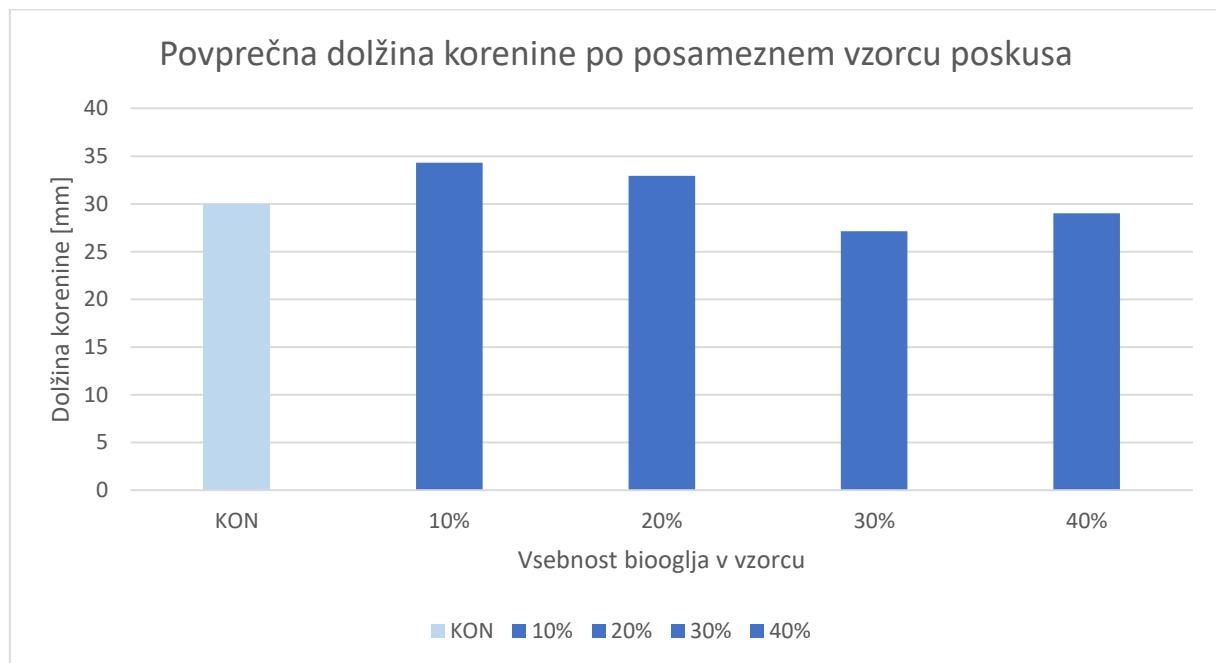
Iz slike lahko razberemo, da je povprečna dolžina korenine pri tej aktivaciji najboljša pri vzorcu, ki vsebuje 30 % biooglja in 70 % njivske zemlje. Pri 20 % biooglju in 80 % njivske zemlje je povprečna dolžina korenine najnižja. Povprečna dolžina korenine je pri 20 % biooglju in 80 % zemlje slabša od povprečne dolžine korenine pri kontroli (samo zemlja).

Razmerje	KON.	10 %	20 %	30 %	40 %
Kaljivost	76,67 %	93,33 %	76,67 %	73,33 %	76,67 %

Tabela 3: Odstotki kaljivosti

4.2 Rezultati aktivacije kupljenega biooglja in kupljenega komposta

Na sliki 18 je prikazana povprečna dolžina korenine po posameznem vzorcu poskusa. Iz slike 18 lahko razberemo, da je povprečna dolžina korenine pri kontroli 29,92 mm. Povprečna dolžina korenine pri 10 % biooglju je 34,31 mm, povprečna dolžina korenine pri 20 % biooglju je 32,93 mm, povprečna dolžina korenine pri 30 % biooglju je 27,15 mm in povprečna dolžina korenine pri 40 % biooglju je 29,01 mm.



Slika 23: Povprečna dolžina korenine po posameznem vzorcu poskusa–1.2 (aktivacije kupljenega biooglja in kupljenega komposta)

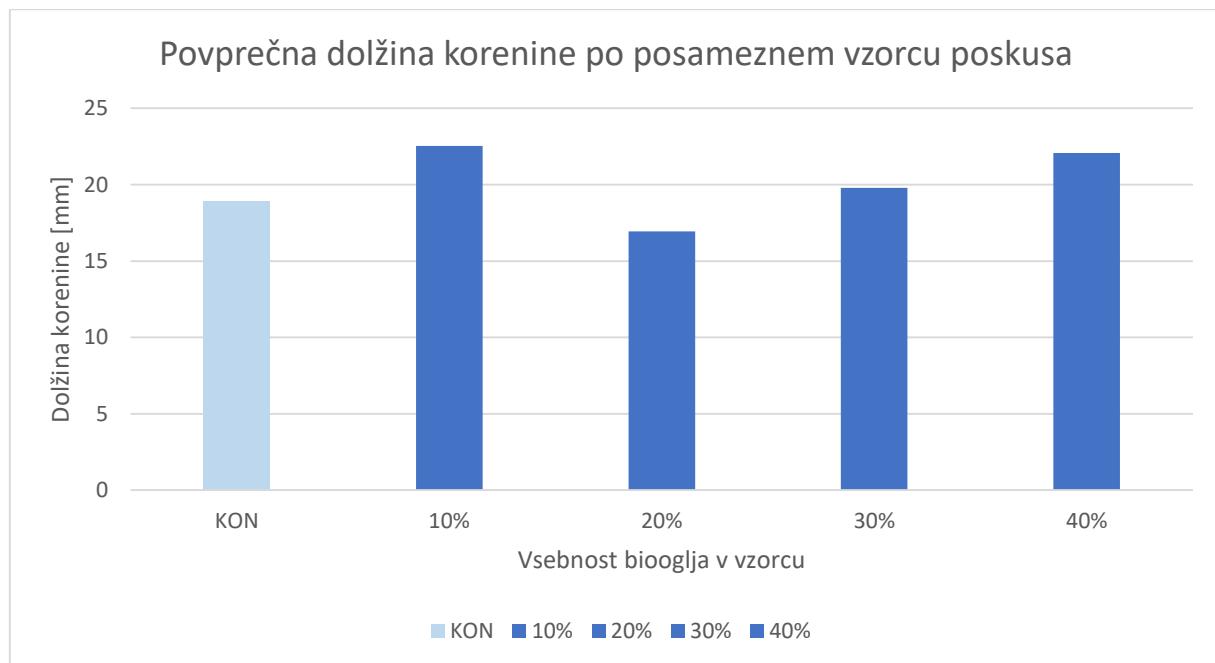
Iz slike razbrano, je povprečna dolžina korenine pri tej aktivaciji najboljša pri 10 % biooglju in 90 % njivske zemlje. Pri 30 % biooglju in 70 % njivske zemlje je povprečna dolžina korenine najnižja in manjša od povprečne dolžine korenine pri kontroli (samo zemlja).

Razmerje	KON.	10 %	20 %	30 %	40 %
Kaljivost	73,33 %	86,67 %	86,67 %	83,33 %	93,33 %

Tabela 4: Odstotki kaljivosti

4.3 Rezultati aktivacije kupljenega biooglja in domačega komposta

Slika 19 prikazuje povprečno dolžino korenine po posameznem vzorcu poskusa. Iz slike lahko razberemo, da je povprečna dolžina korenine pri kontroli 18,92 mm. Povprečna dolžina korenine pri 10 % biooglju je 22,53 mm, povprečna dolžina korenine pri 20 % biooglju je 16,93 mm, povprečna dolžina korenine pri 30 % biooglju je 19,8 mm in povprečna dolžina korenine pri 40 % biooglju je 22,08 mm.



Slika 24: Povprečna dolžina korenine po posameznem vzorcu poskusa – 1.3 (aktivacije kupljenega biooglja in domačega komposta)

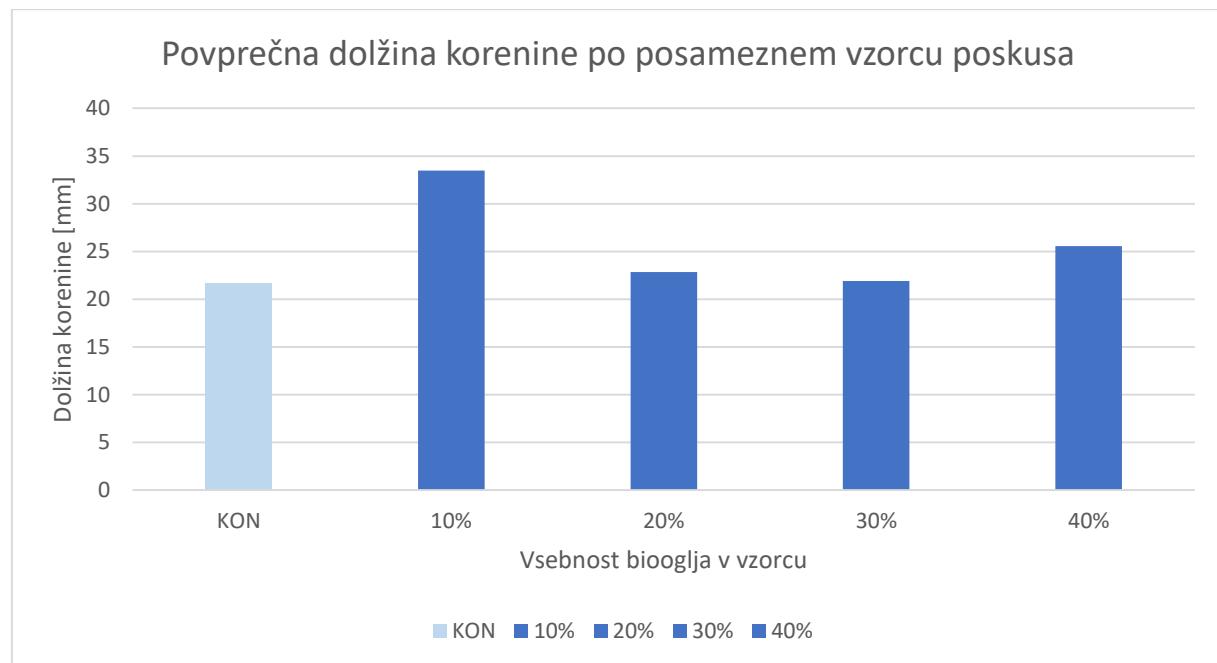
Iz slike lahko razberemo, da je povprečna dolžina korenine pri tej aktivaciji najboljša pri 10 % biooglja in 90 % njivske zemlje. Pri 20 % biooglja in 80 % njivske zemlje je povprečna dolžina korenine najnižja in manjša od povprečne dolžine korenine pri kontroli, ki vsebuje samo zemljo.

Razmerje	KON.	10 %	20 %	30 %	40 %
Kaljivost	93,33 %	90 %	80 %	83,33 %	83,33 %

Tabela 5: Odstotki kaljivosti

4.4 Rezultati aktivacije biooglja iz ZRS Bistra Ptuj in komposta iz CERO Gajk

Na sliki 20 je prikazana povprečna dolžina korenine po posameznem vzorcu poskusa. Na sliki je vidno, da je povprečna dolžina korenine pri kontroli 21,67 mm. Povprečna dolžina korenine pri 10 % biooglja je 33,46 mm, povprečna dolžina korenine pri 20 % biooglja je 22,84 mm, povprečna dolžina korenine pri 30 % biooglja je 21,91 mm in povprečna dolžina korenine pri 40 % biooglja je 25,55 mm.



Slika 25: Povprečna dolžina korenine po posameznem vzorcu poskusa – 2.1 (aktivacija biooglja iz ZRS Bistra Ptuj in komposta iz CERO Gajk)

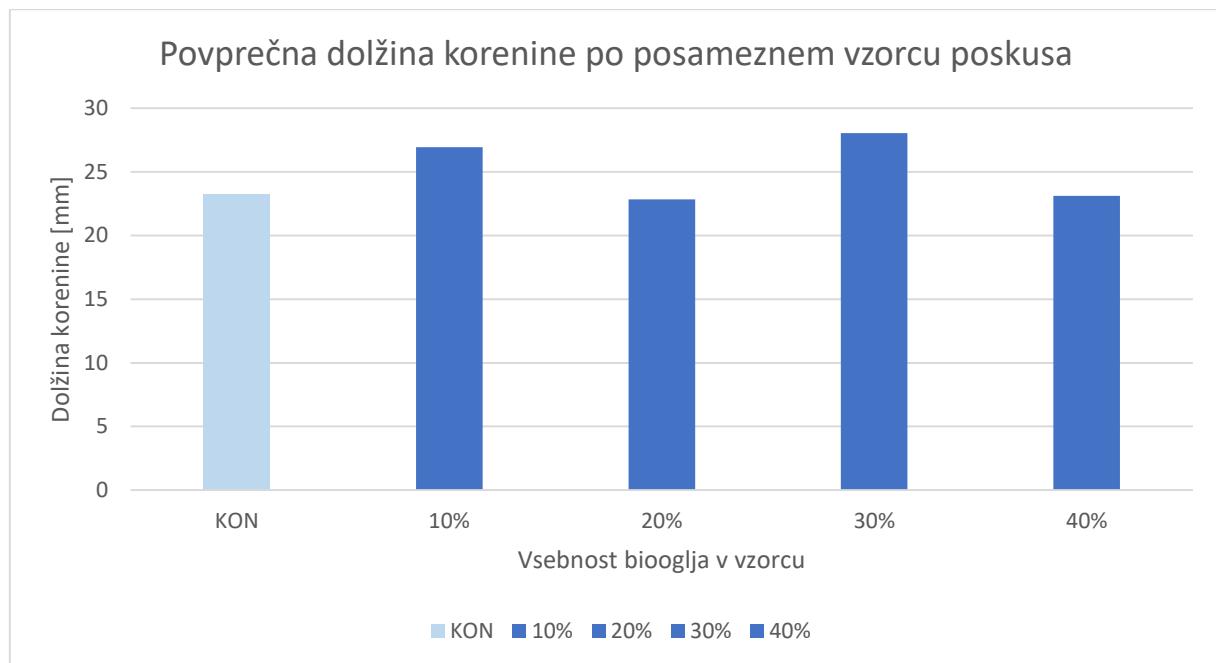
Na sliki je prikazano, da je povprečna dolžina korenine pri tej aktivaciji najboljša pri 10 % biooglja in 90 % njivske zemlje. Pri 30 % biooglja in 70 % njivske zemlje je povprečna dolžina korenine komaj opazno večja od kontrole.

Razmerje	KON.	10 %	20 %	30 %	40 %
Kaljivost	66,67 %	73,33 %	66,67 %	70 %	90 %

Tabela 6: Odstotki kaljivosti

4.5 Rezultati aktivacije biooglja iz ZRS Bistra Ptuj in kupljenega komposta

Slika 21 prikazuje povprečno dolžino korenine po posameznem vzorcu poskusa. Iz slike 21 lahko razberemo, da je povprečna dolžina korenine pri kontroli 23,24 mm. Povprečna dolžina korenine pri 10 % biooglja je 26,95 mm, povprečna dolžina korenine pri 20 % biooglja je 22,85 mm, povprečna dolžina korenine pri 30 % biooglja je 28,05 mm in povprečna dolžina korenine pri 40 % biooglja je 23,11 mm.



Slika 26: Povprečna dolžina korenine po posameznem vzorcu poskusa – 2.2(aktivacije biooglja iz ZRS Bistra Ptuj in kupljenega komposta)

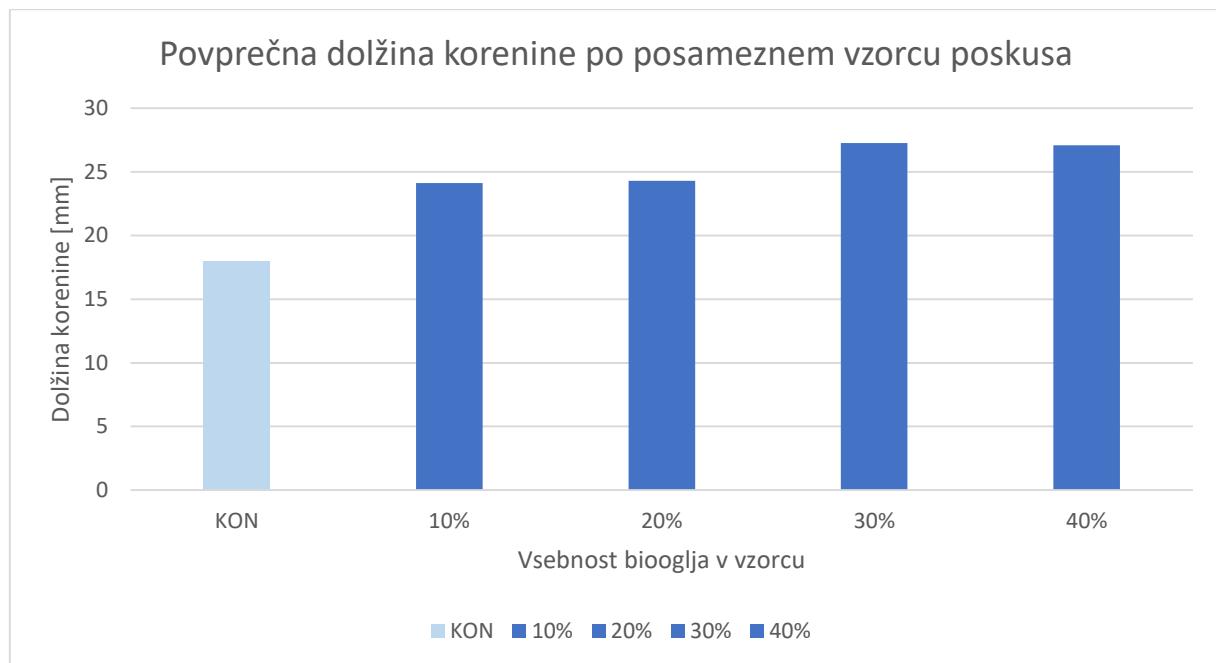
Na sliki je vidno, da je povprečna dolžina korenine pri tej aktivaciji najboljša pri 30 % biooglja in 70 % njivske zemlje. Pri 20 % biooglja in 80 % njivske zemlje je povprečna dolžina korenine najnižja. Povprečna dolžina korenine pri kontroli je večja od povprečne dolžine korenine pri razmerju z 20 % biooglja.

Razmerje	KON.	10 %	20 %	30 %	40 %
Kaljivost	70,00 %	80 %	76,6%	76,67 %	80 %

Tabela 7: Odstotki kaljivosti

4.6 Rezultati aktivacije biooglja iz ZRS Bistra Ptuj in domačega komposta

Na sliki 22 je prikazana povprečna dolžina korenine po posameznem vzorcu poskusa. Na sliki 22 je vidno, da je povprečna dolžina korenine pri kontroli 17,95 mm. Povprečna dolžina korenine pri 10 % biooglja je 24,13 mm, povprečna dolžina korenine pri 20 % biooglja je 24,3 mm, povprečna dolžina korenine pri 30 % biooglja je 27,28 mm in povprečna dolžina korenine pri 40 % biooglja je 27,1 mm.



Slika 27: Povprečna dolžina korenine po posameznem vzorcu poskusa – 2.3 (aktivacija biooglja iz ZRS Bistra Ptuj in domačega komposta)

Iz slike razbrano, je povprečna dolžina korenine pri tej aktivaciji najboljša pri 10 % biooglja in 90 % njivske zemlje. Pri 30 % biooglja in 70 % njivske zemlje je povprečna dolžina korenine najnižja in manjša od povprečne dolžine korenine pri kontroli (samo zemlja).

Razmerje	KON.	10 %	20 %	30 %	40 %
Kaljivost	70,00 %	93,33 %	86,67 %	76,67 %	80 %

Tabela 8: Odstotki kaljivosti

5. Zaključek

Biooglje uvrščamo med naravna gnojila, ki ne škodujejo okolju. Biooglje nastaja s postopkom pirolize, pri katerem vso energijo, ki nastaja, znova uporabimo, da je ne zavržemo. Če biooglje pravilno pripravimo in aktiviramo, lahko ima pozitivne učinke na rast rastlin in posledično na življenje živali. Na tem področju je bilo opravljenih že nekaj raziskav, ki so dokazale učinkovitost vpliva biooglja na prst, zato so nadaljnje raziskave o biooglju smiselne. Zaradi nekaterih zanimivih raziskav sva se raziskave lotila tudi midva, saj sva to področje želela temeljiteje proučiti in s tem prispevati k nadaljnemu raziskovanju biooglja.

V tretjem poglavju sva opisala najino raziskovalno delo. Raziskovala sva, kako različne vrste biooglja, aktivirane z različnimi vrstami komposta, vplivajo na rast rastlin. Za najin poskus sva uporabila vrtno krešo, saj dokaj hitro kali, zato je tudi razlika v rasti hitro vidna. Poskus sva zaključila v šestih tednih. Najino raziskovalno delo sva razdelila na tri dele:

- priprava volumskih razmerij v petrijevkah,
- sejanje in zalivanje semen,
- merjenje korenin.

Ob začetku naloge sva si postavila dve hipotezi:

- domače biooglje in domači kompost najbolje vplivata na rast rastlin,
- volumski delež med bioogljem in prstjo je pomemben.

Z najino raziskavo sva ugotovila:

- aktivirano biooglje vedno pozitivno vpliva na rast rastlin,
- med volumskimi deleži, v katerih biooglje dodajamo prsti, so vidne razlike,
- domače biooglje in domač kompost, v primerjavi z ostalimi, nekoliko slabše vplivata na začetno rast korenin rastlin.

S poskusi sva prvo hipotezo ovrgla, drugo pa potrdila. Najini poskusi so pokazali, da je kupljeno biooglje, aktivirano s kupljenim kompostom, najbolje vplivalo na začetno rast rastlin. Povprečna rast korenin pri različnih volumskih razmerjih je pokazala razliko. Ugotovila sva, da je na rast rastlin najbolje vplivalo razmerje 10 volumskih odstotkov kupljenega biooglja, aktiviranega s kupljenim kompostom in 90 volumskimi odstotki prsti. Presenetili so naju rezultati pri vzorcih aktivacij, kjer je bilo razmerje 20 volumskih odstotkov biooglja.

Ugotovila sva, da so korenine kreše najbolje uspevale in rastle pri aktivaciji kupljenega biooglja in kupljenega komposta, ki je vsebovala 50 % biooglja iz podjetja Sonnerde in 50 % kupljenega komposta.

Najboljša razmerja za vsako aktivacijo so bila:

- aktivacija 1.1 (kupljeno biooglje in kompost iz CERO Gajk) – 30 % biooglja, 70 % prsti,
- aktivacija 1.2 (kupljeno biooglje in kupljen kompost) – 10 % biooglja, 90 % prsti,
- aktivacija 1.3 (kupljeno biooglje in domači kompost) – 10 % biooglja, 90 % prsti,

- aktivacija 2.1 (biooglje iz ZRS Bistra Ptuj in kompost iz CERO Gajk) – 10 % biooglja, 90 % prsti,
- aktivacija 2.2 (biooglje iz ZRS Bistra Ptuj in kupljene kompost) – 30 % biooglja, 70 % prsti,
- aktivacija 2.3 (biooglje iz ZRS Bistra Ptuj in domači kompost) – 30 % biooglja, 70 % prsti.

Aktivirano biooglje torej na nek način oživlja prst, saj se vanjo trajno naselijo koristni organizmi ter vsa hranila potrebna za rast. Pomembno ga je dodati dovolj, da lahko opravi svojo funkcijo, vendar spet ne preveč. Rastline imajo namreč evolucijski mehanizem zaznavanja količine oglja, ker je bila tekom dolge rastlinske zgodovine prisotnost oglja znak za požar v naravi na določenem območju. Zato pretiravanje z dodajanjem biooglja vodi v zaostanek v rasti rastlin. Korenine dobro zrastejo, zato imajo na voljo bistveno večjo površino za črpanje hranil. Dobro preskrbljene rastline pa so zdrave in tudi odporne.

Biooglje je vedno bolj aktualna tema med mladimi raziskovalci in znanstveniki, saj je dandanes še kako pomemben okoljski vidik. V kmetijstvu se pogosto uporablja umetna gnojila, ki lahko pri pretirani uporabi škodijo prsti in podtalnici. Z uporabo naravnih gnojil, kot je biooglje, lahko močno pripomoremo tudi k ohranjanju čistega okolja. Priporočljive teme za nadaljnje raziskave so:

- poskusi z več različnimi vrstami prsti,
- poskusi v realnih razmerah,
- vpliv biooglja na različne vrste živali.

6. Viri in literatura

- 1.) Januš, B. (marec 2012). Vrtnarjenje z bioogljem. Pridobljeno 15. februar 2022 od <https://www.dominvirt.si/zunanja-ureditev/naravno-vrtnarjenje-z-bioogljem.html>
- 2.) Kaj je Terra Preta – Spoznajte amazonsko Črno zemljo. (b. d.). Pridobljeno 12. februar 2022. od <https://sl.domesticfutures.com/what-is-terra-preta-4712>
- 3.) Terra preta, večno rodovitna zemlja. (b. d.). Pridobljeno 15. februar 2022 od <https://www.gajin-vrt.com/terra-preta-vecno-rodovitna-zemlja/>
- 4.) Bagar, T. (september 2017). Biooglje. Pridobljeno 16. februar 2022 od <https://permakultura.si/article/biooglje>
- 5.) Proizvodnja in uporaba biooglja na kmetijah za namen izboljšanja tal in prispevka k blaženju podnebnih sprememb. (b. d.). Pridobljeno 18. februar 2022 od <https://www.climatehub.si/proizvodnja-in-uporaba-biooglja-na-kmetijah-za-namen-izboljsanja-tal-in-prispevka-k-blazenju-podnebnih-sprememb/>
- 6.) dr. Nataša Belšak Šel, dr. Denis Stajnko, Erik Rihter, Ivan Brodjak, Matic Leben in Manfred Jakop (november 2021). Zaključno poročilo projekta »Proizvodnja in uporaba biooglja na kmetijah za namen izboljšanja tal in prispevka k blaženju podnebnih sprememb«. Pridobljeno 20. februar 2022 od https://bistra.si/images/2021/Zaklj%C4%8Dno_poro%C4%8Dilo_projekta_Biooglje.pdf
- 7.) dr. Hessayon, D. G. (1996). Urejanje vrta. Ljubljana: Mladinska knjiga.
- 8.) Matko, E. (2014). Uporaba biooglja v kmetijstvu. Pridobljeno 10. februar 2022 od http://www.vsvo.si/images/pdf/2014090330_Kon%C4%8Dana_diplomska_naloga_biooglje_v_kmetijstvu.pdf

7. Priloge

Priloga A: Dolžine korenin – aktivacija 1.1

Priloga B: Dolžine korenin – aktivacija 1.2

Priloga C: Dolžine korenin – aktivacija 1.3

Priloga D: Dolžine korenin – aktivacija 2.1

Priloga E: Dolžine korenin – aktivacija 2.2

Priloga F: Dolžine korenin – aktivacija 2.3

Priloga A: Dolžine korenin – aktivacija 1.1

Seme	KON_1	KON_2	KON_3	10%_1	10%_2	10%_3	20%_1	20%_2	20%_3	30%_1	30%_2	30%_3	40%_1	40%_2	40%_3
1	26,83	30,13	10,87	45,15	33,57	42,61	23,11	12,51	28,17	15,11	34,06	34,56	27,24	40,33	13,21
2	27,81	18,17	11,41	29,94	19,61	30,51	42,13	32,75	19,89	16,62	30,21	33,79	16,87	26,58	13,16
3	25,76	20,56	10,58	44,21	23,61	29,75	19,77	18,31	17,82	11,57	19,19	28,52	21,54	23,54	13,48
4	21,28	30,44	18,39	14,13	37,23	31,28	9,11	10,29	26,45	25,26	37,22	32,04	28,08	19,62	34,36
5	23,65	27,36	31,46	42,17	30,73	17,75	15,25	21,72	10,85	17,85	43,33	44,75	25,24	21,86	17,06
6	24,17	27,36	18,14	18,76	22,08	12,64	22,88	23,98	10,71	33,45	37,75	40,77	17,05	29,33	16,25
7	27,37	24,61	32,32	31,13	17,28	31,99	34,09	18,45	24,11	35,11	21,89	37,38	17,93	37,56	22,11
8		15,37		18,45	39,74	18,92		11,66				27,58	20,17		25,16
9		27,62		13,23		31,18		12,53							
10			15,88		31,61										
Povprečje	25,27	24,62	19,02	27,31	27,98	27,82	23,76	18,02	19,71	22,14	31,95	34,92	21,77	28,4	19,35

Priloga B: Dolžine korenin – aktivacija 1.2

Seme	KON_1	KON_2	KON_3	10%_1	10%_2	10%_3	20%_1	20%_2	20%_3	30%_1	30%_2	30%_3	40%_1	40%_2	40%_3
1	14,85	32,31	29,97	48,03	17,41	38,67	48,08	22,31	47,88	31,02	22,14	24,19	40,1	39,72	34,71
2	21,57	30,29	29,02	34,75	37,31	46,36	43,44	41,45	45,01	37,71	29,39	36,34	20,07	15,9	39,83
3	34,02	33,07	21,21	42,05	27,39	53,62	26,19	31,91	43,03	28,68	17,38	21,37	14,12	26,41	47,01
4	41,43	30,54	21,65	16,64	26,89	38,61	28,13	33,66	41,15	20,61	23,56	17,58	36,96	38,38	45,72
5	39,09	33,08	27,96	30,56	36,57	40,38	26,06	31,01	18,05	32,77	29,47	19,44	18,24	42,79	34,21
6	34,55	36,01	33,89	23,56	48,64	45,69	48,69	35,06	27,72	42,32	28,23	28,58	12,39	33,36	27,31
7	29,25	27,34	34,51	27,44	32,99	36,63	21,14	24,53	29,01	25,68	16,02	35,25	15,36	42,52	19,01
8		23,61		28,39	34,24	35,05	27,86	34,24	17,96	27,05	37,28		24,35	23,77	21,67
9						37,46	29,69	32,09			27,72		20,07	16,76	
10						15,79				14,79		24,58	27,47		
Povprečje	30,68	30,78	28,32	31,43	32,68	38,83	33,25	31,81	33,73	30,73	24,6	26,11	22,62	30,71	33,68

Priloga C: Dolžine korenin – aktivacija 1.3

Seme	KON_1	KON_2	KON_3	10%_1	10%_2	10%_3	20%_1	20%_2	20%_3	30%_1	30%_2	30%_3	40%_1	40%_2	40%_3
1	9,6	18,93	22,82	29,14	17,45	14,35	28,26	14,94	13,34	20,23	17,1	26,04	33,48	18,54	26,74
2	19,16	17,89	17,15	19,49	23,79	35,81	15,36	15,8	15,67	16,57	13,59	25,16	22,15	17,66	27,21
3	15,45	18,35	23,23	18,61	24,15	16,35	31,69	13,58	15,74	12,64	14,17	33,45	23,45	16,45	32,55
4	23,7	19,97	31,72	25,64	21,44	21,34	18,19	13,66	20,57	27,67	17,26	31,07	29,45	20,45	18,45
5	18	13,4	19,66	21,68	26,39	31,75	12,09	12,38	16,22	21,12	13,95	21,22	19,38	19,18	22,23
6	27,74	22,45	17,48	17,63	24,4	23,34	11,35	18,04	20,05	17,69	17,41	20,34	19,32	21,64	25,34
7	21,32	16,45	12,94	15,74	22,69	27,35	15,16	15,66	13,6	21,37	14,81	19,28	26,34	16,05	31,25
8	16,75	21,8	13,77	20,67	34,02	15,78	21,88	17,58	15,55	20,42	16,45	18,35	20,08	15,88	16,35
9	12,66	19,61			29,14	16,23				17,35					14,18
10	17,88	17,93				14,38									
Povprečje	18,23	18,68	19,85	21,08	24,83	21,67	19,25	15,21	16,34	19,45	15,59	24,36	24,21	18,23	23,81

Priloga D: Dolžine korenin – aktivacija 2.1

Seme	KON_1	KON_2	KON_3	10%_1	10%_2	10%_3	20%_1	20%_2	20%_3	30%_1	30%_2	30%_3	40%_1	40%_2	40%_3
1	13,26	26,44	22,11	25,9	30,82	30,56	16,96	14,08	29,37	22,03	13,83	17,73	26,11	38,91	28,65
2	31,69	14,81	18,45	26,51	35,76	45,5	26,63	18,13	17,3	28,76	18,13	29,44	37,15	44,09	20,52
3	14,84	26,66	19,71	44,38	15,7	36,07	35,41	39,64	11,63	43,25	19,64	12,58	34,17	37,52	17,65
4	24,72	23,72	11,3	18,4	39,76	35,08	15,36	14	15,94	17,08	15,24	18,87	23,35	33,33	16,06
5	31,29	18,56	26,29	40,17	40,5	40,06	19,12	39,31	19,84	16,37	16,14	24,15	20,93	18,27	24,61
6	28,48	24,15	26,12	30,3	19,22	38,57	30,52	18	15,32	20,09	21,46	26,38	14,53	19,01	18,76
7	10,96		19,15	21,41	34,75	44,52	42,99		16,3	17,87	24,11	37	18,15	30,52	33,26
8													19,19	19,4	23,83
9													16,61	36,05	
10														26,63	
Povprečje	22,18	22,39	20,45	29,58	30,93	39,88	26,71	23,86	17,96	23,64	18,36	23,74	23,35	30,37	22,92

Priloga E: Dolžine korenin – aktivacija 2.2

Seme	KON_1	KON_2	KON_3	10%_1	10%_2	10%_3	20%_1	20%_2	20%_3	30%_1	30%_2	30%_3	40%_1	40%_2	40%_3
1	23,15	23,87	16,45	29,02	31,74	32,7	34,26	36,88	27,72	34,31	31,38	34,77	21,52	32,23	22
2	21,45	17,18	34,66	16,6	33,22	37,85	35,28	13,55	16,23	29,51	39,71	22,97	23,53	15,23	25,18
3	31,49	29,28	23,88	28,37	19,05	33,67	25,21	25	23,41	15,21	29,47	35,8	18,54	23,45	25,34
4	14,16	23,34	21,07	26,72	29,63	39,45	15,15	34,11	10,98	26,88	28,27	37,24	34,87	19	13,27
5	28,25	15,18	20,16	25,57	35,03	27,4	23,34	15,87	26,99	16,19	41,31	36,37	32,09	28,99	21,54
6	32,13	34,35	17,98	23,16	24,86	25,37	18,19	16,28	18,38	25,19	15,7	31,42	22,99	15,47	23,32
7	13,15	25,27		24,25	17,42	25,78	25,66	25,56	18,19	18,23	38,44	16,28	15,56	12,34	28,27
8		23,12			18,15	30,4	17		21,26		23,42		34,67		34,23
9						16,46					20,59		14,18		
10															
Povprečje	23,4	23,95	22,37	24,81	26,14	29,9	24,26	23,89	20,4	23,65	29,81	30,69	24,22	20,96	24,14

Priloga F: Dolžine korenin – aktivacija 2.3

1	11,9	23,44	12,65	35,7	19,59	28,51	20,64	18,15	26,18	18,97	34,82	23,96	32,15	23,18	32,7
2	15,14	12,89	23,09	39,18	36,13	27,56	35,23	15,18	28,19	30,22	28,85	28,25	36,28	18,25	37,85
3	23,27	21,78	17,32	13,15	32,43	28,38	18,15	19,63	14,3	32,67	22,43	38,03	18,19	23,16	33,67
4	18,17	23,03	15,98	11,94	21,54	23,81	29,58	31,26	23,16	31,1	26,45	28,98	25,38	24,25	39,45
5	21,27	15,08	30,01	19,63	18,46	29,08	33,15	25,23	28,19	33,83	19,52	25,21	26,13	32,84	27,4
6	9,87	9,08	24,24	32,21	13,25	20,09	25,13	28,29	19,35	31,24	27,88	29,73	25,18	28,15	25,37
7	21,66	15,18	11,99	23,15	26,06	29,95	34,16	14,16	24,28	30,23	24,77	18,82	19,31	22,04	25,78
8				25,85	21,21	15,67	28,33	26,39	26,13		22,15	16,87	23,28		30,4
9				28,82	16,88	12,23	20,01		21,25						26,46
10						25,15									
Povprečje	17,33	17,21	19,33	25,51	22,84	24,04	27,15	22,29	23,45	29,75	25,86	26,23	25,74	24,55	31,01