

Mladi za napredek Maribora 2016

33. srečanje

Vpliv mineralnih voda na rast male vodne leče (*Lemna minor* L.)

BIOLOGIJA

Raziskovalna naloga

Avtor: URŠKA ŠTIBLER
Mentor: BERNARDA DEVETAK
Šola: II. GIMNAZIJA MARIBOR

Maribor, februar 2016

Mladi za napredek Maribora 2016

33. srečanje

**Vpliv mineralnih voda na rast male vodne leče
(*Lemna minor* L.)**

BIOLOGIJA

Raziskovalna naloga

Maribor, februar 2016

Vsebina

1. UVOD	1
1.1 Mala vodna leča (<i>Lemna minor</i> L.) in <i>Lemna</i> test.....	2
1.2 Medij po Steinbergu in esencialni elementi.....	3
1.3 Mineralne vode	5
1.3.1. Donat Mg.....	6
1.3.2. Tempel.....	6
1.3.3. Kraljevi vrelec.....	6
1.4. Hidroponika	7
2. METODOLOGIJA DELA	9
2.3. Materiali in aparati	9
2.4. Postopek	9
2.4.1. Priprava predkulture	9
2.4.2. <i>Lemna</i> test	12
2.4.3. Zbiranje rezultatov.....	14
2.4.4. Določanje vsebnosti klorofila a in b ter karotenoidov.....	17
3. REZULTATI	18
4. RAZPRAVA.....	28
5. ZAKLJUČEK	30
6. DRUŽBENA ODGOVORNOST.....	32
7. VIRI IN LITERATURA	33
8. PRILOGE	35

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Povprečno število stebelnih členkov male vodne leče (<i>Lemna minor</i> L.) iz štirih različnih rastnih medijev	24
Grafikon 2: Povprečna ploščina stebelnih členkov male vodne leče (<i>Lemna minor</i> L.) iz štirih različnih rastnih medijev	25
Grafikon 3: Povprečno število koreninic male vodne leče (<i>Lemna minor</i> L.) iz štirih različnih rastnih medijev	25
Grafikon 4: Povprečna dolžina koreninic male vodne leče (<i>Lemna minor</i> L.) iz štirih različnih rastnih medijev	26

Grafikon 5: Povprečno število koreninic, dolžina koreninic in ploščina stebelnih členkov male vodne leče (*Lemna minor L.*) iz štirih različnih rastnih medijev..... 26

Grafikon 6: Vsebnost klorofila a, klorofila b in karotenoidov iz stebelnih členkov male vodne leče (*Lemna minor L.*) iz štirih različnih rastnih medijev 27

KAZALO SLIK

Slika 1: Stebelni členek in koreninica male vodne leče pod stereomikroskopom z merilom 500 µm (vir: avtorica) 2

Slika 2: Izvir Kraljevega vrelega v Spodnji Kostivnici (vir: <http://www.rogaska-slatina.si/mapa/23/41/104/kraljevi-vrelec-rogaska-slatina>) 6

Slika 3: Pripravljene standardne raztopine (vir: avtorica) 10

Slika 4: Mala vodna leča (*Lemna minor L.*) v rastnih medijih (vir: avtorica) 13

Slika 5: Mala vodna leča (*Lemna minor L.*) v mineralni vodi Tempel po enem tednu (vir: avtorica)..... 14

Slika 6: Mala vodna leča (*Lemna minor L.*) v mediju po Steinbergu po enem tednu (vir: avtorica)..... 14

Slika 7: Mala vodna leča (*Lemna minor L.*) v mineralni vodi Donat Mg po enem tednu (vir: avtorica)..... 15

Slika 8: Mala vodna leča (*Lemna minor L.*) v mineralni vodi iz Kraljevega vrelega po enem tednu (vir: avtorica)..... 15

Slika 9: Mala vodna leča (*Lemna minor L.*) in primeri »nepravih« stebelnih členkov z vijolično spodnjo stran pod stereomikroskopom (vir: avtorica) 16

KAZALO TABEL

Tabela 1: Mineralna sestava medija po Steinbergu (by Altenburgel) 3

Tabela 2: Nekateri izmed esencialnih elementov, njihova vloga in fizični znaki pomanjkanja (povz. po Hopkins in Hüner, 2009)..... 4

Tabela 3: Primerjava mineralna sestave mineralnih voda Donat Mg, Tempel in mineralne vode Kraljevi vrelec (povz. po ZZVM, 2011) 5

Tabela 4: Kemikalije za pripravo standardnih raztopin (povz. po ISO 20079:2005, 2007) ... 11

Tabela 5: Standardne raztopine za pripravo 1L medija po Steinbergu 12

Tabela 6: Absorpcija izmerjena pri valovni dolžini 470, 645 in 662 nm v stebelnih členkih male vodne leče (<i>Lemna minor</i> L.) gojenih v štirih različni rastnih medijih.....	18
Tabela 7: Število koreninic, dolžina koreninic in ploščina 10 stebelnih členkov male vodne leče (<i>Lemna minor</i> L.) iz petih erlenmajeric, ki so vsebovale medij po Steinbergu.....	19
Tabela 8: Število koreninic, dolžina koreninic in ploščina 10 stebelnih členkov male vodne leče (<i>Lemna minor</i> L.) iz petih erlenmajeric, ki so vsebovale mineralno vodo Donat Mg.....	20
Tabela 9: Število koreninic, dolžina koreninic in ploščina 10 stebelnih členkov male vodne leče (<i>Lemna minor</i> L.) iz petih erlenmajeric, ki so vsebovale mineralno vodo Tempel.....	21
Tabela 10: Število koreninic, dolžina koreninic in ploščina 10 stebelnih členkov male vodne leče (<i>Lemna minor</i> L.) iz petih erlenmajeric, ki so vsebovale mineralno vodo iz Kraljevega vrelca.....	22
Tabela 11: Število stebelnih členkov male vodne leče (<i>Lemna minor</i> L.) v posameznih erlenmajericah.....	23
Tabela 12: Vsebnost klorofila a, klorofila b in karotenoidov v stebelnih členkih male vodne leče (<i>Lemna minor</i> L.) iz štirih rastnih medijev.....	23
Tabela 13: Koncentracija klorofila a in klorofila v stebelnih členkih male vodne leče (<i>Lemna minor</i> L.) iz štirih rastnih medijev.....	24

POVZETEK

V Rogaški Slatini izvira veliko mineralnih voda, tudi Tempel, Donat Mg in Kraljevi vrelec, ki smo jih uporabili v raziskovalni nalogi. Namen je bil, da z uporabo *Lemna testa* ugotovimo ali so mineralne vode primerne za gojenje male vodne leče (*Lemna minor L.*). Test je bil opravljen po navodilih slovenskega standarda ISO 20079:2005 (2007). V njem je naveden medij po Steinbergu, ki je služil kot kontrola. Po pripravi predkulture smo malo vodno lečo gojili teden dni v rastni komori, v erlenmajericah, ki so vsebovale 100 ml medija ali mineralne vode in 12 rastlin. Po tednu dni smo prešteli rastline v posameznih erlenmajericah ter izmerili ploščino, število korenin in njihovo dolžino na posameznih rastlinah. Na koncu smo določili še vsebnost klorofila a in b ter karotenoide. Potrdili smo obe hipotezi, da bodo rastline uspevale v vseh treh mineralnih vodah in najbolj primerna je bila voda iz Kraljevega vrelca. Vendar se rezultati meritev med posameznimi mineralnimi vodami niso značilno razlikovali.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem svoji mentorici za njen čas, trud ter vodenje pri pisanju naloge. Prav tako se zahvaljujem osebju Fakultete, ki so mi omogočili delu v laboratoriju na oddelku biologije. Njihova pomoč in nasveti so veliko pripomogli pri nastajanju te naloge.

1. UVOD

Slovenija ima obsežen vodni sistem rek, jezer in izvirov mineralnih voda, ki so pomemben naravni vir. Mineralne vode so poleg tega, da so vir pitne vode, veliko pripomogle tudi k razvoju zdravilnega turizma. (Pregelj in Rogel, 2010, str. 321). Še posebej v Rogaški Slatini, ki je slavna po svojih zdraviliščih in vrelih zdravilne mineralne vode.

Vodnik ljubljanskega geografskega društva (2011) navaja, da je naselje Spodnja Kostivnica posebno zaradi številnih izvirov mineralne vode, nekateri so bili znani že pred našim štetjem. Skozi Zgornji Gabrnik je nekoč vodila tako imenovana Slatinška cesta ob kateri oziroma v njeni bližini je bilo 12 vrelcev. Veliko vrelcev so žal že opustili, nekateri pa še danes čakajo na obnovo. V Spodnji Kostivnici in Spodnjem Gabrniku se nahajata črpališči mineralne vode Donat, v Zgornjem Gabrniku pa črpališči mineralne vode Tempel, Edina in Tiha.

»Dokazano je, da imajo te vode zaradi mineralov pozitiven vpliv na človeka oziroma na njegovo zdravje«(Ogrizek, 2015, str. 1). Mineralne vode pa vsebujejo tudi esencialne minerale, ki jih za rast potrebujejo rastline. V dosedanjih raziskavah smo zasledili, da je Kovach (2013) zapisal, da se za gojenje hidroponik priporoča dodajanje manjših količin mineralne vode v destilirano ali vodo iz pipe, če gojiš manjše število rastlin. Mineralne vode namreč vsebujejo minerale, ki spodbujajo rast rastlin, bikarbonat v njih pa je dober vir ogljikovega dioksida. Winterborne (2005) navaja, da je mineralna voda je lahko primerna za hidroponiko, ampak je njena uporaba lahko zelo draga in nepraktična, če mineralna voda ni črpana direktno iz naravnega izvira. To v Rogaški Slatini ne bi smelo predstavljati problema, saj imajo veliko naravnih izvirov mineralnih voda.

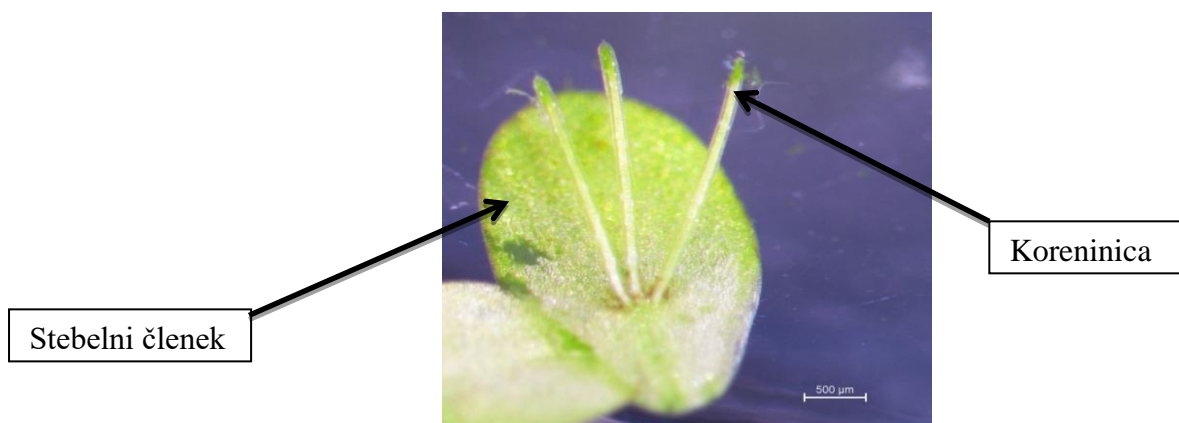
Ogrizek (2015) je preučevala vpliv mineralnih voda Tempel, Donat Mg in mineralne vode iz Kraljevega vreleca na kalitev semen vrtna kreše (*Lepidium sativum*), vsebnost klorofila v javanskem mahu (*Taxiphylum barbieri*) in rast pivske kvasovke (*Saccharomyces cerevisiae*). Kot kontrolo pri njenih raziskavah je uporabila navadno vodo. Njeni rezultati so pokazali, da mineralne vode delujejo inhibicijsko na kalitev semen vrtna kreše, so pa spodbudno delovale na nastajanje klorofila a in b v javanskem mahu ter rast pivske kvasovke. Največje vrednosti klorofila a in b je izmerila pri javanskega mahu, ki so ga gojili v mineralni vodi iz Kraljevega vreleca. Merila pa je tudi spremembo mase javanskega mahu, po tem, ko ga je 14 dni gojila v

treh mineralnih vodah. Največjo spremembo mase je zabeležila pri rastlinah gojenih v mineralni vodi Tempel. Rastline gojene v mineralna vodi Donat Mg so imele najslabše rezultate. Iz tega je sklepala, da mineralna voda s preveliko količino mineralov deluje na rast rastlin inhibicijsko.

V naši raziskovalni nalogi bomo preizkusili ali imajo mineralne vode ugoden vpliv na rast rastlin in če bi jih posledično lahko uporabili kot rastni medij za gojenje hidroponik. Za preučevanje vpliva mineralnih voda bomo uporabili *Lemna* test z malo vodno lečo (*Lemna minor* L.). *Lemna* test ima kot kontrolo naveden medij po Steinbergu, ki vsebuje elemente potrebne za optimalno rast rastline. Rast male vodne leče v mediju po Steinbergu bomo primerjali z njeno rastjo v treh različnih mineralnih vodah in sicer: Donat Mg, Tempel in mineralni vodi iz Kraljevega vreleca.

1.1 Mala vodna leča (*Lemna minor* L.) in *Lemna* test

Mala vodna leča pripada družini vodolečevk (*Lemnaceae*) in spada med makrofite. (Cheng in sod., 2002). Velika je od 2-4 mm, je enokaličnica, ki ima listom podobne strukture-stebelne členke. Vsak stebelni členek ima po eno ali več korenin. Razmnožuje se hitro ter vegetativno. Mala vodna leče v naravi uspeva v vodnih jarkih, ribnikih in mlakah po vsej Sloveniji. (povz. po Krivec, 2015).



Slika 1: Stebelni členek in koreninica male vodne leče pod stereomikroskopom z merilom 500 µm (vir: avtorica)

Holm (1997) je zapisal, da so *Lemna* rastline so obširno preučevane v različnih laboratorijskih študijah zaradi njihove preproste narave, genetske enotnosti-kloni organizmov in preprostega načina gojenja v aseptičnih pogojih, brez prisotnosti drugih mikroorganizmov in bakterij.

Zaradi preprostega gojenja in občutljivosti na prisotnost kemikalij se *Lemna* test uporablja za ugotavljanje in ocenjevanje toksičnosti substanc.

1.2 Medij po Steinbergu in esencialni elementi

Tabela 1: Mineralna sestava medija po Steinbergu (by Altenburgel)

Makroelementi	mg/L
KNO ₃	17500
KH ₂ PO ₄	4500
K ₂ HPO ₄	630
MgSO ₄ x 7H ₂ O	5000
Ca(NO ₃) ₂ x 4H ₂ O	14750

Mikroelementi	mg/l
H ₃ BO ₃	120,00
ZnSO ₄ x 7H ₂ O	180,00
Na ₂ MoO ₄ x 2H ₂ O	44,00
MnCl ₂ x 4H ₂ O	180,00
FeCl ₃ x 6H ₂ O	760,00
EDTA	1500,00

Večina rastlin potrebuje relativno malo število hranil, da uspešno dopolnijo njihov življenjski cikel. Esencialni hranilni elementi so tisti, ki so nujni za optimalno rast rastlin. Element je esencialen, če v je rastlina v njegovi odsotnosti nezmožna dopolniti normalni življenjski cikel oziroma, da je element nujen gradnik rastline. Esencialne elemente tradicionalno razdelimo v dve kategoriji: **MAKROELEMENTE** in **MIKROELEMENTE**. Med esencialne makroelemete spadajo: vodik, ogljik, kisik, dušik, kalij, kalcij, magnezij, fosfor, žveplo. Med

esencialne mikroelemente pa spadajo: klor, bor, železo, mangan, cink, baker, nikelj in molibden. Kadar je zaloga esencialnega elementa omejena se posledično zmanjša tudi rast. Koncentracija tega elementa, izmerjena v tkivu, pod vrednostjo, ki da maksimalno rast pa je definirana kot kritična koncentracija. Vrednosti nad to koncentracijo ne bodo imele koristnih posledic za rast rastline, saj je vsebnost tega elementa že definirana kot zadostna. Ravno nasprotno, ko element preseže kritično koncentracijo v veliki meri, postane toksičen. Primeri toksičnosti so bolj pogosti v primerih mikroelementov. (povz. po Hopkins in Hüner, 2009).

Tabela 2: Nekateri izmed esencialnih elementov, njihova vloga in znaki pomanjkanja le-teh (povz. po Hopkins in Hüner, 2009)

Element	Vloga elementa	Znaki pomanjkanja
Fosfor (P)	Prisoten v ATP in ADP.	Močna zelena obarvanost, v ekstremu se na listih pojavijo nekrotični madeži. V nekaterih primerih pa lahko listi dobijo temno zeleno-vijolično bravo.
Kalij (K⁺)	Aktivira številne encime, pomemben je predvsem za tiste, ki so prisotni pri fotosintezi in dihanju.	Znaki kloroze (bledica na listih), ki jim sledjo nekrotični madeži (odmrtni deli rastline).
Žveplo (S)	Pomemben pri strukturi proteinov.	Generalna kloroza listov in ostalega tkiva.
Kalcij (Ca²⁺)	Pomemben pri delitvi celic.	Deformiranost mladih listov in nekrotični madeži.
Magnezij (Mg²⁺)	Najbolj je pomemben pri fotosintezi, saj se nahaja v molekuli klorofila.	Kloroza, zaradi razgradnje klorofila, pojavi se v začetku predvsem na starejših listih.
Železo (Fe²⁺)	Ima pomembno vlogo pri sintezi klorofila.	Izguba klorofila in degeneracija kloroplasta vodita v klorozo, ki se začne pojavljati v mladih listih.

1.3 Mineralne vode

Tabela 3: Primerjava mineralne sestave mineralnih voda Donat Mg, Tempel in Kraljevi vrelec (povz. po ZZVM, 2011)

Mineralne vode	Količina (mg/L)		
	Donat Mg	Tempel	Kraljevi vrelec
Minerali			
Magnezij (Mg^{2+})	1000	100	110
Natrij (Na^+)	1700	120	1000
Hidrogenkarbonat (HCO_3^-)	7800	920	100
Žveplo (SO_4^{2-})	2100	200	2,6
Kalcij (Ca^{2+})	380	95	190
Ogljikov dioksid (CO_2)	Min 3500	Min 3500	
Klor (Cl^-)	75	/	39
Kalij (K^+)		/	22
Železo (Fe^{2+})	/		2,0

Mineralna sestava voda v **tabeli 3** nam pove, da se vsebnosti mineralov zelo razlikujejo med mineralnimi vodami. Donat Mg ima izmed teh treh mineralnih voda največje vrednosti vseh mineralov. Vrednosti nekaterih so tudi več kot desetkrat večje v primerjavi z ostalima dvema mineralnima vodama. Kraljevi vrelec ima po vsebnosti mineralov najbolj podobno mineralno sestavo z medijem po Steinbergu. Je edina mineralna voda, ki vsebuje tudi kalij in železo.

1.3.1. Donat Mg

Je z magnezijem najbogatejša mineralna voda v EU. Znana je po svoji blagodejnih učinkih saj magnezij v njej prispeva k zmanjšanju utrujenosti in izčrpanosti, ravnotežju elektrolitov, delovanju mišičnega in živčnega sistema ter ohranjanju zdravih kosti in zob. Donat Mg ugodno deluje na prebavo, zaradi višje vsebnosti hidrogenkarbonatov pa lahko pomaga tudi pri težavah z zgago. (povz. po Donat Mg: <http://www.donatmg.eu/sl>)

1.3.2. Tempel

Tempel ni tako mineralizirana mineralna voda. Vrelec mineralne vode Tempel je bil znan že leta 1680, imenovan je tudi »Glavni vrelec«. Leta 1884 so 35 metrov stran uredili nov studenec po imenu Styria. (povz. po Ogrizek, 2015)

1.3.3. Kraljevi vrelec

Izkopan je bil leta 1857 in nato leta 1872 poglobljen do globine 24 metrov. Obdaja ga obnovljen značilen osmerokoten paviljon z novo kovinsko bakreno streho. Mehanska batna črpalka za črpanje vode na globini 20 m je bila s pomočjo ekipe potapljačev Jamarske reševalne službe Slovenije obnovljena. (povz. po Občina Rogaska Slatina: <http://www.rogaska-slatina.si/mapa/23/41/104/kraljevi-vrelec-rogaska-slatina>)



Slika 2: Izvir Kraljevega vrelca v Spodnji Kostrivnici (vir: <http://www.rogaska-slatina.si/mapa/23/41/104/kraljevi-vrelec-rogaska-slatina>)

1.4. Hidroponika

Izraz hidroponika se nanaša na metodo gojenja rastlin v vodi, oziroma v rastnem mediju. Beseda hidroponika izhaja iz dveh grških besed »hydro«, ki pomeni »voda« in »ponos«, ki pomeni delati. (povz. po Alexander in sod., 2000)

Low (2000) navaja sledeče prednosti hidroponike v primerjavi s tradicionalim gojenjem rastlin v zemlji:

- velika vsebnost esencialnih elementov
- večji pridelk
- večja kontrola preko rastnega okolja
- bolj intenzivna rast
- gojenje je možno urediti skoraj povsod
- manj je uporabe pesticidov, zaradi biološke kontrole škodljivcev
- celoletni pridelek
- lažja je manipulacija esencialnih elementov za maksimalen pridelek

RAZISKOVALNO VPRAŠANJE IN HIPOTEZE

Po vsem zgoraj napisanem, sem si zastavila naslednje raziskovalno vprašanje:

Ali so mineralne vode Donat Mg, Tempel in Kraljevi vrelec primerne kot rastni medij za gojenje male vodne leče (*Lemna minor* L.)?

Glede na teoretično ozadje, predvidevam, da ga imajo. Čeprav, se mineralne vode med seboj zelo razlikujejo po mineralni sestavi. Po podobnosti z standardnim medijem po Steinbergu, ki se uporablja za *Lemna* testu, predvidevam, da bo za rast male vodne leče od mineralnih voda najbolj ugodna mineralna voda Kraljevi vrelec.

Hipoteza₁: Mala vodna leča (*Lemna minor* L.) bo uspevala v vseh treh mineralnih vodah (Tempel, Donat Mg in mineralna voda iz Kraljevega vrelca).

Hipoteza₂: Najbolj ustrezen rastni medij, izmed mineralnih voda, za gojenje male vodne leče (*Lemna minor* L.) bo mineralna voda iz Kraljevega vrelca.

Odvisna spremenljivka: uspevanje male vodne leče (*Lemna minor* L.)-število stebelnih členkov v posameznih erlenmajericah, število koreninic in njihova dolžina, ploščina stebelnega členka posameznih rastlin ter količina klorofila a in b ter karotenoidov izmerjenih v sveži masi rastlinic

Neodvisna spremenljivka: vrsta mineralne vode (Donat Mg, Tempel ali Kraljevi vrelec)

Kontrolirane spremenljivke: čas, volumen rastnega medija, osvetljenost, temperatura, pH rastnega medija

Nekontrolirane spremenljivke: tlak

2. METODOLOGIJA DELA

Eksperiment smo opravili na Fakulteti na oddelku za biologijo v laboratorijih za fiziologijo rastlin in botaniko. Mala vodno leča je bila nabrana v akvarijih tamkajšnjega vivarija. Mineralni vodi Donat Mg in Tempel sta bili kupljeni, v 1L steklenicah na dan izvedbe poskusa, v lokalni trgovini. Mineralna voda iz Kraljevega vrelna pa je bila nekaj dni prej pripeljana naravnost iz njenega izvira v Spodnji Kostrivnici.

2.3. Materiali in aparati

- 30 erlenmajeric
- Pinceta
- Aluminijska folija
- Čaše
- Terilnica
- Epruvete
- Računalnik
- Merilni valji
- 1L Donat Mg, Tempel in mineralne vode iz kraljevega vrelna
- Ročne pipete 5 mL in 10 mL (Eppendorf)
- Centrifugirke
- Belilo-varikina (67 g/L)
- Spektrofotometer (Varian Cary 100 Bio)
- Stereomikroskop (Nikon SMZ800)
- Avtoklav (Kambič A-65V)
- pH meter (Hanna Instruments HI 221)
- Precizna tehtnica (Kern PBJ 420-3M)
- Analitična tehtnica (Sartorius A200S)
- Centrifuga (*Tehtnica centric 150*)
- Sistem za očiščenje vode (Millipore Direct-Q)

2.4. Postopek

Pri izvedbi poskusa smo upoštevali navodila slovenskega standarda ISO 20079:2005 (2007) ter postopek za izvedbo *Lemna* testa, opisan v magistrskem delu T. Krivec (2015).

2.4.1. Priprava predkulture

Priprava predkulture mora biti po navodilih slovenskega standarda pripravljena 7-10 dni pred *Lemna* testom. Predkultura mora vsebovati mlade, hitro rastoče kolonije z svetlo zeleno barvo, brez znakov kloroze ali nekrotičnih madežev. Če je v koloniji preveč rastlinic, s samo enim stebelnim členkom, je to znak stresa in teh rastlin ne smemo uporabiti za testiranje.

Prekrivanje stebelnih členkov v erlenmajericah mora biti manj kot 50% celotne površine, tako da se stebelni členki med seboj ne bi slučajno prekrivali. (povz. po ISO 20079:2005,2007)

Po tem, ko smo malo vodno lečo (*Lemna minor* L.) prinesli iz akvarija v laboratorij, smo jo najprej pregledali in izločili vse odmrle stebelne členke in tiste, ki so bili poškodovani. Rastline smo morali najprej razkužiti, da smo preprečili razvoj alg v gojišču. V ta namen smo jih spirali 30 sekund z NaOCl-varikino koncentracije 0,06%. Če bi jih spirali predolgo bi lahko v nekaj dneh po nastavitvi gojišča prišlo do odmrtnja rastlin. Po drugi strani pa bi, če jih ne bi spirali dovolj dolgo, prišlo do razvoja alg v gojišču. Rastline smo po spiranju z varikino spirali še z navadno in nato deionizirano vodo, da smo odstranili ostanke varikine.

Kot rastni medij smo pripravili medij po Steinbergu, po navodilih slovenskega standarda ISO 20079:2005 (2007). Za pripravo gojišča smo potrebovali kemikalije iz katerih smo pripravili standarde raztopine (eng. »Stock solution«) navedene v **tabeli 4**. Standardne raztopine smo pripravili v erlenmajericah, v 100 ml destilirane vode in jih nato sterilizirali v avtoklavu na temperaturi 121°C za 20 minut skupaj z še desetimi erlenmajericami. Količina standardnih raztopin potrebnih za pripravo 1L medija po Steinbergu je navedena v **tabeli 5**. Navedene količine standardnih raztopin smo dodali v približno 900 ml destilirane vode in sicer najprej po 20 ml raztopin 1, 2 in 3, šele potem 1 ml raztopin 4, 5, 6, 7 in 8. Potem smo dolili še preostalo potrebno količino destilirane vode, da smo imeli 1L medija po Steinbergu. Optimalni pH ravnega medija za rast male vodne leče je $5,5 \pm 0,2$. Zato smo pH, glede na njegovo vrednost, prilagodili z dodajanjem 0,1 mol/l. HCl oziroma 0,1 mol/l. NaOH. Nazadnje izmerjenega vrednost pH je bila 5,5.



Slika 3: Pripravljene standardne raztopine (vir: avtorica)

Tabela 4: Kemikalije za pripravo standardnih raztopin (povz. po ISO 20079:2005, 2007)

Makroelementi	g/l	g/100ml
Standardna raztopina 1		
KNO ₃	17,50	1,75
KH ₂ PO ₄	4,5	0,45
K ₂ HPO ₄	0,63	0,063
Standardna raztopina 2		
MgSO ₄ x 7H ₂ O	5,00	0,50
Standardna raztopina 3		
Ca(NO ₃) ₂ x 4H ₂ O	14,75	1,475
Mikroelementi	mg/l	g/100ml
Standardna raztopina 4		
H ₃ BO ₃	120,00	0,012
Standardna raztopina 5		
ZnSO ₄ x 7H ₂ O	180,00	0,018
Standardna raztopina 6		
Na ₂ MoO ₄ x 2H ₂ O	44,00	0,044
Standardna raztopina 7		
MnCl ₂ x 4H ₂ O	180,00	0,018
Standardna raztopina 8		
FeCl ₃ x 6H ₂ O	760,00	0,760
EDTA	1500,00	1,500

Tabela 5: Standardne raztopine za pripravo 1L medija po Steinbergu

Številka standardne raztopine	Volumen (ml)
St. raztopina 1	20
St. raztopina 2	20
St. raztopina 3	20
St. raztopina 4	1
St. raztopina 5	1
St. raztopina 6	1
St. raztopina 7	1
St. raztopina 8	1

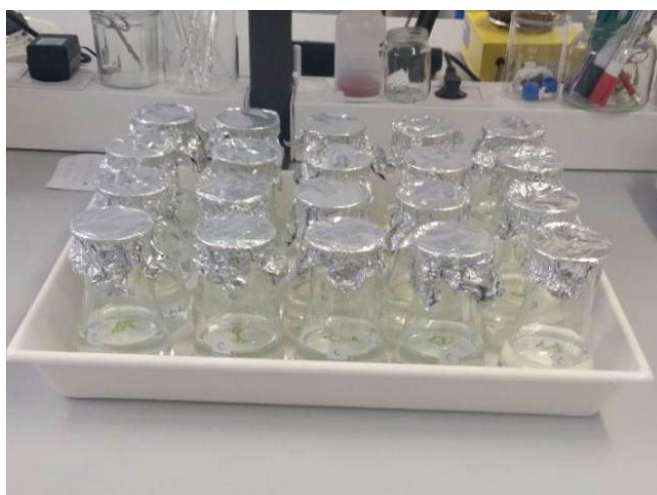
Tako pripravljen medij po Steinbergu smo nalili v 10 erlenmajeric. Vsaka je tako vsebovala 100 ml medija in približno 20 razkuženih stebelnih členkov. Stebelne členke smo s pomočjo pincet kar se da previdno prenesli v erlenmajerice. Pokrili smo jih z dvema plastema aluminijaste folije in postavili v rastno komoro za 7 dni. Pogoji v komori so bili sledeči:

- temperatura $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$
- pod posebnimi fluorescenčnimi sijalkami “GROLUX” z dnevno-nočnim ciklom 16h svetlobe in 8h teme

2.4.2. *Lemna test*

Po enem tednu smo imel vse pripravljeno za izvedbo *Lemna* testa. Ponovili smo postopek priprave medija po Steinbergu, iz že prej pripravljenih standardnih raztopin. Tokrat smo pripravili še 3 druge rastne medije, ki so vsebovali mineralno vodo in sicer mineralno vodo Tempel, Donat Mg in mineralno vodo iz Kraljevega vrelnca. Mineralne vode smo pred uporabo pretresli, da smo izločili nekaj odvečnega ogljikovega dioksida (CO_2). Mineralnim vodam nismo ničesar dodajali, samo pH vrednosti vseh rastnih medijev so bile prilagojene optimalnemu pH $5,5 \pm 0,2$. pH je bil izmerjen dvakrat in po zadnje merjenje smo dobili naslednje rezultate: medij po Steinbergu 5,66; Donat Mg 5,67, Tempel 5,68 in mineralna voda iz Kraljevega vrelnca 5,68.

Označili smo 20 steriliziranih erlenmajeric, tako da smo za vsak rastni medij imeli 5 ponovitev. Vsaka erlenmajerica je vsebovala 150 ml rastnega medija in 12 zdravih stebelnih členkov male vodne leče, ki smo jih prenesli iz erlenmajeric s predkulturo. Navodila slovenskega standarda za *Lemna* test navajajo, da mora vsaka erlenmajerica vsebovati od 10-16 stebelnih členkov, ki pa morajo biti razporejeni tako, da se medseboj ne prekrivajo in ni zapolnjenega več kot 50% površine. Razporejanje stebelnih členkov v erlenmajerice je potekalo naključno, da smo dosegli enakomerno porazdelitev rastlin. Iz predkulture smo ponovno izbrali le zdrave stebelne členke, ki smo vstavljali postopno. Naprej smo v vsako erlenmajerico vstavili en stebelni členek iz vsake erlenmajerice s predkulturo, nato dodali še v vsako 2, da smo na koncu imeli v vsaki erlenmajerici skupno 12 stebelnih členkov.



Slika 4: Mala vodna leča (*Lemna minor* L.) v rastnih medijih (vir: avtorica)

Erlenmajerice so bile pokrite z dvema slojema aluminijaste folije in postavljene v rastno komo za 7 dni. Pogoji v komori so bili enaki, kot pri gojenju predkulture:

- temperatura $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$
- pod posebnimi fluorescenčnimi sijalkami “GROLUX” z dnevno-nočnim ciklom 16h svetlobe in 8h teme

2.4.3. Zbiranje rezultatov

Po sedmih dneh smo erlenmajerice vzeli iz rastne komore in slikali vsebino vsake posebej. S pomočjo računalnika v programu »Slikar« prešteli število stebelnih členkov in v posameznih erlenmajericah. Primeri štetja srebrnih členov za vsak rastni medij so vidni na **slikah 5, 6, 7 in 8**. Šteli smo le zdrave stebelne členke, ki niso kazali znakov poškodb ali kloroze. Majhni stebelni členki, ki se včasih pojavijo ob večjih, so pokazatelji stresa za rastlino. To niso pravi stebelni členki, saj nimajo koreninic, pogosto so na svoji spodnji strani obarvani vijolično. Primer takšnih členkov je prikazan na **sliki 9**.



Slika 5: Mala vodna leča (*Lemna minor* L.) v mineralni vodi Temepel po enem tednu
(vir: avtorica)



Slika 6: Mala vodna leča (*Lemna minor* L.) v mediju po Steinbergu po enem tednu
(vir: avtorica)



Slika 7: Mala vodna leča (*Lemna minor* L.) v mineralni vodi Donat Mg po enem tednu
(vir: avtorica)



Slika 8: Mala vodna leča (*Lemna minor* L.) v mineralni vodi iz Kraljevega vrelna po enem tednu (vir: avtorica)



Slika 9: Mala vodna leča (*Lemna minor* L.) in primeri »nepravilnih« stebelnih členkov z vijolično spodnjo stran pod stereomikroskopom (vir: avtorica)

Iz vsake erlenmajerice smo nato izbrali 2 stebelna členka, kar je pomenilo, da smo za vsak rastni medij pregledali 10 stebelnih členkov. S pomočjo povečave smo pod stereomikroskopom v programu NIS ELEMENTS 3.0 prešteli število koreninic, izmerili njihovo dolžino ter izmerili ploščino stebelnih členkov. Na **sliki 10** je prikazan prvi poizkusni primer meritve. Na sliki zajeti pod stereomikroskopom, smo občrtali stebelni členek in program je izračunal površino členka v mikrometrih. Dolžino koreninic smo izmerili tako, da smo označili začetek in konec koreninice in program je podal dolžino koreninice v mikrometrih.



Slika 10: Stebelni členek male vodne leče (*Lemna minor* L.) pod stereomikroskopom (vir: avtorica)

2.4.4. Določanje vsebnosti klorofila a in b ter karotenoidov

Vsebnost klorofila a in b ter karotenoidov smo določali po metodi Lichtenthaler in Buschmann (2001). Pripravili in označili smo 20 centrifugirk. Stehtali smo svežo maso rastlinskega materiala za vsako erlenmajerico posebej in ta rastlinski material ločeno strli v terilnici ter estrahirali v 8 ml acetona (100% (v/v)). V centrifugirkah smo ga centrifugirali na 4000 rpm, pri temperaturi 4°C za 4 minute. Ekstinkcije smo izmerili s spektrofotometrom pri valovnih dolžinah 470, 645 in 662 nm.

Vsebnosti klorofilov ter karotenoidov smo izrazili po sledečih formulah:

$$kl\ a\ [mg\ g^{-1}\ ss] = c_a \cdot V / ss = (11,24 E_{662} - 2,04 E_{645}) \cdot V / ss$$

$$kl\ b\ [mg\ g^{-1}\ ss] = c_b \cdot V / ss = (20,13 E_{645} - 4,19 E_{662}) \cdot V / ss$$

$$kar\ [mg\ g^{-1}\ ss] = (1000 E_{470} - 1,9 c_a - 63,14 c_b) \cdot V / ss / 214$$

Legenda oznak :

c_a ... koncentracija klorofila *a*

c_b ... koncentracija klorofila *b*

E ... ekstinkcija pri izbrani valovni dolžini

V ... volumen ekstrakcijskega medija (mL)

ss ... masa vzorca (g)

3. REZULTATI

Tabela 6: Absorpcija izmerjena pri valovni dolžini 470, 645 in 662 nm v stebelnih členkih male vodne leče (*Lemna minor* L.) gojenih v štirih različni rastnih medijih

	Sveža masa (g) ±0,001	A 470	A 645	A 662
C1	0,204	1,253	0,566	1,440
C2	0,202	1,090	0,503	1,266
C3	0,238	0,926	0,421	1,064
C4	0,218	1,147	0,526	1,328
C5	0,253	1,1730	0,553	1,348
SR. VR. (MS)	0,223	1,125	0,514	1,289
ST. DEV. (MS)	0,020	0,110	0,0512	0,126
D1	0,085	0,336	0,147	0,328
D2	0,096	0,273	0,129	0,257
D3	0,072	0,358	0,167	0,356
D4	0,069	0,332	0,145	0,320
D5	0,098	0,347	0,168	0,358
SR. VR. (D)	0,084	0,329	0,151	0,324
ST. DEV. (D)	0,012	0,030	0,015	0,037
T1	0,169	0,554	0,237	0,540
T2	0,144	0,453	0,199	0,436
T3	0,139	0,438	0,186	0,390
T4	0,134	0,437	0,190	0,415
T5	0,146	0,507	0,218	0,479
SR. VR. (T)	0,146	0,478	0,206	0,452
ST. DEV. (T)	0,012	0,046	0,020	0,053
KS1	0,197	0,598	0,269	0,582
KS2	0,132	0,723	0,316	0,733
KS3	0,173	0,560	0,252	0,597
KS4	0,141	0,771	0,346	0,836
KS5	0,169	0,853	0,379	0,915
SR. VR. (KV)	0,162	0,701	0,312	0,733
ST. DEV. (KV)	0,023	0,109	0,047	0,130

LEGENDA OZNAK: SR.VR.- srednja vrednost; ST. DEV.- standardna deviacija;

MS- medij po Steinbergu; D- Donat Mg; T- Tempel; KV- Kraljevi vrec

Tabela 7: Število koreninic, dolžina koreninic in ploščina 10 stebelnih členkov male vodne leče (*Lemna minor* L.) iz petih erlenmajeric, ki so vsebovale medij po Steinbergu

Number	Število koreninic	Dolžina koreninic [mm] ± 0,001	Ploščina st. čl. [mm ²] ± 0,001
1	3	2,254	4,932
		2,357	
		2,280	
2	4	2,962	6,829
		2,454	
		2,781	
		2,835	
3	3	1,110	5,728
		2,038	
		1,258	
4	4	1,173	7,451
		2,707	
		2,369	
		1,543	
5	4	5,317	7,705
		5,196	
		2,999	
		2,836	
6	2	2,493	7,416
		2,576	
7	4	2,293	7,869
		2,076	
		1,558	
		8,343	
8	3	2,140	4,477
		2,093	
		1,226	
9	4	1,520	7,400
		1,519	
		2,147	
		2,413	
10	2	2,620	4,931
		2,118	
POVPREČJE	3	2,533	6,474
ST. DEV.	0,8	1,369	1,249

Tabela 8: Število koreninic, dolžina koreninic in ploščina 10 stebelnih členkov male vodne leče (*Lemna minor* L.) iz petih erlenmajeric, ki so vsebovale mineralno vodo Donat Mg

Stebelni členek	Število koreninic	Dolžina korenin [mm] ± 0,001	Ploščina st. čl. [mm ²] ± 0,001
1	3	4,213	9,066
		2,471	
		4,522	
2	2	6,820	5,004
		8,000	
3	4	3,919	4,340
		3,664	
		3,751	
		3,647	
4	4	5,550	5,374
		1,582	
		1,927	
		2,071	
5	4	4,687	8,801
		5,296	
		4,784	
		4,846	
6	2	5,273	6,694
		5,303	
7	4	2,344	7,883
		3,890	
		2,126	
		4,349	
8	3	5,267	8,529
		5,913	
		1,680	
9	4	2,344	4,035
		3,890	
		2,126	
		4,349	
10	3	1,674	5,147
		1,963	
		2,618	
POVPREČJE	3	3,844	6,487
ST. DEV.	0,8	1,596	1,845

Tabela 9: Število koreninic, dolžina koreninic in ploščina 10 stebelnih členkov male vodne leče (*Lemna minor* L.) iz petih erlenmajeric, ki so vsebovale mineralno vodo Tempel

Stebelni členek	Število koreninic	Dolžina koreninic [mm] ± 0,001	Ploščina st. čl. [mm ²] ± 0,001
1	4	12,37	9,553
		13,89	
		14,42	
		13,89	
		3,651	
2	3	2,890	8,066
		3,454	
3	4	7,153	10,29
		7,841	
		9,277	
		8,677	
4	4	13,76	9,788
		8,303	
		11,62	
		15,45	
5	4	5,148	10,21
		5,103	
		5,390	
		4,478	
6	3	11,52	9,015
		10,27	
		8,534	
7	5	16,57	8,699
		9,635	
		13,033	
		15,38	
		14,25	
8	4	4,989	9,819
		7,881	
		6,185	
		1,584	
9	3	8,657	7,382
		4,843	
		8,968	
10	4	10,43	8,956
		12,20	
		12,05	
		8,777	
POVPREČJE	4	9,277	9,178
ST. DEV.	0,632	3,947	0,894

Tabela 10: Število koreninic, dolžina koreninic in ploščina 10 stebelnih členkov male vodne leče (*Lemna minor* L.) iz petih erlenmajeric, ki so vsebovale mineralno vodo iz Kraljevega vrelca

Stebelni členek	Število koreninic	Dolžina koreninic [mm] ± 0,001	Ploščina st. čl.[mm ²] ± 0,001
1	4	7,027	5,245
		7,556	
		8,193	
		8,549	
2	2	2,154	5,525
		2,356	
3	4	4,239	8,171
		3,030	
		3,141	
		2,197	
4	2	1,689	6,680
		1,490	
5	4	7,873	7,326
		7,120	
		6,868	
		7,107	
6	2	6,015	8,844
		6,228	
7	4	2,989	6,699
		3,428	
		3,182	
		2,393	
8	3	2,792	6,656
		2,586	
		2,622	
9	2	1,448	4,026
		7,990	
10	2	4,784	6,830
		6,248	
POVPREČJE	3	4,596	6,600
ST. DEV.	0,6	2,365	1,331

Tabela 11: Število stebelnih členkov male vodne leče (*Lemna minor* L.) v posameznih erlenmajericah

Rastni medij	Erlenmajerica	Število stebelnih členkov (± 1)	Povprečno število stebelnih členkov (± 1)	St. dev.
Medij po Steinbergu	1	72	74	4,4
	2	71		
	3	81		
	4	69		
	5	77		
Donat Mg	1	27	31	2,9
	2	30		
	3	33		
	4	35		
	5	29		
Tempel	1	62	58	2,6
	2	58		
	3	57		
	4	54		
	5	59		
Kraljevi vrelec	1	65	59	4,6
	2	55		
	3	54		
	4	57		
	5	64		

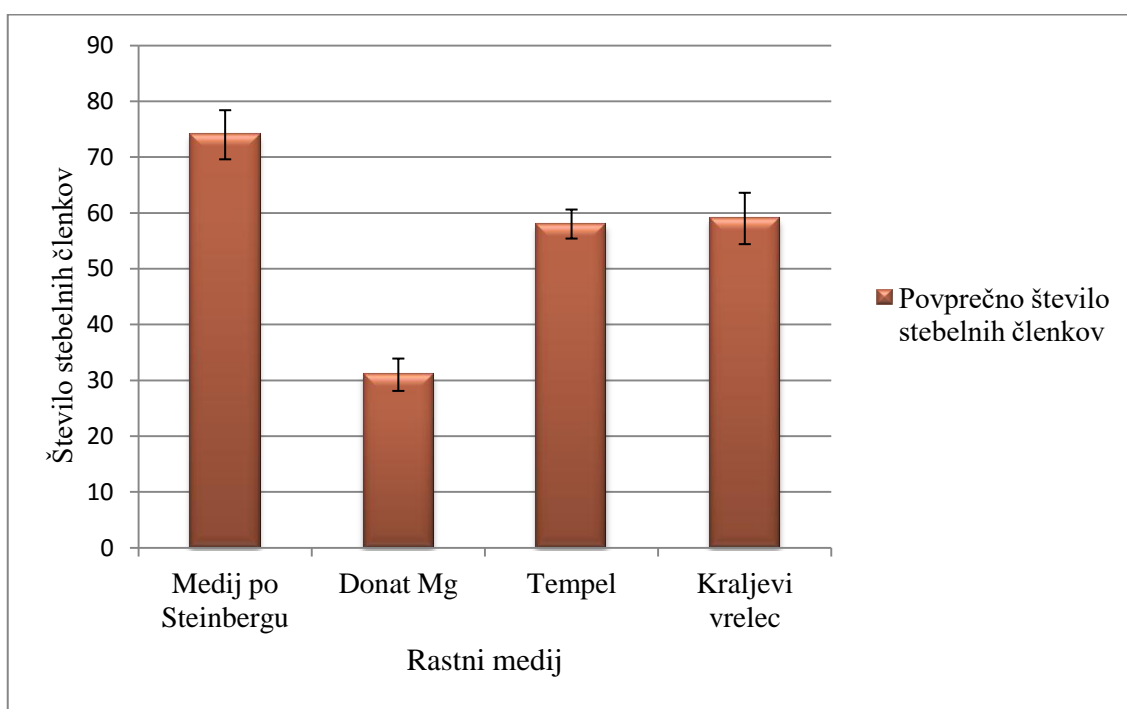
Tabela 12: Vsebnost klorofila a, klorofila b in karotenoidov v stebelnih členkih male vodne leče (*Lemna minor* L.) iz štirih rastnih medijev

Rastni medij	Medij po Steinbergu	Donat Mg	Tempel	Kraljevi vrelec
Vsebnost				
Klorofil a [mg g^{-1} ss]	482,274	317,371	255,333	375,056
Klorofil b [mg g^{-1} ss]	177,314	160,429	123,667	159,005
Karotenoidi [mg g^{-1} ss]	130,816	96,349	83,431	111,473

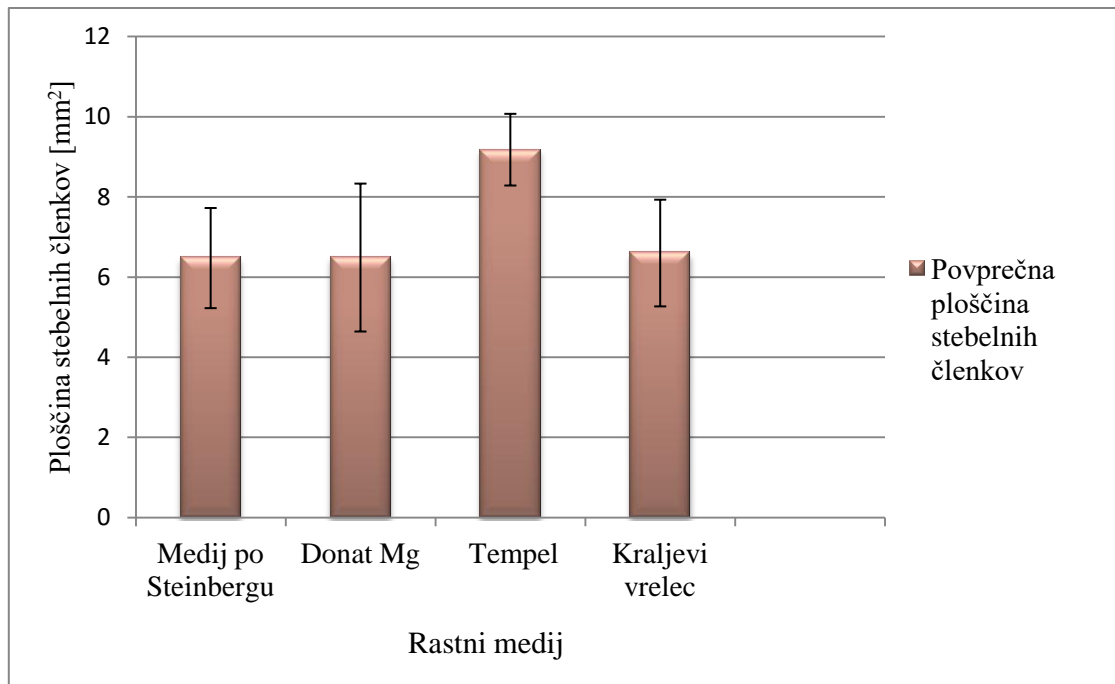
Tabela 13: Koncentracija klorofila a in klorofila v stebelnih členkih male vodne leče (*Lemna minor L*) iz štirih ravnih medijev

Rastni medij	Medij po Steinbergu	Donat Mg	Tempel	Kraljevi vrelec
Koncentracija				
Klorofila a [mg g ⁻¹ ss]	13,44	3,33	4,66	7,59
Klorofila b [mg g ⁻¹ ss]	4,94	1,68	3,36	3,22

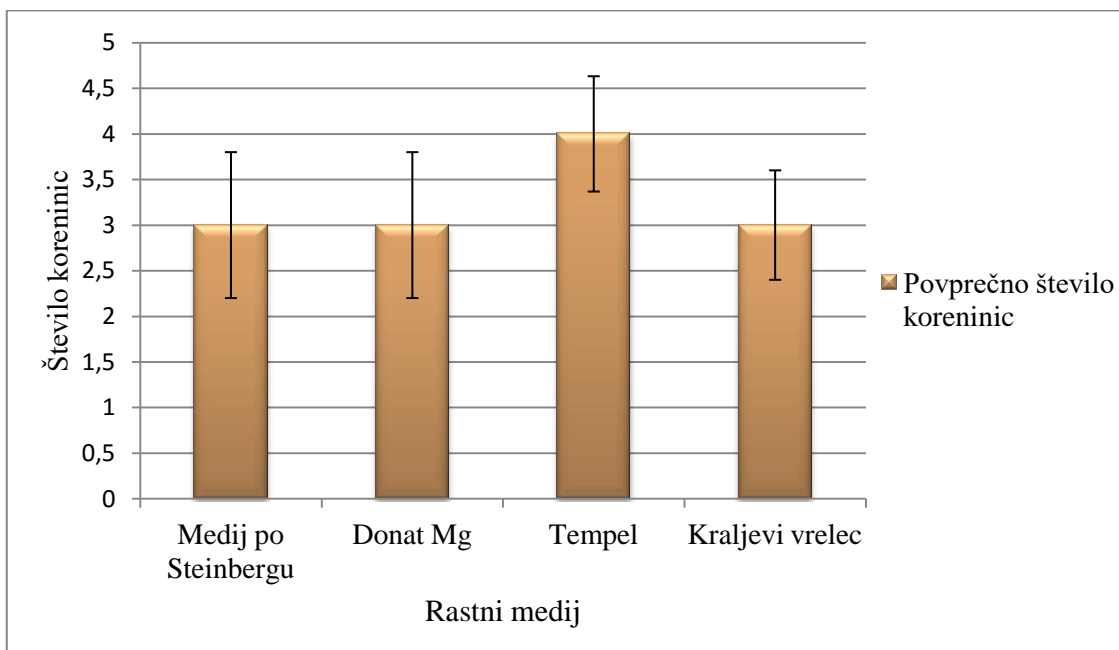
Grafikon 1: Povprečno število stebelnih členkov male vodne leče (*Lemna minor L*) iz štirih različnih ravnih medijev



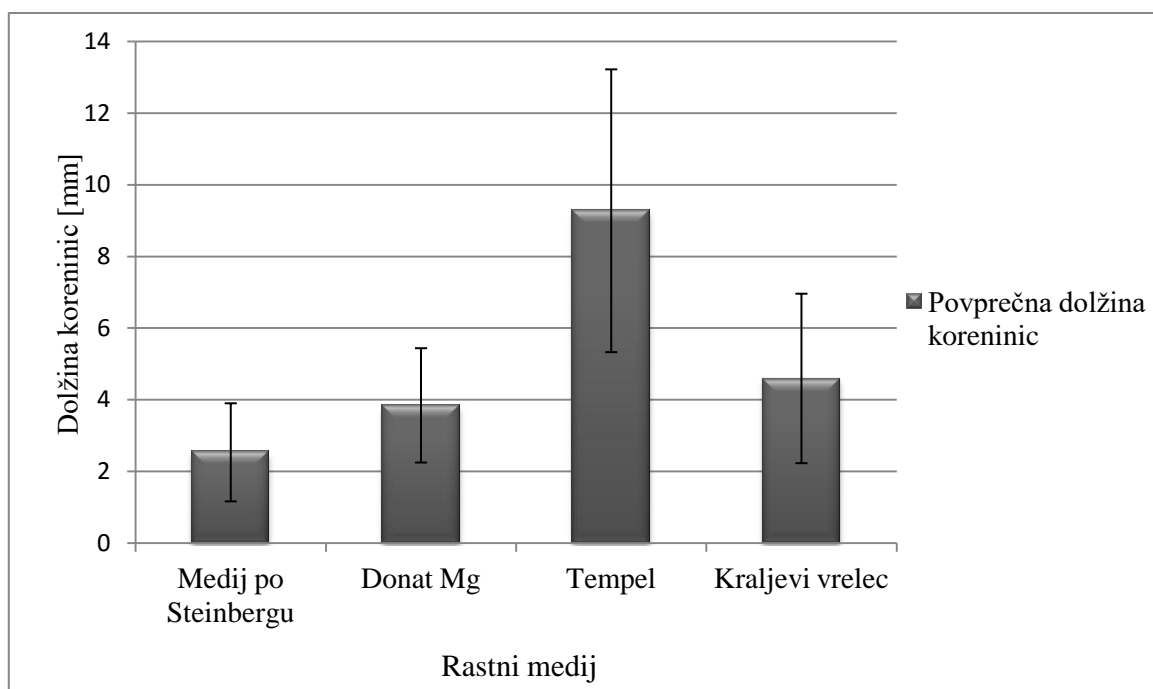
Grafikon 2: Povprečna ploščina stebelnih členkov male vodne leče (*Lemna minor L.*) iz štirih različnih rastnih medijev



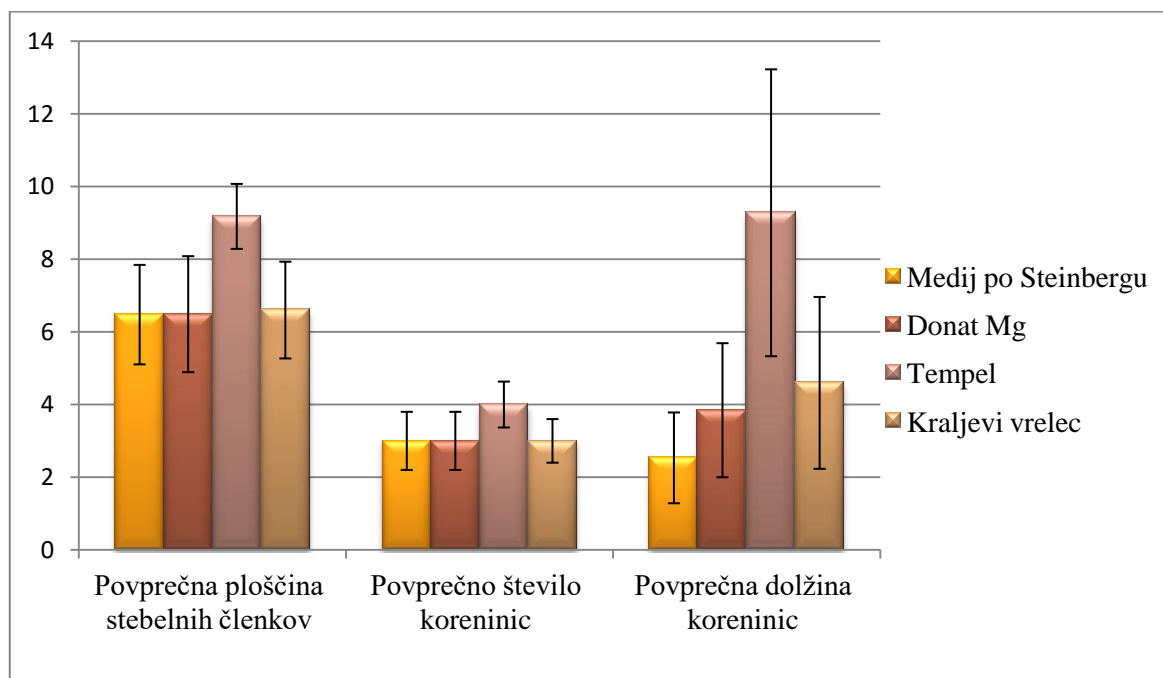
Grafikon 3: Povprečno število koreninic male vodne leče (*Lemna minor L.*) iz štirih različnih rastnih medijev



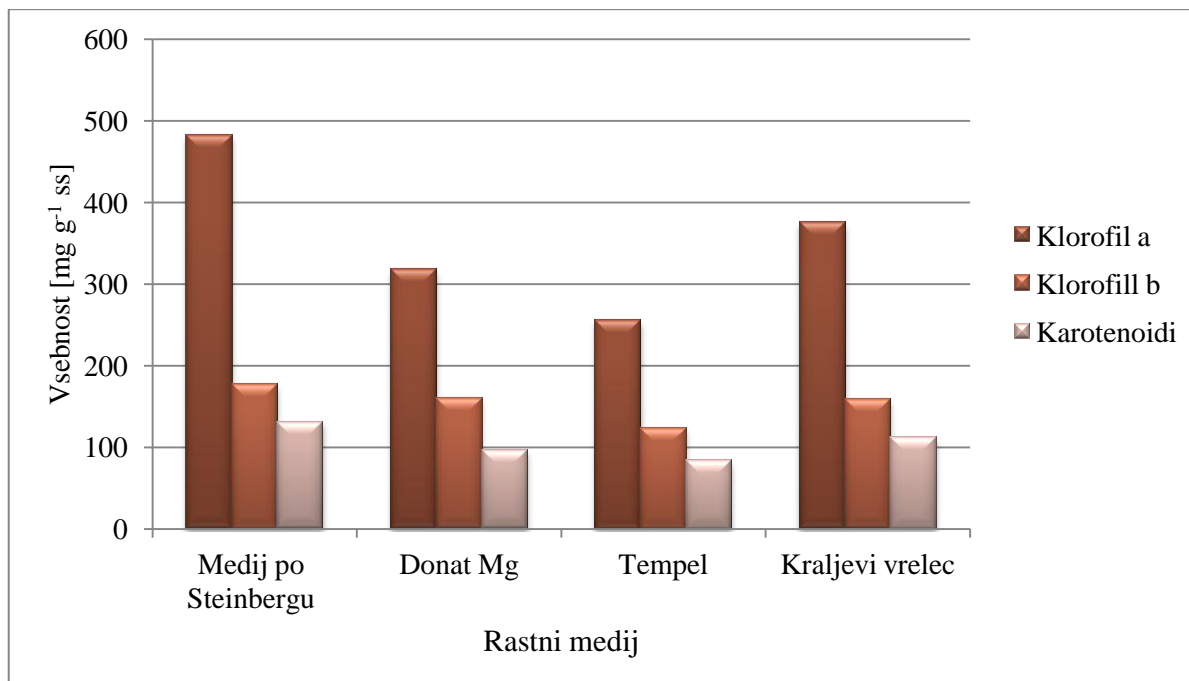
Grafikon 4: Povprečna dolžina koreninic male vodne leče (*Lemna minor L.*) iz štirih različnih rastnih medijev



Grafikon 5: Povprečno število koreninic, dolžina koreninic in ploščina stebelnih členkov male vodne leče (*Lemna minor L.*) iz štirih različnih rastnih medijev



Grafikon 6: Vsebnost klorofila a, klorofila b in karotenoidov iz stebelnih členkov male vodne leče (*Lemna minor L.*) iz štirih različnih rastnih medijev



4. RAZPRAVA

Rezultati v **grafikonu 5** prikazujejo, da so rastlinice male vodne leče (*Lemna minor L.*) v vseh štirih rastnih medijih imele v povprečju enako število koreninic in povprečne površine stebelnih členkov. Vse rastline v mineralnih vodah so imele povprečno dolžino koreninic večjo v primerjavi z rastlinami iz kontrolnega ravnega medija, čeprav je bila razlika signifikantna le pri dolžini koreninic iz mineralne vode Tempel. To bi lahko pomenilo, da se rastlinice razmnožuje počasneje, saj se hitrejše razmnoževanje povezuje s kratkimi koreninicami. (povz. po Duckweed Roots, 2013). Pri številu prešteti stebelnih je bilo v mediju po Steinbergu prešteti največ stebelnih členkov in razlika v primerjavi z ostalimi mineralnimi vodami je bila signifikantna. Vse P-vrednosti T-testov so navedene v **prilogi 8**. Za naš eksperiment lahko posledično trdimo, da daljše koreninice ne pripomorejo k hitrejšemu razmnoževanju rastlinic.

Iz **tabele 11** je razvidno, da je bilo v erlenmajericah z medijem po Steinbergu v povprečju 74 stebelnih členkov, medtem ko v mineralni vodi Tempel le 58. Tudi voda iz Kraljevega vreca je imela manjše število od kontrole in sicer 59. Najmanj stebelnih členkov pa je bilo prešteti v ravnem mediju, ki je vseboval Donat Mg in sicer v povprečju le 31. Kar je signifikantno manj od števila prešteti stebelnih členkov v mediju po Steinbergu. Tukaj je bilo prešteti tudi skoraj pol manj stebelnih členkov kot v preostalih dveh mineralnih vodah. Torej, nekaj v tej mineralni vodi deluje na razmnoževanje rastlinic zaviralno. Glede na mineralno sestavo vode Donat Mg, sklepamo, da vzroki za zaviranje normalne rasti rastlinic, izhajajo iz visokih vrednosti mineralov, ki presegajo kritične koncentracije. Zaradi tega zaviralno delujejo na rast in razmnoževanje rastlinic. Na sliki v **prilogi 5** je razvidno, da stebelni členki, ki so bili en teden v ravnem mediju mineralne vode Donat Mg, kažejo znake kloroze in nekrotične madeže. Stebelni členki so bili blede zelene barve. Pojavilo pa se je tudi veliko »nepravih« členkov, z vijolično spodnjo stranjo, ki so pokazatelji okoljskega stresa za rastlino. Ti znaki so posledica pomanjkanja nekaterih esencialnih elementov, v tej mineralni vodi predvsem: železa, fosforja in kalija oziroma preseganje količin nekaterih elementov kot so: magnezij, natrij in žveplo.

Iz **grafikona 3** lahko razberemo, da so imele rastlinice gojene v mineralni vodi Tempel najvišjo povprečno število koreninic in sicer 4. Vendar zaradi visokih standardnih odklonov

ni bilo signifikantne razlike med rastlinicami gojenimi v vseh štirih rastnih medijih. To nakazuje, da mineralna sestava nima večjega vpliva na število koreninic pri mali vodni leči.

Grafikon 2 prikazuje povprečno ploščino stebelnih členkov v posameznih rastnih medijih. Vidimo lahko, da imajo v primerjavi s ploščino stebelnih členkov iz medija po Steinbergu, signifikantno večjo ploščino le stebelni členki iz mineralne vode Tempel. Da bi lahko ugotovili, kaj je povzročilo večjo rast stebelnih členkov in njihovih korenin, bi bilo potrebnih še več nadaljnjih preiskav. Vendar podobno kot za daljše koreninice, tudi za večjo ploščina ne moremo trditi, da je imela posebno ugoden vpliv na rast in razvoj rastlinic. Tudi na stebelnih členkih, ki smo jih gojili v mineralni vodi Tempel, je prišlo do pojava kloroze, nekrotičnih madežev in »nepravih« stebelnih členkov. Vse to je dobro vidno na sliki v **prilogi 6**. Prav tako so bili stebelni členki, podobno kot pri mineralni vodi Donat Mg, obarvani blede zeleno. Za te znake lahko trdimo, da so posledica pomanjkanja nekaterih esencialni mineralov, pri tej mineralni vodi predvsem: železa, fosforja, kalcija in kalija.

Iz **grafikona 6** lahko razberemo vsebnost klorofila a in b ter karotenoidov v rastlinicah gojenih v štirih različnih rastnih medijih. Vsebnosti so bile največje pri rastlinicah gojenih v mediju po Steinbergu. Po količini klorofila a in karotenoidov pa mu sledijo rastlinicah, ki so uspevale v mineralni vodi iz Kraljevega vreca. Vsebnost klorofila b pa je bila pri rastlinicah v mineralnih vodi iz Kraljevega vreca in Donatu Mg skoraj enaka. Tempel je imel pri teh meritvah najnižje izmerjene vrednosti. Dejstvo, da je Kraljevi vrec po teh vrednostih najbližji kontroli, je bilo pričakovano. Tudi stebelni členki so bili na pogled videti najbolj zdravi in najbolj zeleni. Za predstavo je priložena slika v **prilogi 7**. Kljub temu, pa so se na nekaterih izmed stebelnih členkov pojavili znaki kloroze, čeprav v manjšem obsegu kot pri ostalih dveh mineralnih vodah, ter nekrotični madeži. Pojavili so se tudi »nepravi« členki. V erlenmajericah z mineralno vodo iz Kraljevega vreca je nastala rjava usedlina, ki je posledica velike vsebnosti železa. Železo pa ima pomembno vlogo pri sintezi klorofila in prav vsebnost železa in kalija v tej mineralni vodi, sta dala bolj zeleno barvo stebelnih členkov kot v ostalih dveh mineralnih vodah.

Tabela 1 prikazuje mineralno sestavo medija po **Steinbergu**, **tabela 3** pa mineralno sestavo mineralnih voda. Razvidno je, da vse mineralne vode v vsebujejo premajhne količine magnezija in kalcija. Pomanjkanje teh elementov je vidno tudi na stebelnih členkih rastlinic, saj je prišlo do pojava kloroze in nekrotičnih madežev pa tudi »nepravih« členkov. Mineralni

vodi Donat Mg in Tempel tudi ne vsebujeta železa in kalija, ki imata pomembno vlogo pri fotosintezi. Zato so bili ti stebelni členki bolj blede zelene barve, kot tisti iz mineralne vode iz Kraljevega vreca. Ima pa mineralna voda Donat Mg v primerjavi z ostalima dvema mineralnima vodama in meidjem po Steinbergu prevelike vrednosti žvepla, natrija in hidrogenkarbonata kar še dodatno zavira rast in razvoj rastlinic, saj so tudi prevelike količine esencijnih mineralov lahko za rastlino škodljive.

5. ZAKLJUČEK

V naši raziskavi smo ugotovili, da lahko mineralne vode ugodno vplivajo na rast male vodne leče (*Lemna minor L.*). S tem smo tudi potrdili našo prvo hipotezo, da bodo vse mineralne vode primerne kot rastni medij za malo vodno lečo. Bilo je tudi nekaj signifikantnih razlik med vsemi ravnimi mediji. Na primer, v mediju po Steinbergu je bilo prešteto največje število stebelnih členkov, ki je bilo signifikantno večje od števila stebelnih členkov v ostalih ravnih medijih. Najmanjše število prešteti členkov je bilo v mineralni vodi Donat Mg. Iz tega smo sklepali, da previsoke vrednosti določenih mineralov delujejo inhibicijsko na rast in razvoj rastline. Povprečna ploščina stebelnih členkov je bila signifikantno večja v primerjavi s kontrolo, pri stebelnih členkih v ravnem mediju mineralne vode Tempel. Signifikantno od kontrole se je razlikovala tudi dolžina korenin na stebelnih členkih v mineralni vodi Tempel. Na podlagi našega poskusa pa smo ugotovili, da večja ploščina in pa daljše koreninice nimajo kakšnega posebej ugodnega vpliva na rast in razmnoževanje rastlinic, saj je bilo največ povprečno stebelnih členkov prešteti v mediju po Steinbergu. Tudi število korenin se ni signifikantno razlikovalo med ravnimi mediji, torej mineralna sestava na njih nima ključnega vpliva.

Na splošno so se v vseh erlenmajericah z mineralnimi vodami na stebelnih členkih pojavili znaki kloroze, nekrotični madeži in »nepravi« členki. Ti so lahko posledica pomanjkanja ali previsokih vrednosti nekateri elementov. So pa bili ti znaki prisotni v manjši meri pri stebelnih členkih iz mineralne vode iz Kraljevega vreca. V njih pa je bila, med rastlinami gojenimi v mineralnih vodah, tudi največja vsebnost klorofila a in karotenoidov. Smo pa

opazili rjavo usedlino v erlenmajericah z mineralno vodo iz Kraljevega vrelnca, ki je bila posledica velike vsebnosti železa.

Potrdili smo tudi drugo hipotezo, da bo mala vodna leča (*Lemna minor L.*) od mineralnih voda najbolj uspevala v vodi iz Kraljevega vrelnca. Čeprav, je bila ta hipoteza potrjena le na podlagi primerjave pridobljenih rezultatov iz rastlinic iz vseh mineralnih voda in rezultatov pridobljenih iz rastlinicah iz medija po Steinbergu. Tako so najbolj podobne rezultate, kot rastlinice iz kontrole, imele rastlinice iz Kraljevega vrelnca. Donat Mg ni ustrezen, saj je bilo v njem preštetih signifikantno in veliko manj stebelnih členkov tudi veliko manj kot v ostalih dveh mineralnih vodah. Medtem, ko so se rastlinice v mineralne vode Tempel, od kontrole bolj razlikovale v povprečni dolžini koreninic in povprečni ploščini stebelnih členkov ter pa vsebnosti klorofila a in b ter karotenoidov, kot pa rastlinice v mineralne vodi iz Kraljevega vrelnca.

Naš sklep je, da bi lahko uporabili mineralne vode kot rastni medij, vendar bi jih bilo priporočljivo redčiti z navadno vodo. Tako bi preprečili previsoke vrednosti nekaterih mineralov. S tem bi si prihranili stroške za minerale, ki jih potrebujemo za hidroponiko. Priporočljivo pa bi bilo tudi dodajanje le nekaterih esencialnih mineralov, glede na vrsto rastline, ki bi jo gojili v hidroponiki, da bi spodbudili njeno rast. Predvsem bi lahko mineralne vode za gojenje hidroponik uporabljali na območju Rogaške Slatine, kjer je veliko mineralnih vrelncev. Bilo bi bolj praktično in priročno, da se izvir mineralne vode nahaja v bližini.

Vseeno, pa bi na tem področju, pred realizacijo kakršnihkoli projektov, bilo potrebnih še nekaj raziskav. Predvsem v namene, da bi ugotovili kako razredčene in katere mineralne vode so najbolj primerne za gojenje hidroponik. V Sloveniji ima velik potencial, da v prihodnosti prične izkoriščati mineralne vode tudi za gojenje hidroponik, kraj Rogaška Slatina.

6. DRUŽBENA ODGOVORNOST

Pri svoji raziskovalni nalogi sem upoštevala vsa načela družbene odgovornosti. Svojega dela sem se lotila odgovorno in resno. Bila sem zanesljiva in zaupala ljudem, ki so mi ponudili pomoč. Organizacija celotne naloge je zasnovana tako, da je jasna in pregledna. v njej sem natančno opisala in razkrila vse svoje sklepe in ugotovitve. Vseskozi sem upoštevala tudi načela etičnega obnašanja, spoštovanja interesov drugih, spoštovanja vladavine prave in človekovih pravic. Ugotovitve raziskovalnega dela, ki sem ga opravila, bi lahko doprinesle k večjemu varstvu in ohranitvi neokrnjene narave ter tudi v prid družbi. Saj bi z uporabo mineralnih voda za hidroponike lahko zmanjšali potrat mineralov za gnojenje in s tem tudi občutno zmanjšali stroške.

7. VIRI IN LITERATURA

- Alexander, T., in sod. (2000). *The best of The growing edge 2: Popular hydroponics and gardening for small-commercial growers and hobbyists*. Corvallis, Or.: New Moon Pub.
- Cheng, J., Landesman, L., Bergmann, B.A., Classen, J.J., Howard J.W., Yamamoto, Y.T. (2002). *Nutrient removal from swine lagoon liquid by Lemna minor 8627*. *Trans.Amer. Soc. Agric. Eng.*, 45 (4): 1003-1010.
- Donat Mg [online]. Dostopno na URL naslovu:<http://www.donatmg.eu/sl>. [Citirano 3.2.2016, 15:34]
- Duckweed roots (2013). *Patterns of Root Growth* [online]. Dostopno na URL naslovu: <http://www.mobot.org/jwcross/duckweed/duckweed-root.htm#On-Line> [Citirano 4.2.2016, 20:49]
- Holm, L. (1997). *World weeds: Natural histories and distribution*. New York: Wiley.
- Knutson, A. (2000). *The best of The growing edge 2: Popular hydroponics and gardening for small-commercial growers and hobbyists*. Corvallis, Or.: New Moon Pub.
- Hopkins, W., & Hüner, N. (2009). *Introduction to plant physiology* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Kovach, C. (2013). *The Hydroponic Bible*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Krivec, T. (2015). *Odziv male vodne leče (Lemna minor L. na vsebnost onesnažil v vodnih vzorcih potoka Peklenščice*. Magistrsko delo, Maribor: Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko.
- Ljubljansko geografsko društvo (2011). *Slovenija V: EKSKURZIJE LJUBLJANSKEGA GEOGRAFSKEGA DRUŠTVA*. Ljubljana: Založba ZRC, ZRC SAZU
- Low, G. (2002). *Integral Hydroponics: Indoor Growing Principles for Beginners and Intermediates* (3rd ed.). Integral Hydroponics.
- OBČINA ROGAŠKA SLATINA. *Kraljevi vrelec* [online]. Dostopno na URL naslovu: <http://www.rogaska-slatina.si/mapa/23/41/104/kraljevi-vrelec-rogaska-slatina>

[Citirano 5.2.2016, 18:57]

Ogrizek, A. (2015). *Vpliv mineralnih voda na kalitev semen vrtno kreše (Lepidium sativum), vsebnost klorofila v javanskem mahu (Taxiphyllum barbieri) in rast gliv kvasovk (Saccharomyces cerevisiae)*. Raziskovalna naloga, Maribor: Mladi za napredek Maribora.

Pregelj, L., & Rogel, C. (2010). *The A to Z of Slovenia*. Lanham: Scarecrow Press.

SLOVENSKI STANDARD SIST EN ISO 20079:2007 (2007). *Kakovost vode - Določevanje toksičnih učinkov sestavin vode in odpadnih voda na vodno lečo (Lemna minor) - Preskus zaviranja rasti vodne leče (ISO20079:2005)*. Slovenski inštitut za standardizacijo.

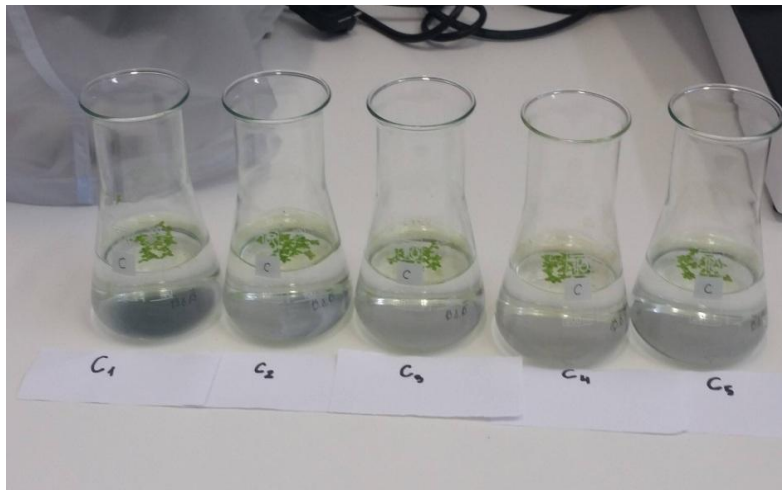
Taiz, L. & Zeiger E. (2006). *Plant physiology* (4th ed.). Sinauer Associates, Inc.

ZZZV-ZAVOD ZA ZDRAVSTVENO VARSTVO MARIBOR (2011). *Poročilo o meritvah na terenu*. Maribor.

Winterborne, J. (2005). *Hydroponics: Indoor horticulture*. Guildford, England: Pukka Press

8. PRILOGE

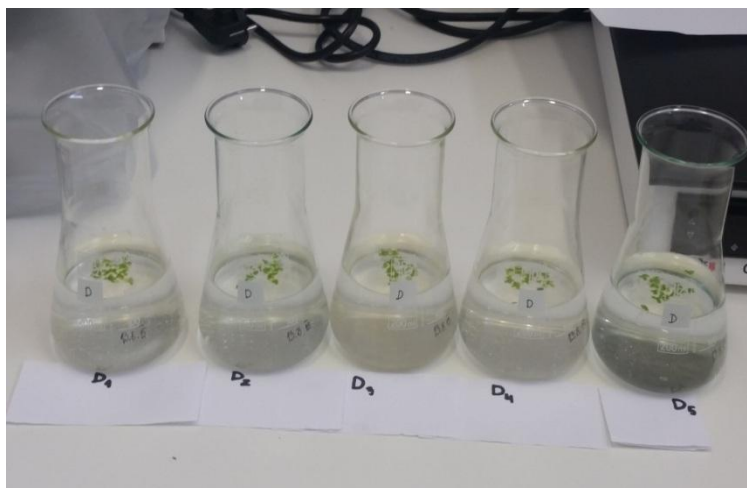
Priloga 1: Mala vodna leča (*Lemna minor L.*) po enem tednu rasti v mediju po Steinbergu
(Vir: avtorica)



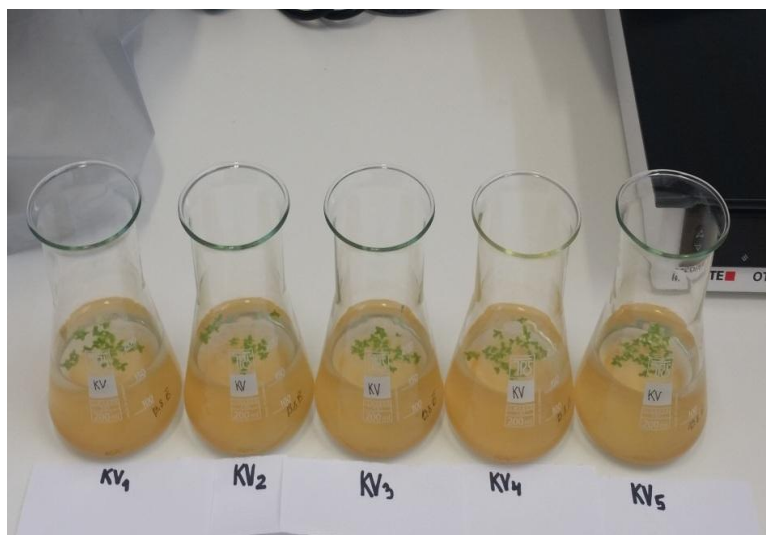
Priloga 2: Mala vodna leča (*Lemna minor L.*) po enem tednu rasti v mineralni vodi Tempel
(Vir: avtorica)



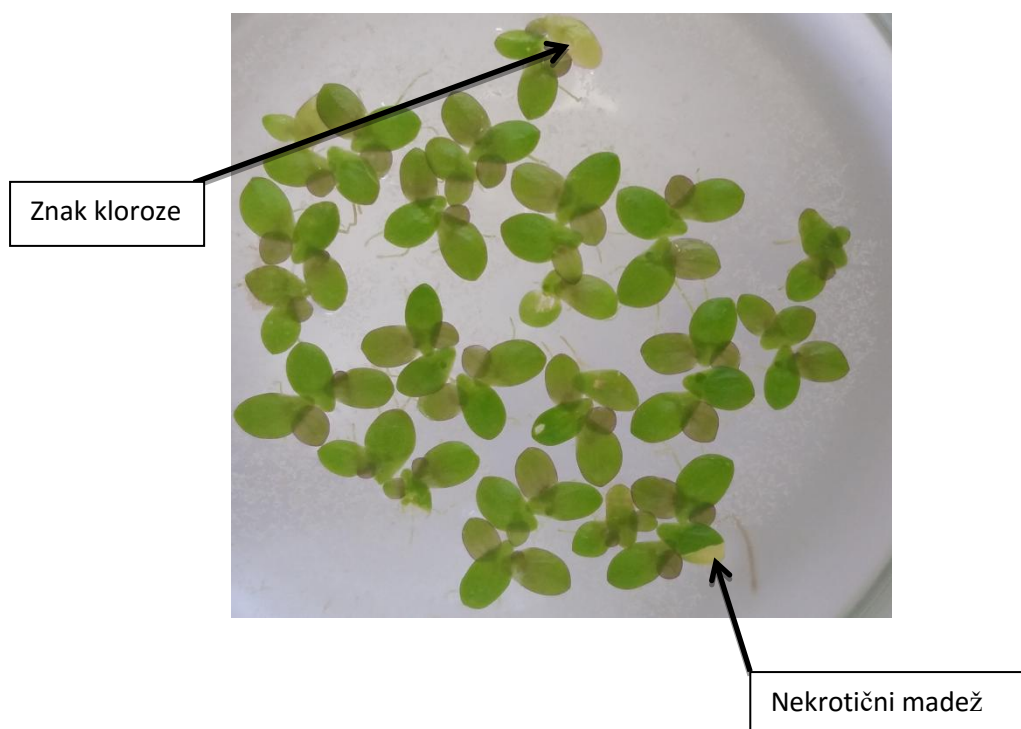
Priloga 3: Mala vodna leča (*Lemna minor L.*) po enem tednu rasti v mineralni vodi Donat Mg (Vir: avtorica)



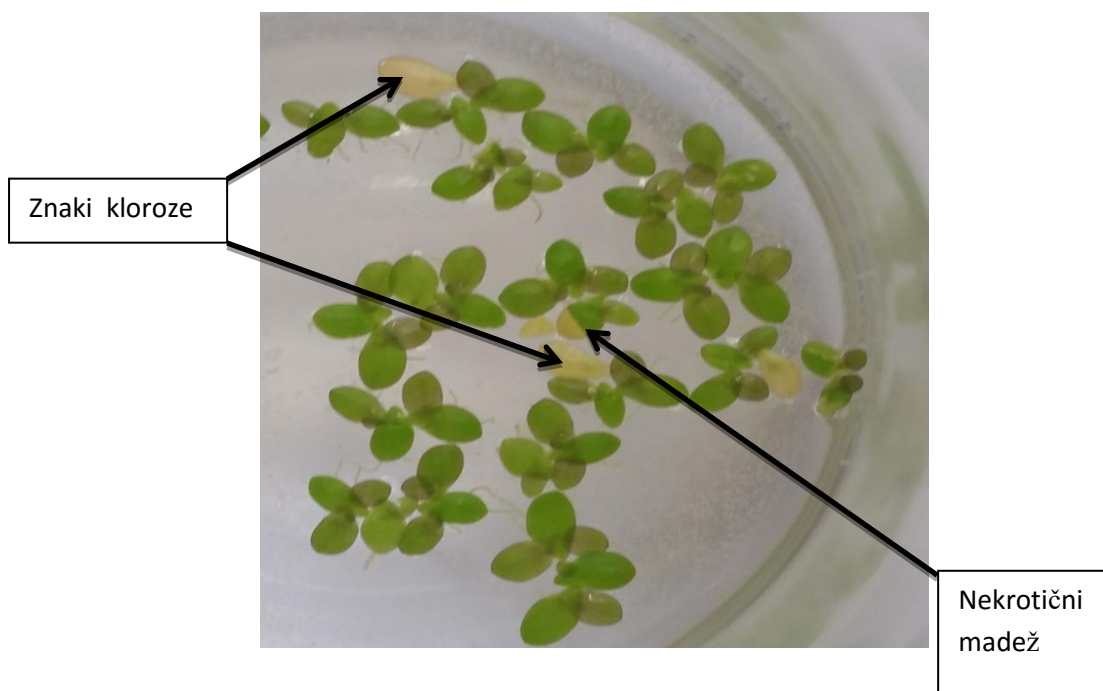
Priloga 4: Mala vodna leča (*Lemna minor L.*) po enem tednu rasti v mineralni vodi iz Kraljevega vrelnca (Vir: avtorica)



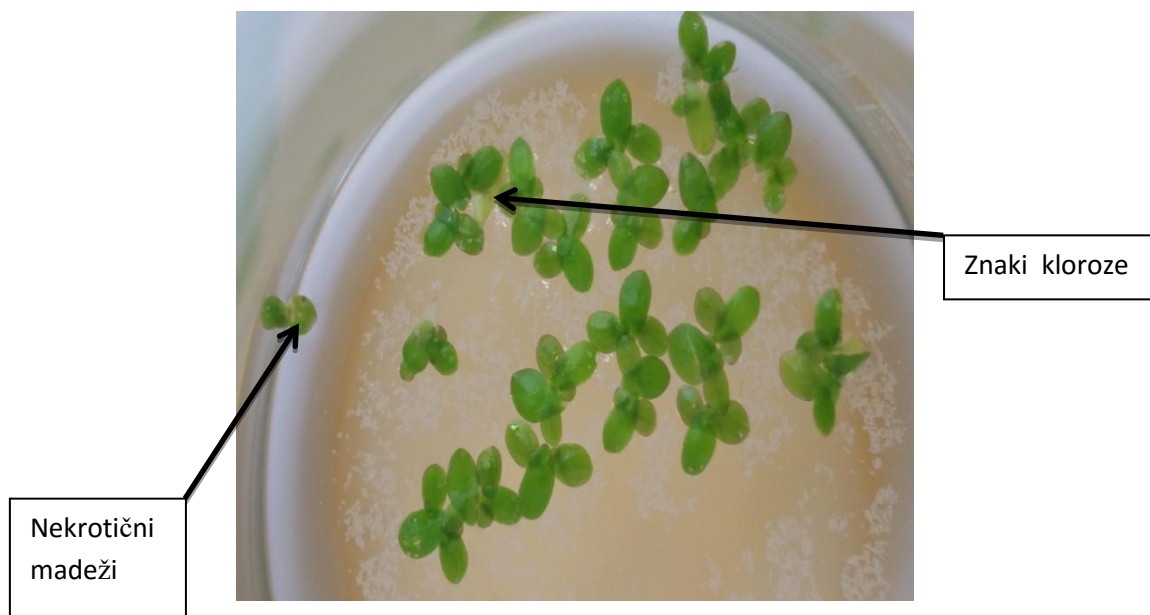
Priloga 5: Mala vodna leča (*Lemna minor L.*) po enem tednu v mineralni vodi Donat Mg
(Vir: avtorica)



Priloga 6: Mala vodna leča (*Lemna minor L.*) po enem tednu v mineralni vodi Tempel (Vir: avtorica)



Priloga 7: Mala vodna leča (*Lemna minor L.*) po enem tednu v mineralni vodi iz Kraljevega vrelca (Vir: avtorica)



Priloga 8: Tabele s P-vrednostmi T-testa

	Medij po Steinbergu	Tempel
Povprečna dolžina koreninic [mm]	2,533	9,277
St. dev.	1,369	3,947
P-vrednost	3,902 x 10 ⁻¹⁰	

	Medij po Steinbergu	Tempel
Povprečna ploščina stebelnih členkov [mm²]	6,474	9,178
St. dev.	1,249	0,894
P-vrednost	5,058 x 10 ⁻⁵	

	Medij po Steinbergu	Donat Mg
Povprečno število stebelnih členkov	74	31
St. dev.	4,4	2,9
P- vrednost	1,821 x 10 ⁻⁷	

	Medij po Steinbergu	Tempel
Povprečno število stebelnih členkov	74	58
St. dev.	4,4	2,6
P-vrednost	0,000239	

	Medij po Steinbergu	Kraljevi vrelec
Povprečno število stebelnih členkov	74	59
St. dev.	4,4	4,6
P-vrednost	0,00150	