

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Petra BEČAJ

**UPORABA BLATA ČISTILNE NAPRAVE KOT  
DODATEK SUBSTRATU ZA VZGOJO PAMPAŠKE  
TRAVE**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Petra BEČAJ

**UPORABA BLATA ČISTILNE NAPRAVE KOT DODATEK  
SUBSTRATU ZA VZGOJO PAMPAŠKE TRAVE**

DIPLOMSKO DELO  
Univerzitetni študij

**USE OF SEWAGE SLUDGE IN ADDITION TO SUBSTRATE FOR  
RAISING PAMPAS GRASS**

GRADUATION THESIS  
University studies

Ljubljana, 2016

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija agronomije. Opravljeno je bilo na Centru za pedologijo in varstvo okolja Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomske naloge imenovala doc. dr. Roka MIHELIČA.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednica: prof. dr. Zlata LUTHAR  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: doc. dr. Rok MIHELIČ  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Gregor OSTERC  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Podpisana izjavljam, da je diplomsko delo rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Petra Bečaj

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI)

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ŠD | Dn                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| DK | UDK 631.863:682.33 (043.2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| KG | Odpadne vode/komunalna čistilna naprava/odpadno blato/pampaška trava/substrati/gnojenje/okrasne rastline                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| AV | BEČAJ, Petra                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| SA | MIHELIČ, Rok (mentor)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| KZ | SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| ZA | Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| LI | 2016                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| IN | UPORABA BLATA ČISTILNE NAPRAVE KOT DODATEK<br>SUBSTRATU ZA VZGOJO PAMPAŠKE TRAVE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| TD | Diplomsko delo (univerzitetni študij)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| OP | X, 45, [7] str., 18 pregl., 27 sl., 6 pril., 33 vir.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| IJ | sl                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| JJ | sl/en                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| AI | <p>Stranski produkt čiščenja odpadnih voda na komunalni čistilni napravi je odpadno blato. Blato je bogato s hranili, zato bi ga bilo koristno uporabiti v kmetijske namene, vendar je zaradi možne vsebnosti nevarnih snovi taka uporaba omejena. V našem poskusu smo ugotavljali, če bi ga lahko uporabili kot sestavni del substrata za gojenje okrasnih rastlin. Pripravili smo tri mešanice substratov s stopnjevano vsebnostjo blata. Poleg blata smo v substratih uporabili borovo lubje, perlit in šoto. Blato smo dodali v volumskih odstotkih in sicer 10 % , 30 % in 50 % . Za kontrolo smo uporabili uveljavljeni komercialni substrat Klastmann Tonsubstrat. V poskusu smo spremljali vpliv blata na velikost in maso pampaške trave (<i>Cortaderia selloana</i> Asch. &amp; Graebn.), vsebnost klorofila v rastlini, pH in EC substrata in vsebnost P, K, amonijevega N, nitratnega N v substratu. Odmerki 30 % in 50 % blata v substratu povečata pH in EC substrata, količino P in K v substratu ter na količino klorofila v rastlini. Več je blata, večje so vrednosti. Največje so bile rastline gojene v substratu s 30 % blata, največjo maso pa so imele tiste gojene v substratu s 50 % blata. Amonijskega dušika je bilo največ prisotnega v substratu s 30 % blata, nitratnega dušika pa v kontroli. Med substrati z blatom je bilo nitratnega dušika največ prisotnega v tistem s 30 % blata.</p> |

## KEY WORDS DOCUMENTATION (KWD)

DN Dn  
DC UDC 631.863:682.33 (043.2)  
CX Waste water/waste water treatment plant/sewage sludge/pampas grass/ornamental plants/substrates/fertilizers  
AU BEČAJ, Petra  
AA MIHELIC, Rok (supervisor)  
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101  
PB Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo  
PY 2016  
TI USE OF SEWAGE SLUDGE IN ADDITION TO SUBSTRATE FOR RAISING PAMPAS GRASS  
DT Graduation Thesis (University Studies)  
NO X, 45, [7] p., [7 p.], 18 tab., 27 fig., 6 ann., 33 ref.  
LA sl  
AL sl/en  
AB A by-product of wastewater treatment plant is sewage sludge. It is rich in nutrients, so it would be useful to use it for agricultural purposes. But due to the potential presence of hazardous substances such use is limited. In our experiment we tried to determine if it could be used as an integral part of the substrate for the cultivation of ornamental plants. For this purpose we prepared a mixture of the three substrates which contained different amounts of sewage sludge. In addition to the sewage sludge in the substrates we used pine bark, perlite and white peat. Sewage sludge was added to a volume percentage of 10 %, 30 % and 50 %. For control, we used an established commercial substrate Klasmann Tonsubstrat. In the experiment, we monitor the impact of the sludge on the size and mass of the pampas grass plants, the content of chlorophyll in the plant, the pH and EC of the substrate, and the content of P, K, ammonium N, N nitrate in the substrate. The results of the experiment showed that the amount of sludge in the substrate affect the pH and EC of the substrate, the amount of P and K in the substrate and the amount of chlorophyll in the plant. More sewage sludge was added to the substrate, higher was the value. Maximum plants were grown in a substrate containing 30 % of sewage sludge, and the maximum weight being given to those grown in the substrate of 50 % of the sludge. Ammonium nitrogen was the highest in the substrate with 30 % of sewage sludge, the nitrate nitrogen content was the greatest in the control. Among the substrates with mud nitrate nitrogen had the highest value in that with 30 % of sewage sludge.

## KAZALO VSEBINE

|          |                                                                                                             |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|          | KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI)                                                                   | III       |
|          | KEY WORDS DOCUMENTATION (KWD)                                                                               | IV        |
|          | KAZALO VSEBINE                                                                                              | V         |
|          | PRILOGE                                                                                                     | VI        |
|          | KAZALO PREGLEDNIC                                                                                           | VII       |
|          | KAZALO SLIK                                                                                                 | VIII      |
|          | KAZALO PRILOG                                                                                               | IX        |
|          | OKRAJŠAVE IN SIMBOLI                                                                                        | X         |
| <b>1</b> | <b>UVOD</b>                                                                                                 | <b>1</b>  |
| 1.1      | VZROK ZA RAZISKAVO                                                                                          | 1         |
| 1.2      | NAMEN NALOGE                                                                                                | 2         |
| 1.3      | DELOVNA HIPOTEZA                                                                                            | 2         |
| <b>2</b> | <b>PREGLED OBJAV</b>                                                                                        | <b>3</b>  |
| 2.1      | DELOVANJE ČISTILNE NAPRAVE IN PRIDOBIVANJE BLATA                                                            | 3         |
| 2.1.1    | Mehansko čiščenje                                                                                           | 4         |
| 2.1.2    | Aerobno biološko čiščenje                                                                                   | 4         |
| 2.1.3    | Anaerobno biološko čiščenje                                                                                 | 4         |
| 2.2      | RASTNI SUBSTRAT                                                                                             | 4         |
| 2.2.1    | Lastnosti dobrega rastnega substrata                                                                        | 5         |
| 2.2.2    | Lastnosti sestavin rastnega substrata uporabljenega v diplomski nalogi                                      | 6         |
| 2.3      | PAMPAŠKA TRAVA ( <i>CORTADERIA SELLOANA</i> ASCH. & GRAEBN.)                                                | 12        |
| 2.3.1    | <i>Cortaderia</i>                                                                                           | 12        |
| 2.3.2    | <i>Cortaderia selloana</i> Asch. & Graebn. syn. <i>Cortaderia argentea</i> .                                | 13        |
| 2.4      | ZAKONSKE OMEJITVE UPORABE BLATA ČISTILNE NAPRAVE                                                            | 14        |
| 2.4.1    | Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (Ur. l. RS, št. 62/08)                   | 14        |
| 2.4.2    | Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla (Ur. l. RS, št. 84/05)                      | 16        |
| 2.4.3    | Uredba o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata (Ur. l. RS, št. 99/13) | 17        |
| <b>3</b> | <b>MATERIALI IN METODE</b>                                                                                  | <b>18</b> |
| 3.1      | PRVI KALILNI TEST                                                                                           | 20        |
| 3.2      | DRUGI KALILNI TEST                                                                                          | 22        |
| 3.3      | LONČNI POSKUS                                                                                               | 22        |
| 3.3.1    | Klorofilomer                                                                                                | 23        |
| 3.4      | DELO V LABORATORIJU                                                                                         | 24        |
| 3.4.1    | Priprava vzorcev rastnega substrata                                                                         | 24        |
| 3.4.2    | Meritev elektroprevodnosti in pH                                                                            | 24        |
| 3.4.3    | Meritev K in P v substratih                                                                                 | 25        |
| 3.4.4    | Meritev NH <sub>4</sub> -N in NO <sub>3</sub> -N v substratih                                               | 25        |
| 3.5      | STATISTIČNE METODE                                                                                          | 25        |
| <b>4</b> | <b>REZULTATI</b>                                                                                            | <b>26</b> |
| 4.1      | PRVI KALILNI TEST                                                                                           | 26        |
| 4.2      | DRUGI KALILNI TEST                                                                                          | 28        |
| 4.3      | LONČNI POSKUS                                                                                               | 30        |

|              |                                                          |           |
|--------------|----------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4.3.1</b> | <b>Dolžina in masa trav</b>                              | <b>30</b> |
| <b>4.3.2</b> | <b>Meritve s klorofilomerom</b>                          | <b>32</b> |
| <b>4.3.3</b> | <b>pH in elektroprevodnost</b>                           | <b>34</b> |
| <b>4.3.4</b> | <b>P in K</b>                                            | <b>35</b> |
| <b>4.3.5</b> | <b>NH<sub>4</sub>-N</b>                                  | <b>36</b> |
| <b>4.3.6</b> | <b>NO<sub>3</sub>-N</b>                                  | <b>37</b> |
| <b>4.3.7</b> | <b>Razmerje med NH<sub>4</sub>-N in NO<sub>3</sub>-N</b> | <b>37</b> |
| <b>5</b>     | <b>RAZPRAVA IN SKLEPI</b>                                | <b>38</b> |
| <b>5.1</b>   | <b>RAZPRAVA</b>                                          | <b>38</b> |
| <b>5.2</b>   | <b>SKLEPI</b>                                            | <b>41</b> |
| <b>6</b>     | <b>POVZETEK</b>                                          | <b>42</b> |
| <b>7</b>     | <b>VIRI</b>                                              | <b>43</b> |
|              | <b>ZAHVALA</b>                                           |           |
|              | <b>PRILOGE</b>                                           |           |

## KAZALO PREGLEDNIC

|                                                                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Preglednica 1: Primer fizikalnih lastnosti trdega lubja velikosti 7-15 mm (Bos in sod., 2003).                                                                       | 9  |
| Preglednica 2: Mešanica bele šote in trdega lubja velikosti 7-15 mm (Bos in sod., 2003).                                                                             | 9  |
| Preglednica 3: Primer kemičnih lastnosti trdega lubja (Bos in sod., 2003)                                                                                            | 9  |
| Preglednica 4: Primer fizikalnih lastnosti perlita velikosti 1-8 mm (Bos in sod., 2003)                                                                              | 11 |
| Preglednica 5: Mešanica bele šote in perlita velikosti 1-8 mm (Bos in sod., 2003)                                                                                    | 11 |
| Preglednica 6: Mejne vrednosti za koncentracije težkih kovin v tleh (Uredba o uporabi ..., 2008)                                                                     | 15 |
| Preglednica 7: Mejne vrednosti za koncentracije težkih kovin v blatu, ki se uporablja v kmetijstvu (Uredba o uporabi ..., 2008)                                      | 15 |
| Preglednica 8: Mejne vrednosti za količine težkih kovin, ki se smejo na podlagi 10-letnega povprečja letno vnesti v kmetijska zemljišča (Uredba o uporabi ..., 2008) | 16 |
| Preglednica 9: Mejne vrednosti vnosa nevarnih snovi v tla v dveh letih (Uredba o predelavi ..., 2013)                                                                | 17 |
| Preglednica 10: Volumenski % vsebnosti posameznih sestavin v substratu za 1. kalilni test                                                                            | 20 |
| Preglednica 11: Označitev lončkov za drugi kalilni test                                                                                                              | 22 |
| Preglednica 12: Izbrane mešanice substratov za lončni poskus                                                                                                         | 23 |
| Preglednica 13: Opazanja pri rastlinah, tik pred rezjo 1. 02. 2008                                                                                                   | 26 |
| Preglednica 14: Sveža masa vrtna kreše v 1. kalilnem testu                                                                                                           | 27 |
| Preglednica 15: Opazovane spremembe pri rasti kreše v drugem kalilnem testu                                                                                          | 28 |
| Preglednica 16: Sveža masa vrtna kreše v 2. kalilnem testu                                                                                                           | 29 |
| Preglednica 17: Statistično značilne razlike vsebnosti klorofila med obravnavanji                                                                                    | 33 |
| Preglednica 18: Razmerja med $\text{NH}_4\text{-N}$ in $\text{NO}_3\text{-N}$ v poskusu leta 2008                                                                    | 37 |



## KAZALO SLIK

|                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1: Shema CČN Domžale-Kamnik (Centralna ..., 2014)                                                              | 3  |
| Slika 2: Struktura vode, ki pride v KČN Domžale-Kamnik (Centralna ..., 2014)                                         | 3  |
| Slika 3: Uporaba blata v letih 2003 - 2014 (Uporaba ..., 2016)                                                       | 7  |
| Slika 4: Nastanek, sestava in uporaba perlita (Perlite Institute, 2009a)                                             | 10 |
| Slika 5: Pampaška trava ( <i>Cortaderia selloana</i> Asch. & Graebn.) v prostoru (Pampas ..., 2016)                  | 14 |
| Slika 6: Blato v mešanici z lubjem in perlitom                                                                       | 18 |
| Slika 7: Borovo lubje                                                                                                | 19 |
| Slika 8: Perlit                                                                                                      | 19 |
| Slika 9: Klasmann Tonsubstrat                                                                                        | 20 |
| Slika 10: 6 dni po setvi, 22. 01. 2008                                                                               | 21 |
| Slika 11: Napad plesni in stanjšano steblo rastline pri substratu s 40 % blata                                       | 21 |
| Slika 12: Trave 8 dni po presajanju, 20.2.2008                                                                       | 23 |
| Slika 13: Območja valovne dolžine absorbance klorofila v listu (Konica Minolta, 2016)                                | 24 |
| Slika 14: Rastline vrtno kreše 18 dni po setvi ("dan žetve"), 01.02.2008                                             | 26 |
| Slika 15: pH in elektroprevodnost v substratih pri 1. kalilnem testu                                                 | 28 |
| Slika 16: 14 dni po setvi (»dan žetve«) kreša v substratih namenjenih za lončni poskus                               | 29 |
| Slika 17: Rastline pampaške trave dne 14. 6. 2008                                                                    | 30 |
| Slika 18: Povprečna dolžina poganjkov rastlin pampaške trave za vsa obravnavanja na zadnji dan poskusa, 05. 08. 2008 | 31 |
| Slika 19: Povprečna sveža masa rastlin pampaške trave za vsa obravnavanja na zadnji dan poskusa, 05. 08. 2008        | 31 |
| Slika 20: Povprečne vrednosti meritev po obravnavanjih s klorofilomerom, 14.7.2008 in 5.8.2008                       | 32 |
| Slika 21: Povezava med vrednostmi klorofilomera in maso rastlin                                                      | 34 |
| Slika 22: Elektroprevodnost v mešanicah substratov v lončnem poskusu                                                 | 34 |
| Slika 23: pH vrednosti v mešanicah substratov v lončnem poskusu                                                      | 35 |
| Slika 24: Povprečna vsebnost P v zračno suhih vzorcih po posameznih obravnavanjih 05. 08. 2008                       | 35 |
| Slika 25: Povprečna vsebnost K v zračno suhih vzorcih po obravnavanjih 05. 08. 2008                                  | 36 |
| Slika 26: Vrednosti NH <sub>4</sub> -N (mg/L tal) in standardna deviacija vseh obravnavanj pri treh merjenjih        | 36 |
| Slika 27: Vrednosti NO <sub>3</sub> -N (mg/L tal) in standardna deviacija vseh obravnavanj pri treh merjenjih        | 37 |

## KAZALO PRILOG

PRILOGA A: Podatki o uporabi blata KČN Domžale-Kamnik

PRILOGA B: pH in elektroprevodnost v substratih pri 1. kalilnem testu

PRILOGA C: Teža odstriženih listov, dolžina odstriženih listov in opažanja na dan  
5.8.2008

PRILOGA D: pH in elektroprevodnost v mešanicah substratov lončnega poskusa

PRILOGA E: Vrednosti P in K po obravnavanjih

PRILOGA F: Vrednosti NH<sub>4</sub>-N in NO<sub>3</sub>-N po obravnavanjih na dan 13.3.2008 in 5.8.2008

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

|      |                                                    |
|------|----------------------------------------------------|
| KČN  | Komunalna čistilna naprava                         |
| CČN  | Centralna čistilna naprava                         |
| SS   | Suha snov                                          |
| ČN   | Čistilna naprava                                   |
| N    | dušik                                              |
| P    | fosfor                                             |
| ARSO | agencija Republike Slovenije za okolje             |
| pH   | reakcija tal – stopnja kislosti ali alkalnosti tal |
| RHP  | Regeling Handels Potgronden                        |
| EC   | elektroprevodnost                                  |
| Cd   | kadmij                                             |
| Cr   | krom                                               |
| Cu   | baker                                              |
| Hg   | živo srebro                                        |
| Ni   | nikelj                                             |
| Pb   | svinec                                             |
| Zn   | cink                                               |
| B    | blato čistilne naprave                             |
| Mg   | magnezij                                           |
| Fe   | železo                                             |
| S    | žveplo                                             |

## 1 UVOD

### 1.1 VZROK ZA RAZISKAVO

Blato komunalne čistilne naprave (KČN) je odpadki, ki nastane pri čiščenju komunalnih odpadnih voda. Poznamo primarno blato (ostane po primarnem, to je mehanskem čiščenju) in sekundarno blato, ki ga dobimo po sekundarnem čiščenju. Sekundarno blato vsebuje veliko več organske snovi, kot primarno, saj se v sekundarnem čiščenju namnožijo mikroorganizmi. Zaradi različnih virov odpadne vode pa se sestava blata razlikuje, vendar običajno je blato bogato s hranili in vsebuje 40 – 60 % organske snovi, 4 % dušika (N), 2 % fosforja (P) in ostala makro in mikro hranila (Christofolletti in sod .., 2012). Ravno zaradi različnega izvora odpadne vode pa lahko blato vsebuje tudi nevarne snovi (težke kovine). Zaradi bogate vsebnosti hranil bi ga lahko uporabili kot gnojilo za kmetijske površine, vendar zaradi možnih prisotnih nevarnih snovi obstajajo zakonske omejitve o njegovi uporabi na kmetijskih površinah, kar je tudi predpisano v Uredbi o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (Uredba o uporabi ..., 2008).

Blato, ki smo ga uporabili v poskusu, je blato iz Centralne čistilne naprave (CČN) Domžale-Kamnik. V CČN Domžale-Kamnik poteka postopek čiščenja odpadne vode v treh fazah. Prva je mehansko čiščenje, nato sledi aerobno biološko čiščenje in nazadnje anaerobno biološko čiščenje. Po teh treh fazah dobijo kot ostanek surovo blato. Tega najprej v gniliščih pregnijejo do bioplina in ostalega dela pregnitega blata. Bioplin porabijo za proizvodnjo električne in toplotne energije, s čimer pokrijejo okoli 70 % vseh svojih potreb po električni energiji. Preostanek blata pa s centrifugiranjem posušijo na 30 % suhe snovi (SS) in ga odložijo na deponijo. Odlaganje na deponiji je postalo drago, blata pa je vedno več. Leta 2004 so čistilne naprave v Sloveniji pridelale skupaj 12.884 ton SS blata, 10 let kasneje, leta 2014, pa že 28.368 ton SS (Uporaba ..., 2016). V Sloveniji in v tujini je vedno bolj v porastu sežig blata, leta 2014 je bilo tega v Sloveniji že skoraj 53 % (Uporaba ..., 2016). Porast sežiganja je posledica izkoriščanja energetske vrednosti sežiga, pa tudi tega, da se po 15. 7. 2009 neobdelanega blata iz komunalnih čistilnih naprav ne sme več odlagati na odlagališče komunalnih odpadkov.

Zato se poraja vprašanje, ali bi lahko to blato uporabili v koristnejše namene, kot je nalaganje na deponijo? Bi ga lahko uporabili kot sestavni del substrata za gojenje okrasnih rastlin?

Vsa ta razmišljanja so bila osnova za poskus, ki je temelj te diplomske naloge.

## 1.2 NAMEN NALOGE

Blato smo uporabili kot sestavni del substrata za gojenje okrasnih rastlin. Naredili smo več mešanic z različnimi količinami blata in jih primerjali s kontrolnim, kupljenim substratom. Želeli smo ugotoviti učinke blata na rast okrasnih rastlin. Uporabili smo pampaško travo (*Cortaderia selloana* Asch. & Graebn.), ki je hitro rastoča trajnica, kot taka pa ima povečane potrebe po hranilih.

## 1.3 DELOVNA HIPOTEZA

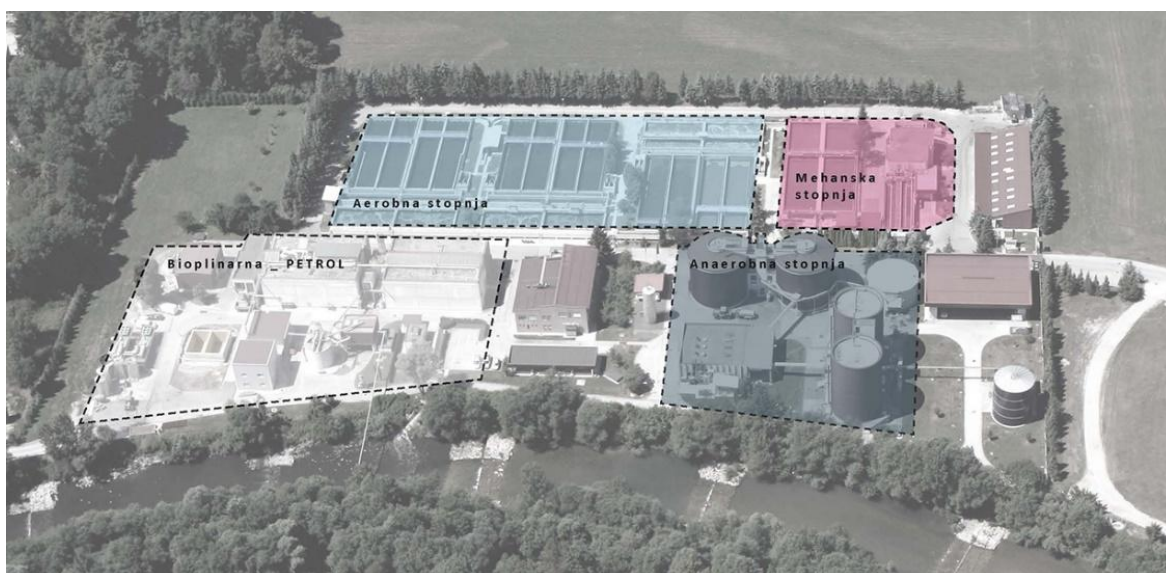
Blato vsebuje veliko organskih snovi in je bogato s hranili. Pričakujemo, da bo zaradi tega njegova prisotnost v rastnem substratu delovala pozitivno na rast pampaške trave.

## 2 PREGLED OBJAV

### 2.1 DELOVANJE ČISTILNE NAPRAVE IN PRIDOBIVANJE BLATA

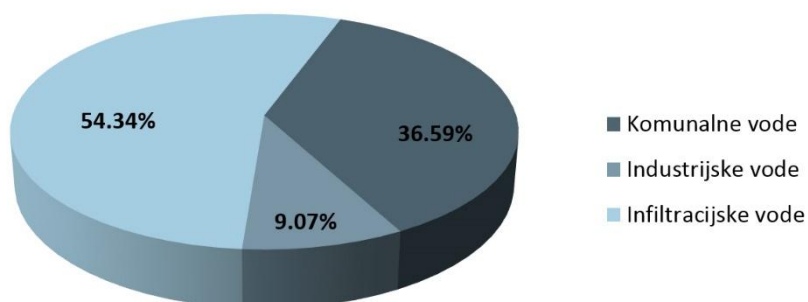
Blato, ki je bilo uporabljeno v našem poskusu je bilo pripeljano iz Centralne čistilne naprave Domžale-Kamnik.

CČN Domžale-Kamnik je čistilna naprava konvencionalnega tipa. Namenjena je odstranjevanju neraztopljenih snovi in ogljikovih spojin, čeprav zagotavlja tudi delno nitrifikacijo. Je klasična mehanska dvostopenjska biološka čistilna naprava z anaerobno stabilizacijo blata in uporabo bioplina na bioplinskih motorjih za proizvodnjo električne in toplotne energije. Očiščena voda se izteka v Kamniško Bistrico (Centralna ..., 2014).



Slika 1: Shema CČN Domžale-Kamnik (Centralna ..., 2014)

Odpadna voda CČN Domžale-Kamnik je mešanica infiltracijske vode, komunalne vode in industrijske vode (Centralna ..., 2014).



Slika 2: Struktura vode, ki pride v KČN Domžale-Kamnik (Centralna ..., 2014)

### **2.1.1 Mehansko čiščenje**

Prva stopnja čiščenja je mehanska. Pri tej stopnji se voda najprej pretaka čez grobe grablje, na katere se ujamejo večji (večji od 15 mm), neraztopljeni delci. Nato vodo prek polžastih črpalk dvignejo nad nivo ČN in med spustom teče čez fine grablje, kjer se ujamejo delci večji od 3 mm. Sledita posedanje in flotacija na peskolovu in ozračenem maščobnem lovilcu. Težji delci se posedejo na tla, olja in maščobe pa plavajo na površini. Delce, ki so se posedli, postrgajo s tal in jih odvedejo v zbiralec peska. Delce, ki plavajo po površini pa s strgali postrgajo in jih odvedejo v zbiralnik za blato. Voda nadaljuje pot do dveh primarnih usedalnikov. Tu se usedejo delci večji od 1 mm. Te postrgajo s tal in jih odvedejo v konuse za zgoščevanje blata, od tam pa v gnilišča (Mehansko ..., 2014).

### **2.1.2 Aerobno biološko čiščenje**

Po prestatem mehanskem čiščenju gre voda naprej v prečiščevalne bazene. Ti vsebujejo aktivno blato, ki je sestavljeno iz različnih mikroorganizmov. Za mikroorganizme aktivnega blata organske snovi prisotne v vodi predstavljajo hrano. Voda pa je zaradi turbo puhal, ki vpihavajo v vodo kisik, dobro preskrbljena s kisikom. Mikroorganizmi v teh razmerah odstranijo organske ogljikove snovi, oksidirajo amonijev dušik in akumulirajo fosfor. Tako očiščena voda se nato prelije v sekundarni usedalnik, kjer se dobro nahranjeni in zelo namnoženi mikroorganizmi zaradi teže posedejo, očiščena voda pa se spusti v Kamniško Bistrico. Ker je sedaj mikroorganizmov veliko več, se jih del vrne nazaj v začetek očiščevalne verige, del pa v prečiščevalne bazene, da se zagotovi dovolj velika količina aktivnega blata za nadaljnje biološko čiščenje (Aerobno ..., 2014).

### **2.1.3 Anaerobno biološko čiščenje**

Nastala biomasa v procesu aerobnega biološkega čiščenja, se sedaj kot odvečno blato zbira v zgoščevalniku blata. Tam se združi z blatom, ki ga naberejo pri mehanski stopnji čiščenja. To mešanico imenujemo surovo blato. Surovo blato se nato v gniliščih obdela po mezofilnem postopku pri 40°C v okolju brez kisika. V gnilišču blato v 40 dneh delno pregnije do bioplina in preostalega blata. Bioplin v ČN uporabijo za pokritje okoli 70% lastnih potreb po električni energiji. Preostalo blato pa prestane še postopek centrifugiranja do 30% suhe snovi, nato ga odložijo na deponiji (Anaerobno ..., 2014).

## **2.2 RASTNI SUBSTRAT**

Rastni substrat je medij v katerem rastlina razvija korenine, iz katerega dobiva hranila in vodo. Rastlini služi kot opora in omogoča koreninam izmenjavo plinov. V substratu so pomembne fizikalne, kemične in biotične lastnosti.

### 2.2.1 Lastnosti dobrega rastnega substrata

Glavni fizikalni parametri substrata so vsebnost organske snovi, vlaga, gostota, velikost in število por, krčenje, razmerje med vodo in zrakom pri različnih višinah vodnega stolpca, kapaciteta vode po izsuševanju in porazdelitev delcev (Bos in sod., 2003).

Količina organske snovi pove kolikšen del substrata je organska snov. Izražamo jo kot % suhe mase substrata (Bos in sod., 2003).

Vlaga nam pove, koliko vode vsebuje substrat. Izražamo jo kot % sveže mase substrata. Pri šotnih substratih je ta parameter zelo pomemben, saj se šota, ko je enkrat suha, zelo težko ponovno navlaži (Bos in sod., 2003).

Gostoto predstavimo kot suho maso substrata v določeni prostornini in jo izražamo v  $\text{kg/m}^3$  (Bos in sod., 2003).

Pore so prostorčki v substratu, ki so napolnjeni z zrakom ali z vodo. Poroznost izračunamo na podlagi podatka o količini organske snovi v substratu, količini mineralnega dela substrata in izmerjene gostote. Tako dobimo podatek, koliko prostora v  $\text{m}^3$  zavzema trdna faza substrata. Preostanek torej zavzemajo pore (Bos in sod., 2003).

Krčenje je v substratu nezaželena lastnost. S krčenjem substrata se spremeni več drugih lastnosti (vlaga, poroznost) in to vpliva na rast rastlin. Določeni substrati se, ko so enkrat suhi, le stežka nazaj navlažijo. Merimo ga z izgubo volumna, ko je substrat posušen na 105 °C (Bos in sod., 2003).

Količina vode v substratu je odvisna od velikosti por. Kapilarna sila se z manjšanjem velikosti por povečuje in vodo vedno bolj močno veže skupaj. Večje kot so pore, manj vode in več zraka bodo vsebovale. Zato rastlina najprej počrpa vodo iz večjih por, saj je tam lažje dostopna. Razmerje med vodo in zrakom se opazuje tako, da vodo iz substrata sesamo z različnimi podtlaki, kar lahko ustvarimo z višino vodnega stolpca (vodno natega), npr. -3,2 cm, -10 cm, -32 cm, -50 cm in -100 cm (Bos in sod., 2003).



## **2.2.2 Lastnosti sestavin rastnega substrata uporabljenega v diplomski nalogi**

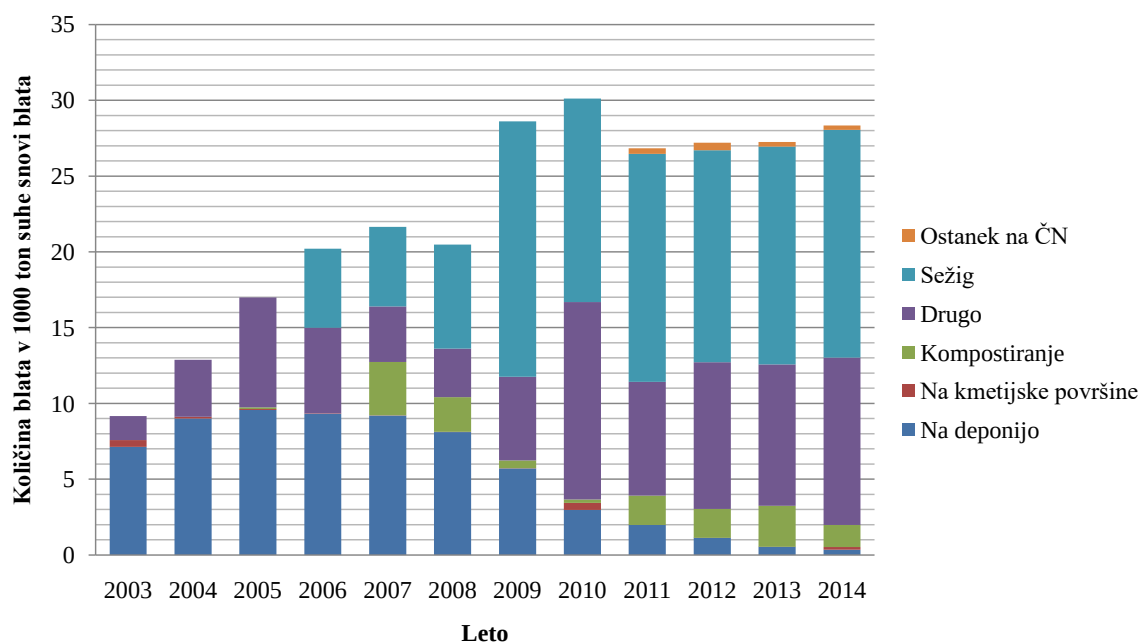
### **2.2.2.1 Blato čistilne naprave**

Blato čistilne naprave je usedlina – končni del vseh odpadkov na čistilni napravi, ki jih domači uporabniki in industrija vržemo v odtok in odplaknemo. Na ČN pride tudi vse, kar se steče v obcestne jarke, skratka vse kar na koncu svoje poti prispe z odpadno vodo v ČN.

Blato ima visoko vsebnost organske snovi, nekje od 40 % - 60 %, 4 % dušika (N), 2 % fosforja (P) in druga makro in mikro hranila. Poleg tega lahko vsebuje tudi potencialno toksične snovi (Christofolletti in sod., 2012). To so na primer težke kovine, patogene bakterije, virusi, praživali,.. To lahko privede do morebitne nevarnosti za zdravje ljudi, živali in rastlin (FAO, 2016). Zaradi tega ga ne smemo brez kontrole uporabljati na kmetijskih zemljiščih, kar je tudi urejeno z Uredbo o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (Uredba o uporabi ..., 2008).

Približno polovica stroškov delovanja čistilne naprave je povezana z obdelavo in odlaganjem blata. Zato bi odlaganje blata na kmetijske površine bistveno pripomoglo k zmanjšanju stroškov, prav tako pa bi zagotovilo velik del N in P potreb zemljišč (FAO, 2016).

Količina blata je zadnja leta v porastu. Leta 2004 so čistilne naprave v Sloveniji pridelale skupaj 12.884 ton SS blata, 10 let kasneje, leta 2014, pa že 28.368 ton SS (Uporaba ..., 2016). Vedno večjo količino blata lahko verjetno pripišemo predvsem vedno večjemu številu komunalnih čistilnih naprav. Kam s takšno količino blata? Odlaganje na deponijo je brez predhodne mehansko biološke obdelave prepovedano, blata je vedno več, uporaba na kmetijskih zemljiščih pa vedno bolj omejena zaradi možnih vsebnosti neželenih snovi, ki bi lahko vplivale na podtalnico, onesnaženost tal, rastline, hrano pridelano na poljih itd.



Slika 3: Uporaba blata v letih 2003 - 2014 (Uporaba ..., 2016)

Po podatkih, ki nam jih je posredoval ARSO je razvidno, da se je v zadnjih letih odlaganje blata na deponijo praktično ukinilo in da je v porastu sežig. Prav tako se povečuje odstotek drugačne uporabe blata, ki pa v podatkih, ki nam jih je posredoval ARSO ni opredeljen. Del blata iz Slovenije izvozimo v tujino, kjer ga prav tako v večini uporabijo za sežig, del pa za prekrivanje različnih izkopov in zastiranje smetišč. Možni načini uporabe blata, ki bi lahko spadali v drugo kategorijo, so uporaba kot surovina za izdelavo opek, pridobivanje umetnega lahkega agregata, pridobivanje portlandskega cementa, uplinjevanje ali piroliza. Pod to kategorijo bi lahko spadala tudi uporaba blata v namen sestave substrata za gojenje okrasnih rastlin.

#### 2.2.2.2 Lubje

V preteklosti so lubje smatrali predvsem za ostanek pri pridelavi lesa. Zato so ga sežigali ali odlagali (npr. zasipali vrtače ali jame v bližini velikih žag). Danes je situacija popolnoma drugačna, uporablja se v različne namene. Na primer v teraristiki za pripravo življenjskega okolja živali, kot stelja za cvetlične grede, kot surovina za pletenje košar in drugega okrasja, iz določenih vrst lubja ekstrahirajo snovi, ki jih uporabljajo v zdravstvene namene itd (Savatree, Abigenol...) (Savatree ..., 2016). Nas pa zanima uporaba lubja kot sestavine substrata za gojenje rastlin. V ta namen služi predvsem za zračnost substrata, v nekaterih primerih ga uporabljajo kot nadomestilo šoti iz ekonomskih razlogov ali zaradi težke dobavljalnosti, pri vzgoji orhidej pa na primer služi kot samostojen substrat.

Do variacij prihaja zaradi tipa lesa, iz katerega so ga pridobili (mehek ali trd), vrste drevesa in njegove starosti, tipa zemlje, na kateri je rastle drevo in regije, kjer je drevo rastle. Lubje

s stroji postrgajo z debla. Če ostane v velikih kosih, ga pred obdelavo zmeljejo na manjše (Bos in sod., 2003).

Trdo in mehko lubje se razlikujeta po lastnostih. Trdo lubje lahko vsebuje do 40 % celuloze, ta se hitro razkraja in povzroča pomanjkanje N, medtem ko ima mehko lubje 5 % celuloze in so zato biološke potrebe po N manjše. Večina svežega trdega lubja je fitotoksičnega, za razliko od mehkega, ki ga lahko uporabljamo brez kompostiranja. Trdo lubje tudi zavira več gliv, ki napadajo korenine in nematod, kot mehko (Bos in sod., 2003).

Med mehki tip lubja sodita lubje bora in smreke.

pH svežega mehkega lubja lahko niha glede na mesto, kjer je drevo rastlo. V Ameriki na primer je vrednost od 4,0-4,3, v Angliji 5,0-5,2. S kompostiranjem pa naraste na 6,0-7,0 (Bos in sod., 2003).

Trdo lubje se razgrajuje približno trikrat hitreje, kot mehko. pH je običajno večji kot pri mehkem lubju. Med kompostiranjem naraste čez 7.0.

Kompostiranje zmanjša fizično strukturo lubja, zato je staranje smatrano kot boljša rešitev za uporabo lubja v mešanicah. Pri staranju lubja naložijo na kupe, ki jih po potrebi obračajo, da olajšajo razgradnjo in zmanjšajo prekomerno toploto. Ne uporabljajo dodatkov za pospeševanje mikrobne razgradnje. Postopek poteka brez zniževanja C:N razmerja (Fields in sod., 2015).

Dobra stran uporabe kompostiranega trdega lubja v substratni mešanici je njegova sposobnost zaviranja razmnoževanja nekaterih gliv. V ta namen naj bi substrat vseboval najmanj 50 % lubja in nič lesa. Kompostirano mehko lubje nima tako močnega zaviralnega vpliva, pa tudi obseg gliv na katere deluje, je manjši (Bunt, 2012).

Uporaba in pred-tretiranje sta odvisna od tipa lubja. Sveže mehko lubje v mešanicah veže toliko N, da zavira rast rastlin. Zato ga je treba pred uporabo kompostirati. Po kompostiranju ga zmeljejo na primerno velikost delcev. Trdega lubja ni potrebno kompostirati pred uporabo, lahko ga uporabimo svežega (Bos in sod., 2003).

#### Fizikalne lastnosti lubja

Fizikalne lastnosti lubja definirajo gostota, krčenje, delež por in količina lahko dostopne vode (preglednica 1).

Preglednica 1: Primer fizikalnih lastnosti trdega lubja velikosti 7-15 mm (Bos in sod., 2003).

| Fizikalne lastnosti          | Vrednost |
|------------------------------|----------|
| Gostota (kg/m <sup>3</sup> ) | 197      |
| Krčenje (vol %)              | 0        |
| Pore (vol %)                 | 87       |
| Lahko dostopna voda (vol %)  | 3        |

Povečana količina zraka v substratu je močno odvisna od razporeditve delcev lubja. Lubje je trd in fizikalno stabilen material, zato prinaša substratu stabilnost (preglednica 2).

Preglednica 2: Mešanica bele šote in trdega lubja velikosti 7-15 mm (Bos in sod., 2003).

| Lastnost                                | Vrednost |      |      |      |       |
|-----------------------------------------|----------|------|------|------|-------|
| Količina trdega lubja velikosti 7-15 mm | 0 %      | 25 % | 50 % | 75 % | 100 % |
| Gostota (kg/m <sup>3</sup> )            | 102      | 131  | 159  | 177  | 197   |
| Krčenje (Vol %)                         | 26       | 21   | 19   | 18   | ---   |
| Pore (vol %)                            | 94       | 92   | 90   | 89   | 87    |
| Količina vode na -10 cm (vol %)         | 84       | 75   | 64   | 50   | 34    |
| Količina zraka na -10 cm (vol %)        | 10       | 17   | 26   | 39   | 53    |
| Lahko dostopna voda (vol %)             | 36       | 28   | 21   | 13   | 3     |

#### Kemične lastnosti lubja

Lubje vsebuje določeno količino hranil. Vezava (imobilizacija) N je odvisna od vrste lubja in od stopnje razgradnje. Tudi prisotnost lesa lahko poveča količino vezave N. S to vezavo lubje (oz. mikroorganizmi, ki se hranijo z lubjem) tekmuje za N z rastlino, ki je posajena v substrat. To pa povzroča pomanjkanje N za rastlino. Zato je vsebnost količine lubja v substratu omejena, odvisno od vrste lubja. Sveže mehko lubje, ki ni bilo popolnoma kompostirano, lahko vsebuje snovi, ki so škodljive za rastline (Bos in sod., 2003).

Preglednica 3: Primer kemičnih lastnosti trdega lubja (Bos in sod., 2003)

| Kemične lastnosti              | Vrednost |
|--------------------------------|----------|
| pH                             | 4,0      |
| Elektroprevodnost (EC) (mS/cm) | 0,3      |

#### 2.2.2.3 Perlit

Perlit je vulkanska steklasta kamnina. Za predelavo v uporabno obliko ga najprej iz skal razbijejo na manjše kamne. Te nato v peči na hitro segrejejo na 900-1000°C. Zaradi vsebnosti vode v kamnini, ki se ob tej temperaturi pretvori v paro, kamni razpadejo na majhne bunkice in se hkrati tudi napihnejo, lahko tudi na kar 20-kratno velikost, kot koruza pokovka (Perlite Institute, 2009a).



Slika 4: Nastanek, sestava in uporaba perlita (Perlite Institute, 2009a)

### Uporaba perlita

Perlit uporabljajo v različne namene. Kot izolacijski material pri gradnjah, za dodatek k substratom ali kot samostojen substrat, kot vodni ali zračni filter, v farmaciji itd. (Perlite Institute, 2009b).

### Fizikalne lastnosti perlita

Perlit je skupek majhnih, lahkih, izolacijskih steklenih mehurčkov. Prostori med njimi in počeni mehurčki skrbijo za površino za kapaciteto za zadrževanje vode in zraka (Perlite Institute, 2009a; preglednica 4).

Preglednica 4: Primer fizikalnih lastnosti perlita velikosti 1-8 mm (Bos in sod., 2003)

| Fizikalne lastnosti         | Vrednost |
|-----------------------------|----------|
| Gostota ( $\text{kg/m}^3$ ) | 142      |
| Krčenje (Vol %)             | 0        |
| Pore (vol %)                | 95       |
| Lahko dostopna voda (vol %) | 9        |

### Kemične lastnosti perlita

Perlit je inertna snov. Ne vsebuje hranil, nima vonja. pH vrednost je med 6,5 in 7,5. Ima nizko elektroprevodnost ( $0,1 \text{ mS/cm}$ ) (Bos in sod., 2003).

Ker je perlit obdelan z visokimi temperaturami, se lahko predpostavlja, da ne vsebuje nobenih patogenih organizmov, kot so virusi, glive in bakterije. Seveda pa je vseeno pomembno, pod kakšnimi razmerami je hranjen in transportiran, da se ne okuži takrat (Bos in sod., 2003; preglednica 5).

Preglednica 5: Mešanica bele šote in perlita velikosti 1-8 mm (Bos in sod., 2003)

| Lastnost                         | Vrednost |      |      |      |       |
|----------------------------------|----------|------|------|------|-------|
| Količina perlita                 | 0 %      | 25 % | 50 % | 75 % | 100 % |
| Gostota ( $\text{kg/m}^3$ )      | 102      | 112  | 131  | 177  | 142   |
| Krčenje (Vol %)                  | 26       | 17   | ---  | ---  | ---   |
| Pore (vol %)                     | 94       | 94   | 94   | 94   | 95    |
| Količina vode na -10 cm (vol %)  | 84       | 74   | 60   | 47   | 34    |
| Količina zraka na -10 cm (vol %) | 10       | 18   | 32   | 45   | 61    |
| Lahko dostopna voda (vol %)      | 36       | 36   | 23   | 16   | 9     |

Perlit se substratom dodaja zaradi povečanja zračnosti substrata in za izboljšanje absorpcije vode. Zelo je uporaben za drenažo (Bos in sod., 2003).

#### 2.2.2.4 Šota

Odmrli rastlinski deli se v aerobnih razmerah popolnoma razgradijo in iz njih nastane humus. Ko proces razgradnje poteka v anaerobnih razmerah, se ta material ne more popolnoma razgraditi in se spremeni v šoto. V idealnih razmerah na leto nastane v šotiščih približno 1 cm šote. Ko se šota sesede, je ostane 1 mm. To pomeni, da mora za 1 m debelo plast šote preteči vsaj 1000 let (Bos in sod., 2003).

#### Sphagnum šota

Glede nastanka je mlada snov, svetle barve in najmanj razgrajena šota. Ima veliko sposobnost vpijanja vode, saj je lahko zadrži do 9-kratno količino svoje mase (9 g/g). Pridobivajo jo na Norveškem, Švedskem, Finskem, v Estoniji, Latviji, Litvi in Kanadi (Bos in sod., 2003).

#### Bela šota

Predstavlja zgornjo plast šotnega kupa. V primerjavi s Sphagnum šoto je temnejša, ker je malo bolj razgrajena. Zadrži lahko manj vode, to je do 7 g/g. Pridobivajo jo v Nemčiji, na Poljskem in na Irskem (Bos in sod., 2003).

#### Prehodna šota (transitional peat)

Se nahaja pod belo šoto. Je še bolj razgrajena kot bela in je temnejše barve. Zadrži še manj vode, 6 g/g (Bos in sod., 2003).

#### Zamrznjena črna šota

Se nahaja pod plastjo prehodne šote, ali če te ni pod plastjo bele. Je najbolj temna in najbolj razgrajena. Črna šota lahko zadrži samo 1 g/g vode. Da bi to kapaciteto izboljšali, so odkrili, da če jo zamrznejo, ta lahko zadrži precej več vode, tudi do 5 g/g. Bolj globoko, kot je šota zamrznjena, več vode lahko zadrži. Zamrznjeno črno šoto pridobivajo izključno v Nemčiji (Bos in sod., 2003).

#### Črna šota

Jo pridobivajo na dnu šotnega kupa. V bistvu je to nezadostno zamrznjena črna šota. Se bolj skrči kot zmrznjena črna šota in zadrži malo vode, 3,5 g/g (Bos in sod., 2003).

### 2.3 PAMPAŠKA TRAVA (*CORTADERIA SELLOANA* ASCH. & GRAEBN.)

Pampaška trava (*Cortaderia selloana* Asch. & Graebn.) spada v rod *Cortaderia*.

#### 2.3.1 *Cortaderia*

Večina od 24 vrst izvira iz Južne Amerike, 4 izmed njih iz Nove Zelandije in ena iz Nove Gvineje.

So velike trave s šopasto rastjo, ki jeseni naredijo velika in visoka pahljačasta socvetja, ki že od daleč vlečejo poglede. So vednozeleni ali delno vednozeleni trave z ozkimi in povečini z modrikasto sivimi listi. Le ti so nazobčani in izredno ostri. Cvetovi pampaške trave so pahljačaste oblike in različnih barv, od bele do kremaste ali celo rožnate. Zrastejo na visokih, čvrstih steblih, kar nekaj centimetrov nad šopom listov (Rice, 2006).

Rastline so lahko ženskega spola, te imajo bel sterilen pelod in socvetje z dolgimi svilnatimi laski, ali pa so dvospolne in imajo rumen in fertilni pelod (Rice, 2006).

Pampaška trava je zaradi svojih velikih in lepih cvetov popularna okrasna trava. Če želimo, da zažari v vsej svoji lepoti in res pride do izraza, je najbolje, da jo posadimo nekam na samo. Zraste namreč lahko tudi do 3,5 m v višino, odvisno sicer od vrste in sorte (Rice, 2006).

Večini vrst ustrezajo rastišča ob vodi in bodo tolerirale tudi zimski dež. Poletna suša povzroča nekaterim vrstam precej preglavic, sploh tistim iz Nove Zelandije. Vrsta *Cortaderia selloana* Asch. & Graebn. je proti ostalim vrstam za poletno sušo precej bolj odporna, ne ustreza pa ji zimska vlaga. Če bo posajena v težko, nepropustno zemljo, bo najverjetneje propadla. Zato je najbolje, da jo sadimo v odcedno zemljo in jo prvih nekaj let pozimi pri tleh zaščitimo (Rice, 2006).

Razmnožujemo jo spomladi z delitvijo. Pampaško travo lahko gojimo tudi iz semena, ki ga sejemo poleti, vendar je ta način razmnoževanja v praksi zelo redek (Rice, 2006).

### **2.3.2 *Cortaderia selloana* Asch. & Graebn. syn. *Cortaderia argentea*.**

Vrsta ima zelo veliko različnih sort, ampak vedno impozantna rastlina. Ima velika socvetja, ki cvetijo jeseni. Lahko so velika od 30 cm do 1 m. Ženska socvetja so po navadi pokončnejša in bela in razvijejo cvetove daleč med listje v globino po steblo. Dvospolna socvetja imajo bolj rjave ali celo roza odtenke. Pri nekaterih rastlinah cvetovi zdržijo dolgo, še v pomlad, pri nekaterih pa se polomijo že jeseni. *Cortaderia selloana* Asch. & Graebn. najbolje raste v vlažnem, odporna je tudi na sušo, saj požene korenine globoko v zemljo (Rice, 2006).

Izvira iz Argentine, Brazilije in Čila. V višino zraste od 1,2 do 3,6 m. Poznamo več različnih sort vrste *Cortaderia selloana* Asch. & Graebn.:

- 'Pumila': kompaktna, pokončna, zanesljivo žensko cvetoča sorta. Je zgodnja sorta, saj cveti konec poletja ali v začetku jeseni. Zraste do 1,2 m.
- 'Pink Feather': visoka, živahna sorta. Cveti roza in zraste do 3,6 m visoko.
- 'Albolineata': ima liste belo obrobljene, ki zrastejo do 1 m. Cveti belo, s pokončnimi socvetji (Rice, 2006).

*Cortaderia selloana* Asch. & Graebn. se zelo intenzivno razmnožuje, zato je v bolj vročih predelih, kjer težav s prezimitvijo rastlin, npr. v Kaliforniji in na Havajih obravnavana kot invaziven plevel. Ponekod, npr. na Novi Zelandiji ali v Južni Afriki je celo prepovedano gojenje in prodaja rastlin te vrste (Pampas ..., 2016).



V Sloveniji je pampaška trava za prodajo zanimiva okrasna rastlina. Njeno prezimovanje je sicer zaradi zimske vlage v tleh, ki je ne mara, otežkočeno, ampak, če jo ob sajenju posadimo v odcedna tla in jo prvih nekaj zim zaščitimo, da se lahko potem v naslednji sezoni dobro ukorenini, naprej ne bo problemov. Na Primorskem pa s prezimovanjem sploh ni težav. V bolj toplih predelih ali ob milih zimah je pampaška trava zimzelena rastlina, kadar pa so zime bolj ostre pa ji listi odmrejo. Te odmrle liste je potrebno porezati in spomladi bo ponovno lepo odgnala (Golob-Klančič ..., 2016).



Slika 5: Pampaška trava (*Cortaderia selloana* Asch. & Graebn.) v prostoru (Pampas ..., 2016)

## 2.4 ZAKONSKE OMEJITVE UPORABE BLATA ČISTILNE NAPRAVE

### 2.4.1 Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (Ur. l. RS, št. 62/08)

Ta uredba določa ukrepe in ravnanje z blatom iz komunalnih čistilnih naprav, če se uporablja kot gnojilo v kmetijstvu, prepovedi in omejitve v zvezi s tako uporabo ter obveznost poročanja Evropski komisiji.

Uporaba blata v kmetijstvu je s to uredbo omejena glede na mejne vrednosti koncentracij težkih kovin v tleh, v ali na katera se vnaša obdelano blato, mejne vrednosti koncentracije težkih kovin v obdelanem blatu ter mejne vrednosti letnega vnosa težkih kovin.

Če koncentracija ene ali več težkih kovin presega mejne vrednosti, je njegova uporaba prepovedana.

Uredba prepoveduje uporabo neobdelanega blata in določa pod kakšnimi pogoji mora biti blato obdelano za uporabo v kmetijstvu. Za obdelano se blato šteje, če je biološko, kemično ali toplotno obdelano, dolgoročno skladiščeno ali kako drugače obdelano, tako da se bistveno zmanjša sposobnost vrenja in nevarnost za zdravje ljudi zaradi njegove uporabe.

Po tej uredbi se blata, čeprav obdelanega, pod nobenim pogojem ne sme uporabljati:

- na travinju ali pri pridelavi krmnih rastlin, če je čas med uporabo obdelanega blata in spravilom krmnih rastlin ali začetkom paše krajši od 21 dni;
- na tleh, kjer rastejo sadje in zelenjava, z izjemo sadnih dreves;
- na površinah, namenjenih za pridelavo sadja ali zelenjave, ki je običajno v neposrednem stiku s tlemi in se običajno uživa surova, za obdobje 10 mesecev pred spravilom pridelka in med njim.

Uredba določa tudi mejne vrednosti za vsebnosti različnih snovi (preglednica 6 – 8).

Preglednica 6: Mejne vrednosti za koncentracije težkih kovin v tleh (Uredba o uporabi ..., 2008)

| Mejne vrednosti za koncentracije težkih kovin v tleh |                        |
|------------------------------------------------------|------------------------|
| Parameter                                            | Tla (mg/kg suhe snovi) |
| Kadmij in njegove spojine, izražene kot Cd           | 1                      |
| Krom in njegove spojine, izražene kot celotni Cr     | 100                    |
| Baker in njegove spojine, izražene kot Cu            | 60                     |
| Živo srebro in njegove spojine, izražene kot Hg      | 0,8                    |
| Nikelj in njegove spojine, izražene kot Ni           | 50                     |
| Svinec in njegove spojine, izražene kot Pb           | 85                     |
| Cink in njegove spojine, izražene kot Zn             | 200                    |

Preglednica 7: Mejne vrednosti za koncentracije težkih kovin v blatu, ki se uporablja v kmetijstvu (Uredba o uporabi ..., 2008)

| Mejne vrednosti za koncentracije težkih kovin v blatu, ki se uporablja v kmetijstvu |                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Parameter                                                                           | Obdelano blato (mg/kg SS) |
| Kadmij in njegove spojine, izražene kot Cd                                          | 1,5                       |
| Krom in njegove spojine, izražene kot celotni Cr                                    | 200                       |
| Baker in njegove spojine, izražene kot Cu                                           | 300                       |
| Živo srebro in njegove spojine, izražene kot Hg                                     | 1,5                       |
| Nikelj in njegove spojine, izražene kot Ni                                          | 75                        |
| Svinec in njegove spojine, izražene kot Pb                                          | 250                       |
| Cink in njegove spojine, izražene kot Zn                                            | 1200                      |

Preglednica 8: Mejne vrednosti za količine težkih kovin, ki se smejo na podlagi 10-letnega povprečja letno vnesti v kmetijska zemljišča (Uredba o uporabi ..., 2008)

| Mejne vrednosti za količine težkih kovin, ki se smejo na podlagi 10-letnega povprečja letno vnesti v kmetijska zemljišča |                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Parameter                                                                                                                | Mejna vrednost letnega vnosa (kg/ha) |
| Kadmij in njegove spojine, izražene kot Cd                                                                               | 0,015                                |
| Krom in njegove spojine, izražene kot celotni Cr                                                                         | 2                                    |
| Baker in njegove spojine, izražene kot Cu                                                                                | 3                                    |
| Živo srebro in njegove spojine, izražene kot Hg                                                                          | 0,015                                |
| Nikelj in njegove spojine, izražene kot Ni                                                                               | 0,75                                 |
| Svinec in njegove spojine, izražene kot Pb                                                                               | 2,5                                  |
| Cink in njegove spojine, izražene kot Zn                                                                                 | 12                                   |

#### **2.4.2 Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla (Ur. l. RS, št. 84/05)**

Ta uredba obsega pet različnih uredb:

- Uredbo o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla (Ur. l. RS, št. 84/05)
- Uredbo o obdelavi biološko razgradljivih odpadkov (Ur. l. RS, št. 62/08),
- Uredbo o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu (Ur. l. RS, št. 62/08),
- Uredbo o varstvu voda pred onesnaževanjem z nitrati iz kmetijskih virov (Ur. l. RS, št. 113/09),
- Uredbo o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata (Ur. l. RS, št 99/13).

Opisuje kdaj in kje je dovoljen vnos komposta z neomejeno rabo na zemljišče; kdaj je dovoljen vnos blata, komposta z omejeno uporabo, komposta za nekmetijsko uporabo ali mulja v tla; pod kakšnimi pogoji ministrstvo, pristojno za varstvo okolja, izda dovoljenje za vnos blata ali komposta z omejeno uporabo na kmetijskem zemljišču; pod kakšnimi pogoji ministrstvo, pristojno za varstvo okolja, izda dovoljenje za vnos blata, mulja ali komposta za nekmetijsko uporabo na zemljišču, ki ni namenjeno pridelavi kmetijskih rastlin; kako se določi največja količina blata, komposta ali mulja, ki se sme vnesti v tla v enem letu.

Priloga v Uredbi o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla, ki je določala mejne vrednosti vnosa nevarnih snovi v tla, je prenehala veljati z Uredbo o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata.

### **2.4.3 Uredba o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata (Ur. l. RS, št. 99/13)**

Ta uredba določa pravila ravnanja in druge pogoje v zvezi s predelavo biološko razgradljivih odpadkov in uporabo komposta ali digestata ter dajanje komposta ali digestata v promet.

Uredba vsebuje prilogo, na podlagi katere predelovalec biološko razgradljivih odpadkov s pomočjo poročila o nadzoru kakovosti razvrsti kompost ali digestat v 1. ali 2. kakovostni razred. Če je bil kompost ali digestat proizveden iz biološko razgradljivih odpadkov, ki so navedeni v prilogi te uredbe in če je razvrščen v 1. kakovostni razred, mu preneha status odpadka in postane proizvod. V primeru, da kompost ali digestat ni primeren ne za 1. in ne za 2. kakovostni razred, je njegova uporaba prepovedana.

V uredbi so navedena dovoljenja in prepovedi glede uporabe za oba razreda komposta ali digestata.

Za pripravo substrata je dovoljena samo uporaba komposta ali digestata, ki je proizvod. Njegov delež pa ne sme presegati 40 volumskih odstotkov končnega substrata.

Preglednica 9: Mejne vrednosti vnosa nevarnih snovi v tla v dveh letih (Uredba o predelavi ..., 2013)

| Nevarna snov                                    | [g/ha] v dveh letih |
|-------------------------------------------------|---------------------|
| Kadmij in njegove spojine, izražene kot Cd      | 10                  |
| Baker in njegove spojine, izražene kot Cu       | 700                 |
| Nikelj in njegove spojine, izražene kot Ni      | 400                 |
| Svinec in njegove spojine, izražene kot Pb      | 600                 |
| Cink in njegove spojine, izražene kot Zn        | 3000                |
| Živo srebro in njegove spojine, izražene kot Hg | 10                  |
| Celotni krom                                    | 600                 |

### 3 MATERIALI IN METODE

Poskusi so potekali na Biotehniški fakulteti v Ljubljani. Kalilni testi so bili izvedeni v laboratoriju Katedre za pedologijo, lončni poskus pa v rastlinjaku.

Da bi poiskali najboljše mešanice za substrat in preizkusili kako bodo rastline reagirale, smo najprej izvedli kalilni test z vrtno krešo.

Za sestavine za izdelavo substrata smo izbrali dehidrirano blato KČN Domžale-Kamnik, borovo lubje, perlit in belo šoto. Za kontrolni substrat smo izbrali Klasmann Tonsubstrat.

Blato je bilo biološko obdelano, saj na KČN Domžale-Kamnik prestane proces aerobnega biološkega čiščenja s pomočjo aktivnega blata, za njim pa še anaerobnega biološkega čiščenja, kjer 40 dni gnije v gnilišču pri 40 °C.



Slika 6: Blato v mešanici z lubjem in perlitom

Lubje smo substratu dodali za zračnost. Borovega smo izbrali, ker spada med mehka lubja, katera se počasneje razkrajajo in s tem povzročajo manjše pomanjkanje N v substratu. Zaradi uporabljenega blata, bi substrat znal imeti neprijeten vonj, zato je borovo lubje s svojim prijetnim vonjem tudi zaradi tega dobrodošlo.





Slika 7: Borovo lubje

Perlit je služil kot strukturni dodatek.



Slika 8: Perlit

Belo šoto smo dodali kot strukturni dodatek za zračnost in ionski izmenjevalec.

Za kontrolni substrat smo uporabili 'Tonsubstrat' (Klasmann). Je popularen univerzalni substrat za nadaljnje gojenje rastlin v loncih. Vsebuje 50 % zamrznjene črne šote, 25 % bele šote z grobo strukturo, 25 % bele šote s fino strukturo in glinena zrnca (40 g/m<sup>3</sup>). Sam po sebi že vsebuje 1,5 g/L gnojila, vendar proizvajalec nima objavljenih podatkov kakšnega. Vrednost pH je 5,5. Vsebuje 210 mg N/L, 150 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/L in 270 mg K<sub>2</sub>O/L (BayWa ..., 2012).



Slika 9: Klasmann Tonsubstrat

Po izbranih sestavinah smo določili mešanice substratov z različno visoko vsebnostjo blata, saj smo želeli določiti količine blata, ki imajo na rastlino bodisi pozitiven bodisi negativen vpliv. Substrate smo se odločili najprej preizkusiti na vrtni kreši, saj hitro kali in se hitro odziva na kakovost substrata.

### 3.1 PRVI KALILNI TEST

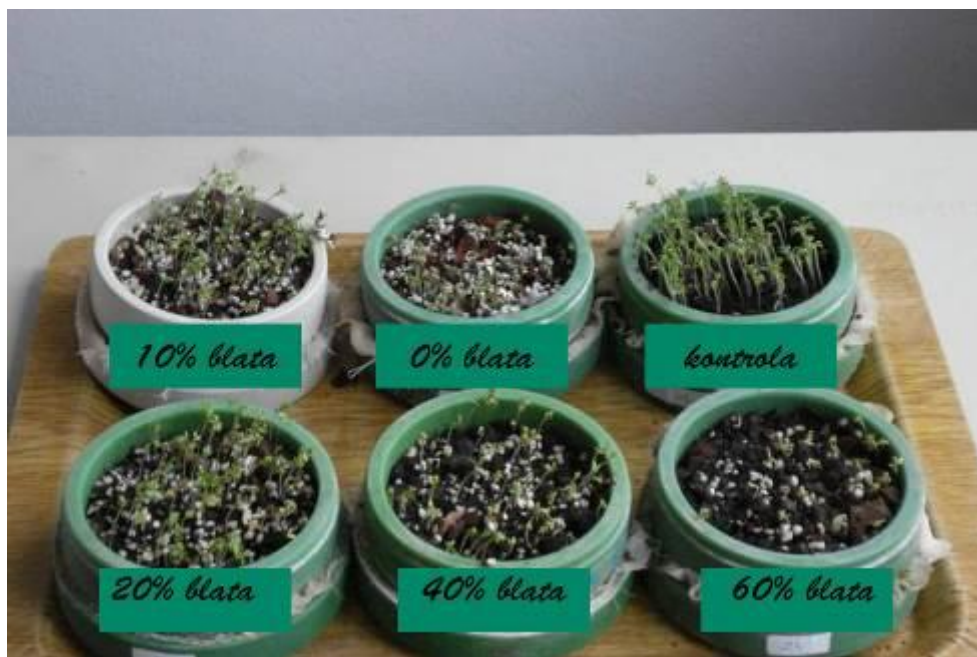
Za 1. kalilni test smo določili 5 različnih mešanic substrata in kontrolo. Za kontrolo smo izbrali substrat 'Tonsubstrat' (Klasmann). V mešanicah nas je zanimal odziv kreše na delež blata v substratu. V ta namen smo določili mešanice, ki so vsebovale vedno večji delež blata, temu primerno manjši delež perlita in svetle šote, delež lubja pa je ostajal enak v vseh primerih.

Preglednica 10: Volumenski % vsebnosti posameznih sestavin v substratu za 1. kalilni test

| Ime substrata | Blato (B) (%) | Lubje (%) | Perlit (%) | Šota (%) |
|---------------|---------------|-----------|------------|----------|
| 0 % B         | 0             | 20        | 40         | 40       |
| 10 % B        | 10            | 20        | 35         | 35       |
| 20 % B        | 20            | 20        | 30         | 30       |
| 40 % B        | 40            | 20        | 20         | 20       |
| 60 % B        | 60            | 20        | 10         | 10       |

Substrate smo pripravili v večji količini, vsakega v svojo vrečo. Pred začetkom kalilnega testa smo iz vsake vreče vzeli povprečni vzorec, iz katerega smo naredili vodno ekstrakcijo ter izmerili pH in elektoprevodnost.

15. 01. 2008 smo pripravili prvi kalilni test. Vsaka mešanica substrata je bila ponovljena v 4 lončkih. V vsak 2,5 dcl lonček smo posejali 30 g semena vrtna kreše. Nato smo jih zalili s po 50 ml deionizirane vode (le to smo uporabili zato, da v substrat ne bi dodali primesi, ki bi lahko zavirale kalitev in rast kreše. Naslednji dan smo zalivanje ponovili z isto količino deionizirane vode (sliki 10 in 11).



Slika 10: 6 dni po setvi, 22. 01. 2008



Slika 11: Napad plesni in stanjšano steblo rastline pri substratu s 40 % blata



Pri nekaterih kalčkih v substratih z blatom smo opazili, da se je pojavila plesen, ki je napadla koreninski vrat in spodnji del stebelca mladih rastlinic kreše (bolezen 'padavica sadik').

Test smo končali po 18 dneh, 01. 02. 2008. Rastline smo porezali in stehali svežo maso.

### 3.2 DRUGI KALILNI TEST

Po rezultatih prvega kalilnega testa smo ugotovili, da je količina blata pomemben dejavnik, ki močno vpliva na razlike med rastlinami v različnih substratih. Zato smo se odločili v drugem kalilnem testu uporabiti točno tiste mešanice substratov, ki jih bomo kasneje uporabili v lončnem poskusu.

Pripravili smo mešanice navedene v preglednici 11. Med njimi so bile tudi mešanice, ki smo jih določili, da jih bomo kasneje uporabili za izvajanje lončnega poskusa. Napolnili smo 21 lončkov, ki so vsebovali različne snovi (preglednica 11).

Preglednica 11: Označitev lončkov za drugi kalilni test

| Ime substrata             | Blato (B) (%) | Lubje (%) | Perlit (%) | Šota (%) |
|---------------------------|---------------|-----------|------------|----------|
| 0 % B                     | 0             | 20        | 40         | 40       |
| 10 % B                    | 10            | 20        | 35         | 35       |
| 30 % B                    | 30            | 20        | 25         | 25       |
| 50 % B                    | 50            | 20        | 15         | 15       |
| 60 % blata in grobo lubje | 60            | 20        | 10         | 10       |
| 60 % blata in fino lubje  | 60            | 20        | 10         | 10       |

Ponovno smo napolnili 2,5 dL lončke. Tokrat vsakega substrata po tri ponovitve. Po sejanju smo zalili s 50 mL deionizirane vode.

Poskus smo končali po 14 dneh, 28. 02. 2008. Takrat smo rastline tudi porezali in stehali svežo maso.

### 3.3 LONČNI POSKUS

V lončnem poskusu smo uporabili mešanice substratov, za izbiro katerih smo si pomagali z rezultati kalilnega testa.

Poskus je potekal v rastlinjaku Biotehniške fakultete od 12. 02. 2008 do 05. 08. 2008. Pripravili smo 3 različne mešanice substrata in kontrolo. Za večjo natančnost smo imeli vsake mešanice po 5 loncev, torej 20 loncev po 5 L. Vanje smo posadili Pampaško travo (*Cortaderia selloana* Asch. & Graebn.). Izbrane različne mešanice substratov (preglednica 12).

Preglednica 12: Izbrane mešanice substratov za lončni poskus

| Ime substrata | Blato (B) (%) | Lubje (%) | Perlit (%) | Šota (%) |
|---------------|---------------|-----------|------------|----------|
| 10 % B        | 10            | 20        | 20         | 50       |
| 30 % B        | 30            | 20        | 20         | 30       |
| 50 % B        | 50            | 20        | 20         | 10       |

Lonce smo napolnili z izbranim substratom, posadili sadiko pampaške trave in označili s številkami od 1 do 20. Na mizo smo jih postavili v naključni razporeditvi zaradi možnih minimalnih razlik v zunanjih vplivih na posamezen lonec. Trave smo porezali, da so vse začele rasti pri isti višini.

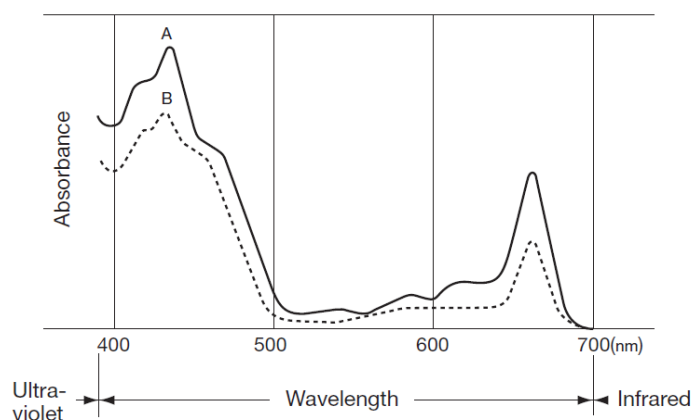


Slika 12: Trave 8 dni po presajanju, 20.2.2008

Dvakrat tekom rasti smo sadikam izmerili obarvanost listov s klorofilomerom (N-tester).

### 3.3.1 Klorofilomer

Klorofilomer je majhen prenosni merilec klorofila. Na podlagi merjenja absorbance lista na dveh valovnih dolžinah, določa relativno količino klorofila v listu. Klorofil ima dva vrha absorbance. Enega v modrem (400-500 nm) in enega v rdečem (600-700 nm) območju. Blizu infrardečega območja pa nima absorbance. Zato klorofilomer meri absorbanco v rdečem in blizu infrardečega območja. Na podlagi teh podatkov izračuna numerično vrednost, ki je proporcionalna količini klorofila prisotnega v listu (Konica Minolta, 2016).



Slika 13: Območja valovne dolžine absorbance klorofila v listu (Konica Minolta, 2016)

Ker je tvorba klorofila močno odvisna od prehranjenosti rastline z N, nam lahko količina klorofila, ki jo izmerimo s klorofilomerom pove, kakšno ima rastlina prehranjenost z N. Če klorofilomer ni umerjen na točno določeno polje, hibrid in okolje nam meritve ne morejo pomeniti veliko, saj je tvorba klorofila odvisna tudi od drugih dejavnikov, kot na primer genetski potencial hibrida, osvetlitev, količina vode v tleh in temperatura, vsebnost Mg, Fe, S itd. (Mihelič in sod., 2010).

Na zadnji dan lončnega poskusa smo trave porezali, jim izmerili dolžino in stehali zeleno maso.

### 3.4 DELO V LABORATORIJU

#### 3.4.1 Priprava vzorcev rastnega substrata

Vzorec vsakega substrata smo spravili v svojo papirnato vrečko. Te smo nato postavili v sušilno komoro in jih 24 ur sušili pri 40 °C. Po sušenju smo vzorce zmleli v mlinu in jih presejali na situ z 2 mm odprtinami. Vsak tako pripravljen vzorec smo stresli v škatlice s svojo laboratorijsko številko. Te vzorce smo kasneje uporabljali za izvajanje laboratorijskih analiz.

#### 3.4.2 Meritev elektroprevodnosti in pH

Elektroprevodnost in pH smo merili v vodnem ekstraktu. V ta namen smo v centrifugirko zatehtali 5 g vzorca substrata in prelili s 50 ml deionizirane vode. Centrifugirke smo nato postavili za 3 ure na stresalnik. Po končanem stresanju smo jih prefiltrirali čez filter papir v epruvete. V tako pripravljenih vzorcih smo lahko izmerili elektroprevodnost (SIST ISO 11265) in pH (SIST ISO 10390).

### 3.4.3 Meritev K in P v substratih

V majhne keramične posodice smo zatehtali po 1 g vsakega vzorca in en 0,5 g težek kontrolni vzorec. Posodice smo postavili na električne špirale za 20 minut, po 5 minut na enkrat. Ko se je vzorec upepelil, smo posodice prestavili na leseno držalo. Vzorce smo nato v keramičnih posodicah za čez noč prestavili v peč na 550 °C. Ko smo jih vzeli ven, smo jih prelili z 2 ml deionizirane vode in 3 ml HCl (1:1). Nato smo jih dali na peščeno kopel, da so se posušili do suhega. Vzorce v keramičnih posodicah smo nato prelili s 5 ml HNO<sub>3</sub> (1:1) in dali za 5 min na pesek. Tako pripravljene vzorce smo prelili v bučke in prelili v deionizirano vodo do 50 ml. Vzorce smo na koncu prefiltrirali s pomočjo filter papirja. V tako pripravljenih vzorcih smo lahko izmerili koncentracijo P in K. Koncentracijo P smo izmerili s pomočjo pretočnega spektrofotometra, koncentracijo K pa s pomočjo plamenske fotometrije (ÖNORM L 1087).

### 3.4.4 Meritev NH<sub>4</sub>-N in NO<sub>3</sub>-N v substratih

Za pripravo vzorcev smo zatehtali 3 g tal in jih prelili s 30 ml 0,01 M CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O. Vzorce smo nato za 2 uri postavili na stresalnik. Po stresanju smo jih prefiltrirali skozi brezdušični filter papir in pri tem prvih 15 ml zavrgli. V tako pripravljenih vzorcih smo lahko izmerili NO<sub>3</sub>-N, za NH<sub>4</sub>-N pa smo morali vzorce še malo dodelati. Odlili smo 5ml vzorca in vanj dodali 10 kapljic reagenta 1. Ko smo dobro pretresli, smo dodali še žličko reagenta 2 in ponovno dobro pretresli. V takih vzorcih smo lahko izmerili NH<sub>4</sub>-N (SIST ISO 1425).

Meritve NO<sub>3</sub>-N smo opravili z reflektometrom (Merckmillipore, 2016). Tega smo najprej umerili s kodnim lističem, nato pa smo preverili njegovo delovanje s standardnimi vzorci. Ko smo to uredili, smo lahko začeli z merjenjem naših vzorcev. Za vsak vzorec smo testni listič pomočili v vzorec in ga po 60 sekundah dali v reflektometer. Ta je izmeril količino mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/L in rezultat izpisal na zaslonu. Iz teh vrednosti smo lahko izračunali vrednosti NO<sub>3</sub>-N.

Za merjenje mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/L smo reflektometer umerili z drugim kodnim lističem. Nato smo za vsak naš vzorec testni listič pomočili v vzorec in ga po 8 minutah vstavili v reflektometer. Na ekranu se je izpisala vrednost mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/L, ki smo jo potem preračunali na NH<sub>4</sub>-N.

## 3.5 STATISTIČNE METODE

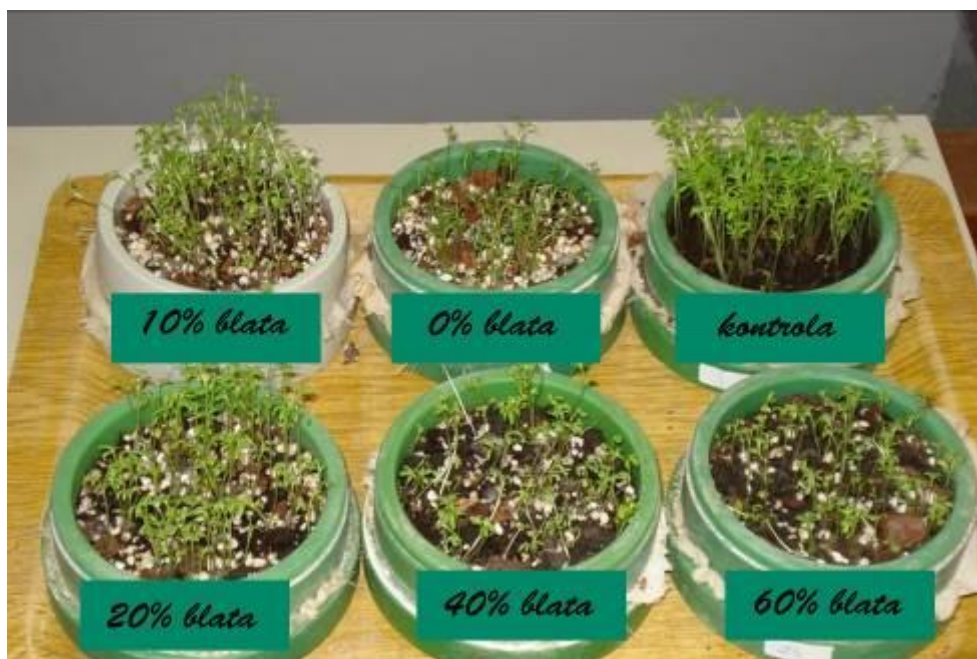
Za statistično obravnavo podatkov smo uporabili program Statgraphics, s katerim smo naredili analizo variance (ANOVA) in Duncanov test pri 95% stopnji zaupanja. Izračunali smo tudi standardno deviacijo in vrednosti prikazali v slikah. Statistično značilne razlike smo v preglednicah in slikah prikazali z različnimi črkami. Za predstavitev podatkov v grafih smo uporabili program Microsoft Excel.

## 4 REZULTATI

### 4.1 PRVI KALILNI TEST

Kreša je začela kaliti tretji dan. V tistih mešanicah, kjer je bilo več blata, je bil substrat vlažnejši in v teh loncih semena prve dni niso kalila. Ko so začela kaliti, je bila razlika z ostalimi lončki precejšnja (slika 10). Med vsemi lončki je kreša najlepše rastla v kontroli.

Po 18 dneh smo kalilni test zaključili. Rastline na ta dan so vidne na spodnji fotografiji.



Slika 14: Rastline vrtno kreše 18 dni po setvi ("dan žetve"), 01.02.2008

Končna opažanja, tik pred rezjo rastlin so podana v preglednici 13

Preglednica 13: Opažanja pri rastlinah, tik pred rezjo 1. 02. 2008

|            |                                                                                                                                                                      |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kontrola   | Rast je bila najvišja, skalila so vsa semena, zato je rast tudi najbolj gosta.<br>Plesen je skoraj neopazna, pri vseh ostalih pa je le te precej.                    |
| 0 % blata  | Malo temnejši poganjki in nižji. Skalilo jih je manj, nekaj je zakrnelih.                                                                                            |
| 10 % blata | Malo svetlejše do enake barve, kot kontrola.<br>Več rastlin, kot pri substratu z 0% blata in boljša kaljivost.                                                       |
| 20 % blata | Zelo podobno, kot pri substratu z 10% blata. Pri obeh je kakšen poganjek podel.                                                                                      |
| 40 % blata | ½ rastlin je podelih.<br>Rast v višino je taka, kot pri substratu z 10% blata.<br>Spodnji del stebela je stanjša, zato so rastline podelle. Skalila niso vsa semena. |
| 60 % blata | Skalila niso vsa semena.<br>So nižje rasti, kot pri substratu z 10% blata.<br>Nekaj je podelih, vendar manj, kot pri 40% blata.                                      |

Povsod je bilo po nekaj rastlin poleglih. Največ jih je bilo pri tistih substratih, ki so vsebovali 40 % blata, takoj za tem pa pri tistih s 60 % blata. Poleglost rastlin smo povezali z napadom plesni, ki se je pojavila na spodnjem delu stebela. To se je na tem mestu zoožalo in rastline so izgubile oporo in polegale.

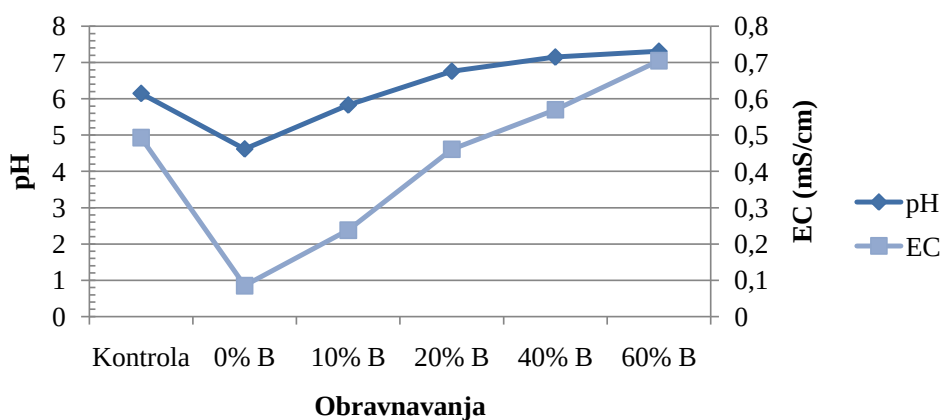
Že na oko je bila vidna razlika med substrati v količini sveže mase (slika 14). To smo potrdili tudi s tehtanjem sveže mase ob končanem poskusu (preglednica 13). Največji prirast je imela kontrola, ki je močno odstopala od drugih mešanic substrata. Najslabše je kreša rastla v substratih s 40 % in 60 % blata.

Sveža masa kreše je bila statistično značilno največja pri kontroli (3,05 g/lonček), najmanjša pa pri substratu s 40 % blata (1,77 g/lonček) in 60 % blata (0,82 g/lonček). Med substratoma s 40 % blata in 60 % blata ni bilo statično značilnih razlik v vsebnosti sveže mase kreše. Prav tako ni bilo razlik v sveži masi kreše med substratoma z 10 % blata in 20 % blata. Substrata z 10 % blata in 20 % blata sta se statistično značilno razlikovala v vsebnosti sveže mase kreše v primerjavi z rastlinami pri kontroli, pri 0 % blata, 40 % blata in 60 % blata. Substrata s 40 % in 60 % blata sta se statistično značilno razlikovala v vsebnosti sveže mase kreše od kontrole, substratom z 0 % blata in substratoma z 10 % in 20 % blata. Substrat z 0 % blata se je statistično značilno razlikoval v vsebnosti sveže mase kreše od rastlin v kontroli, v substratu z 10 % in 20 % blata, ter v substratih s 40 % in 60 % blata. Kontrola se je statično značilno razlikovala od substrata z 0% blata, substratoma z 10 % in 20 % blata, ter substratoma s 40 % in 60 % blata (preglednica 13).

Preglednica 14: Sveža masa vrtna kreše v 1. kalilnem testu

|                                        | 1.lonček<br>(g) | 2.lonček<br>(g) | 3.lonček<br>(g) | 4.lonček<br>(g) | Povprečje<br>(g) | Duncanov<br>test $\alpha=0,05$ |
|----------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|--------------------------------|
| Kontrola<br>(Klasmann:<br>Tonsubstrat) | 3,25            | 2,95            | 3,24            | 2,77            | 3,05             | D                              |
| 0 % B                                  | 1,17            | 1,27            | 1,08            | 0,96            | 1,12             | B                              |
| 10 % B                                 | 1,83            | 1,71            | 1,76            | 1,71            | 1,75             | C                              |
| 20 % B                                 | 1,61            | 1,69            | 1,57            | 1,53            | 1,60             | C                              |
| 40 % B                                 | 0,93            | 0,72            | 0,90            | 0,52            | 0,77             | A                              |
| 60 % B                                 | 0,79            | 0,75            | 0,92            | 0,80            | 0,82             | A                              |

Meritve pH in elektroprevodnosti so pokazale, da z vsebnostjo blata naraščata tako pH, kot tudi elektroprevodnost (slika 15).



Slika 15: pH in elektroprevodnost v substratih pri 1. kalilnem testu

## 4.2 DRUGI KALILNI TEST

Po 4 dneh od začetka poskusa, smo opazovali spremembe pri rasti kreše. Opažanja so navedena v preglednici 15.

Preglednica 15: Opazovane spremembe pri rasti kreše v drugem kalilnem testu

|            |                                                                    |
|------------|--------------------------------------------------------------------|
| Kontrola   | 3 cm in gosta rast                                                 |
| 0 % blata  | Odganja                                                            |
| 10 % blata | Odgnalo 1cm, nekateri poganjki še lezejo ven                       |
| 30 % blata | Malo boljše, kot pri substratu s 50% blata                         |
| 50 % blata | Odganja zelo podobno kot v substratu z 10% blata, vendar malo manj |

Po 14 dneh smo poskus zaključili, krešo postrigli in stehali svežo maso.





Slika 16: 14 dni po setvi (»dan žetve«) kreša v substratih namenjenih za lončni poskus

Po končanem drugem kalilnem testu in stehtani sveži masi kreše smo ugotovili, da ta najlepše raste v kontrolni varianti (preglednica 16). Med mešanicami, ki so vsebovale blato, je bil najlepši prirast v substratu s 30 % blata in najslabši v substratu z 0 % blata. Kljub temu, da je imel substrat s 30 % blata najbližji rezultat kontrolnemu, je bil prirast kar za skoraj 66 % manjši od kontrolnega. Prirast v substratu z 0 % blata je bil od kontrolnega manjši za dobrih 96 %.

Statistična analiza je pokazala, da se vsa obravnavanja od vseh statistično značilno razlikujejo.

Preglednica 16: Sveža masa vrtno kreše v 2. kalilnem testu

|            | 1.lonček (g) | 2.lonček (g) | 3.lonček (g) | Povprečje (g) | Duncanov test<br>$\alpha=0,05$ |
|------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------------------------|
| Kontrola   | 4,33         | 4,32         | 4,04         | 4,23          | E                              |
| 0 % blata  | 0,15         | 0,18         | 0,14         | 0,16          | A                              |
| 10 % blata | 1,10         | 1,21         | 0,89         | 1,07          | C                              |
| 30 % blata | 2,23         | 1,56         | 1,81         | 1,87          | D                              |
| 50 % blata | 0,76         | 0,75         | 0,82         | 0,78          | B                              |



### 4.3 LONČNI POSKUS

Trave smo tekom poskusa redno opazovali, če bi zaznali kakšne znake neprimerne količine hranil (slika 17).

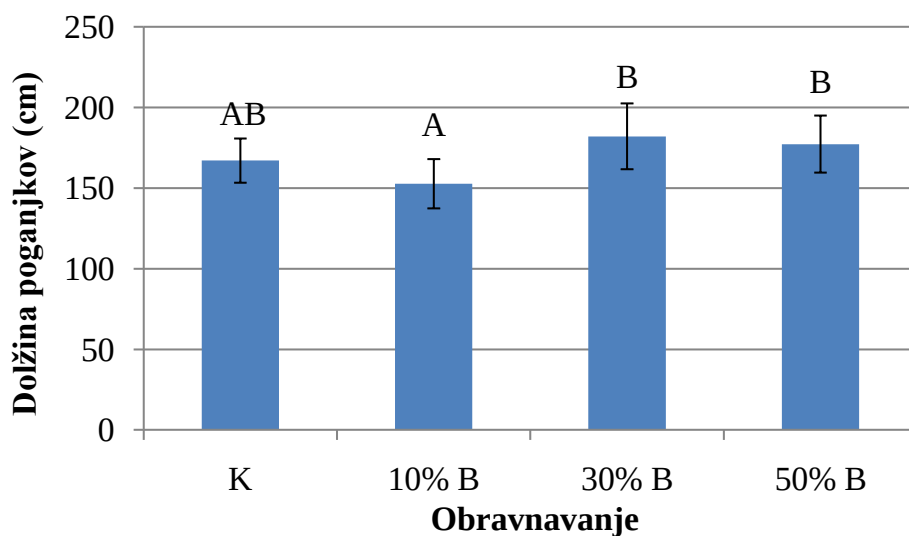


Slika 17: Rastline pampaške trave dne 14. 6. 2008

#### 4.3.1 Dolžina in masa trav

Na zadnji dan poskusa, 05. 08. 2008 smo trave izmerili, jih porezali in stehtali svežo maso. Rezultati so vidni na sliki 18.

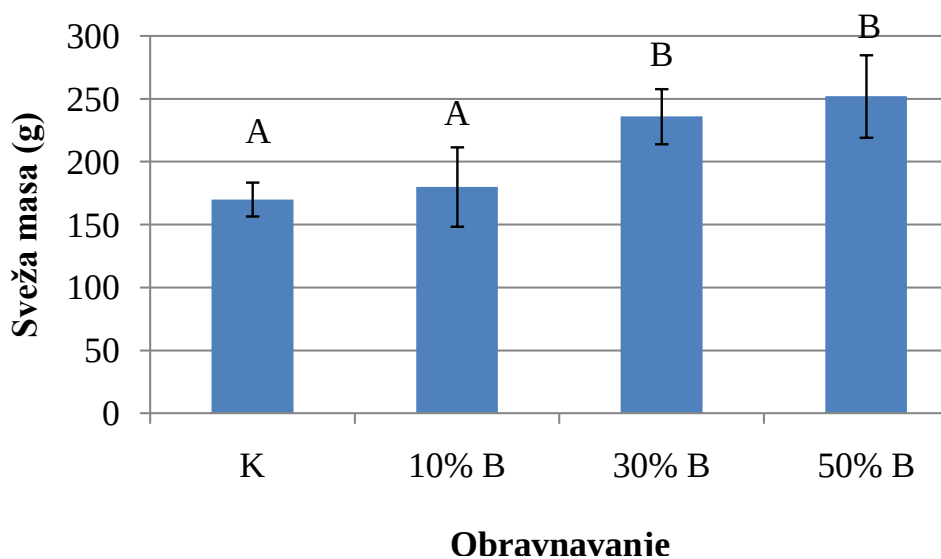
Najvišje so zrastle trave v substratu s 30 % blata in najnižje v substratu z 10 % blata. Obravnavanje z 10 % blata se statistično značilno razlikuje od obravnavanja s 50 % blata in 30 % blata, ne pa od kontrole. Kontrola, obravnavanje s 30 % blata in obravnavanje s 50 % blata se med seboj statistično značilno ne razlikujejo.



Slika 18: Povprečna dolžina poganjkov rastlin pampaške trave za vsa obravnavanja na zadnji dan poskusa, 05. 08. 2008

Največjo maso je imelo listje trav, ki so zrasle v substratu s 50 % blata, najmanjšo pa tistih trav, ki so rastle v kontroli.

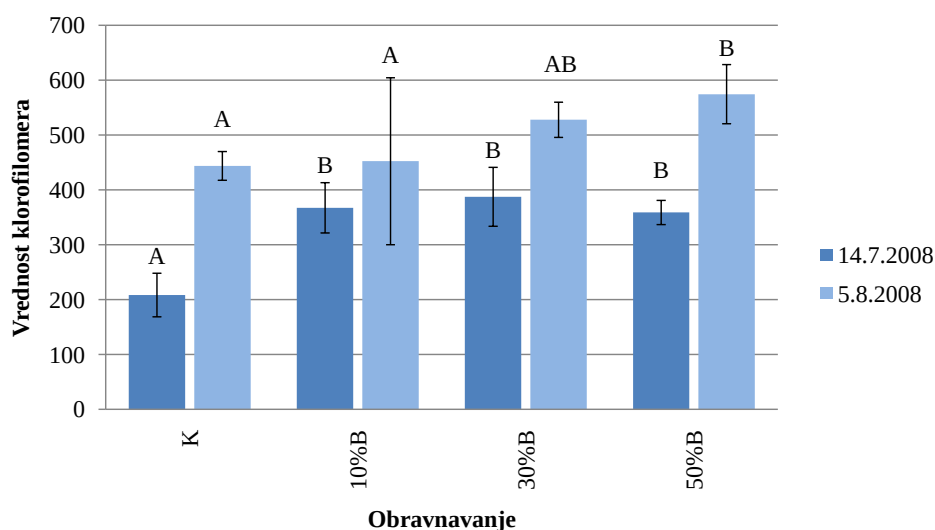
Med obravnavanji kontrole in substrata z 10 % blata ni statistično značilnih razlik, prav tako ne med substratom s 30 % blata in 50 % blata. So pa statistično značilne razlike med obema omenjenima paroma obravnavanj.



Slika 19: Povprečna sveža masa rastlin pampaške trave za vsa obravnavanja na zadnji dan poskusa, 05. 08. 2008

#### 4.3.2 Meritve s klorofilomerom

Dvakrat tekom poteka poskusa (14.7.2008 in 5.8.2008) smo travam izmerili obarvanost s klorofilomerom. Pri vseh obravnavanjih se je povprečna vrednost klorofilomera v času trajanja poskusa povečala. Če bi se opirali izključno na povprečne vrednosti meritev, je pri prvem merjenju imela najslabše rezultate kontrola, najboljše pa substrat s 30 % blata, skoraj za 86 % boljše od kontrole. Če pogledamo statistične izračune narejene z Duncanovim testom, substrati z 10 %, 30 % in 50 % med seboj nimajo statistično značilnih razlik, statistično se od njih razlikuje le kontrola, ki ima najslabše rezultate (slika 20).



Slika 20: Povprečne vrednosti meritev po obravnavanjih s klorofilomerom, 14.7.2008 in 5.8.2008

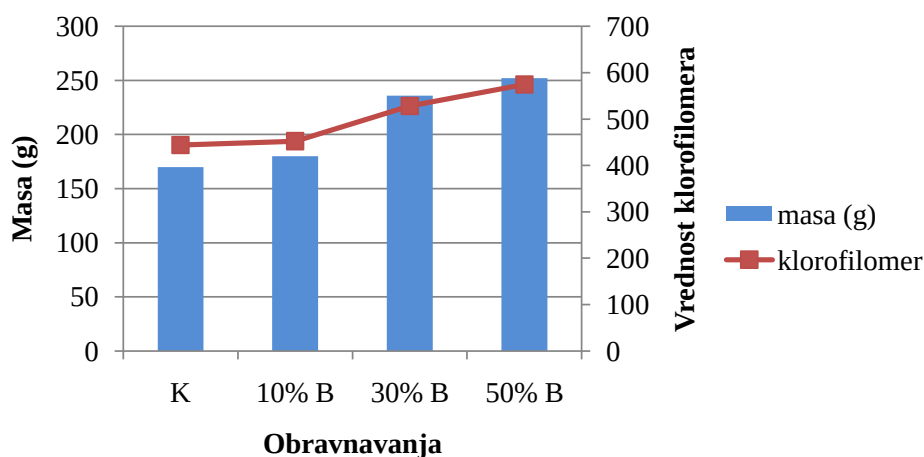
Pri drugem merjenju so, gledano po povprečnih vrednostih, najmanj klorofila vsebovale rastline, ki so rastle v kontroli, največ klorofila pa so vsebovale rastline, ki so rastle v substratu s 50 % blata, skoraj 30 % več od kontrole. Statistični izračuni kažejo, da se vrednosti pri kontrolni varianti statistično značilno razlikujejo samo od substrata s 50 % blata, ne pa tudi od ostalih substratov. Statistično značilnih razlik ni med kontrolo, obravnavanjem z 10 % blata in obravnavanjem s 30 % blata. Statistično značilne razlike pa so med kontrolo in obravnavanjem s 50% blata ter med obravnavanjem z 10 % blata in obravnavanjem s 50 % blata. Največ klorofila so tako imele rastline, ki so rastle v substratu s 50 % blata, najmanj pa tiste iz kontrole in obravnavanja z 10 % blata.

Preglednica 17: Statistično značilne razlike vsebnosti klorofila med obravnavanji

|                     | 14.7.2008       |               |                             |                      | 5.8.2008        |               |                             |                      |
|---------------------|-----------------|---------------|-----------------------------|----------------------|-----------------|---------------|-----------------------------|----------------------|
| <b>Obravnavanje</b> | <b>vrednost</b> | <b>povpr.</b> | <b>standardna deviacija</b> | <b>Duncanov test</b> | <b>vrednost</b> | <b>povpr.</b> | <b>standardna deviacija</b> | <b>Duncanov test</b> |
| K                   | 150             |               |                             |                      | 463             |               |                             |                      |
| K                   | 235             |               |                             |                      | 435             |               |                             |                      |
| K                   | 225             | 208,4         | 39,72                       | A                    | 451             | 444           | 26,21                       | A                    |
| K                   | 186             |               |                             |                      | 403             |               |                             |                      |
| K                   | 246             |               |                             |                      | 468             |               |                             |                      |
| 10 %B               | 444             |               |                             |                      | 426             |               |                             |                      |
| 10 %B               | 334             |               |                             |                      | 205             |               |                             |                      |
| 10 %B               | 331             | 367,4         | 45,69                       | B                    | 487             | 452,4         | 152,08                      | A                    |
| 10 %B               | 361             |               |                             |                      | 552             |               |                             |                      |
| 10 %B               | 367             |               |                             |                      | 592             |               |                             |                      |
| 30 %B               | 411             |               |                             |                      | 526             |               |                             |                      |
| 30 %B               | 312             |               |                             |                      | 535             |               |                             |                      |
| 30 %B               | 451             | 387,6         | 53,61                       | B                    | 529             | 528           | 32,10                       | AB                   |
| 30 %B               | 358             |               |                             |                      | 480             |               |                             |                      |
| 30 %B               | 406             |               |                             |                      | 570             |               |                             |                      |
| 50 %B               | 331             |               |                             |                      | 622             |               |                             |                      |
| 50 %B               | 360             |               |                             |                      | 505             |               |                             |                      |
| 50 %B               | 345             | 359           | 21,99                       | B                    | 585             | 574,6         | 53,84                       | B                    |
| 50 %B               | 372             |               |                             |                      | 627             |               |                             |                      |
| 50 %B               | 387             |               |                             |                      | 534             |               |                             |                      |

Povpr. - povprečje

Pri rezultatih se je pokazala povezava med vrednostmi klorofilomera in maso rastlin. Višje, kot so bile vrednosti klorofilomera, večjo maso so imele rastline. Največjo maso in vrednost klorofilomera so imele rastline v substratu s 50 % blata. Model kaže zmerno močno povezavo med vsebnostjo klorofila in maso rastlin pri 95 % stopnji zaupanja ( $R^2=39,1$ ) (slika 21).

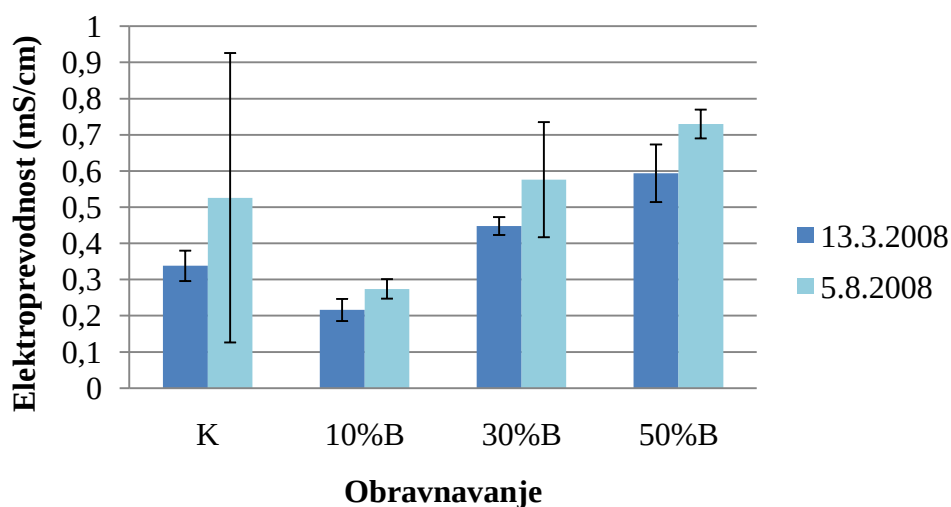


Slika 21: Povezava med vrednostmi klorofilomera in maso rastlin

### 4.3.3 pH in elektroprevodnost

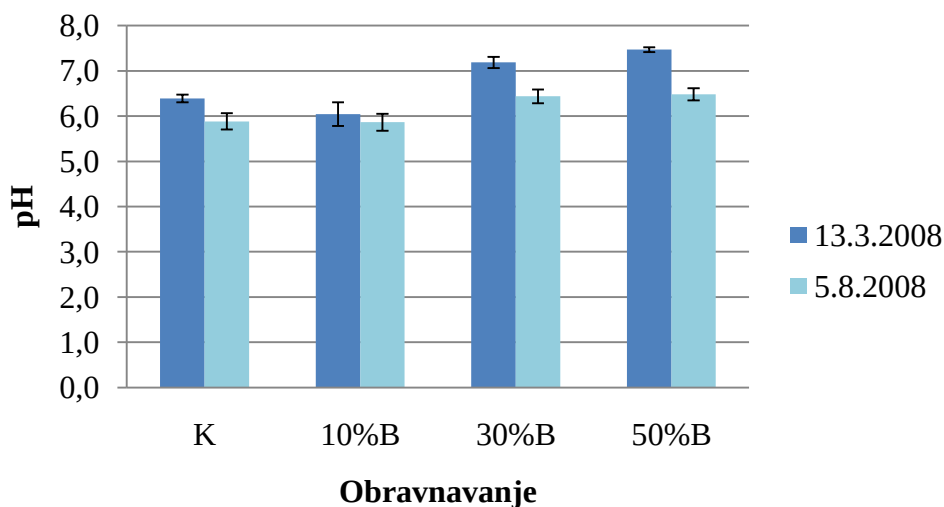
Meritve pH in elektroprevodnosti v času poskusa so pokazale, da pH in elektroprevodnost naraščata s povečano vsebnostjo blata v substratu (slika 22 slika 23).

V vseh obravnavanjih je elektroprevodnost tekom poskusa narasla. Najmanjša je bila v substratu z 10 % blata, največja pa v substratu s 50 % blata.



Slika 22: Elektroprevodnost v mešanicah substratov v lončnem poskusu

pH vrednosti so v vseh obravnavanjih v času poskusa padle, vendar v vseh obravnavanjih le za 0,1 do 1,0 enote. Največje so bile pri obravnavanju s 50 % blata in najmanjše pri obravnavanju z 10 % blata (slika 23).

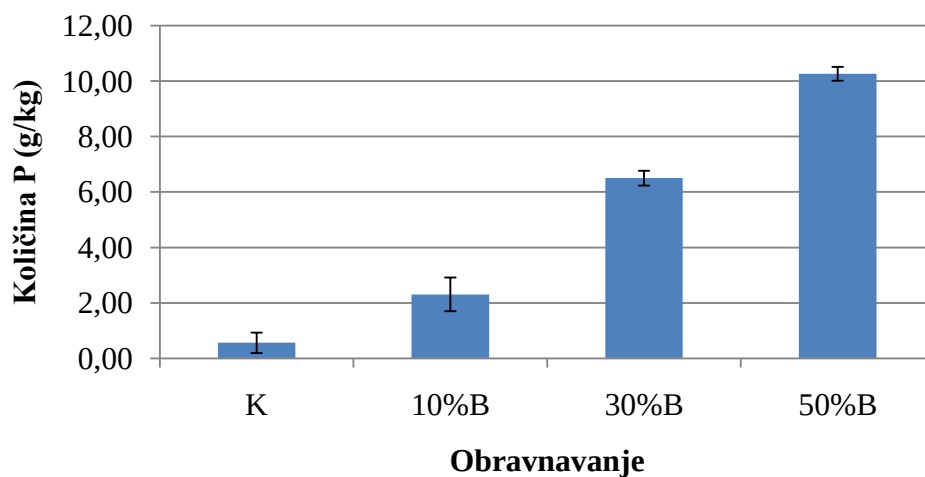


Slika 23: pH vrednosti v mešanicah substratov v lončnem poskusu

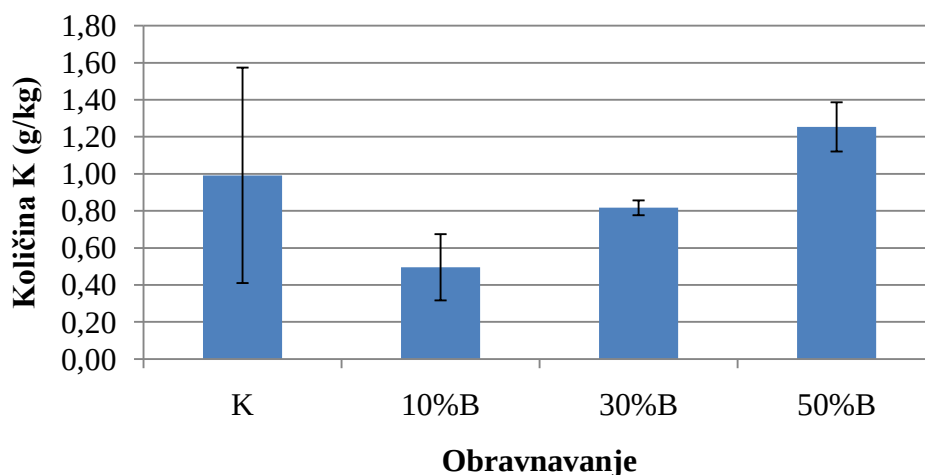
#### 4.3.4 P in K

Na zadnji dan poskusa, 05. 08. 2008, smo vzorčili substrate za analizo vsebnosti P (slika 24) in K (slika 25). Iz vsakega vzorca smo naredili tri ponovitve, katerih povprečja so prikazana na sliki 24 in sliki 25.

Tako količina P kot količina K naraščata s povečano vsebnostjo blata v substratu. Vsebnost P je najmanjša pri kontrolnem substratu, največja pa pri substratu s 50 % blata, kar 18-krat večja, kot pri kontroli (slika 24). Vsebnost K je bila najmanjša pri substratu z 10 % blata, največja pa pri substratu s 50% blata (slika 25).



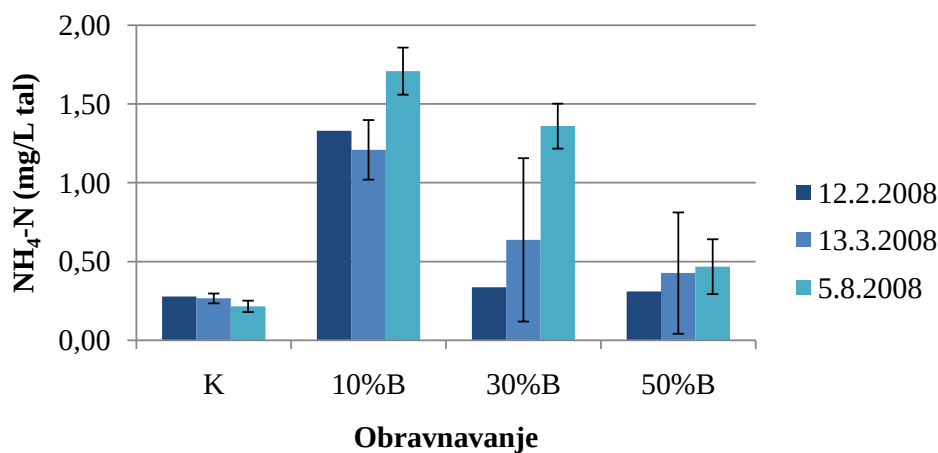
Slika 24: Povprečna vsebnost P v zračno suhih vzorcih po posameznih obravnavanjih 05. 08. 2008



Slika 25: Povprečna vsebnost K v zračno suhih vzorcih po obravnavanjih 05. 08. 2008

#### 4.3.5 NH<sub>4</sub>-N

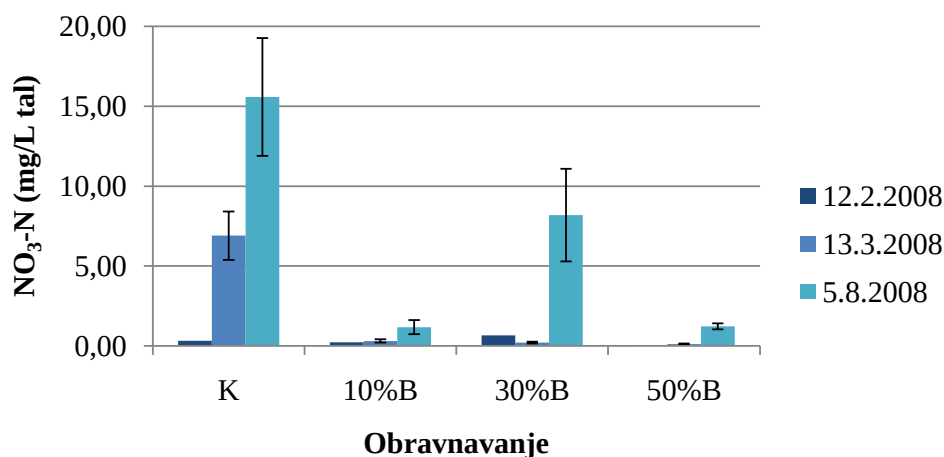
Vrednosti amonijskega dušika so se tekom poskusa od obravnavanja do obravnavanja razlikovale. Pri kontroli je vsebnost z vsakim merjenjem padala, pri obravnavanju s 30 % blata in s 50 % blata pa naraščala. Največji preskok pri varianti s 30 % blatom je bil med drugim in tretjim merjenjem, pri 50 % blatu je vrednost naraščala enakomerno. Pri obravnavanju z 10 % blata je vsebnost najprej padla, nato pa se je dvignila na podobno raven, kot je bila na začetku. Kontrola je vsebovala najmanj NH<sub>4</sub>-N, tako na začetku, kot tudi na koncu. Pri obravnavanju s 30% blata je največja razlika med vsebnostjo NH<sub>4</sub>-N na začetku in vsebnostjo na koncu poskusa, ko se je ta povečala na trikratno količino. Če primerjamo kontrolo, ki je vsebovala najmanj NH<sub>4</sub>-N in obravnavanje s 30 % blata, ki ga je na koncu vsebovala največ, lahko vidimo, da je substrat s 30 % blata na začetku vseboval polovico več NH<sub>4</sub>-N, kot kontrola, na koncu pa že kar več kot 7-krat več (slika 26).



Slika 26: Vrednosti NH<sub>4</sub>-N (mg/L tal) in standardna deviacija vseh obravnavanj pri treh merjenjih

#### 4.3.6 NO<sub>3</sub>-N

Nitratni dušik je pri kontroli vseskozi naraščal. Njegova vrednost je bila pri drugem in tretjem merjenju večja, kot pri vseh drugih obravnavanjih. Pri substratu z 10 % blata je bila njegova vrednost približno enako visoka na začetku in na koncu, vmes pa je padla. Pri obravnavanju s 30 % blata in 50 % blata je bila vrednost na začetku manj kot polovična od končne, vmes pa je padla pod obe vrednosti (slika 27).



Slika 27: Vrednosti NO<sub>3</sub>-N (mg/L tal) in standardna deviacija vseh obravnavanj pri treh merjenjih

#### 4.3.7 Razmerje med NH<sub>4</sub>-N in NO<sub>3</sub>-N

Razmerja med NH<sub>4</sub>-N in NO<sub>3</sub>-N so se tekom trajanja poskusa spreminjala (preglednica 18). V vseh obravnavanjih se je % NH<sub>4</sub>-N znižal v korist % NO<sub>3</sub>-N. V primeru kontrole za 2,33 %, v obravnavanju substrata s 30% blata pa kar za 61,02 %.

Preglednica 18: Razmerja med NH<sub>4</sub>-N in NO<sub>3</sub>-N v poskusu leta 2008

|        | NH <sub>4</sub> -N (%) | NO <sub>3</sub> -N (%) | Datum  |
|--------|------------------------|------------------------|--------|
| K      | 3,69                   | 96,31                  | 13. 3. |
|        | 1,36                   | 98,64                  | 5. 8.  |
| 10 % B | 79,88                  | 20,12                  | 13. 3. |
|        | 59,31                  | 40,69                  | 5. 8.  |
| 30 % B | 75,28                  | 24,72                  | 13. 3. |
|        | 14,26                  | 85,74                  | 5. 8.  |
| 50 % B | 80,04                  | 19,96                  | 13. 3. |
|        | 27,61                  | 72,39                  | 5. 8.  |



## 5 RAZPRAVA IN SKLEPI

### 5.1 RAZPRAVA

Uporaba odpadnega blata čistilnih naprav je zelo aktualna tema. Blata namreč proizvedemo vedno več, omejitve za uporabo ali odlaganje pa so vedno strožje. Raziskave o uporabi potekajo v več smereh, od uporabe blata na kmetijskih zemljiščih kot gnojilo, uporabe kot del rastnega substrata za gojenje okrasnih rastlin v loncih, uporabe za kurjavo, do uporabe za izboljšavo kakovosti tal in še bi lahko naštevali (Suhadolc in sod., 2008).

Na temo blata v povezavi z gojenjem pampaške trave nismo našli referenčnih virov. Je pa veliko raziskav, v katerih so preučevali vplive odpadnega blata na vrsto različnih drugih okrasnih rastlin. Pri tem so uporabljali blato kot del rastnega substrata.

Primerov, ko bi v raziskavi uporabili točno enake sestavine za substrat, kot smo jih uporabili mi, nismo zasledili. Je pa iz raziskav razvidno, da je bil glavni cilj vpliv različnih koncentracij blata na rastline in ne toliko v kakšni mešanici substrata je blato delovalo (Andre in sod., 2002; Vabrit in sod., 2007; Vecchietti in sod., 2013). Veliko raziskav poteka tudi na temo kako bi lahko blato uporabili kot nadomestek šoti, ki je vedno bolj ogrožen naravni vir (Vecchietti in sod., 2013).

V našem poskusu so najmanjše zrastle trave v substratu z 10 % blata. Ta rezultat se statistično značilno ni razlikoval od velikosti trav v kontroli. Največje so trave zrasle v substratu s 30 % blata, se pa statistično značilno niso razlikovale od kontrole in obravnavanja s 50 % blata.

Vabrit in sod. (2007) so pri poskusu z ameriškim brkačem (*Bidens ferulifolia* 'Golden Star') dokazali, da je na višino rastlin najbolj vplival substrat z 10 – 40 % blata. Večja količina (50 % blata) ni v višino presegla niti kontrolnih rastlin. Največjo širino so dosegle rastline v substratih s 30 – 40 % blata. Vabrit in sod. (2008) je tudi dokazal, da je manjša vsebnost komposta (30 %) pripomogla k večji količini cvetov, kot večje vsebnosti (50 % in 70 %).

V našem poskusu je imelo največje maso listje trav, ki so rastle v substratu s 50 % blata. Te se statistično značilno niso razlikovale od tistih, ki so rastle v substratu s 30 % blata. Najmanjšo maso so imele rastline iz obravnavanj z 10 % blata in kontrolne rastline.

Opravljenе meritve klorofila so pokazale, da vrednosti naraščajo s količino blata v substratu. Vsa obravnavanja z blatom so imela boljše rezultate od kontrole. Ob koncu poskusa je imela kontrola najslabše rezultate, največ klorofila so imele rastline v substratu s 50 % blata, za skoraj 30 % večje vrednosti od kontrole. Vabrit in sod. (2008) so za namen poskusa gojili vodenke v substratih, ki so vsebovali blato čistilne naprave. Tudi njihovi

rezultati so pokazali, da je vsebnost klorofila večja v substratih, ki so vsebovali tudi blato, v primerjavi s kontrolo (vrtna zemlja) ali substratu s prašičjim gnojem. Najboljše rezultate so imeli pri kombinaciji 30 % blata in slame skupaj s 70 % zemlje.

Rezultati meritev klorofila so pokazali povezavo med vsebnostjo klorofila in maso rastlin. Večja, kot je bila vsebnost klorofila, večjo maso so imele rastline. Najboljše rezultate so imele rastline v substratu s 50 % blata. Rezultati niso pokazali nobene povezave z višino rastlin, vsebnostjo P ali K, niti s količino amonijevega ali nitratnega dušika.

Z vsebnostjo blata sta v obravnavanjih naraščala tudi pH in EC. pH se je v času trajanja poskusa v posameznem obravnavanju zmanjšal, vendar le za 0,1 do 1,0 enote. Najmanjši vrednosti, 5,9 sta ob koncu imela obravnavanje z 10 % blata in kontrola. Največji pH ob koncu poskusa je znašal 6,5, izmerili pa smo ga pri obravnavanju s 50 % blata. Ker je optimalen pH med 5 in 6,5 je bilo tudi to še vedno v mejah normale. Podoben trend naraščanja pH vrednosti sta navedla tudi Andre in sod. (2002) in Vabrit in sod. (2008), ki sta prav tako ugotovila, da z večjo vsebnostjo blata narašča tudi pH.

Elektroprevodnost je tekom poskusa pri vseh obravnavanjih naraščala. Najmanjša je bila v substratu z 10 % blata, največja pa v substratu s 50 % blata. Tudi Vecchietti in sod. (2013) je v svoji študiji pisal, da se je kazal trend naraščanja EC in pH z večjo vsebnostjo blata. Najmanjši pH je imel substrat s 25 % blata, znašal je 6,36. Največji pH pa so dosegli pri substratu s 70 % blata in je znašal 6,87.

Količini P in K sta naraščali z vsebnostjo blata. Največji sta bili pri substratu s 50 % blata. Najmanjšo vrednost P je imela kontrola, najmanjšo vsebnost K pa substrat z 10 % blata. Rezultati se skladajo tudi z osnovno analizo blata, ki je pokazala, da je vsebnost P v blatu velika (13,3 g/kg s.s.), vsebnost K pa precej manjša (1,5 g/kg s.s.). Vrednosti so v primerjavi z vrednostmi v zemlji velike, vendar so vrednosti za substrate v loncih po literaturnih podatkih večje kot za tla v naravi (npr. na polju). Ker ima rastlina gojena v loncu za rast korenin veliko manjši prostor kot rastlina, ki raste v zemlji, morajo biti hranila sproti dostopna, oziroma je potrebna večja koncentracija dostopnih hranil (Bos in sod., 2003).

Vabrit in sod. (2008) in Andre in sod. (2002) so prav tako v vedno večjih odmerkih blata v substratu izmerili vedno večje količine P in K.

Bos in sod. (2003) navajajo, da je optimalna vsebnost  $\text{NH}_4\text{-N}$  v substratu 133-154 mg/L. V našem poskusu je substrat z 10 % blata  $\text{NH}_4\text{-N}$  vseboval 1,71 mg/L, kar je bila najvišja vrednost med vsemi obravnavanji.

Bos in sod. (2003) navajajo, da je optimalna vsebnost  $\text{NO}_3\text{-N}$  v substratu 105-126 mg/L. Med našimi obravnavanji se je najbližje temu približala kontrola, ki je vsebovala 15,58 mg/L. Vsa ostala obravnavanja so imela še manjše vsebnosti.

V vseh obravnavanjih se je razmerje med  $\text{NH}_4\text{-N}$  in  $\text{NO}_3\text{-N}$  spremenilo v korist  $\text{NO}_3\text{-N}$ . Najmanjša sprememba je bila pri kontroli, ko se je razmerje spremenilo za 2,33 %, največja pa pri substratu s 30 % blata in sicer za kar 61,02 %. Višanje razmerja v korist  $\text{NO}_3\text{-N}$  kaže na potek nitrifikacije.

## 5.2 SKLEPI

Najnižje so zrasle trave, ki so rasle v substratu z 10 % blata, te so imele tudi najmanjšo maso. Najvišje pa so bile tiste, ki so rastle v substratu s 30% blata, kljub temu pa niso imele največje mase. Le to so imele trave, ki so rastle v substratu s 50 % blata.

Masa trav je bila tudi tesno povezana z vsebnostjo klorofila v rastlinah. Večja, kot je bila vsebnost klorofila v rastlini, večja je bila tudi masa rastlin. Vsebnost klorofila je bila odvisna tudi od vsebnosti blata v substratu. Več je bilo blata, več klorofila je bilo v rastlinah.

Z vsebnostjo blata sta naraščala tudi pH in EC. pH je nato s časom padal, vendar največ za eno enoto, vse še vedno v mejah normale. EC pa je naraščala. Najmanjši pH sta ob koncu imeli kontrola in obravnavanje z 10 % blata, največjega pa obravnavanje s 50 % blata. EC je bila najmanjša pri obravnavanju z 10 % blata, največja pa v substratu s 50 % blata.

Podobno kot pri pH, EC in vsebnosti klorofila je bilo tudi pri količini P in K v substratu. S količino blata se je povečevala tudi količina teh dveh elementov. Največ ju je bilo pri substratu s 50 % blata. Najmanj P je bilo v kontroli, najmanj K pa v substratu z 10 % blata.

Amonijski dušik je bil v največji meri prisoten v substratu s 30 % blata. Njegova vsebnost se je od začetka do konca poskusa povečala. Najmanj ga je bilo v kontroli.

Nitratnega dušika je bilo daleč največ v kontrolnem obravnavanju, med substrati z blatom pa v tistem s 30 % blata, kar kaže na najmočnejši proces nitrifikacije pri tem obravnavanju.

Blato se je izkazalo kot dober dodatek substratu za gojenje rastlin. Rastline pampaške trave so se nanj dobro odzivale. Kot najboljši se je izkazal substrat s 30 % blata. Ker pa imajo različne rastline različne zahteve za rast, teh rezultatov ne moremo posplošiti za gojenje vseh rastlin. Za ta namen bi bilo potrebno narediti širšo raziskavo in vključiti večji spekter rastlin, saj bi se lahko izkazalo, da drugim rastlinam ustrezajo drugačne količine blata.

## 6 POVZETEK

Odpadno blato komunalne čistilne naprave je bogat vir organske snovi, ki vsebuje tudi makro in mikro hranila, lahko pa tudi težke kovine. V Sloveniji smo ga leta 2014 pridelali 28.368 ton SS, njegova količina pa z leti še narašča. Zaradi dobrega vira hranil bi bila njegova uporaba v kmetijstvu dobrodošla, pa vendar je zaradi možne vsebnosti težkih kovin vedno bolj omejena, prav tako pa odlaganje na deponijo. Zato je v svetu velik poudarek na raziskavah, ki preučujejo, kje bi ga lahko čim bolj koristno uporabili.

Naš poskus je temeljil na sestavi substrata za gojenje okrasnih rastlin, ki bi vseboval določen volumski odstotek odpadnega blata. V ta namen smo pripravili substrate, ki so vsebovali 10 % blata, 30 % blata in 50 % blata. Za kontrolni substrat smo uporabili (Klasmann Tonsubstrat). Za gojenje smo izbrali pampaško travo (*Cortaderia selloana* Asch. & Graebn.). Poskus je trajal 6 mesecev. V tem času smo preučevali vpliv različnih količin blata na rast rastlin, vsebnost klorofila v rastlini, vsebnosti P, K,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ , pH in elektroprevodnosti v substratu.

Rezultati poskusa so pokazali, da količina blata v substratu vpliva na vrednosti pH in EC substrata, količino P in K v substratu ter na količino klorofila v rastlini. Več je blata, večje so vrednosti. Ob koncu poskusa sta imela najmanjši pH kontrola ( $5,9 \pm 0,18$ ) in obravnavanje z 10 % blata ( $5,9 \pm 0,19$ ), največjega pa obravnavanje s 50 % blata ( $6,5 \pm 0,13$ ). EC je bila najmanjša pri obravnavanju z 10 % blata ( $0,26 \pm 0,03$ ), največja pa v substratu s 50 % blata ( $0,73 \pm 0,04$ ). Največ P je na koncu vseboval substrat s 50 % blata (10,27 g/kg), najmanj kontrola (0,56 g/kg). Največ K je vseboval substrat s 50 % blata (1,25 g/kg), najmanj pa substrat z 10% blata (0,50 g/kg). Največje so bile rastline gojene v substratu s 30 % blata (182 cm), najmanjše pa rastline v substratu z 10 % blata (152,6 cm). Največjo maso so imele rastline gojene v substratu s 50 % blata (252 g), najmanjšo pa tiste gojene v kontroli (170 g). Amonijskega dušika je bilo največ prisotnega v substratu s 30 % blata (4,7 mg/100g tal), najmanj pa v kontroli (0,6 mg/100g tal). Nitratnega dušika je bilo največ v kontroli (43,61 mg/100g tal), najmanj pa v substratu z 10% blata (2,26 mg/100g tal). Med substrati z blatom je bilo nitratnega dušika največ prisotnega v tistem s 30 % blata (28,26 mg/100g tal).

Rastline pampaške trave so se na blato kot dodatek substratu za gojenje rastlin dobro odzivale. Kot najboljši se je izkazal substrat s 30 % blata. Zaradi različnih zahtev, ki jih imajo različne rastline, bi bilo potrebno narediti širšo raziskavo in vključiti večji spekter rastlin, saj bi se lahko izkazalo, da drugim rastlinam ustrezajo drugačne količine blata.

## 7 VIRI

Aerobno biološko čiščenje. 2014.

<http://www.ccn-domzale.si/sl/aerobno-biolosko-ciscenje>, (24. maj 2016)

Anaerobno biološko čiščenje. 2014.

<http://www.ccn-domzale.si/sl/anaerobno-biolosko-ciscenje>, (24. maj 2016)

Andre F., Guerrero J., Beltrao J., Brito J. 2002. Comparative study of *Pelargonium* Sp. grown in sewage sludge and peat mixtures. Acta Horticulturae, 537: 63-69

BayWa. 2012.

<https://www.baywa.de/shop/assets/pdf/12/32/A851232.pdf>, (24. maj 2016)

Bos E.J.F., Keijzer R.A.W., van Schie W.L., Verhagen J.G.B.M., Zevenhoven M.A. 2003. Potting soil and substrates. Naaddwijk (Netherlands), RHP Foundation: 88 str.

Bunt A.C. 1988. Media and mixes for container-grown plants: A manual on the preparation and use of growing media for pot plants. London, Unwin Hyman: 332 str.

Centralna čistilna naprava Domžale-Kamnik. 2014.

<http://www.ccn-domzale.si/sl/ciscenje-odpadne-vode-2>, (24. maj 2016)

Christofolletti C. Ap., Francisco A., Fontanetti C. S. 2012. Biosolid soil application: toxicity tests under laboratory conditions. Applied and Environmental Soil Science, 2012 518206, doi:10.1155/2012/518206: 9 str.

FAO. Wastewater treatment and use in agriculture.

<http://www.fao.org/docrep/T0551E/t0551e08.htm#6>. (27.maj 2016)

Fields J. S., Jackson B. E., Fonteno W. C., 2015. Pine bark physical properties influenced by bark source and age. Department of horticultural science, North Carolina State University

<http://www.ncsu.edu/project/woodsubstrates/documents/research/pine-bark-physical-properties.pdf>, (3. jun 2016)

Golob-Klančič J. Pampaške trave.

<http://www.trajnice.com/ClankiNovember2009/18-PAMPASKE-TRAVE.pdf>, (1.6.2016)

Konica Minolta. 2016.

[http://www.konicaminolta.com/instruments/download/catalog/color/pdf/spad502plus\\_catalog\\_eng.pdf](http://www.konicaminolta.com/instruments/download/catalog/color/pdf/spad502plus_catalog_eng.pdf) (20. maj 2016)

Mehansko čiščenje. 2014.

<http://www.ccn-domzale.si/sl/mehansko-ciscenje>, (24. maj 2016)

Merckmillipore. 2016. Reflectoquant system.

[http://www.merckmillipore.com/INTL/en/products/analytics-sample-prep/test-kits-and-photometric-methods/instrumental-test-systems-for-quantitative-analyses/reflectoquant-system/ILOb.qB.OjIAAAE\\_Jhh3.Lxj,nav](http://www.merckmillipore.com/INTL/en/products/analytics-sample-prep/test-kits-and-photometric-methods/instrumental-test-systems-for-quantitative-analyses/reflectoquant-system/ILOb.qB.OjIAAAE_Jhh3.Lxj,nav) (20. Maj 2016)

Mihelič R., Čop R., Jakše M., Štampar F., Majer D., Tojnko S., Vršič S., 2010. Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: 184 str.

ÖNORM L 1087. Kemijska analiza tal- Ugotavljanje rastlinam dostopnega P in K z kalcij-acetat- laktatom. 1993: 4 str.

Pampas grass. Jindai botanical garden, Wikipedia.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Cortaderia\\_selloana#/media/File:Pampas\\_Grass\\_in\\_Jindai\\_Botanical\\_Garden\\_Japan.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Cortaderia_selloana#/media/File:Pampas_Grass_in_Jindai_Botanical_Garden_Japan.jpg), (1. Jun 2016)

Perlite Institute. 2009a. Why Perlite Works.

[https://perlite.org/library-perlite-info/general-info/Why\\_Perlite\\_Works.pdf](https://perlite.org/library-perlite-info/general-info/Why_Perlite_Works.pdf) (1. jun.2016)

Perlite Institute. 2009b. Applications of Perlite.

<https://perlite.org/library-perlite-info/general-info/PerliteWheel.pdf> (1. jun 2016)

Rice G. 2006. Enciclopedia of Perenials. London, American Horticultural Society, DK Publishing: 496 str.

Savatree, History of Bark,

<http://www.savatree.com/history-of-bark.html>, (1. jun 2016)

SIST ISO 10390. Kakovost tal – Določevanje pH. 2006: 5 str.

SIST ISO 11265. Kakovost tal - Ugotavljanje specifične električne prevodnosti. 1996: 2 str.

SIST ISO 14255. Kakovost tal - Določevanje topnih dušikovih frakcij. 1999: 12 str.

Suhadolc, M., Graham, D. B., Lobnik, F. 2008. Kakovost tal po nanosu blata komunalne čistilne naprave. V: Novi izzivi v poljedelstvu 2008: zbornik simpozija, Rogaška Slatina, [4. in 5. december] 2008. Tajnšek A. (ur.). Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo: 121-127.

Uporaba blata v letih 2003-2014. Ljubljana, ARSO (izpis iz baze podatkov 17. maj 2016)

Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla. 2005 Ur. l. RS, št. 84/05

Uredba o predelavi biološko razgradljivih odpadkov in uporabi komposta ali digestata. 2013 Ur. l. RS, št. 99/13

Uredba o uporabi blata iz komunalnih čistilnih naprav v kmetijstvu. 2008 Ur. l. RS, št. 62/08

Vabrit S., Leedu E., Suigusaar K. 2008. Effect of Sewage Sludge and Pig Manure Compost on the Ornamental Quality of Impatiens 'Candy Coral Bee' Container Grown Plants. Acta Horticulturae, 779: 637-642

Vabrit S., Uurman K., Poldma P., Joepera K. 2007. Ornamental Quality of *Bidens ferulifolia* 'Golden Star' Pot Plants Depended of Composted Sewage Sludge as a Component of Growing Media. Acta Horticulturae, 775: 367-372

Vecchietti L., De Lucia B., Russo G. 2013. Environmental and Agronomic Evaluation of Containerized Substrates Developed from Sewage Sludge Compost for Ornamental Plant Production. Acta Horticulturae, 1013:431-439



## ZAHVALA

Na tem mestu bi se rada zahvalila vsem, ki so mi vsa leta študija in predvsem tista po njem stali ob strani in me vzpodbujali, da enkrat vendarle končam študij in ga okronam z diplomom.

Na prvem mestu je to moj mož Anže, ki je vztrajno iskal nove in nove načine za vzpodbudo, v upanju, da bo vsaj eden pravi. Hvala ti za vsakega posebej.

Posebna zahvala gre tudi staršema, ki sta kljub zamudi vedno verjela, da bo tudi diploma enkrat prišla na vrsto.

In najlepša hvala mentorju, doc. dr. Roku Miheliču, ki me je vsa leta dobre volje in nasmejan vzpodbujal in čakal, da pridem in rečem, da je napočil čas za zaključek.

## PRILOGA A

### Podatki o uporabi blata KČN Domžale-Kamnik (Uporaba ..., 2016)

| Leto | Deponija  | Kmetijske površine | Kompostiranje | Drugo     | Sežig     | Ostanek na ČN | Skupaj    |
|------|-----------|--------------------|---------------|-----------|-----------|---------------|-----------|
|      | 1000 t SS | 1000 t SS          | 1000 t SS     | 1000 t SS | 1000 t SS | 1000 t SS     | 1000 t SS |
| 2003 | 7,13      | 0,46               | 0,00          | 1,57      | 0,00      | 0,00          | 9,17      |
| 2004 | 9,00      | 0,13               | 0,00          | 3,75      | 0,00      | 0,00          | 12,88     |
| 2005 | 9,56      | 0,07               | 0,12          | 7,25      | 0,00      | 0,00          | 17,01     |
| 2006 | 9,31      | 0,03               | 0,00          | 5,65      | 5,23      | 0,00          | 20,23     |
| 2007 | 9,20      | 0,02               | 3,53          | 3,66      | 5,25      | 0,00          | 21,67     |
| 2008 | 8,12      | 0,01               | 2,29          | 3,20      | 6,87      | 0,00          | 20,50     |
| 2009 | 5,72      | 0,01               | 0,51          | 5,51      | 16,85     | 0,00          | 28,63     |
| 2010 | 2,98      | 0,46               | 0,22          | 13,04     | 13,42     | 0,00          | 30,14     |
| 2011 | 1,99      | 0,00               | 1,93          | 7,50      | 15,05     | 0,37          | 26,86     |
| 2012 | 1,13      | 0,00               | 1,91          | 9,68      | 13,98     | 0,50          | 27,22     |
| 2013 | 0,54      | 0,00               | 2,70          | 9,34      | 14,37     | 0,30          | 27,27     |
| 2014 | 0,34      | 0,18               | 1,46          | 11,04     | 15,03     | 0,29          | 28,37     |

## PRILOGA B

### pH in elektroprevodnost v substratih pri 1. kalilnem testu

|          | pH   | Elektroprevodnost |
|----------|------|-------------------|
| Kontrola | 6,15 | 0,493             |
| 0 % B    | 4,62 | 0,085             |
| 10 % B   | 5,83 | 0,238             |
| 20 % B   | 6,76 | 0,461             |
| 40 % B   | 7,15 | 0,570             |
| 60 % B   | 7,31 | 0,705             |

## PRILOGA C

Teža odstriženih listov, dolžina odstriženih listov in opažanja na dan 5.8.2008

| Substrat | Teža perja (g) | Povprečna teža perja (g) | Dolžina perja (cm) | Povprečna dolžina perja (cm) |
|----------|----------------|--------------------------|--------------------|------------------------------|
| K        | 160            |                          | 188                |                              |
| K        | 160            |                          | 154                |                              |
| K        | 180            | 170                      | 159                | 167                          |
| K        | 190            |                          | 174                |                              |
| K        | 180            |                          | 162                |                              |
| 10 % B   | 150            |                          | 137                |                              |
| 10 % B   | 170            |                          | 147                |                              |
| 10 % B   | 190            | 180                      | 151                | 152,6                        |
| 10 % B   | 160            |                          | 150                |                              |
| 10 % B   | 230            |                          | 178                |                              |
| 30 % B   | 260            |                          | 186                |                              |
| 30 % B   | 240            |                          | 196                |                              |
| 30 % B   | 240            | 236                      | 153                | 182                          |
| 30 % B   | 240            |                          | 204                |                              |
| 30 % B   | 200            |                          | 171                |                              |
| 50 % B   | 300            |                          | 193                |                              |
| 50 % B   | 240            |                          | 180                |                              |
| 50 % B   | 260            | 252                      | 194                | 177,2                        |
| 50 % B   | 250            |                          | 166                |                              |
| 50 % B   | 210            |                          | 153                |                              |

## PRILOGA D

pH in elektroprevodnost v mešanicah substratov lončnega poskusa

| 13.3.2008 |      |           |      |           | 5.8.2008 |      |           |      |           |
|-----------|------|-----------|------|-----------|----------|------|-----------|------|-----------|
| vzorec    | pH   | povpr. pH | EC   | povpr. EC | vzorec   | pH   | povpr. pH | EC   | povpr. EC |
| K         | 6,34 |           | 0,29 |           | K        | 5,66 |           | 0,63 |           |
| K         | 6,27 |           | 0,36 |           | K        | 5,82 |           | 0,61 |           |
| K         | 6,45 | 6,4       | 0,35 | 0,338     | K        | 5,96 | 5,9       | 0,40 | 0,526     |
| K         | 6,45 |           | 0,30 |           | K        | 5,84 |           | 0,58 |           |
| K         | 6,44 |           | 0,39 |           | K        | 6,14 |           | 0,41 |           |
| 10 %B     | 6,33 |           | 0,23 |           | 10 %B    | 5,63 |           | 0,25 |           |
| 10 %B     | 5,65 |           | 0,18 |           | 10 %B    | 5,77 |           | 0,27 |           |
| 10 %B     | 6,18 | 6,0       | 0,26 | 0,216     | 10 %B    | 5,93 | 5,9       | 0,26 | 0,274     |
| 10 %B     | 6,11 |           | 0,20 |           | 10 %B    | 5,85 |           | 0,27 |           |
| 10 %B     | 5,95 |           | 0,21 |           | 10 %B    | 6,14 |           | 0,32 |           |
| 30 %B     | 7,34 |           | 0,47 |           | 30 %B    | 6,55 |           | 0,54 |           |
| 30 %B     | 7,17 |           | 0,47 |           | 30 %B    | 6,19 |           | 0,85 |           |
| 30 %B     | 7,18 | 7,2       | 0,41 | 0,448     | 30 %B    | 6,55 | 6,4       | 0,50 | 0,576     |
| 30 %B     | 7,00 |           | 0,44 |           | 30 %B    | 6,51 |           | 0,44 |           |
| 30 %B     | 7,24 |           | 0,45 |           | 30 %B    | 6,38 |           | 0,55 |           |
| 50 %B     | 7,43 |           | 0,69 |           | 50 %B    | 6,63 |           | 0,71 |           |
| 50 %B     | 7,55 |           | 0,60 |           | 50 %B    | 6,55 |           | 0,72 |           |
| 50 %B     | 7,47 | 7,5       | 0,59 | 0,59      | 50 %B    | 6,28 | 6,5       | 0,78 | 0,73      |
| 50 %B     | 7,48 |           | 0,62 |           | 50 %B    | 6,50 |           | 0,68 |           |
| 50 %B     | 7,42 |           | 0,47 |           | 50 %B    | 6,45 |           | 0,76 |           |

## PRILOGA E

### Vsebnosti fosforja (P) po obravnavanjih

| ponovitev | oznaka vzorca | zračno suh vzorec | povprečja |
|-----------|---------------|-------------------|-----------|
|           |               | P g/kg            |           |
| 1.        | K             | 0,74              |           |
| 2.        | K             | 0,805             | 0,56      |
| 3.        | K             | 0,14              |           |
| 1.        | 10 %B         | 1,88              |           |
| 2.        | 10 %B         | 3                 | 2,31      |
| 3.        | 10 %B         | 2,04              |           |
| 1.        | 30 %B         | 6,8               |           |
| 2.        | 30 %B         | 6,3               | 6,50      |
| 3.        | 30 %B         | 6,4               |           |
| 1.        | 50 %B         | 10,5              |           |
| 2.        | 50 %B         | 10                | 10,27     |
| 3.        | 50 %B         | 10,3              |           |

### Vrednosti kalija (K) po obravnavanjih

| ponovitev | oznaka vzorca | zračno suh vzorec | povprečja |
|-----------|---------------|-------------------|-----------|
|           |               | K g/kg            |           |
| 1.        | K             | 1,22              |           |
| 2.        | K             | 1,425             | 0,99      |
| 3.        | K             | 0,33              |           |
| 1.        | 10 %B         | 0,41              |           |
| 2.        | 10 %B         | 0,7               | 0,50      |
| 3.        | 10 %B         | 0,375             |           |
| 1.        | 30 %B         | 0,78              |           |
| 2.        | 30 %B         | 0,81              | 0,82      |
| 3.        | 30 %B         | 0,86              |           |
| 1.        | 50 %B         | 1,14              |           |
| 2.        | 50 %B         | 1,22              | 1,25      |
| 3.        | 50 %B         | 1,4               |           |

## PRILOGA F

Vrednosti NH<sub>4</sub>-N in NO<sub>3</sub>-N po obravnavanjih na dan 13.3.2008 in 5.8.2008

|                                | 13.3.2008               |                                |                         |                                | 5.8.2008                |                                |                         |                                |
|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
|                                | mg/100 g tal            |                                |                         |                                | mg/100 g tal            |                                |                         |                                |
| <b>Obravn</b><br><b>avanje</b> | <b>NH<sub>4</sub>-N</b> | <b>Povpr. NH<sub>4</sub>-N</b> | <b>NO<sub>3</sub>-N</b> | <b>Povpr. NO<sub>3</sub>-N</b> | <b>NH<sub>4</sub>-N</b> | <b>Povpr. NH<sub>4</sub>-N</b> | <b>NO<sub>3</sub>-N</b> | <b>Povpr. NO<sub>3</sub>-N</b> |
| K                              | 0,70                    |                                | 15,12                   |                                | 0,78                    |                                | 53,95                   |                                |
| K                              | 0,62                    |                                | 22,35                   |                                | 0,54                    |                                | 42,89                   |                                |
| K                              | 0,85                    | 0,74                           | 18,74                   | 19,32                          | 0,54                    | 0,60                           | 36,12                   | 43,61                          |
| K                              | 0,78                    |                                | 15,58                   |                                | 0,62                    |                                | 53,95                   |                                |
| K                              | 0,78                    |                                | 24,83                   |                                | 0,54                    |                                | 31,15                   |                                |
| 10 %B                          | 2,17                    |                                | 0,45                    |                                | 3,33                    |                                | 0,90                    |                                |
| 10 %B                          | 2,02                    |                                | 0,90                    |                                | 3,41                    |                                | 2,48                    |                                |
| 10 %B                          | 2,95                    | 2,33                           | 0,45                    | 0,59                           | 3,64                    | 3,29                           | 2,03                    | 2,26                           |
| 10 %B                          | 2,33                    |                                | 0,45                    |                                | 3,18                    |                                | 2,93                    |                                |
| 10 %B                          | 2,17                    |                                | 0,68                    |                                | 2,87                    |                                | 2,93                    |                                |
| 30 %B                          | 5,35                    |                                | 0,90                    |                                | 5,04                    |                                | 29,57                   |                                |
| 30 %B                          | 1,01                    |                                | 0,90                    |                                | 3,88                    |                                | 40,86                   |                                |
| 30 %B                          | 1,94                    | 2,20                           | 0,68                    | 0,72                           | 4,81                    | 4,70                           | 16,93                   | 28,26                          |
| 30 %B                          | 1,32                    |                                | 0,68                    |                                | 5,12                    |                                | 19,64                   |                                |
| 30 %B                          | 1,40                    |                                | 0,45                    |                                | 4,65                    |                                | 34,31                   |                                |
| 50 %B                          | 4,73                    |                                | 0,23                    |                                | 2,48                    |                                | 4,97                    |                                |
| 50 %B                          | 0,93                    |                                | 0,68                    |                                | 3,02                    |                                | 4,29                    |                                |
| 50 %B                          | 1,09                    | 1,81                           | 0,45                    | 0,45                           | 1,71                    | 1,98                           | 5,19                    | 5,19                           |
| 50 %B                          | 1,40                    |                                | 0,45                    |                                | 1,32                    |                                | 4,97                    |                                |
| 50 %B                          | 0,93                    |                                | 0,45                    |                                | 1,40                    |                                | 6,55                    |                                |