

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



DIPLOMSKA NALOGA

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE VODARSTVO IN OKOLJSKO INŽENIRSTVO

Ljubljana, 2018

Univerza
v Ljubljani

*Fakulteta za
gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500 faks
(01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
VODARSTVO IN OKOLJSKO
INŽENIRSTVO**

Kandidat/-ka:

Mentor/-ica:

Predsednik komisije:

Somentor/-ica:

Član komisije:

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**UDK:** 628.33(043.2)**Avtor:** Anja Pšeničnik**Mentor:** Doc. dr. Mario Krzyk, univ. dipl. inž. grad.**Naslov:** Rastlinska čistilna naprava za enodružinsko hišo**Tip dokumenta:** Diplomaska naloga – univerzitetni študij**Obseg in oprema:** 32 str., 1 preg., 15 sl.**Ključne besede:** rastlinska čistilna naprava, enodružinska hiša, ekonomska analiza, Limnos.**IZVLEČEK**

Družinske hiše in vikendi, ki so razpršeni po slovenskem podeželju, marsikomu pomenijo idealen kraj za bivanje v mirnem okolju. Poleg lepega okolja, ki je vidno navzven, pa se marsikje lotevajo tematike z odpadno vodo precej neodgovorno in neustrezno.

Tu se je pričela moja raziskava o rastlinski čistilni napravi, ki je zajeta v diplomski nalogi. Obdelala sem temo o delovanju naprave za enodružinsko hišo na podeželju severovzhodne Slovenije, v občini Slovenske Konjice.

Rastlinska čistilna naprava je umetno ustvarjen sistem gred z različnimi vrstami rastlin, ki domujejo na močvirskih tleh. Poleg lepe in urejene okolice, ki jo pridobimo z rastlinsko čistilno napravo, vodo na najbolj naraven način očistimo in kasneje neoporečno izpustimo nazaj v okolje. Upravljanje s tovrstno čistilno napravo je za družino na podeželju zelo dobra, preprosta in ugodna rešitev. V nalogi sem predstavila optimalno velikost ter vrsto čistilne naprave, prav tako sem določila tudi vrste rastlin za čim boljše delovanje naprave. Ker je lokacija hiše na področju, kjer v bližini že sedaj domujejo nekatere samonikle močvirske rastline, je to lahko enkratni primer, kako iz naravnega okolja prenesti del življenja v kontrolirano okolje čistilne naprave.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 628.33(043.2)

Author: Anja Pšeničnik

Supervisor: Assist. Prof. Mario Krzyk, Ph.D.

Title: Constructed wetland for single family house

Document type: Graduation Thesis – University studies

Scope and tools: 32 p., 1 tab., 15 fig.

Keywords: Constructed wetland, single family house, economic analysis, Limnos.

ABSTRACT

Family houses and holiday cottages that are spread around Slovenian countryside are for many people an ideal place to live in a peaceful environment. Despite beautiful landscape, many are taking wastewater irresponsibly and incorrectly. This is where my research about constructed wetland began. I examined how this device would work on a northeast countryside of Slovenia, in a town called Slovenske Konjice.

Constructed wetland is an artificially made system of patches with different sorts of plants that grow in swamps. Besides the beautiful and well maintained surrounding that we get with a constructed wetland, water is cleaned naturally, so we can dispose it irreproachably back to nature. Managing this kind of device for a family in a countryside is very good, simple and affordable solution. In my thesis I presented optimal size and sort of constructed wetland. I also determined kinds of plants that work the best. Because the house is located on a countryside, where some swamp plants grow, this is a great example how to transfer a part of life from nature to a controlled environment of a constructed wetland.

ZAHVALA

Mentorju doc. dr. Mariu Krzyku se zahvaljujem za napotke in njegovo pomoč, ki mi jo je nudil pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvalila bi se tudi mojim domačim, ki so me skozi vsa študijska leta spodbujali, in mi omogočili, da dokončam to pomembno stopnjo v svojem življenju.

KAZALO VSEBINE

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	II
IZVLEČEK	II
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	III
ABSTRACT	III
ZAHVALA	IV
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK.....	VIII
KRATICE	IX
SLOVAR	X
1 UVOD	1
2 KAJ JE RASTLINSKA ČISTILNA NAPRAVA IN KAKO DELUJE?	2
3 ZGRADBA RČN	4
3 PREDNOSTI RČN	6
3.1 kako izboljšati vodo v RČN?	6
4 OMEJITVE	7
4.1 Omejitve pri gradnji RČN	7
4.2 Omejitve glede na letne čase	7
5 VRSTE RASTLINSKIH ČISTILNIH NAPRAV	8
5.1 Rastlinska čistilna naprava s površinskim tokom vode	8
5.1.1 Sistemi s prosto plavajočimi makrofiti	9
5.1.2 Sistemi s potopljenimi makrofiti	9
5.1.3 Sistemi z emergentnimi makrofiti	10
5.2 Rastlinska čistilna naprava s podpovršinskim tokom vode	11
5.2.1 sistemi s horizontalnim podpovršinskim tokom vode	11
5.2.2 Sistemi z vertikalnim podpovršinskim tokom vode	12
5.2.3 Hibridni sistemi	12
6 STRUKTURA RASTLINSKE ČISTILNE NAPRAVE	13
6.1 Substrat	13
6.2 Mikroorganizmi	14
6.3. Vodne rastline	15
7 ZAKONODAJA, PREDPISANA S STRANI REPUBLIKE SLOVENIJE	19
7.1 Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode	19
7.2 Zakon o ohranjanju narave	19
7.3 Zakon o varstvu okolja	20

8 ANALIZA OBMOČJA	21
8.1 Trenutno stanje glede odvajanja odpadne vode	22
8.2 Prostor za postavitev rastlinske čistilne naprave za enodružinsko hišo.....	22
9 NAČRTOVANJE RASTLINSKE ČISTILNE NAPRAVE NA OBRAVNAVANEM OBMOČJU	24
9.1 Površina RČN.....	24
9.2 Dimenzije RČN	25
9.3 Iztekanje, padec dna ter brežine	26
9.4 Dotok in iztok vode iz RČN	26
10 POTEK GRADNJE	28
11 EKONOMSKA ANALIZA.....	29
12 ZAKLJUČEK	30
13 VIRI.....	31

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Lastnost substrata v RČN s tokom vode pod površino (Vrhovšek, 2008).....	14
---	----

KAZALO SLIK

Slika 1: Rastlinska čistilna naprava za 45 PE na območju Podsrede (Limnos, 2011)	3
Slika 2: Zgradba rastlinske čistilne naprave (Limnos, 2018)	5
Slika 3: Shema prečnega prereza sistema s prosto plavajočimi makrofiti (narisala: Pšeničnik, 2018)	9
Slika 4: Shema prečnega prereza sistema z emergentnimi makrofiti (narisala: Pšeničnik, 2018)	10
Slika 5: Shema prečnega prereza sistema s horizontalnim podpovršinskim tokom vode (narisala: Pšeničnik, 2018)	11
Slika 6: shema prečnega prereza z vertikalnim podpovršinskim tokom vode (narisala: Pšeničnik, 2018)	12
Slika 7: Shema prečnega prereza hibridnega sistema (narisala: Pšeničnik, 2018)	12
Slika 8: Phragmites - trst (Pšeničnik, 2018)	16
Slika 9: Typha - rogoz (Pšeničnik, 2018)	17
Slika 10: Iris pseudacorus - vodna perunika (hribi.net, 2018)	17
Slika 11: Nymphaea alba - beli lokvanj (hribi.com, 2018)	18
Slika 12: Lemna sp. - vodna leča (Dnevnik, 2018)	18
Slika 13: Parcela, kjer je postavljena enodružinska hiša ter njena okolica (Geopedia, 2018)	21
Slika 14: Okolica parcele, kjer bi lahko postavili RČN (Pšeničnik, 2018)	22
Slika 15: Prostor, kjer bi zgradili RČN (Pšeničnik, 2018)	23

KRATICE

RČN rastlinska čistilna naprava

ČN čistilna naprava

PE populacijska enota

BPK₅ biokemijska poraba kisika

SLOVAR

Adsorbpcija	proces, kjer se molekule iz okolja vežejo na površino trdne snovi
Denitrifikacija	reakcija, kjer se v nitratu vezan dušik pretvori v prosti dušik [20]
Difuzija	proces, pri katerem se neka snov iz območja z višjo koncentracijo prenese v območje z nižjo koncentracijo
Evapotranspiracija	proces, kjer voda prehaja v obliki vodne pare s površine v ozračje [13]
Makrofiti	vodne rastline
Rizom	korenika
Rizosfera	interakcije s koreninami rastlin
Sedimentacija	usedanje
Usedalnik	posoda, namenjena za ločevanje trdnih delcev iz tekočine

Ta stran je namenoma prazna

1 UVOD

Samoumevno je, da človeštvo brez vode ne bi obstajalo. Tako je tudi za rastline in živali čista voda ena izmed najpomembnejših elementov, ki je potrebna za zdravo življenje. Človek je glavni krivec za onesnaževanje pitne vode, zato moramo vedeti, da s tem, ko jo onesnažujemo, posledično uničujemo tudi sebe. Vsak posameznik se mora naučiti, kako pravilno ravnati s pitno vodo, jo ohranjati in zanjo skrbeti po svojih najboljših zmožnostih.

Človeštvo za normalno življenje vsak dan potrebuje določeno količino pitne vode. Prav tako jo potrebujejo tudi gospodinjstva in podjetja za svoje delovanje. Po naši uporabi postane pitna voda onesnažena. Če odpadnih vod ne bi čistili sproti, bi lahko hitro takšna voda onesnažila tudi druge vire čiste pitne vode. Vsem je znano, da človek brez pitne vode ne bi zdržal prav dosti časa, zato moramo čim prej pričeti z izvajanjem preventivnih in korektivnih ukrepov ter z ustreznimi tehnologijami poskrbeti za čiščenje odpadnih voda.

V zadnjih nekaj desetletjih so bili zgrajeni različni sistemi za čiščenje odpadne vode. Področje največje uporabe rastlinskih ČN je pri čiščenju gospodinjstev odpadnih voda. Obdelava odpadnih voda s pomočjo rastlinskih čistilnih naprav je lahko proces, ki zahteva minimalno pozornost za samo delovanje. Zaradi obsežnih raziskav in praktične uporabe imamo vpogled v delovanje, vendar pa morajo biti ti sistemi za uspešno delovanje oziroma čiščenje odpadne vode skrbno načrtovani in zgrajeni. Vsa mokrišča, naravna ali zgrajena, imajo to skupno lastnost, da je na površini voda, ali pa je tam samo občasno.

Običajno so odmaknjena območja na podeželju ali na hribovitih predelih tista, kjer ni možnosti za priključitev na javno kanalizacijsko omrežje. Takšna območja pa imajo navadno v okolici dovolj prostora za umestitev rastlinskih čistilnih naprav v svojo bližino. Na tak način lahko z razmeroma preprostim a skrbnim posegom v okolje ustvarimo umetni sistem, ki se v celoti zlije z naravo in njeno okolico.

V svoji diplomski nalogi sem obdelala temo rastlinske čistilne naprave za enodružinsko hišo na podeželju severovzhodne Slovenije. Z umestitvijo takšne naprave bi zagotovili, da bi s pomočjo rastlin odpadno vodo spet naredili neoporečno in jo kot tako ponovno vrnil v naravo.

2 KAJ JE RASTLINSKA ČISTILNA NAPRAVA IN KAKO DELUJE?

Rastlinska čistilna naprava (v nadaljevanju tudi RČN) je naprava, ki na najbolj naraven način čisti odpadno vodo. Je umetno zasnovan sistem, ki oponaša sposobnosti naravnih močvirij. Uporabljamo jo lahko za čiščenje odpadne vode iz družinskih hiš, za skupine večstanovanjskih objektov ter v industrijah in gospodinjstvih. Rastlinska čistilna naprava pri svojem delovanju ne porablja elektrike, zato se lepo sklada z naravnim okoljem ter ne povzroča dodatnih stroškov delovanja.

Sposobna je iz odpadne vode odstranjevati organske snovi, spojine fosforja, dušika, težkih kovin in drugih strupenih snovi in s tem zmanjšati število bakterij v vodi. Pri izgradnji naprave ne potrebujemo globokega izkopa za grede. Odpadna voda se očisti pod površino, zaradi tega pa v okolici čistilne naprave ne zaznavamo neprijetnih vonjav.

Sistem je izdelan iz več zaporednih prostorov oziroma gred, ki so obloženi z neprepustno folijo. Napolnjeni so s substratom, katerih vloga je preprečevanje zadrževanja insektov in neprijetnih vonjav v okolici naprave. Substrat navadno sestavljajo plasti prsti ali gramoza. Celoten sistem ima zmožnost primarnega, sekundarnega in delno tudi terciarnega čiščenja odpadne vode. Omogoča povezave med vodo, substratom, rastlinami in mikroorganizmi. S tem, ko so prisotne močvirske rastline in mikroorganizmi, ima voda možnost, da se lažje očisti. Strupene snovi se v vodi delno razgradijo, lahko pa se vgradijo tudi v rastlinje [1].

Rastlinska čistilna naprava je najprimernejša za:

- čiščenje odpadnih vod iz individualnih hiš,
- področja, kjer se nahajajo kmetije, turistične dejavnosti in farme,
- čiščenje voda, ki vsebujejo nestrupena barvila,
- čiščenje nestrupenih voda iz manjših industrijskih obratov,
- čiščenje voda počitniških in planinskih koč, torej tam, kjer ni možnosti priključitve na javni kanalizacijski sistem,
- čiščenje voda iz odlagališč, kjer se pojavijo nestrupene izcedne vode [4].

Ljudje so za vodo že v davnih časih, ko še niso poznali RČN vedeli, da se je sposobna očistiti sama. Ugotovili so namreč da se odpadne vode, ki se stekajo v močvirje, med rastlinjem očistijo. Te izkušnje so ljudje prenesli v sedanji čas, ko je mogoče z biokemijskimi poskusi dokazati, da te trditve držijo. Na podlagi znanja, ki ga imamo danes, lahko optimalno pregledamo teren, določimo lokacijo, pripravimo ustrezno dokumentacijo in zgradimo rastlinsko čistilno napravo [3].

Rastlinsko čistilno napravo je potrebno pravilno zasnovati glede na področje, kamor jo bomo vgradili ter jo ustrezno prilagoditi potrebam čiščenja glede na to, kakšne vrste odpadna voda bo iztekala v napravo. Po zaključeni gradnji čistilne naprave (slika 1), grede zasadiamo z rastlinjem, da dobijo končni videz.



Slika 1: Rastlinska čistilna naprava za 45 PE na območju Podsrede (Limnos, 2011)

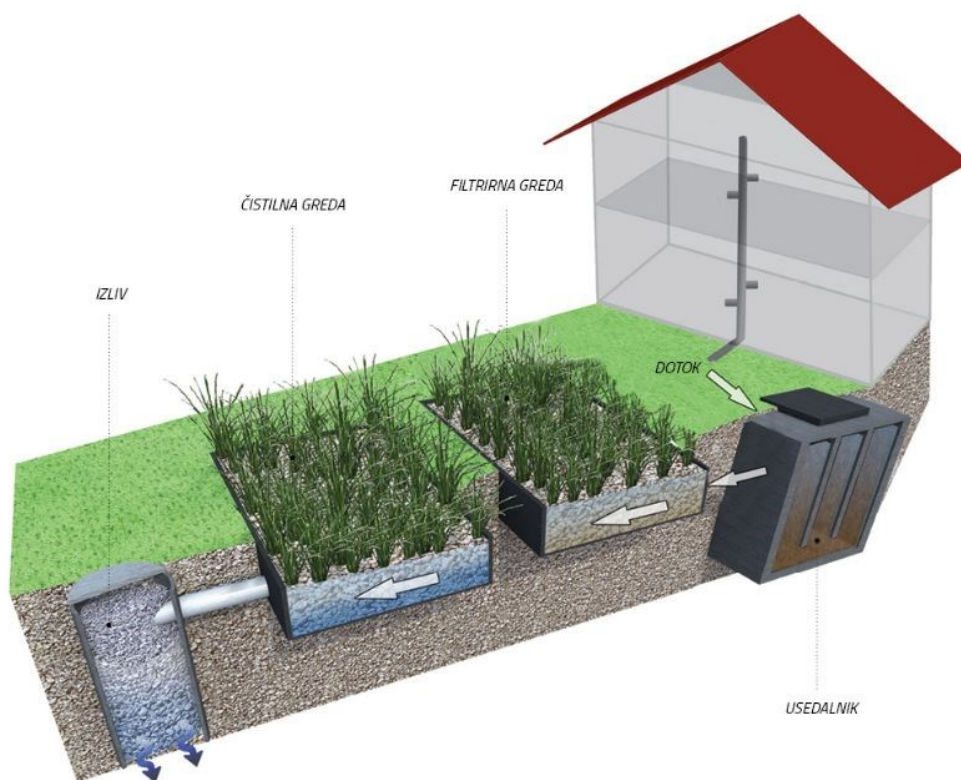
3 ZGRADBA RČN

Rastlinska čistilna naprava je zgrajena iz naslednjih sestavnih delov:

- določenega števila gred (odvisno od populacijskih enot),
- podlage, ki je neprepustna za vodo (za naravni material lahko uporabimo glino, drugače uporabimo neprepustno folijo),
- vtočni sistemi in iztočni sistemi (sestavljani tako, da jih med seboj povezujejo cevi),
- peski različnih premerov in lastnosti,
- rastlinje – vegetacija (vodoljubne oziroma močvirske rastline).

Na začetku se določi lokacija, kje bo postavljena čistilna naprava in kjer bodo potekala začetna dela. Določimo površino, kjer bodo izkopane grede ter izkopljemo material. Površino grede spodaj utrdimo in zravnamo, tako da ima dno naklon okoli 1%, da bo voda zaradi gravitacije lažje tekla proti iztoku čistilne naprave. Grede zaščitimo z neprepustno folijo. Med delom moramo biti pazljivi, da folije ne poškodujemo, saj bi s tem lahko prišla voda v podtalnico, kar pa bi lahko povzročilo veliko škodo. Število in velikost gred je odvisno od tega, koliko bo priključenih uporabnikov na čistilno napravo. Začetna greda ima filtrirno sposobnost, naslednja za njo pa čistilno (slika 2).

Zadrževalnik za deževne vode je potreben, če so pri čistilnih napravah prisotne tudi meteorne vode. Da preprečimo meteornim vodam dostop do grede, je potrebno pred usedalnikom namestiti zadrževalnik. S tem preprečimo, da bi prišlo do odnašanja vegetacije in previsokega vodnega nivoja. Ker se RČN načeloma gradijo za manjše število uporabnikov, ki tako že imajo ločen kanalizacijski sistem, se padavinska voda ne vodi na napravo. Odpadno vodo je potrebno enakomerno porazdeliti po celotni gredi, kar zagotovimo z nadzorovanim sistemom cevi, ki so speljane tako, da povezujejo dele RČN med seboj, to je torej sistem vtočnih in iztočnih cevi. Količino vode v gredi reguliramo s pomočjo ventila na iztočnem jašku, kjer preverjamo tudi nivo vode. Ventil nam omogoča tudi, da vodo iz grede v celoti izpraznimo [1].



Slika 2: Zgradba rastlinske čistilne naprave (Limnos, 2018)

3 PREDNOSTI RČN

Izgradnja rastlinske čistilne naprave za enodružinsko hišo, ki ni priklopljena na javno kanalizacijsko omrežje, ni prevelik stroškovni zalogaj. Glede na ceno, za katero lahko zgradijo čistilno napravo, je to zelo učinkovit in tehnično nezahteven projekt.

Razlogi, ki govorijo v prid odločitvi za projekt RČN:

- so cenovno primerljive ali ugodnejše za izgradnjo kakor druge metode čiščenja odpadne vode,
- glede vzdrževanja in delovanja se pojavijo zelo nizki stroški delovanja,
- omogočajo ponovno uporabo vode,
- zagotavljajo življenjski prostor za mnoge organizme,
- v prostor so umeščene tako, da iz okolice ne izstopajo, saj oponašajo naravna mokrišča,
- zagotavljajo številne prednosti na podlagi izboljšanja kakovosti vode tudi za prostoživeče živali,
- so okolju prijazni sistemi,
- vzdrževanje naprave poteka na lokaciji, kar pomeni, da vsako kontrolo opravimo na sami čistilni napravi [3].

3.1 kako izboljšati vodo v RČN?

RČN je kompleksen sistem, ki vsebuje vodo, substrat, rastlinje in mikroorganizme.

Mehanizmi, ki vplivajo na izboljšanje kakovosti vode, so medsebojno povezani.

Ti mehanizmi vključujejo:

- adsorbcijo in ionsko izmenjavo na površinah rastlin,
- razgradnjo in transformacijo onesnažil s pomočjo mikroorganizmov in rastlin,
- porabo in preoblikovanje hranilnih snovi.

4 OMEJITVE

4.1 Omejitve pri gradnji RČN

Na določenih področjih obstajajo omejitve, povezane z gradnjo RČN. Jasno je, da za gradnjo teh naprav potrebujemo večja zemljišča kot za konvencionalne naprave, ki so namenjene čiščenju odpadnih vod. Obdelava je lahko ekonomična le pod pogojem, da imamo na voljo dovolj veliko in dostopno površino, kjer bo stacionirana ta naprava.

Učinkovitost RČN se lahko spreminja glede na letni čas, nanj vpliva tudi pojav suše in padavin. RČN ne zmorejo preživeti v primeru dolgotrajne popolne suše.

Biološke komponente so občutljive na strupene snovi, kot so kemikalije, amonijak in pesticidi.

4.2 Omejitve glede na letne čase

RČN delujejo tudi v času mrzlega vremena. Procesi potekajo ne glede na temperaturo, saj v napravi zagotavljamo, da voda ne zmrzne. Veliko reakcij poteka znotraj sistema, kjer razgradnja in mikrobna aktivnost ustvari dovolj toplote, da ohrani podzemne plasti nezmrznjene. Čiščenje vode se bo nadaljevalo tudi pod ledom. Raven vode bi se zvišala v obdobju zmrzovanja, nato pa padla. Poudariti je potrebno, da se pri nižjih temperaturah zmanjša učinkovitost RČN, vendar pa to ne pomeni, da zaradi tega ne bi delovala.

Visoke vode, ki se običajno pojavijo pozimi zaradi snega in spomladi zaradi taljenja snega ter spomladanskega deževja, povzročajo dvig podtalnice. Razlog tega je, da voda ne more tako hitro potovati skozi sistem. Ti sistemi izgubljajo veliko vode zaradi evapotranspiracije v poletnih mesecih, zato je potrebno upoštevati nivo vode. Za vzdrževanje sistema je potrebno ohranjanje določene količine vlage. Sistem mora biti zasnovan tako, da nima nobenega stika s podtalnico [3].

5 VRSTE RASTLINSKIH ČISTILNIH NAPRAV

V glavnem ločimo dve vrsti rastlinskih čistilnih naprav in sicer glede na to, kako teče voda v čistilni napravi [10]

Ločimo:

- rastlinska čistilna naprava s površinskim tokom vode:
 - sistemi s prosto plavajočimi makrofiti,
 - sistemi s potopljenimi makrofiti,
 - sistemi z emergentnimi makrofiti.
- rastlinska čistilna naprava s podpovršinskim tokom vode:
 - sistemi s horizontalnim podpovršinskim tokom vode,
 - sistemi z vertikalnim podpovršinskim tokom vode,
 - hibridni sistemi.

5.1 Rastlinska čistilna naprava s površinskim tokom vode

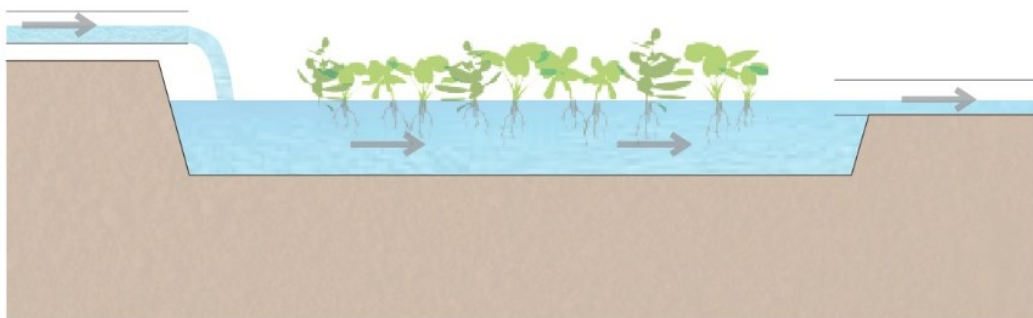
Te čistilne naprave so narejene tako, da je površina vode vidna. Zgornje plasti obseva sončna svetloba, kar pomeni, da se patogeni mikroorganizmi hitro razgrajujejo. Takoj pod vodno površino se nahaja aerobni pas, ki je značilen za površinski tok vode. V tem pasu se nahajajo alge in makrofiti, biokemijske reakcije pa potekajo zelo učinkovito. Slabost te vrste RČN je, da lahko pride do prisotnosti zaznavanja neprijetnih vonjav, saj je površina vode ves čas v kontaktu z atmosfero. Zunanji izgled gred je zelo podoben močvirjem, ki jih najdemo v naravi. Pri izdelavi gred, ki so globoke do 4 metre, uporabljamo različne potopljene, plavajoče ali emergentne makrofite. Najpogosteje zastopani sta vodna hijacinta (*Eichornia crassipes*) ter vodna leča (*Lemna sp.*). Prečni prerez grede pokaže, da je spodnja plast sestavljena iz nepropustne snovi. To je lahko glina, lahko pa so tla prekrita s folijo. Tej plasti sledi pesek različnih granulacij. Preko granulata se voda pretaka v horizontalni smeri. Ker svetloba v nižje plasti vode ne seže, se v tem področju ustvari anoksično okolje. Takšne sisteme je potrebno redno čistiti.

Teh sistemov naprav se moramo izogibati v krajih, kjer se temperatura večkrat spusti pod ledišče. Sistem namreč lahko zamrzne in je zaradi tega manj učinkovit. V krajih z razmeroma visokimi temperaturami pri odstranjevanju biomase tvegamo razvoj mrčesa in prisotnost neprijetnih vonjav [8].

Ločimo tri sisteme s površinskim tokom vode:

5.1.1 Sistemi s prosto plavajočimi makrofiti

Najprimernejša rastlina za takšno obliko čistilne naprave je vodna hijacinta, saj ima sposobnost, da se hitro razmnožuje in se bujno zaraste po celotni površini. Korenine te vodoljubne rastline omogočajo, da se organizmi lažje naselijo na to veliko površino. Grede so v celoti napolnjene z vodo, saj na dnu nimajo substrata (slika 3). Tok vode med koreninami je počasnejši. Algam, ki se razvijejo pod rastlinami, pa je onemogočen razvoj, saj za svojo rast potrebujejo ustrezno količino sončne svetlobe, v tem delu pa jih sonce ne obseva dovolj. Za rastline v tem primeru čistilne naprave je značilno, da plavajo na vodi. Za območja, kjer je temperatura ozračja nižja, je bolj primerno izbrati rastlino kot je vodna leča. Redno odstranjevanje rastlin je pri tem sistemu obvezno [10].



Slika 3: Shema prečnega prereza sistema s prosto plavajočimi makrofiti (narisala: Pšeničnik, 2018)

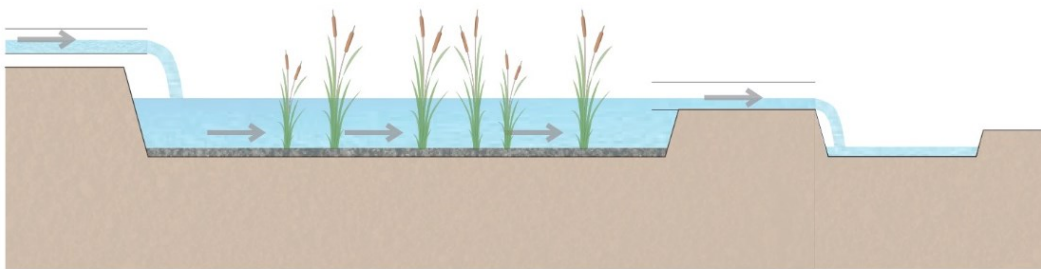
5.1.2 Sistemi s potopljenimi makrofiti

Makrofiti se v tem sistemu nahajajo pod vodno gladino. V tem primeru služijo korenine rastlin le za pritrditev v medij. Iz listov in stebel, torej nadzemnih delov rastlin, poteka privzem hranil. Takšni sistemi so bolj primerni tam, kjer je odpadna voda manj obremenjena, kajti v onesnaženi vodi mora biti zelo visoka vsebnost kisika. Tok vode, ki priteče v sistem, se med rastlinjem umiri, delci pa potujejo proti dnu, kjer se usedajo. Ključno nalogo pri delovanju sistema imajo mikroorganizmi, ki se pritrdijo na rastline in opravljajo svojo funkcijo čiščenja onesnažene vode.

5.1.3 Sistemi z emergentnimi makrofiti

Substrat se nahaja na dnu grede s čimer omogočimo, da se vodne rastline lažje ukoreninijo v substrat (slika 4). Za ta sistem je značilna gosta vegetacija, grede so plitve z globino od 20 do 40 cm.

Sistem je prepleten s koreninami, učinkovit je pri odstranjevanju organskih snovi ob pomoči mikroorganizmov. Emergentne rastline rastejo na območjih, kjer je teren stalno ali začasno poplavljen. So ukoreninjene višje rastline, zgornji del gleda skozi vodno gladino. Zaradi goste zaraščenosti je posledično manj sončne svetlobe pri dnu, zato je tam manj alg [8].



Slika 4: Shema prečnega prereza sistema z emergentnimi makrofiti (narisala: Pšeničnik, 2018)

5.2 Rastlinska čistilna naprava s podpovršinskim tokom vode

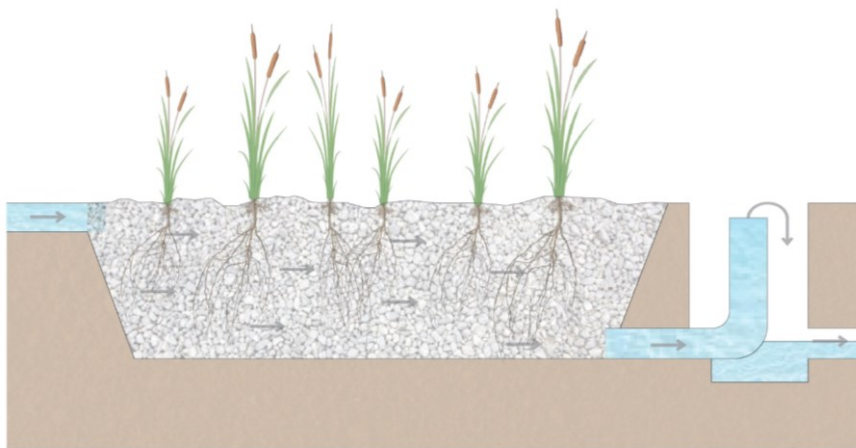
Ti sistemi so po videzu podobni vrtnim oziroma cvetličnim gredam. Voda se pretaka pod površino medija, zato gladina ni vidna, prav tako ne zaznavamo neprijetnih vonjav v bližini. Takšni sistemi so primerni predvsem na območjih, kjer temperature padejo tudi pod nič stopinj Celzija, saj voda proti dnu grede ne zmrzne. Upočasnjeno je le delovanje naprave. Na dnu gred je nameščena folija, ki zadržuje vodo, nato sledijo različne prsti, šota, rečni prod različnih frakcij ter prani drobljenec. Najprimernejše rastline, ki jih lahko uporabimo za ta sistem so navadni trs (*Phragmites australis*), rogoz (*Typha latifolia*), vodna perunika (*Iris pseudacorus*) ter ločje (*Juncus*).

V nižjih plasteh se nahajajo mikroorganizmi, ki dobivajo kisik iz rastlin, ki so nad površino vode. Pomembno je, da zaradi presežka rastlinja vsakoletno odstranjujemo oziroma kosimo gredo. Prav tako moramo dobro mehansko očistiti vso odpadno vodo, saj pride v nasprotnem primeru do zamažitve, kar posledično pomeni slabše delovanje sistema [8].

Ločimo tri sisteme s podpovršinskim tokom vode:

5.2.1 sistemi s horizontalnim podpovršinskim tokom vode

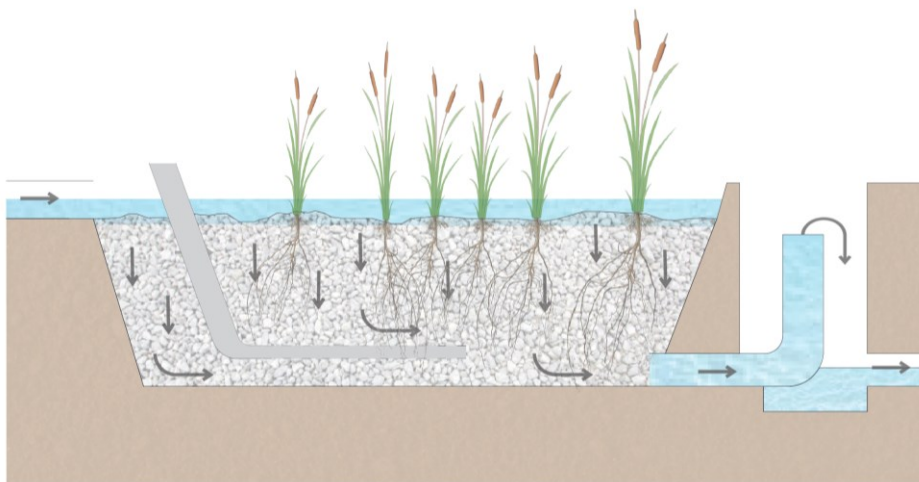
Kot že beseda sama pove, teče odpadna voda v horizontalni smeri skozi substrat (slika 5). V okolici koreninskega sistema posameznih vrst rastlin nastajajo aerobna območja, ki prenašajo v substrat kisik preko delov rastlin, ki se nahajajo nad površino sistema. Takšni sistemi so zelo učinkoviti, saj odstranjujejo suspendirane delce, bakterije iz fekalij, organske snovi ter med drugim tudi težke kovine [8]. Sistem je narejen iz več gred, ki so med seboj zaporedne, onesnažena voda pa se čisti ob pomoči kemijskih in fizikalnih procesov. Slabost tega sistema je slabša možnost prezračevanja, kar povzroča na dnu bazena anaerobne plasti [11].



Slika 5: Shema prečnega prereza sistema s horizontalnim podpovršinskim tokom vode (narisala: Pšeničnik, 2018)

5.2.2 Sistemi z vertikalnim podpovršinskim tokom vode

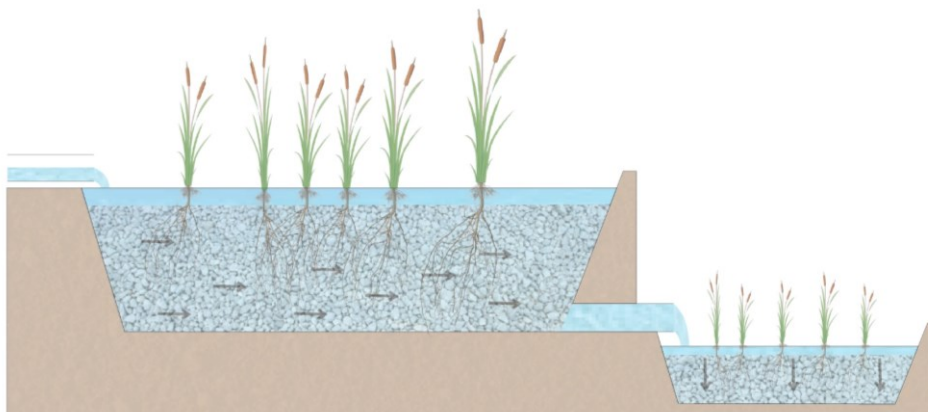
Voda ponika v vertikalni smeri skozi celotno dolžino, na koncu odteka v horizontalni smeri skozi na dnu nameščene drenažne cevi (slika 6). Z vertikalnim sistemom omogočimo, da voda prenaša kisik tudi v nižje predele oziroma globine. Najpogosteje uporabljena rastlina za ta sistem je navadni trst (*Phragmites australis*) zaradi globokega koreninskega sistema. S tem, ko grede niso ves čas poplavljene, je dostopnost kisika v substratu lažja in bolj učinkovita [10], [11].



Slika 6: shema prečnega prereza z vertikalnim podpovršinskim tokom vode (narisala: Pšeničnik, 2018)

5.2.3 Hibridni sistemi

Za čiščenje odpadnih voda uporabljamo tudi sisteme, ki so med seboj mešani oziroma združeni. Gre za kombinacijo z vertikalnim in horizontalnim tokom vode (slika 7). Razlog združitve je, da se pri horizontalnih sistemih bolje odstranjujejo neraztopljene snovi, medtem ko se bolj učinkovito zmanjša vrednost dušika ter BPK_5 pri vertikalnem sistemu [2], [11].



Slika 7: Shema prečnega prereza hibridnega sistema (narisala: Pšeničnik, 2018)

6 STRUKTURA RASTLINSKE ČISTILNE NAPRAVE

6.1 Substrat

Za substrat najpogosteje uporabimo materiale kot so pesek, kamenje, zemlja, šota, mivka in prodniki. Ta material se razlikuje po obliki in frakcijah ter ga glede na globino ustrezno izberemo. V spodnjih plasteh v gredah uporabimo večje premere substrata, za vrhnje pa manjše. Različne velikosti materiala imajo tudi različne sposobnosti in lastnosti:

- na manjših delcih se bolj učinkovito odstranjujejo spojine dušika kakor na večjih delcih,
- manjši delci imajo večjo površino za razvoj biofilma, korenine se lažje zaraščajo v substrat,
- tok vode je laminaren,
- pri večjih frakcijah materiala je poroznost večja in prihaja do večje prepustnosti substrata.

Med glavne lastnosti substrata spadajo:

- kapaciteta,
- pH,
- električna prevodnost,
- redoks potencial,
- površina substratnih delcev,
- električni naboj na površini,
- kationska izmenjava.

Različni substrati imajo različno funkcijo. Materiala, kot sta mivka in zemlja, imata večjo površino delcev in s tem večjo filtracijsko učinkovitost, hidravlična prevodnost pa je manjša. Gramoz in pesek imata nasprotno kot mivka in zemlja večjo hidravlično sposobnost ter manjšo učinkovitost filtracije. Z večanjem premera zrn substrata, se večja odstotek poroznosti, prav tako kot tudi hidravlična prevodnost (tabela 1), vendar to velja tudi za druge primere, ne samo pri RČN [8].

Substrat je eden izmed pomembnih dejavnikov v rastlinski čistilni napravi. Ustrezna izbira substrata je pomembna za uspešno delovanje, saj mikroorganizmi, ki so pritrjeni na substratu in koreninskem sistemu odstranjujejo onesnažila iz odpadne vode. Prav tako ima substrat pomembno vlogo pri ionski izmenjavi, filtraciji in sedimentaciji. S sposobnostjo filtracije in sedimentacije odstranimo iz vode suspendirane in koloidne delce, najpomembneje pa je, da se odstranijo škodljivi mikroorganizmi. Pomemben je tudi pri naseljevanju mikroorganizmov na površino ter pri ukoreninjanju rastlin v sistem [12].

Preglednica 1: Lastnost substrata v RČN s tokom vode pod površino (Vrhovšek, 2008)

Vrsta substrata	Premer zrn [mm]	Poroznost [%]	Hidravlična prevodnost [m ³ /m ² d]
drobno zrnat pesek	2	32	1
grobo zrnat pesek	8	35	5
drobljen prod	16	38	7,5
srednji prod	32	40	10
grobo kamenje	128	45	100

6.2 Mikroorganizmi

Mikroorganizme ločimo glede na različne izrabe energetskih virov, glede na področja naseljevanja ter potrebe po kisiku. Tiste, ki za svoje delovanje potrebujejo kisik, imenujemo aerobni mikroorganizmi in so odgovorni za nitrifikacijo. Anaerobni mikroorganizmi, ki delujejo brez porabe kisika, pa so glavni pri procesu denitrifikacije [1].

Učinkovitost čiščenja odpadne vode je odvisna od razpoložljive površine, torej tam, kamor se lahko naselijo mikroorganizmi na koreninski sistem in medij. Večina mikroorganizmov ima pomembno vlogo pri pretvorbi organskih in anorganskih snovi.

V glavnem so to bakterijske združbe in glive, ki za rast in razvoj potrebujejo v prvi vrsti vodo ter minerale, vitamine, vir ogljika in dušika. Delovanje je odvisno od temperature – najustreznejša temperatura za delovanje mikroorganizmov je v območju med 20 in 30°C, od koncentracije raztopljenega kisika, koncentracije kemijskih snovi ter od pH [12].

Z aerobnimi bakterijami se večina organskih snovi pretvori v CO₂ in H₂O. Te snovi so pritrjene na medij ter koreninski sistem, mikroorganizmi pa sproščajo kisik iz podzemnih delov rastlin.

6.3. Vodne rastline

Vodne rastline so pomemben dejavnik v RČN. Vse rastline, ki so v RČN, so vodoljubne rastline oziroma močvirske rastline, ki so eden izmed dejavnikov, ki omogočajo čiščenje obremenjenih odpadnih vod. Rastline s svojim koreninskim sistemom nudijo podlago za naselitev mikroorganizmom, prav tako upočasnjujejo tok odpadnih voda ter izločajo kisik v odpadno vodo, pomembno funkcijo pa imajo pri odstranjevanju dušika in fosforja.

Kisik, katerega pridelajo rastline je pomemben element, ki je potreben za uspešno razmnoževanje in za razvoj aerobnih mikroorganizmov. Ta potuje preko koreninskega sistema, listov in stebela v koreninsko plast, kjer se ustvari aerobno območje – območje s prisotnostjo kisika, pri čemer prihaja do razgradnje organskih snovi [8].

Vodoljubne rastline nudijo dobre pogoje pri filtraciji, upočasnijo tok onesnažene vode ter preprečujejo zamašitev. Deli rastlin nad vodno površino nudijo senco, ki preprečujejo razvoj alg pri sistemih s površinskim tokom vode. Pri nizkih temperaturah ozračja odpadni deli nudijo izolacijski sloj in tako delovanje RČN ni ogroženo, oziroma je omogočeno delovanje tudi pri nižjih temperaturah [12].

Učinkovitost RČN je odvisna od ustrezne uporabe močvirskih rastlin. Med seboj se razlikujejo po občutljivosti oziroma prilagodljivosti sprememb v okolju, v zarasti podzemnega dela, odpornosti na različne bolezni, temperaturne razlike, sproščanje kisika ter drugih lastnosti, ki so manj pomembne za delovanje RČN.

Močvirske rastline imajo v RČN široko vlogo pomembnosti, tako da:

- sodelujejo pri procesu adsorpcije in filtracije usedljivih in suspendiranih snovi,
- dajejo površino mikroorganizmom, da se nanjo pričvrstijo,
- prezračujejo rizosfero preko koreninskega sistema ter s tem omogočajo razvoj organizmov zaradi posledice difuzije kisika.
- število patogenih bakterij zmanjšujejo s svojimi izločki,
- privzemajo anorganske in organske snovi iz korenin.

Od pretoka vode, ki teče skozi celoten sistem, je odvisna rast močvirskih rastlin. Pretok vode namreč vpliva na količino kisika ter na količino hranilnih snovi, ki so na razpolago za rast in razvoj teh rastlin [2].

Najprimerneje je, da izberemo takšne rastline, ki imajo votle rizome in korenine, katere posledično vsebujejo kanalčke, ki so napolnjeni z zrakom in so v stiku z atmosfero. Rastline s takšnim koreninskim sistemom so najbolj učinkovite pri sistemih RČN. Ustrezne so rastline reda *Phragmites* (trst) (slika 8), *Typha* (rogoz) (slika 9), *Carex* (šas) oziroma ene izmed vrst: navadni trst, šas, perunika (slika 10), beli lokvanj (slika 11), navadno ločje, vodna hijacinta, širokolistni rogoz, ozkolistni rogoz, trpotčasti porečnik, navadni rmanec in vodna leča (slika 12) [9].



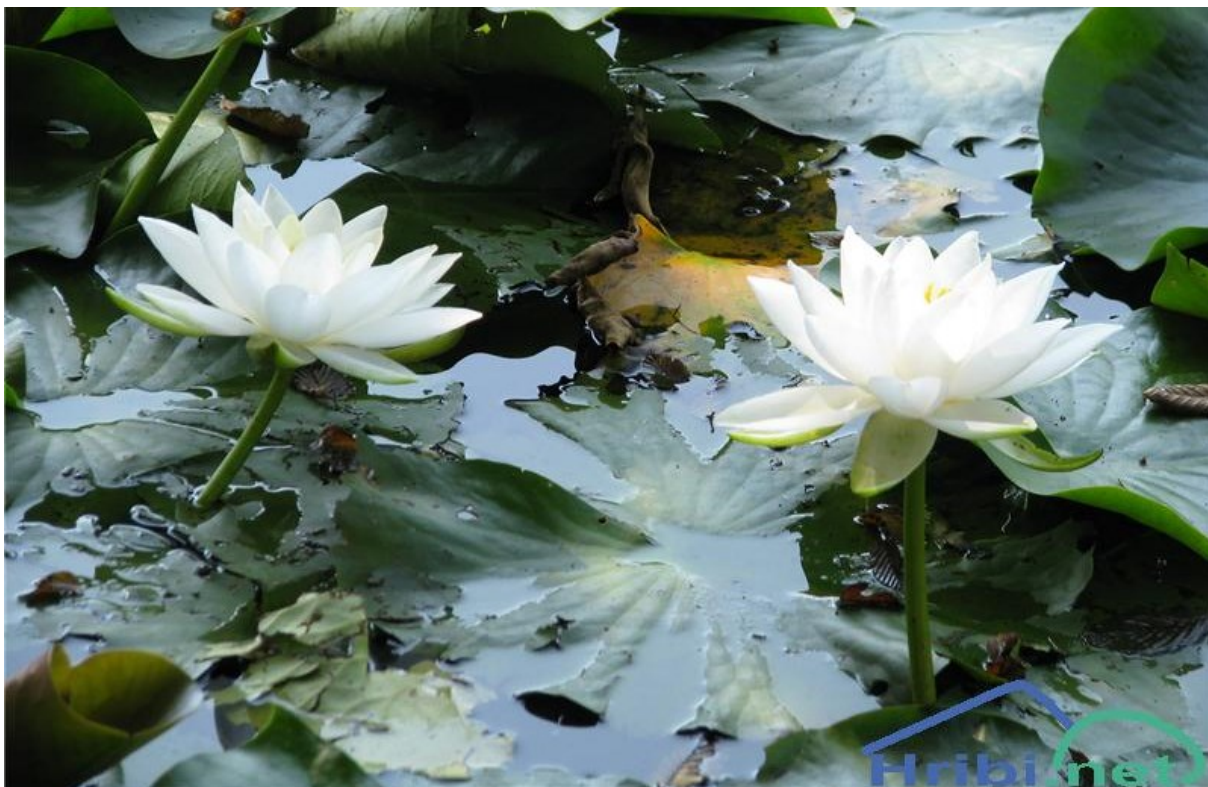
Slika 8: *Phragmites* - trst (Pšeničnik, 2018)



Slika 9: Typha - rogoz (Pšeničnik, 2018)



Slika 10: Iris pseudacorus - vodna perunika (hribi.net, 2018)



Slika 11: *Nymphaea alba* - beli lokvanj (hribi.com, 2018)



Slika 12: *Lemna sp.* - vodna leča (Dnevnik, 2018)

7 ZAKONODAJA, PREDPISANA S STRANI REPUBLIKE SLOVENIJE

Pred umestitvijo čistilne naprave na določeno območje in priključitev na čistilno napravo, je potrebno poznati zakone ter jih v skladu s tem ustrezno upoštevati. Uredbe oziroma zakonodaje, s katerimi sem se srečala pri obravnavi svoje diplomske naloge so:

- uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode,
- zakon o ohranjanju narave,
- zakon o varstvu okolja.

7.1 Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode

Ta uredba je definirana v Uradnem listu RS, št. 98/15 z dne 18. 12. 2015

Uredba v povezavi z emisijo snovi pri odvajanju vode iz komunalnih čistilnih naprav določa:

- dovoljene vrednosti emisije snovi,
- merila za občutljivost vodnih teles površinskih voda,
- ukrepe za zmanjševanje emisije,
- monitoring stanja vodnih teles, v katera se odvajajo komunalne odpadne vode.

V primeru odvajanja vode iz malih komunalnih čistilnih naprav z zmogljivostjo do 50 PE, se mora upoštevati tudi predpise v povezavi z njihovim obratovanjem. Lastniki malih komunalnih čistilnih naprav (MKČN) so posamezniki, ki skrbijo za vzdrževanje in delovanje le-teh ter imajo do upravljalcev javne službe določene dolžnosti. Omogočiti jim morajo prevzem in odvoz blata ter dovoliti pregled čistilne naprave in po potrebi dodati še vzorce komunalne vode iz čistilne naprave [5].

7.2 Zakon o ohranjanju narave

Zakon, zapisan v Uradnem listu RS, št. 56/99

S tem zakonom so predpisani ukrepi, s katerimi se skuša urediti varstvo prosto živečih rastlin ter živali vseh vrst ter njihov naravni prostor – habitat in ekosistemi za zagotavljanje ravnovesja v okolju. Z določanjem ukrepov biotske raznovrstnosti želimo čimbolj prispevati k ohranjanju narave.

Rastlinska čistilna naprava v povezavi s tem zakonom omogoča odstranjevanje onesnažene komunalne vode. To pomeni, da ščitijo ekosisteme, preprečujejo vstop onesnažil neposredno v okolje, omogočajo ohranjanje biotske raznovrstnosti ter s tem ohranjajo naravno ravnovesje v okolju. Pri umestitvi čistilne naprave v okolje zelo malo posegamo v naravo, saj naprava posnema mokrišče, ki pa ima naraven videz. Pomembno je, da ne onesnažujemo

narave ter vanjo poskušamo posegati čim manj, tako da se čim bolj približamo naravnemu stanju, takšnemu, kot je bilo pred posegom [7].

7.3 Zakon o varstvu okolja

Zakon velja kot temeljno načelo za trajnostni razvoj in določa ukrepe glede varstva okolja, spremljanje stanja okolja in podatke o okolju. Zapisan je v Uradnem listu RS, št. 39/06.

Cilji varstva okolja so v prvi vrsti zmanjšanje obremenjevanja okolja ter priti čim bližje ohranjanju in izboljševanju kakovosti okolja. Vedno bolj pomembna je tudi trajnostna raba naravnih virov ter večja uporaba obnovljivih virov energije. Namen varstva okolja je torej ozaveščanje in spodbujanje k takšnemu razvoju, da bomo koristili tudi naslednjim generacijam in ohranjali, oziroma še bolje, izboljšali pogoje za človekovo počutje, zdravje in kakovost življenja.

S tem, ko v prostor umestimo čistilno napravo, zmanjšamo obremenjevanje okolja. RČN za svoje delovanje ne potrebuje nobene električne energije, zato ustreza cilju iz varstva okolja, da zmanjšuje potrebe po energiji ter z biomaso predstavlja energijski potencial. Čistilna naprava ima sposobnost, da očisti onesnaženo komunalno vodo in s tem izboljša porušeno ravnovesje ter ščiti okolje pred nezaželenim iztekom odpadne vode. Z ustreznim delovanjem in umestitvijo rastlinske čistilne naprave v okolje dosežemo predpisane standarde, zapisane v varstvu okolja [6].

8 ANALIZA OBMOČJA

Predmet obravnave pri diplomski nalogi je enodružinska hiša, ki se nahaja v severovzhodnem delu Slovenije. Naselje spada v občino Slovenske Konjice. Obravnavan stanovanjski objekt je zgrajen v naselju Zgornje Laže, ki je od kraja Loče oddaljen dobrih 5 kilometrov. Je zelo mirno in skoraj neprometno, saj so na tem področju pretežno vikend hiše, kamor lastniki ne prihajajo vsakodnevno. V okolici so večinoma kmetijske površine in polja, tako da je priključitev na javno kanalizacijo težko izvedljiva (slika 13). Iz ekonomskega vidika je najbolj smiselna izvedba rastlinske čistilne naprave za čiščenje odpadne vode.



Slika 13: Parcela, kjer je postavljena enodružinska hiša ter njena okolica (Geopedia, 2018)

Hiša je locirana na lažje dostopnem mestu in je obkrožena s travniki. Ob hiši poteka cesta z zahodne strani. Dvonadstropni stanovanjski objekt, v katerem biva štiričlanska družina, je star dobrih 25 let.

Travniki v okolici hiše se vse od severne do južne strani kasneje nadaljujejo v mešani gozd. Področje enostanovanjskega objekta je umeščeno na dokaj ravnem površju, vendar postaja proti jugovzhodnemu delu padec terena večji (slika 14). Nadmorska višina znaša 320m.

Tla so v največji meri glinena, kar je pri umestitvi rastlinske čistilne naprave zelo dobro. Travnik pod hišo se nahaja na blagem pobočju in se nadaljuje v mešani gozd. Konča se z manjšo jaso sredi gozda, kjer na jasi že sedaj domujejo rastline, ki so značilne za močvirnato območje. S tem se nakazuje tudi smiselnost umestitve RČN v ta prostor.

Skozi gozd do jase in prav tako z nje, teče manjši potok. Na omenjenem ravnem področju že več let dobro uspevajo samonikle močvirske rastline.

Že obstoječe vrste rastlin v tem okolju bi uporabila tudi za RČN v okviru svoje diplomske naloge.



Slika 14: Okolica parcele, kjer bi lahko postavili RČN (Pšeničnik, 2018)

8.1 Trenutno stanje glede odvajanja odpadne vode

Za odvajanje onesnažene vode štiričlanska družina trenutno uporablja dvoprekatno betonsko greznico volumna 1000l. Greznico uporabljajo za odpadne komunalne vode iz gospodinjstva ter za fekalne vode. Sestavljena je iz velikega rezervoarja, ki se nahaja pod površino ter iz vrhnje plošče, ki pokriva ta rezervoar.

Padavinsko vodo ločeno zbirajo v cisterni volumna 1m³, katero ob napolnitvi uporabljajo predvsem za zalivanje vrta, trave in rož. Greznico je potrebno po določenem času izprazniti, da se izognemo neprijetnim vonjavam ter omogočimo nadaljnjo normalno delovanje.

8.2 Prostor za postavitve rastlinske čistilne naprave za enodružinsko hišo

Parcela, na kateri stoji obravnavana enodružinska hiša, je zelo velika. Težav, kje bi postavili rastlinsko čistilno napravo, tako ni. Najbolje bi bilo to seveda narediti na območju, kjer je že obstoječa greznica, saj je tam tudi padec terena ustrezen za postavitve le-te (slika 15).

Rastlinsko čistilno napravo bi bilo najbolje umestiti v prostor na jugovzhodnem delu parcele, kjer je dovolj sončne svetlobe in so pogoji ugodni za uspevanje rastlin, prav tako pa je tam največ ustreznega prostora za gradnjo ČN.

Gradnja RČN na tem področju ne bi predstavljala nobenih obremenitev v smislu, da bi morali pred postavitvijo podreti kakšna drevesa. Tam tudi ni vinogradov ali njiv.

Glede na to, da je na južni in jugozahodni strani parcele gozd, je v zgodnjih jutranjih urah tam nekaj sence. To na postavitev RČN bistveno ne vpliva, saj kasneje dobi ta predel zadostno količino sončne svetlobe, ki je potrebna med drugim tudi za odstranjevanje nekaterih bakterij. V poznih pomladnih in poletnih mesecih močvirske rastline pričnejo cveteti, kar dodatno polepša videz prostora in tako ne bi imeli občutka, da tam dejansko stoji RČN.

Zaradi blagega naklona terena na tem območju težav pri vgraditvi čistilne naprave ne vidim. Padeč je dovolj velik, da lahko odplake brez težav gravitacijsko potujejo proti čistilni napravi. S tem, ko bi odplake iz hiše odvajali gravitacijsko, ne bi potrebovali črpalke in posledično tudi ne električne energije, s čimer bi še dodatno zmanjšali stroške izgradnje in obratovanja.



Slika 15: Prostor, kjer bi zgradili RČN (Pšeničnik, 2018)

9 NAČRTOVANJE RASTLINSKE ČISTILNE NAPRAVE NA OBRAVNAVANEM OBMOČJU

S tem, ko želimo umestiti rastlinsko čistilno napravo na določeno območje, moramo upoštevati predpise in standarde ter jih na podlagi teh ustrezno vgraditi v prostor. Glede na število oseb, ki bivajo v tej hiši, je okvirno določena površina, dolžina in širina čistilne naprave.

9.1 Površina RČN

V mojem primeru, kjer imamo zadostno površino za gradnjo rastlinske čistilne naprave, to ne predstavlja nobene težave.

V mestih ali v strnjenih naseljih bi bila gradnja RČN zelo otežena, saj na nekaterih območjih ni dovolj prostora, za umestitev pa je potrebna dovolj velika površina. Problem se pojavi tudi pri visokih cenah zemljišč.

Glede na že obstoječe RČN je ugotovljeno, da bi potrebovali za 1 PE od 2 – 2,5 m² v primeru horizontalne RČN, v primeru vertikalne RČN pa nekje od 1,5 – 5 m².

Kadar želimo natančneje izračunati površino RČN, si lahko pomagamo tudi s pomočjo enačb.

$$A = Q_d(\ln C_o - \ln C_t)K \quad \text{enačba (1)}$$

Pomen parametrov:

A – površina RČN [m²]

Q_d – povprečen dnevni pretok [m³/dan]

C_o – povprečna dnevna vrednost BPK₅ na dotočnem delu [mg/l]

C_t – zahtevana povprečna dnevna vrednost BPK₅ na iztočnem delu [mg/l]

K – konstanta [m/dan]

Dovoljene vrednosti BPK₅ in koncentracije na iztoku so zakonsko določene.

Konstanto K izračunamo po naslednji enačbi:

$$K = k_t H n \quad \text{enačba (2)}$$

Pomen parametrov:

k_t – konstanta pri temperaturi T [l/dan]

H – globina sistema [m]

N – poroznost medija

Iz enačbe (2) je razvidno, da je konstanta K odvisna od temperature, od katere je odvisno delovanje RČN. V predelih, kjer je hladnejša klima, je ne glede na različno izračunano vrednost konstante K površina RČN nekje od 4 – 5 m²/PE.

Najlažji način kako izračunamo površino RČN s pomočjo enačbe je, da uporabimo Kickuthovo enačbo (enačba 3). Enačba je podobna enačbi (1), vendar za vrednost konstante K vzamemo vrednost 0,19 m/dan. To pomeni, da na dotočnem delu upoštevamo 200 mg BPK₅/l za 2,2 m²/PE, na iztočnem delu pa 20 mg BPK₅/l s pretokom, ki znaša 180 l/dan [1].

$$A = (Q_d (\ln C_o - \ln C_t))/0,19 \quad \text{enačba (3)}$$

Pomen parametrov je enak, kot pri enačbi (1).

9.2 Dimenzije RČN

Razmerje med dolžino in širino bi naj bila okoli 2:3, s tem, da je za vsako RČN posebej potrebno izbrati najbolj optimalno razmerje dolžine in širine. Zemeljski sistemi imajo običajno nižje razmerje, sistemi, kjer imamo grušč pa višje. Pri ožji RČN je površinski tok večji, kakor pri širši. Za ožje sisteme pa je med drugim tudi značilno, da je prehod vode enakomernejši.

Dejavniki, kot so površina, ki jo imamo na voljo, izbira rastlin ter hidravlični gradient, vplivajo na to, kakšna bo globina gred oziroma sistema. Pri horizontalnih sistemih RČN znaša največkrat uporabljena globina 0,6m, pri vertikalnih sistemih RČN pa 1m.

Pri globini sistema je potrebno izbrati tudi pravo vrsto substrata. Slabost, ki se pojavi pri napačni izbiri substrata je, da korenine in rizomi ne bi prodrli dovolj globoko. Pri nižjih globinah sistema je tudi večja možnost, da bi prišlo v zimskih mesecih do zmrzovanja.

9.3 Iztekanje, padec dna ter brežine

Za postavitev RČN izberemo področje, kjer bo iztekanje potekalo gravitacijsko. S takim načinom se izognemo vgradnji črpalk, ki bi povzročale rahel hrup ob napravi ter imele za posledico porabo električne energije. Tako nimamo dodatnih stroškov s plačevanjem električne energije, saj to ne bi bilo racionalno. Najugodnejše je izbrati lokacijo, ki že ima določen padec terena.

Predpostavimo tudi, da je najboljša lokacija za RČN pod virom onesnaženja, torej za iztokom odplak iz hiše.

Praviloma bi naj brežine obkrožale sistem 0,2 – 0,5m nad površino.

Zaradi zmanjševanja možnosti za pojav površinskega toka površina sistema nima naklona. Pri nekaterih sistemih RČN imamo nagib dna, ki znaša med 0 – 10%, oziroma večkrat kar med 0 in 3%. Od leta 2000 najprej je dogovor, da bi se naj RČN gradile brez naklona dna.

9.4 Dotok in iztok vode iz RČN

Nivo vode v RČN je potrebno redno preverjati. Zaradi vremenskih razmer (deževje, suša) ter zaradi korenin oz. rastlinja v RČN, lahko nivo vode niha. Zato moramo imeti možnost, da nivo vode uravnavamo tako pri dotoku kot tudi pri iztoku.

Dotok mora biti narejen tako, da lahko spremljamo pretok, poleg tega pa se mora voda izlivati čez celotno površino – pri vertikalnem sistemu RČN ali širino sistema – pri horizontalnem sistemu RČN. Pri horizontalnem sistemu RČN je dotok narejen tako, da voda potuje v pas širine 0,5 m, kjer imamo grobo kamenje s frakcijami od 16 do 32 mm. Tako v dotočnem delu, kot tudi skozi celoten sistem se lahko pojavi možnost zamažitve cevi, zato je le – te potrebno vgraditi tako, da je omogočeno čiščenje.

Na dnu sistema mora biti nameščena drenažna cev, skozi katero lahko izteka očiščena voda iz RČN. Ta drenažna cev je povezana z iztočno cevjo, s pomočjo katere lahko uravnavamo nivo vode. Na iztočnem delu v revizijskih jaških mora biti omogočeno enostavno odvzemanje vzorcev iz RČN, prav tako pa mora biti iztočni sistem zasnovan tako, da je te cevi možno na enostaven način čistiti [1].

V mojem primeru, kjer imamo površine za izgradnjo dovolj, bi bila okvirna velikost RČN okoli 2,5 m² površine na osebo, kar pomeni, da bi za gradnjo in za uspešno delovanje na območju potrebovali približno 10m² površine.

Na obravnavani lokaciji je površine za izgradnjo dovolj, zato bi na tem mestu zgradila RČN za 6PE z dvema gredama manjšima gredama. Prva greda bi bila velikosti 1,5 x 2m, druga pa 3,5 x 2m.

Prva greda bi imela funkcijo filtriranja, druga pa funkcijo čiščenja. Pri tem je pomembno, da gredi ležita na različnih nadmorskih višinah, oziroma je prva greda zgrajena malenkost višje kakor druga, da voda gravitacijsko teče naprej proti iztoku.

Porabljena voda iz hiše bi bila povezana z jaškom do rastlinske čistilne naprave. Voda bi najprej tekla preko usedalnika. Ker je na lokaciji še dovolj dober usedalnik oziroma greznica volumna 1000l, bi ga lahko vključili v celoten sistem čiščenja odpadne vode. S tem se izognemo dodatnim oziroma nepotrebnim stroškom gradnje novega usedalnika. V bližini se nahaja tudi manjši potok, kamor bi lahko speljali očiščeno vodo na iztoku. Voda je na tem mestu očiščena do te mere, da ne bi obremenjevala okolja ali mu škodila. Možnost bi lahko bila tudi ta, da bi na iztoku postavili zbiralnike za očiščeno vodo, ki bi jo lahko kasneje uporabljali za zalivanje. V mojem primeru družina že zdaj ločeno zbira padavinsko vodo z namenom zalivanja, zato na iztoku ne bi bilo potrebno dodati za vodo še enega zbiralnika.

Na gredi bi na koncu nasadili močvirske rastline. Na tem področju bi najbolje uspevale perunika, navaden trst ali rogoz, saj jih lahko že zdaj zasledimo na tem območju in vidimo, da glede na podnebne razmere dobro uspevajo.

Za uspešno delovanje je potrebna obdobja kontrola na približno šest mesecev. S pregledom jaška, cevi in usedalnika preverimo, ali lahko čistilna naprava nemoteno deluje. Na vsaka tri leta je potrebno izprazniti mulj iz usedalnika, ki se je nabral v času delovanja. To predstavlja dodatni, vendar ne prevelik strošek. Z rednimi vzdrževalnimi deli in preventivnimi pregledi zagotavljamo nemoteno delovanje RČN. S temi ukrepi lahko prej odkrijemo in odpravimo morebitne napake, kar posledično ne povzroča večjih stroškov.

Vsako leto je priporočljiva tudi košnja močvirskih rastlin, da damo prostor in možnost širjenju novim.

V mojem primeru bi izbrala RČN s podpovršinskim vertikalnim tokom vode.

10 POTEK GRADNJE

Izkop za gredi:

Globina izkopanih gred bi v mojem primeru bila najmanj 0,5 metra, z razlogom, da v zimskih mesecih ne bi prihajalo do zmrzovanja. Gredi bi bili dve. Prva velikosti 1,5x2m, druga pa 3,5x2m.

Zaščita dna grede:

Dno grede najprej zaščitimo z glinenim tamponom, saj tla niso povsem ilovnata. Ta služi kot varovalo, v primeru da pride do poškodbe folije. Nato na nasutje položimo močno nepropustno folijo debeline 1,2mm. V primeru tanjše folije prišlo do preluknjanja zaradi rasti korenin. Prav tako si lahko pri polaganju folije sočasno pomagamo z vodo, da se folija lepo zravna ter da ne pride do poškodb, ko nanjo nasujemo pesek.

Zasutje s peskom:

Izberemo pesek ustrezne granulacije, da lahko voda čim bolje teče med granulatom, hkrati pa omogoča tudi dober pretok vode. Pod nivo peska položimo dotočne in iztočne cevi. Za preprečitev smradu na vrhnjo plast nad peskom nasujemo še prst, kjer bodo kasneje posajene vodoljubne rastline. Na dnu grede bi bili nasuti prodniki frakcije od 16 do 32mm, plast višje bi bili prodniki mešanih frakcij debeline 4 – 8mm in 8 – 16mm, zgornjo plast pa bi sestavljali prodniki debeline 2 – 4mm.

Zasaditev grede z rastlinjem:

Izberemo rastline, ki uspevajo na tem področju. Priporočljivo je, da sta vsaj dve različni vrsti vodoljubnih rastlin. Posadimo jih na ustrezno medsebojno razdaljo, saj imajo sposobnost, da se bodo ob ustreznem delovanju RČN razrastle same. Ker na obravnavanem področju dobro uspevata rogoz in navaden trst, menim da bi bilo najbolje grede zasaditi s tema dvema močvirskima rastlinama.

Zaključek gradnje RČN:

Iztok iz RČN je lahko narejen na različne načine. Možnost je, da na iztoku naredimo zadrževalnik, in to vodo uporabljamo z namenom zalivanja, ali pa speljemo očiščeno vodo v vodotok.

V mojem primeru bi naredila slednje, saj imamo to prednost, da je v bližini vodotok, in bi vodo iz RČN speljali vanj.

11 EKONOMSKA ANALIZA

Cene RČN se razlikujejo od ponudnika in od lokacije, kjer bomo napravo gradili.

V mojem primeru, bi na obravnavano lokacijo bilo najbolje postaviti vertikalno RČN s podpovršinskim tokom vode in dvema gredama.

Po pogovoru s podjetjem Limnos d.o.o. sem dobila naslednje informacije glede RČN: v primeru, da bi želeli nov polietilenski usedalnik, bi nas z dostavo, montažo in DDV-jem prišlo okoli 950€.

Ker je na lokaciji še dovolj ohranjen usedalnik oziroma greznica, bi le – to ohranili, in bi privarčevali ta denar.

Za izkop RČN, kar znaša po njihovi oceni za okoli 8 ur bagra, bi plačali okoli 400€.

Začetno projektiranje RČN, dobava delov, ponikovalnica in vsa ostala dokumentacija, ki je potrebna za umestitev naprave v prostor, bi vse skupaj znašala okoli 2.500€ skupaj z DDV-jem. V to ceno nista vključena substrat, ki ga nasujemo v grede in vodoljubne rastline.

Ker v okolici dobro uspevajo močvirske rastline predvsem rogoz in navadni trst, bi kar tisti vrsti posadili v napravo in se izognili dodatnim stroškom nakupa.

Če bi želeli, da nam podjetje Limnos d.o.o. naredi celotno RČN od projektiranja do izgradnje (brez nakupa usedalnika), bi za 6PE plačali približno 3.200€.

Po začetni investiciji RČN, bi na približno tri leta morali izprazniti mulj, ki bi se nabral v usedalniku. Cena praznjenja bi za ta primer znašala približno 160€ [19]. Manjši strošek pa bi predstavljala tudi košnja trave.

12 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi sem proučila možnost čiščenja odpadne vode in vrsto postavitve rastlinske čistilne naprave za enodružinsko hišo, ki nima dostopa do javnega kanalizacijskega omrežja. Lokacija hiše je na podeželju severovzhodne Slovenije, ki je obdana s travniki in bližnjim gozdom. Poleg znanja, pridobljenega v okviru izdelave naloge, mi je bilo pomembno vodilo naravno okolje v bližini omenjene hiše, kjer na manjši gozdni jasi že od nekdaj uspevajo samonikle močvirske rastline. To pomeni, da klima na tamkajšnjem področju ustreza rastlinam, ki sem jih tudi sama izbrala za optimalno zasaditev v čistilno napravo.

Pri umestitvi rastlinske čistilne naprave v prostor sem izbrala teren, ki ima rahel naklon. S tem je omogočen pretok vode s pomočjo gravitacije. Prav tako je to tudi prostor, ki je najbližji viru onesnažene vode in zagotavlja ustrezen namestitev dotočne cevi v napravo.

Za štiričlansko družino sem po preračunu določila, da za uspešno delovanje na izbranem območju potrebujemo približno 10m² površine kar pomeni, da bi v mojem primeru za čiščenje odpadne vode zadostovali dve manjši gredi.

V sistem čiščenja odpadne vode lahko dodamo še obstoječi usedalnik, ki ima volumen 1000l in se s tem izognemo stroškom za nakup in gradnjo novega.

V povprečju je ocenjena investicija postavitve naprave okoli 3.200€, kar ocenjujem kot ugodno.

Iz hiše bi odpadna voda odtekala preko povezovalnega jaška do rastlinske čistilne naprave. Ker v bližini hiše teče manjši potok, bo vanj speljana očiščena voda, ki priteče iz sistema. Na gredo na koncu nasadimo močvirske rastline. Na tem območju bi najbolje uspevale perunika, navaden trst ali rogoz, saj že zdaj uspešno rastejo v bližini.

13 VIRI

- [1] Bulc G., T. 2013. Okoljske tehnologije in ekoremediacije. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta.
- [2] Bulc G., T., Vrhovšek, D. 2007. Rastlinske čistilne naprave za čiščenje odpadnih voda. V: Letna konferenca katedre za biotehnologijo, Pomen biotehnologije in mikrobiologije za prihodnost: Voda, 18. in 19. januar 2007.
- [3] Davis, L. 1995. A handbook of constructed Wetlands. Volume 1, General considerations. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/constructed-wetlands-handbook.pdf> (preneseno 12. 8. 2018)
- [4] Limnos, podjetje za aplikativno ekologijo d.o.o. <https://www.limnos.si/> (Pridobljeno 6. 8. 2018)
- [5] Uradni list RS, št. 98/15. Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode. Ministrstvo za okolje in prostor. Agencija Republike Slovenije za okolje, objavljeno 18. 12. 2015.
- [6] Uradni list RS, št. 39/06. Zakon o varstvu okolja. Ministrstvo za okolje in prostor. Agencija Republike Slovenije za okolje in prostor. objavljeno 13. 4. 2006.
- [7] Uradni list RS, št. 56/99. Zakon o ohranjanju narave. Ministrstvo za okolje in prostor. Agencija Republike Slovenije za okolje in prostor, objavljeno 13. 7. 1999.
- [8] Vovk Korže, A., Vrhovšek, D. 2008. Ekoremediacije kanaliziranih vodotokov. Ljubljana: Limnos. Maribor: Filozofska fakulteta, Mednarodni center za ekoremediacije.
- [9] Vovk Korže, A., Vrhovšek, D. 2007. Ekoremediacije, znanstvena monografija. Maribor: Filozofska fakulteta, Mednarodni center za ekoremediacije.
- [10] Vymazal, J. 2008. Constructed wetland for Wastewater Treatment: A Review. V: Sengupta, M. (ur.) in Dalwani, R. (ur.). Proceeding of Taal 2007: The 12th World Lake Conference: str. 965 – 980. https://www.researchgate.net/publication/228407635_Constructed_Wetlands_for_Wastewater_Treatment_A_Review (preneseno 14. 8. 2018)

[11] Vymazal, J. 2010. Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. Water, 2. julij 2010: str. 530 – 549.

https://www.researchgate.net/publication/45945632_Constructed_Wetlands_for_Wastewater_Treatment (preneseno 14. 8. 2018)

[12] Zupančič Justin, M. 2010. Uvod v okoljske tehnologije. Visoka šola za varstvo okolja, Limnos, Velenje, Ljubljana.

Ostali viri:

[13] Arso

<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/agromet/period/etp/> (presenesno 4. 9. 2018)

[14] Čepon, U. 2018 Limnos d.o.o. Komuniciranje preko e-mailov.

[15] Dnevnik.

<https://www.dnevnik.si/1042761525> (preneseno 18. 8. 2018)

[16] Geopedia.

<http://www.geopedia.si/> (preneseno 4. 7. 2018)

[17] Hribi.net.

<http://www.hribi.net/slika.asp?rastlina=2420> (preneseno 18. 8. 2018)

[18] Hribi.net.

<http://www.hribi.net/slika.asp?rastlina=2705> (preneseno 18. 8. 2018)

[19] JKP, Slovenske Konjice

<https://www.jkp-konjice.si/objava/93731> (preneseno 27. 8. 2018)

[20] Wikipedia

<https://sl.wikipedia.org/wiki/Denitrifikacija> (preneseno 4. 9. 2018)