

**VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA**

DIPLOMSKO DELO

**DELOVANJE EKOREMEDIACIJSKIH SISTEMOV OB  
GAJŠEVSKEM JEZERU**

MAJA ŠTEFANEC

VELENJE, 2017



**VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA**

**DIPLOMSKO DELO**

**DELOVANJE EKOREMEDIACIJSKIH SISTEMOV OB GAJŠEVSKEM  
JEZERU**

**ACTIVITY OF ECOREMEDIATION SYSTEMS AT LAKE GAJŠEVSKO**

**MAJA ŠTEFANEC**

**Varstvo okolja in ekotehnologije**

**Mentorica: doc. dr. Cvetka Ribarič Lasnik**

**Somentorica: dr. Nadja Romih**

**VELENJE, 2017**



Številka: 726-7/2015-2  
Datum: 22. 1. 2016

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

### SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Študentka Visoke šole za varstvo okolja **Maja Štefanec** lahko izdela diplomsko delo z naslovom v slovenskem jeziku:

**Delovanje ekoremediacijskih sistemov ob Gajševskem jezeru.**

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

**Activity of ecoremediation systems at the Gajševci Lake.**

Mentorica: **doc. dr. Cvetka Ribarič Lasnik.**

Somentorica: **dr. Nadja Romih.**

Diplomsko delo mora biti izdelano v skladu z Diplomskim redom VŠVO.

Pouk o pravnem sredstvu: zoper ta sklep je dovoljena pritožba na Senat VŠVO v roku 8 delovnih dni od prejema sklepa.



Izr. prof. dr. Boštjan Pokorny  
dekan

Visoka šola za varstvo okolja

Trg mladosti 7 | 3320 Velenje

t: 03 898 64 10 | f: 03 89864 13 | e: info@vsvo.si

[www.vsvo.si](http://www.vsvo.si)





## IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana Maja Štefanec z vpisno številko 34120040, študentka dodiplomskega študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije, sem avtorica diplomskega dela z naslovom Delovanje ekoremediacijskih sistemov ob Gajševskem jezeru, ki sem ga izdelala pod mentorstvom doc. dr. Cvetke Ribarič Lasnik in somentorice dr. Nadje Romih.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo moje avtorsko delo, torej rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela;
- oddano delo ni bilo predloženo za pridobitev drugih strokovnih nazivov v Sloveniji ali tujini;
- so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana v skladu z navodili VŠVO;
- so vsa dela in mnenja drugih avtorjev navedena v seznamu virov, ki je sestavni del predloženega dela in je zapisan v skladu z navodili VŠVO;
- se zavedam, da je plagiatstvo kaznivo dejanje;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatstvo lahko predstavlja za predloženo delo in moj status na VŠVO;
- je diplomsko delo jezikovno korektno in lektorirano;
- dovoljujem objavo diplomskega dela v elektronski obliki na spletni strani VŠVO;
- sta tiskana in elektronska različica identični.

Velenje, \_\_\_\_\_

Podpis: \_\_\_\_\_





## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se predvsem svoji mentorici doc. dr. Cvetki Ribarič Lasnik in somentorici dr. Nadjii Romih za strokovno svetovanje, potrpežljivost, predloge, mnenja in pomoč pri diplomski nalogi.

Prav posebej se zahvaljujem tudi svoji družini, ki mi je v letih šolanja nudila moralno oporo.

Hvala!

## IZVLEČEK

Onesnaženost okolja je največkrat posledica kmetijstva, industrije ali kakšne druge dejavnosti. V veliki meri je za to odgovoren človek in njegove dejavnosti. Takšen primer je tudi Gajševsko jezero, katerega največji problem sta prevelika količina hranil – fosforja in dušika ter drugih snovi zaradi intenzivnega kmetijstva, ki je neposredno ob strugi reke Ščavnice in ob jezeru ter odplake iz gospodinjstev zaradi neurejenega odvajanja komunalnih odpadnih voda. Na jezeru prihaja do eutrofikacije, kar je škodljivo tako v ekološkem kot v ekonomskem pogledu. Ekoremediacije oziroma čiščenje voda s pomočjo rastlin lahko pomenijo rešitev za Gajševsko jezero. Vzpostavitev in delovanje plavajočih čistilnih otokov, nasaditev vegetacijskih pasov, vzpostavitev močvirij oziroma mokrišč, ureditev brežin so načini s katerimi bi trajnostno zaščitili tako Gajševsko jezero kot reko Ščavnico pred onesnaževanjem iz razpršenih virov. Delovanje teh sistemov temelji na vegetaciji oziroma natančneje v koreninskem sistemu. Razgradnja onesnaževal poteka v koreninah rastline, na katerih se naredi ovoj aerobne in anaerobne plasti oziroma na biofilmu. S temi sistemi ekoremediacij bi tudi bistveno pripomogli k dodatnemu habitatu za živalstvo predvsem za ptice in ostale živali. Povečali bi biotsko pestrost in dvignili ekološko vrednost območja. Ena izmed možnih rešitev je izvedba projekta Dobra voda za vse, kjer so se v sodelovanju z občino Križevci pri Ljutomeru uredile rekreacijske poti in se še bodo učne poti z ekoremediacijami. Naredili bodo tudi opazovalni stolp za ptice, pomol za vodne športe pa je že umeščen v jezero. S tem načrtom lahko postane jezero zanimivo za različne vrste turizma ter še posebej ekoturizma, s katerim bi lahko zagotovili delo lokalnim ljudem in podjetjem.

Kot uspešni primer ekoremediacijskih sistemov sem v nalogo vključila opis jezera Rotorua, ki je na Novi Zelandiji. Na tem jezeru so uporabili plavajoče čistilne otoke kot uspešen ekoremediacijski sistem za odstranjevanje dušikovih in fosforjevih snovi.

Okoliške prebivalce Gajševskega jezera sem anketirala o onesnaženosti jezera, možnih ekoremediacijskih ukrepih na jezeru in o njegovem potencialu. Večina anketirancev je mnenja, da je jezero onesnaženo in da ga je treba očistiti. Podpirajo tudi vzpostavitev ekoremediacij ter so mnenja, da ima Gajševsko jezero potencial za različne vrste turizma in športne aktivnosti.

## KLJUČNE BESEDE

Gajševsko jezero, onesnaženost, ekoremediacije, delovanje ekoremediacijskih sistemov, redukcija nutrientov, jezero Rotorua, potenciali za turizem, anketni vprašalnik, rezultati ankete

## **ABSTRACT**

Nowadays pollution of the environment reflects in our environment due to agriculture, industry or any other activity. To great extent this responsibility lies in hands of the man and his activity. Gajševsko Lake is one of these areas. The issue of the lake is in too big amount of nutrients – phosphorus and nitrogen as well as other substances due to intensive agriculture which is present directly along the river-bed of the Ščavnica River, and near the lake; discharges of untreated urban wastewaters, etc. In the lake there is also the process of eutrophication, which is damaging ecological as well as in economic perspective. The solutions for this body of water Gajševci is in ecoremediations and in cleaning the waters by means of the plants. Establishment and operations of the floating treatment islands, planting vegetation belts, establishment of marshes and wetlands, bank remediation, are the methods which would protect Gajševsko Lake as well as Ščavnica River sustainably against pollution from the dispersed sources. Operation of these systems is based on vegetation and on the plant part, to be more precise, on the root system. Degradation of the pollutants takes place in the roots of the plants where a wrap of aerobic and anaerobic layer is created. By these systems of ecoremediations we would also substantially aid to additional habitat for fauna, especially for birds and other animals. We would increase biotic diversity and raise ecological value of the area. By means of the project Good Water for Everybody, recreational paths and learning paths with bioremediations will be created within the municipality Križevci pri Ljutomeru. Watchtower for birds will be built; pier for water sports already exists by the lake. By this plan the lake can perform different types of tourism and ecotourism which could ensure work to local people and companies.

As a successful case of ecoremediation systems I added Rotorua Lake, which is situated in New Zealand. On this lake floating treatment islands were used as a successful bioremediation system in order to remove nitrogen and phosphorous compounds.

For the local inhabitants of Gajševsko Lake I produced a survey questionnaire with questions, connected to Gajševsko Lake, pollution of the lake, bioremediation measures of the lake and potentials of the lake. Most of the participants believe that lake is polluted and that it needs to be cleansed. They also support the establishment of bioremediation and believe that Gajševsko Lake has some potential for different types of tourism and sports activities.

## **KEYWORDS**

Gajševsko Lake, pollution, bioremediations, operation of bioremediation systems, reduction of nutrients, Rotorua Lake, potentials for tourism, survey questionnaire, results of the survey.

## SIMBOLI IN OKRAJŠAVE

EU	Evropska unija
ha	hektar, enota za površino
mg	miligram, enota za težo
ERM	ekoremediacije
RČN	rastlinske čistilne naprave
pH	merilo za koncentracijo hidroksidnih ionov v raztopini
PVC	polivinil klorid
PP	polipropilen
mg/L	miligrami na liter
ERICo	ERICo Velenje, Inštitut za ekološke raziskave
H <sub>2</sub> S	vodikov sulfid
NO <sub>3</sub>	nitrat
BPK <sub>5</sub>	biološka potreba po kisiku v petih dneh
KPK	kemijska potreba po kisiku
MKČN	male komunalne čistilne naprave
P	fosfor
N	dušik
mm <sup>3</sup> /L	kubični milimetri na liter
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
DOOPS	Društvo za opazovanje in preučevanje ptic Slovenije
Q	pretok
m <sup>3</sup>	kubični meter
RS	Republika Slovenija
km <sup>2</sup>	kvadratni kilometer
m	meter
cm	centimeter
ha/m <sup>3</sup>	hektar na kubični meter

## KAZALO VSEBINE

1. UVOD .....	15
1.1 Opredelitev raziskovalnega problema .....	15
1.2 Namen in cilj .....	16
1.3 Zastavljene hipoteze .....	16
2. ZAKONODAJA IN PRAVNE PODLAGE .....	17
2.1 Zakonske osnove, monitoring in spremljanje stanja jezer .....	18
2.2 Mreža merilnih mest .....	18
3. TEORETIČNA IZHODIŠČA .....	20
3.1 Ekoremediacijski sistemi .....	20
3.2 Pregled različnih ERM sistemov .....	23
3.3 Opis primera dobre prakse: jezero Rotorua .....	31
3.4 Projekt »Dobra voda za vse« .....	33
3.5 Opis Gajševskega jezera .....	35
3.5.1 Rastlinstvo .....	37
3.5.2 Živalstvo .....	37
3.6 Problematika onesnaženosti Gajševskega jezera .....	38
3.6.1 Razpršeno onesnaževanje .....	40
3.6.2 Evtrofikacija jezera Gajševci .....	41
4. METODOLOGIJA .....	42
4.1 Študij domače in tuje literature .....	42
4.2 Anketiranje in obdelava ter prikaz podatkov .....	42
4.3 Statistični podatki .....	42
5. REZULTATI IN RAZPRAVA .....	43
5.1 Primerjava Gajševskega jezera in jezera Rotorua kot primer uspešne prakse .....	43
5.2 Primerjava predlaganih ERM sistemov na območju Gajševskega jezera in reke Ščavnice ter zmanjševanje onesnaženosti Gajševskega jezera .....	45
5.3 Rezultati anketnega vprašalnika .....	47
5.3.1 T-test med spolom in starostjo .....	52
5.3.2 T-test med izobrazbo in krajem bivanja .....	52
6. SKLEP .....	53
7. ZAKLJUČEK .....	54
8. VIRI IN LITERATURA .....	55

## KAZALO SLIK

Slika 1: Vtok reke Ščavnice v jezero. ....	19
Slika 2: Iztok vode iz Gajševskega jezera. ....	19
Slika 3: Shema biotskih in abiotskih dejavnikov pri ekoremediacijah. ....	21
Slika 4: Možne lokacije za ekoremediacijske ukrepe. ....	22
Slika 5: Primer plavajočega čistilnega otoka v Elayn Hunt Correctional in St. Gabriel, Louisiana. ....	23
Slika 6: Delovanje biofilma pri plavajočih čistilnih otokih. ....	24
Slika 7: Potencirana lokacija za mokrišče. ....	26
Slika 8: Prerez RČN s površinskim tokom. ....	27
Slika 9: Obstoječi otok na ribniku Vrbje. ....	28
Slika 10: Vodotok s stranskim rokavom ali mrtvico. ....	28
Slika 11: Zaporedna odbijača v strugi. ....	29
Slika 12: Vegetacijski pas. ....	30
Slika 13: Območje jezer Rotorua. ....	31
Slika 14: Napis Rotorua iz plavajočih čistilnih otokov. ....	32
Slika 15: Brežina jezera pred projektom. ....	34
Slika 16: Brežina jezera po končanem projektu. ....	34
Slika 17: Prispevno območje akumulacijskega jezera Gajševci. ....	35
Slika 18: Celotno Gajševsko jezero. ....	36
Slika 19: Rastlinstvo jezera in vtok v jezero. ....	37
Slika 20: Labod grbavec nad jezerom. ....	38
Slika 21: Stranski kanal reke Ščavnice ob Gajševskem jezeru s peno. ....	40
Slika 22: Cvetenje alg v jezeru. ....	41

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Merilna mesta na Gajševskem jezeru. ....	18
Preglednica 2: OECD kriterij za določanje trofičnega stanja jezer in vodnih teles. ....	38
Preglednica 3: Podatki meritev za Gajševsko jezero med leti 2007-2014. ....	39

## KAZALO GRAFOV

Graf 1: Starost anketirancev po spolu. ....	47
Graf 2: Kraj bivanja anketirancev. ....	48
Graf 3: Posameznikovo zmanjšanje vpliva onesnaževanja. ....	49
Graf 4: Estetika predlaganih ukrepov. ....	50
Graf 5: Mnenja anketirancev o potencialnem turizmu pri čistejši vodi v jezeru. ....	51

## PRILOGE

- Priloga A: R commander ukazi
- Priloga B: Anketni vprašalnik

## 1. UVOD

Ekoremediacije oziroma ERM so načini zaščite in obnove degradiranih okolij s pomočjo naravnih sistemov in procesov. Učinki ERM so večnamenski, na primer zadrževanje in čiščenje vode, energetska izraba ter ohranitev biološke raznovrstnosti. Dolgotrajne in visoke učinke pri ohranjanju naravnega ravnotežja dosežemo z razmeroma nizkimi stroški. ERM so najbolj uporabne pri zaščiti različnih vodotokov, jezer, podtalnic, morja in mnogih kopenskih sistemov. To je edini možni način za zmanjševanje razpršenega onesnaževanja in naravnih ujm, kot so poplave ter suše. V praksi se vedno bolj dokazujejo kot edini možni način razgradnje ali vezave onesnaževal, ki v okolju delujejo sinergijsko (Roš in Panjan, 2012).

### 1.1 Opredelitev raziskovalnega problema

Gajševsko jezero je že nekaj let problematično, kar se odraža v slabši kakovosti vode, vpliva na biotsko raznovrstnost v neposredni bližini, ob ali v jezeru in zmanjšuje potencial jezera. Zaradi slabše kakovosti vode se je zmanjšal obisk deskarjev na vodi, ki so prihajali tudi iz drugih držav predvsem zaradi ugodnega vetra. Onesnaženost vode je v preteklosti bil vzrok za večkratni pomor rib, pojav eutrofikacije oziroma cvetenja alg in različnih pen na vodi. Vzrok onesnaženosti vode leži predvsem v kmetijstvu in v odvajanju komunalnih odpadnih voda v reko Ščavnico. Gorvodno je problematika opazna tudi pri prvih zapornicah, pri katerih so znotraj območja kmetijske površine (ob velikih vodah-poplavah se vse izpere v vodo in nato odplavi v jezero). Podatki nakazujejo predvsem na onesnaženost s fosforjevimi in dušikovimi spojinami.

V diplomski nalogi sem se osredotočila na delovanje ERM, ki so primerne za območje Gajševskega jezera, kot so plavajoči čistilni otoki, stranska struga s čistilno gredo, odbijači in pragovi, mokrišča, ter na samo problematiko jezera, zaradi katere je treba v Gajševsko jezero vključiti ERM sisteme. Ti predlagani ukrepi še niso v okolju Gajševskega jezera. Opravljena je primerjava z uspešnim primerom ERM sistemov kot ukrepov za čiščenje voda z dušikom in fosforjem, na Novi Zelandiji na jezeru Rotorua. Anketirala sem prebivalce okoliša Gajševskega jezera o problematiki in o podpiranju vzpostavitve ERM sistemov.

## 1.2 Namen in cilj

Namen moje diplomske naloge je predstaviti delovanje potencialnih ERM sistemov Gajševskega jezera kot rešitev za onesnaženje tega vodnega telesa, ki bi bili uvedeni v to okolje. Predstavljeni ERM sistemi niso vpeljani v okolje Gajševskega jezera in reke Ščavnice. Opisala bom tiste ERM sisteme, ki so najbolj primerni za vzpostavitev v Gajševsko jezero in hkrati predstavila njihove prednosti ter slabosti. Navedla bom tudi primer jezera v tujini, na katerem so bili izvedeni ERM ukrepi kot primer uspešne izvedbe in uspešnosti uvedb ERM v okolje. Med cilji je tudi pregled in izbor ERM sistemov, ki, bi bili potencialno uspešni na območju Gajševskega jezera.

## 1.3 Zastavljene hipoteze

V tej diplomski nalogi sem si zastavila dve hipotezi:

**Hipoteza 1:** Predlagani ERM sistemi na Gajševskem jezeru so glede na vrsto onesnaževanja primerni.

**Hipoteza 2:** Vprašani anketiranci podpirajo vzpostavitev ERM.



## 2. ZAKONODAJA IN PRAVNE PODLAGE

Predpisi EU/mednarodne pogodbe (Zakon o vodah, 2015):

- Direktiva Parlamenta in Sveta EU (2000/60/EC) o skupni politiki do voda,
- Konvencija o varstvu in uporabi čezmejnih vodotokov in mednarodnih jezer (1992),
- Konvencija za zaščito reke Donave (1992),
- Konvencije o zaščiti Mediteranskega morja pred onesnaženjem (1976).

Področje voda urejajo v Republiki Sloveniji naslednji zakoni:

- Zakon o vodah (Uradni list RS, 67/02, 2/04 – ZZdl-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14 in 56/15),
- Zakon o varstvu okolja (Uradni list RS, 32/93 in 1/96, št. 39/06 – uradno prečiščeno besedilo, 49/06 – ZMetD, 66/06 – odl. US, 33/07 – ZPNačrt, 57/08 – ZFO-1A, 70/08, 108/09, 108/09 – ZPNačrt-A, 48/12, 57/12, 92/13, 56/15, 102/15 in 30/16),
- Zakon o ohranjanju narave (Uradni list RS, št. 56/99 št. 96/04 – uradno prečiščeno besedilo, 61/06 – ZDru-1, 8/10 – ZSKZ-B in 46/14),
- Zakon o ratifikaciji Konvencije o varstvu in uporabi čezmejnih vodotokov in mednarodnih jezer (Uradni list RS, 5/99),
- Zakon o ratifikaciji Konvencije o sodelovanju pri varstvu in trajnostni rabi reke Donave (Uradni list RS, 12/98),
- Zakon o ratifikaciji Konvencije o zaščiti Mediteranskega morja pred onesnaženjem (Uradni list RS, 11/92).

Z uvedbo direktive o vodah so se spremenila tudi merila in načini ocenjevanja stanja voda, zato sedanje ocene niso popolnoma primerljive z ocenami pred letom 2006. Zakonodajno sta področje ocenjevanja stanja voda uredili dve uredbi (Ocena stanja voda za obdobje 2006-2008):

- Uredba o stanju površinskih voda (Uradni list RS, 14/2009) in
- Uredba o stanju podzemnih voda (Uradni list RS, 25/2009).

Zakoni urejajo za stanje voda in vodnega okolja najpomembnejše vsebine, in sicer varstvo in rabo voda ter vodnega in obvodnega prostora, urejanje voda in varstvo od voda odvisnih ekosistemov. Zakoni določajo osnovna načela in cilje, teritorialne osnove ter načine in postopke za upravljanje z vodami tako, da bo doseženo dobro stanje voda v okviru celovite problematike vodnih območij. S tem povzemajo vse najpomembnejše vsebine sodobne evropske zakonodaje na področju voda (Zakon o vodah, 2015).

## 2.1 Zakonske osnove, monitoring in spremljanje stanja jezer

Državni monitoring kakovosti površinskih voda spremlja ekološko in kemijsko stanje jezer. Izvaja se na osnovi 62. in 63. člena Zakona o vodah (Uradni list RS, 67/02, 2/04 – ZZdrl-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14 in 56/15,) in 96. in 99. člena Zakona o varstvu okolja ZVO-1 (Uradni list RS, 32/93 in 1/96, 41/04, št. 39/06 – uradno prečiščeno besedilo, 49/06 – ZMetD, 66/06 – odl. US, 33/07 – ZPNačrt, 57/08 – ZFO-1A, 70/08, 108/09, 108/09 – ZPNačrt-A, 48/12, 57/12, 92/13, 56/15, 102/15 in 30/16). Leta 2007 se je monitoring stanja voda prvič izvajal v skladu z aneksom Vodne direktive 2000/60/EC. Spremljanje stanja jezer vključuje vsa naravna jezera s površino vodne gladine >0,5 km<sup>2</sup>, umetna vodna telesa s površino nad 0,5 km<sup>2</sup> ter vodna telesa s statusom kandidatov za močno preoblikovana vodna telesa s površino vodne gladine >0,5 km<sup>2</sup> (Program spremljanja ekološkega in kemijskega stanja jezer, 2007).

Osnovni principi programa monitoringa so določeni v Direktivi 2000/60/ES Evropskega parlamenta in sveta z dnem 23. oktober 2000, ki določa okvir za delovanje Vodne direktive. Področje monitoringa stanja voda ureja Pravilnik o monitoringu površinskih voda (Uradni list RS, 10/2009) in Pravilnik o monitoringu podzemnih voda (Uradni list RS, 25/2009) (Program monitoringa stanja voda za obdobje 2010-2015).

## 2.2 Mreža merilnih mest

Merilna mesta so definirana kot točke na površini posameznega jezera oziroma zadrževalnika. Vzorčenje poteka po globinski vertikali. Na globljih jezerih vzorčenje zajema tri plasti, pri plitvejših jezerih pa samo dve globinski plasti. V letu 2007 so zaradi metodologije opredelitve statusa kandidatov za močno preoblikovano vodno telo na vseh zadrževalnikih in akumulacijah prešli iz ena na najmanj dve potrebni merilni mesti za zajem bentoških nevretenčarjev, na korenu in na koncu jezera (Program spremljanja ekološkega in kemijskega stanja jezer, 2007). Preglednica 1 prikazuje merilna mesta na Gajševskem jezeru za zajem vode za vzorčenje. Merilni mesti ob vtoku in iztoku prikazujeta sliki 1 in 2.

*Preglednica 1: Merilna mesta na Gajševskem jezeru.*

VODNO TELO	OSNOVNO MERILNO MESTO	Šifra merilnega mesta	Koordinate	
			X	Y
GAJŠEVSKO JEZERO	T1 (ob pregradi)	J0801	5154883	5586581
	dodatno merilno mesto GajL1		5154787	5586563
	dodatno merilno mesto GajL2		5155052	5585882
	dodatno merilno mesto GajL3		5155407	5585842

Vir: [http://www.arso.gov.si/vode/jezera/programi/program\\_jezera\\_2007.pdf](http://www.arso.gov.si/vode/jezera/programi/program_jezera_2007.pdf), 29. 6. 2016



Slika 1: Vtok reke Ščavnice v jezero.  
Foto: M. Štefanec, 2016



Slika 2: Izток vode iz Gajševskega jezera.  
Foto: M. Štefanec, 2016

## 3. TEORETIČNA IZHODIŠČA

### 3.1 Ekoremediacijski sistemi

Uporabo naravnih sistemov in procesov za varovanje in obnovo okolja združujemo pod besedo ERM ali ekološko čiščenje in varovanje. Gre za več istočasno potekajočih procesov, kot so razstrupljanje, odstranjevanje onesnažil z uporabo vseh sestavin neživega in živega okolja (Ambrožič Dolinšek, 2006) (slika 3).

Ekosistemi imajo sposobnost prilagajanja tako naravnim kot umetno povzročenim spremembam v naravi. Kljub svoji samočistilni sposobnosti okolje ni vedno kos človeškim vplivom. Odzivi teh ekosistemov nas usmerjajo in opozarjajo na območja kjer se poruši naravno ravnovesje zaradi onesnaženosti. Prednosti ERM so krepitev ekosistemske pestrosti, večnamembnosti in funkcionalnosti. Zadržujejo vodo, imajo pufersko sposobnost sonaravnega čiščenja voda (predelajo ali nevtralizirajo številna organska in anorganska onesnažila). Vzpostavitev ERM zahteva majhen finančni vložek in majhno porabo energije. Upošteva se trajnostni razvoj kot naravno danost okolja. Prav tako pa imajo ERM v družbi veliko družbeno sprejemljivost.

Tehnologije ERM vključujejo principe puferskih sposobnosti narave, fitoremediacije (fitostabilizacijo, fitoekstrakcijo, fitovolatizacijo ...) in bioremediacijo za sanacijo onesnaževanja v okolju (Schnoor, 1997). Funkcije ERM so zadrževanje vode, čiščenje (filtriranje, zadrževanje snovi, razgrajanje organskih in strupenih snovi, bogatenje s kisikom) in ohranjanje biodiverzitete (Vovk Korže, Sajovic, Kroflič, Vrhovšek, 2008).

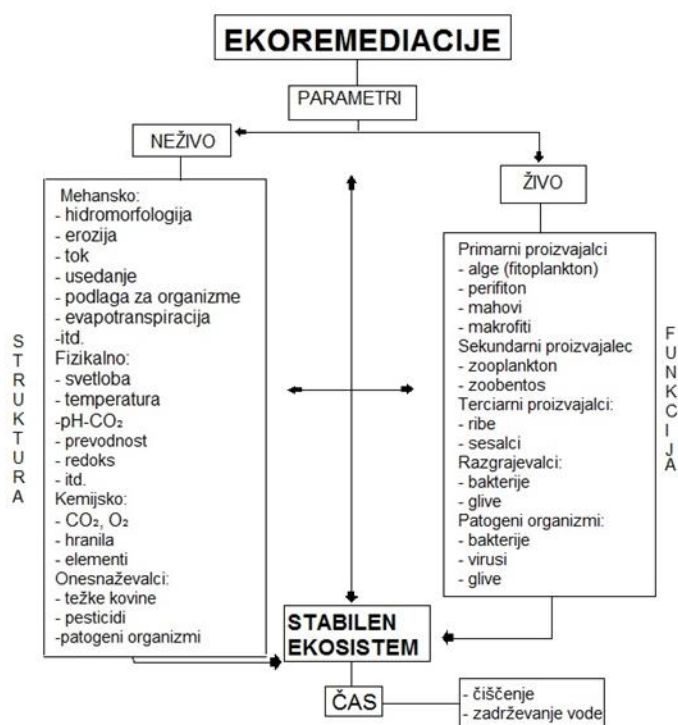
Pričakovana učinkovitost čiščenja z ERM je 80 % za dušik in 80 % za fosfor. Pozimi ob propadu rastlin se učinkovitost zmanjša, a ne pade pod 80 % (Vrhovšek in Vovk Korže, 2007). Že samo umeščanje ERM pa predstavlja večnamenske rešitve, saj poleg čiščenja vode lahko utrjujejo brežine jezera ali vodotoka z zmanjševanjem erozije, zmanjšujejo vnos sedimentov, zadržujejo vodo oziroma blažijo poplavne in sušne viške ter nudijo življenjski prostor številnim rastlinskim in živalskim vrstam. Takšni sistemi lahko hkrati služijo v opazovalno-izobraževalne namene ter poudarijo naravni videz vodnega in obvodnega prostora, kar je za obiskovalce bistvenega pomena (Vovk Korže, 2015).

Dušikove spojine se iz onesnažene vode odstranjujejo s pomočjo mikrobov, ki spreminjajo amonijak in nitrat v plinski dušik. Takšna oblika odstranjevanja dušika je najbolj učinkovita pri višjih vrednostih vnosa dušika. Fosfor nima atmosferskega vira, zato se v fazi čiščenja veže na substrat RČN. Oba anorganska elementa prevzamejo v RČN tudi rastline (Kokot Krajnc in Vovk Korže, 2014).

Poznamo več procesov odstranjevanja fosforja in dušika iz vode. Med njimi je tudi biološko odstranjevanje dušikovih in fosforjevih spojin, ki so razviti iz modifikacij konvencioniranega sistema z aktivnim blatom. Pri tem procesu se morajo za učinkovito odstranjevanje fosforja vse oblike fosforja (organski fosfat, polifosfat in ortofosfat) pretvoriti v ortofosfat. Potekati mora najprej nitrifikacija, nato denitrifikacija. Prisotne so različne cone, kot so: aerobna, anoksična in anaerobna cona (Biološko čiščenje[online], 2016).

Pri konvencionalnem sistemu z aktivnim blatom se iz sistema biološko odstrani 30- 50 % fosforjevih spojin, medtem ko se pri procesu za odstranjevanje fosforja odstrani nad 90 % fosforja. Pri sistemih za odstranjevanje fosforja dosežemo večjo učinkovitost zato, ker sta pri takem procesu vključeni dve vrsti bakterij: *Acinetobacter* in *Pseudomonas*, ki pod anaerobnimi pogoji sproščata vezani fosfor in ga nato v aerobnih pogojih odstranjujeta iz raztopine v zelo velikih količinah. Pri tem nastaja večja količina blata, kar je tudi osnova za odstranjevanje fosforja. Tehnologija odstranjevanja fosforja je običajno razdeljena na dva načina obdelave, in sicer na proces z glavnim tokom in proces s stranskim tokom. Razlika je povezana z usmerjanjem tokov z zunanjim dodajanjem kemikalij (Biološko čiščenje [online], 2016).

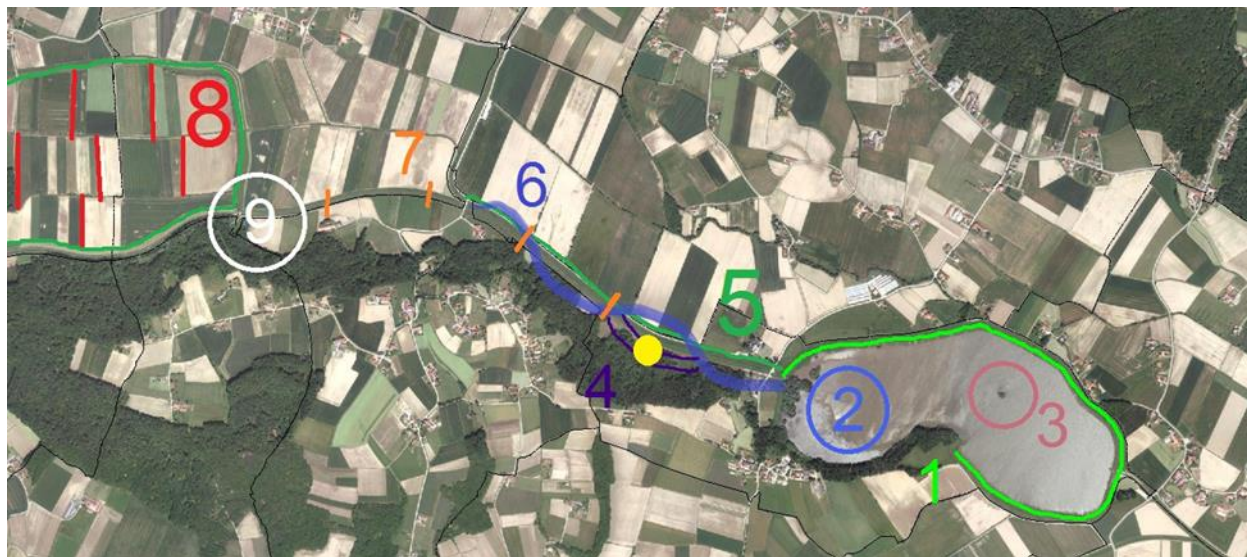
Nitrifikacija je oksidacija amoniaka/amonija do nitrata kot najbolj oksidirane oblike anorganskega dušika. Pretvorba amoniaka je dvostopenjski proces, ki ga vršita dve skupini med seboj filogenetsko nesorodnih bakterij, ki spadajo med proteobakterije. Med amonij oksidirajoče bakterije, ki vršijo prvo stopnjo oksidacije amoniaka v nitrit preko hidroksil-amina, se najpogosteje omenjajo bakterije iz rodu *Nitrosomonas* (Egli in sod., 2003; Layton in sod., 2005). Reverzni proces nitrifikacije je denitrifikacija in pomeni redukcijo oksidiranih dušikovih spojin, kot sta nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ter nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) v plinske oblike dušika v obliki didušikovega oksida (N<sub>2</sub>O) in dušika (N<sub>2</sub>) (Madigan in sod., 2000). Denitrifikacijo vršijo številni heterotrofni mikroorganizmi, npr. *Pseudomonas sp.*, *Paracoccus sp.*, *Zooglea sp.* ali fosfat akumulirajoči organizmi, kjer kot sprejemnika elektronov uporabljajo nitrat ali nitrit, kot donorja elektronov pa organsko snov (Madigan in sod., 2000; Heylen in sod., 2006).



Slika 3: Shema biotskih in abiotskih dejavnikov pri ekoremediacijah. (Vir: Razinger, 2008)

Osnovni namen uporabe ERM je večnamensko in sonaravno gospodarjenje z vodotoki, jezeri, mokrišči, kar bo omogočilo celostni razvoj posameznih območij in prispevalo k sožitju človeka in narave ter omililo naravne ujme (Vrhovšek in Vovk Korže, 2008). Razvojni načrt (2015) predvideva predvsem postavitev ERM sistemov na dotočnem in iztočnem delu jezera (slika 4). V večji meri gre za postavitev različnih ERM sistemov (trstičnih čistilnih gred na dotoku in iztoku, urejanje brežin ...), ki bi zmanjšali vsebnost hranil v vodi.

Ravno strugo reke Ščavnice pred vtokom v Gajševsko jezero je priporočljivo preurediti v meandrirano in hkrati vzpostaviti vegetacijski pas na brežini struge. Pred vtokom v jezero bi se strugi reke Ščavnice dodala stranska struga s čistilno gredo. Struga reke je v večini obdana z njivami oziroma kmetijskimi obdelovalnimi površinami bi dodali vegetacijske pasove, ki pripomorejo k varovanju voda. Na samem vtoku reke v jezero bi vzpostavili mokrišče s trstičnim rastjem. Na območju jezera, kjer je ribji rezervat in območje opazovanja ptic, bi dodali plavajoče čistilne otoke. Brežine jezera pa bi revitalizirali z nasaditvijo vegetacije. Ob prvi zapornici pri kraju Bolehnečici do samega vtoka v jezero bi naredili prodnat nasip in vrsto pragov za boljšo zračnost. Del brežin okoli jezera bi spremenili v koreninske zavese. Sanirali in obnovili bi tudi otok sredi jezera, ki se z leti manjša zaradi erozije (Vovk Korže, 2015). Vsi ti ukrepi so bili predlagani v sklopu projekta »Dobra voda za vse« oziroma v Razvojnem načrtu upravljanja z Gajševskim jezerom in pojezerjenjem z uporabo ekoremediacij.



Slika 4: Možne lokacije za ekoremediacijske ukrepe.  
(Vir: Vovk Korže in Erjavec, 2015)

Legenda slike:

- 1- urejanje brežin
- 2- plavajoči čistilni otoki
- 3- revitalizacija otoka
- 4- stranska struga s čistilno gredo
- 5- vegetacijski pas
- 6- meandriranje struge
- 7- odbijači toka, pragovi, prodnat nasip
- 8- mejice
- 9- obrežno mokrišče

## 3.2 Pregled različnih ERM sistemov

- PLAVAJOČI ČISTILNI OTOKI

So sistemi, ki posnemajo naravno delovanje mokrišč. Narejeni so tako, da imajo plavajoči nosilni medij, na katerem je rastlina, ki čisti vodo. Ti otoki plavajo na površini vode in čistijo vodo s filtriranjem (suspendirane snovi) ter privzemom onesnažil raztopljenih v vodi (hranila in kovine) (medmrežje 6).

Na nosilnem mediju je rastlina s substratom (organska in anorganska hranila) ali brez substrata, ki plava (nosilni medij) na vodni površini. Pri izboru ustreznega medija je pomembno ravnotežje med razpoložljivo vodo in zračnostjo. Zagotovljene morajo dovolj velike pore za vstop korenin v vodo. Če plavajoči medij vsebuje substrat, mora biti izmerjena pH- vrednost med 5,0 in 6,5. Kadar pa je v vodi že zadostna količina hranil, medij s substratom ni zahtevan. Pri izdelavi plavajočih nosilnih medijev se uporablja širok izbor materialov. Izbor le- teh je odvisen od posameznega primera in finančne zmogljivosti.

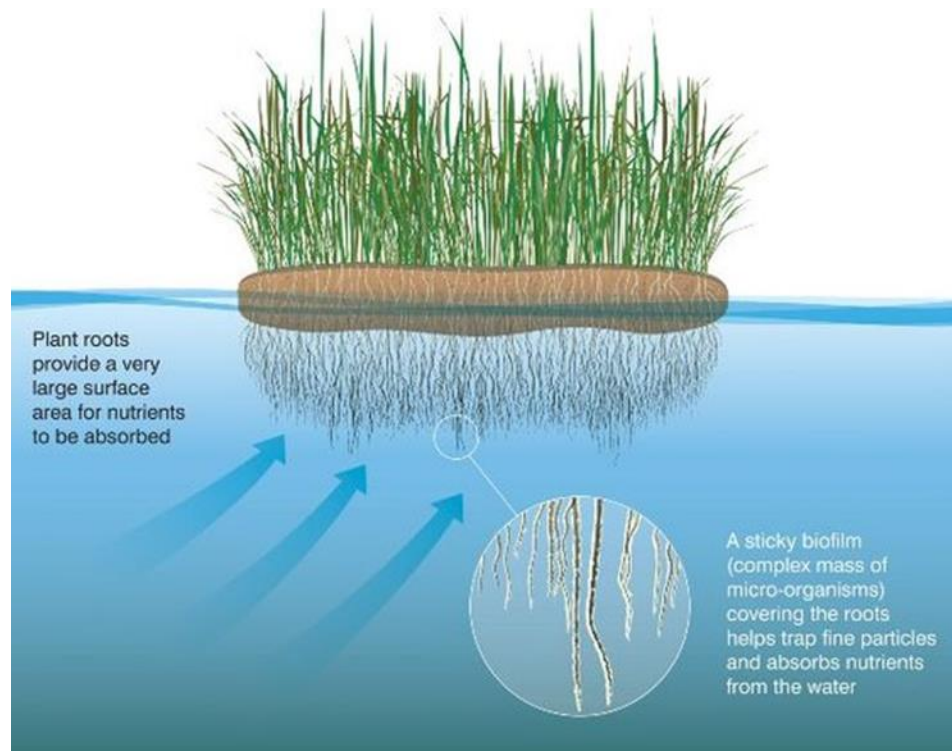
Materiali, ki se uporabljajo, so cevi PVC in PP, polivinil, polistiren, bambus, različne plastične embalaže, kovinske in lesene konstrukcije, poliester, itd. Glavni namen teh medijev je, da zagotovijo plovnost in podpirajo rast rastlin. Primer plavajočega čistilnega otoka je na sliki 5.



Slika 5: Primer plavajočega čistilnega otoka v Elayn Hunt Correctional in St. Gabriel, Louisiana.  
Vir: <http://www.wateronline.com/doc/wastewater-pond-uses-floating-wetlands-for-nutrient-removal-0001>, 22. 1. 2017

Proces odstranjevanja onesnaževal se dogaja v koreninskem sistemu rastline. Korenine obdajajo mikroorganizmi, ki so s koreninami v simbiozi. Na začetku rastline transportirajo enostavne sladkorje skozi korenine in omogočajo lažjo rast mikroorganizmov. Le-ti nato organske snovi razgradijo in posredujejo hranila rastlini. Na koreninah je prisoten ovoj, ki se imenuje biofilm. Biofilm sestavljajo bakterije skupaj z izvenseličnim ovojem. Na biofilm se vežejo hranila, kovine in minerali (slika 6). Razgradnja onesnaževal poteka v aerobno-anaerobnih mikrookoljih korenin plavajočih rastlin.

Pri procesu razgradnje onesnaževal imajo glavno vlogo mikroorganizmi. Najučinkovitejši proces denitrifikacije poteka v mešanih aerobnih in anaerobnih razmerah (Duncan, 2009). Biofilm (ali biološka prerast) je lepljiv in želatinast ter vsebuje veliko živih organizmov. Na začetku rasti mikrobiološkega filma preko nosilca se razvije najprej samo aerobna plast biofilma. Z nadaljnjo rastjo nastaja druga, nova plast, ki se nalaga na prejšnjo plast, kjer nastajajo anaerobni pogoji. Prednost biofilma pred ostalimi sistemi je v koeksistenci aerobnega in anaerobnega dela, saj po procesu nitrifikacije v aerobnem delu lahko poteče tudi denitrifikacija v anaerobnem delu biofilma.



Slika 6: Delovanje biofilma pri plavajočih čistilnih otokih.

Vir: <https://www.pinterest.com/pin/348958671108470445/>, 21. 7. 2016

Izbira rastlin za plavajoče čistilne otoke je odvisna od vrste sistema, ki ga izberemo (sezonsko ali stalno), namen plavajočih čistilnih otokov (odstranjevanje hranil, oživljanje habitatov). Najprimernejše so naslednje rastlinske vrste, s katerimi so bile opravljene raziskave in so že bile umeščene v praksi, saj imajo lastnosti, kot so hitra rast, črpanje hranil itd. Te rastline so navadni trst (*Phragmites australis*), širokolistni rogoz (*Typha latifolia*), jezerski biček (*Schoenoplectus lacustris*), šaši (*Carex*), vetiver (*Vetiveria zizanioides*), papirjevec (*Cyperus papyrus*), vodna perunika (*Iris Pseudacorus*), velika sladika (*Glyceria maksima*) in pisana čužka/pisanka (*Phalaris*



*arundinacea*). Rastline izbiramo na podlagi avtohtonosti in neavtohtonosti rastlinske vrste, enoletnice ali trajnice (vzdrževanje), potencialne nevarnosti za ekosistem (invazivnost in strupenost), lastnosti/karakteristike rastline (hitrost rasti, sposobnost čiščenja hranil) ter stroškov gradnje in vzdrževanja (dostopnost rastlin, možnost nabiranja semen). Te rastline lahko gojimo tako, da neposredno zasadimo semena, zasejemo potaknjence ali pa posadimo sadike.

Imamo pa tudi možnost uporabe plavajočih rastlin brez medija, kot sta rastlini vodni orešek in rumeni blatnik, vendar ti dve vrsti ne prezimita in nato odmreta za razliko od emergentnih makrofinov (pokončne močvirske rastline).

Ta sistem čiščenja vode je primeren predvsem za jezera in ribnike. Postavitev teh čistilnih otokov je najprimernejša in najučinkovitejša na vtoku jezera ali ribnika, saj tam takoj prestreže onesnažila in jih prečisti. Prav tako pa postavitev pri bližini brega/nasipa zmanjša možnost erozije in valovanja vode (Floating Treatment Wetlands, 2013; medmrežje 5).

Vzdrževanje je minimalno čez leto, zahteva le občasen pregled stanja. Jeseni pa je zaželen odstranitev nadzemnega dela rastline. Na koncu uporabe je možno rastlino tudi reciklirati.

- **Mokrišče**

Je izjemno dinamični ekosistem z značilno združbo rastlin in živali z območji močvirij, nizkih barij ter šotišč. So vode naravnega ali umetnega izvora. Razvrščamo jih glede na hidrološke značilnosti (vodno telo - jezero, morje), talne značilnosti, vegetacijske ekološke značilnosti, lego, človeški vpliv in delovanje, itd. Vloga mokrišč je presnova in zadrževanje hranilnih snovi in usedlin, zadrževanje visokih ter bogatenje nizkih voda (Beltram, 2005).

Sistem razgradnje hranil iz vode je enak kot pri plavajočih čistilnih otokih, saj so ti zasnovani po vzoru delovanja močvirij, katerih je osnova rastlinska vegetacija. Razgrajevanje poteka v koreninskem sistemu, s katerim so mikroorganizmi v sožitju. Podvrženo je lahko tudi eroziji, zato je priporočljivo rob brežin zasaditi z vlagoljubnimi rastlinami. Poznamo nizka in globoka močvirja. Nizka so do globine dveh metrov, globoka pa do globine petih metrov (medmrežje 6).

Umetna mokrišča so umetni sistemi imenovana tudi rastlinske čistilne naprave za prečiščevanje odpadnih vod in so sestavljena iz več plitvih prečiščevalnih celic (po navadi manj kot en meter) ali kanalov, zasajenih z vodnimi rastlinami, opirajoč se na naravne biološke, fizične in kemične procese s ciljem prečiščevanja onesnažene vode. Na dnu umetnih mokrišč se po navadi nahaja nepropustna plast prsti- gline oziroma je dno zaščiteno s sintetično podlogo, z namenom preprečevanja možnosti onesnaženja podtalnice. Govorimo lahko o nadzorovanih sistemih, saj je v mreži prečiščevalnih celic nameščen sistem tehničnih struktur, ki zagotavljajo nadzor toka, zadrževalni čas in nivo vode. Glede na tip umetnega mokrišča lahko na gladini najdemo plast peska, proda ali kamenja. Umetna mokrišča se uporabljajo za čiščenje različnih tipov odpadnih vod, vključujoč padavinske vode, komunalne vode, tehnološke vode itd. Uspešno delovanje umetnih mokrišč je odvisno od ekoloških funkcij, podobnim naravnim mokriščem, ki bazirajo na uspešni interakciji z združbami rastlin. Odstranjevanje tipičnih polutantov v umetnih mokriščih je boljše tam, kjer so mokriščne celice poraščene z rastlinjem, kakor v celicah brez rastlin (Bavor in sod. 1989; Burgon in sod. 1989; Gearheart in sod. 1989; cit. po EPA, 2008: 28; medmrežje 5). Združbe rastlin v umetnih mokriščih so podvržene mnogim spremembam po dokončanju faze zasaditve. Zelo malo umetnih mokrišč obdrži vrstno kompozicijo in gostoto. Poleg pravilne izbire

vrst rastlin pa je pomembna tudi njihova razporeditev ob vodnem robu, na vodni gladini, saj le na tak način rastline lahko opravljajo vse svoje predvidene funkcije, med njimi tudi zaščito in hrano živalim.



Slika 7: Potencirana lokacija za mokrišče.  
Foto: M. Štefanec, 2016

- **Rastlinske čistilne naprave**

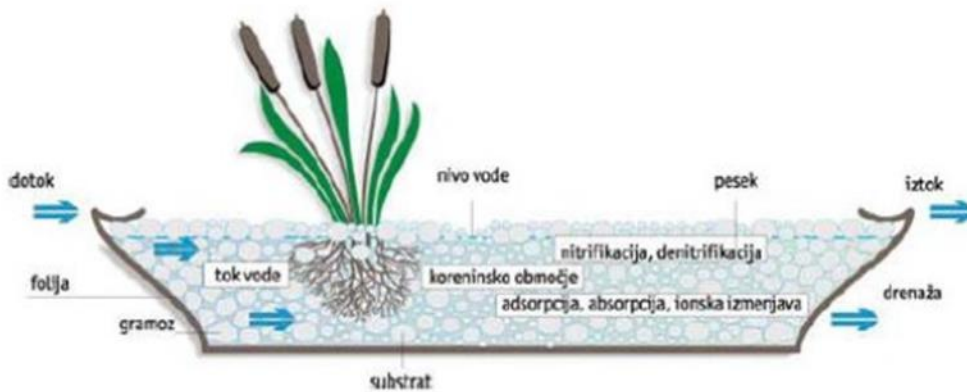
Rastlinske čistilne naprave posnemajo samočistilne sposobnosti naravnih močvirij in so gosto zaraščene vode. V takih čistilnih napravah je umetno vzpostavljen system, s katerim so načrtovane in kontrolirane intenzivne interakcije, ki se dogajajo med rastlinami, mikroorganizmi ter substratom s primarno funkcijo čiščenja odpadnih voda. To so procesi, ki se v naravi neprestano vršijo in jih človek lahko dograjuje ali izpopolnjuje v naravi sami s pomočjo ekoremediacij v okviru 22 revitalizacijskih ukrepov (z dodajanjem gramoza, dosajevanjem rastlin za določene namene in z uravnavanjem pretoka) (Vrhovšek in Vovk Korže, 2008).

Za čiščenje odpadnih oz. onesnaženih voda lahko uporabimo več različnih sistemov:

- sistem s površinskim tokom vode;
- sistem s prosto plavajočimi makrofiti;
- sistem z ukoreninjenimi emergentnimi makrofiti;
- sistem z ukoreninjenimi plavajočimi in potopljenimi makrofiti;
- sistem s podpovršinskim tokom;
- sistemi s horizontalnim podpovršinskim tokom;
- sistemi z vertikalnim podpovršinskim tokom; (Vrhovšek in Vovk Korže, 2008).

Fizikalni, kemični in biološki procesi v rastlinski čistilni napravi se začnejo odvijati ob vstopu vode v napravo. Povezan sistem obdelave onesnažene vode tvorijo substrat, rastline in področja mikrobne aktivnosti v obliki biofilmov. Mehanizmi čiščenja so številni, med seboj povezani in vključujejo usedanje suspendiranih netopnih delcev; filtracijo in kemično precipitacijo preko kontakta vode s substratom in rastlinami; kemične transformacije; adsorpcije in ionske izmenjave preko površine rastlin, substrata, sedimenta in rastlinskega odpada; razpad in transformacijo polutantov in nutrientov preko mikroorganizmov in rastlin; pedacijo in naravno odmiranje patogenov. Pomembne biološke reakcije, ki potekajo v okolju rastlinske čistilne naprave, so fotosinteza, respiracija, fermentacija, nitrifikacija, denitrifikacija in mikrobiološko odstranjevanje fosforja (Vrhovšek in Vovk Korže, 2008).

Na dnu RČN (slika 8) je substrat, na katerem so rastline, skozi katere poteka horizontalni tok (Brown in sad., 2000). Pod površino je aerobni pas z makrofiti in anaerobni pas. Gradnja in vzdrževanje ne zahtevata velikega finančnega vložka, obratovanje in vzdrževanje pa je enostavno. Najprimernejši rastlini sta navadni trst in rogoz, ki oblikujeta horizontalne korenike skozi celotno globino substrata.



Slika 8: Prerez RČN s površinskim tokom  
Vir: Vidmar, 2010

- **Sanacija otoka**

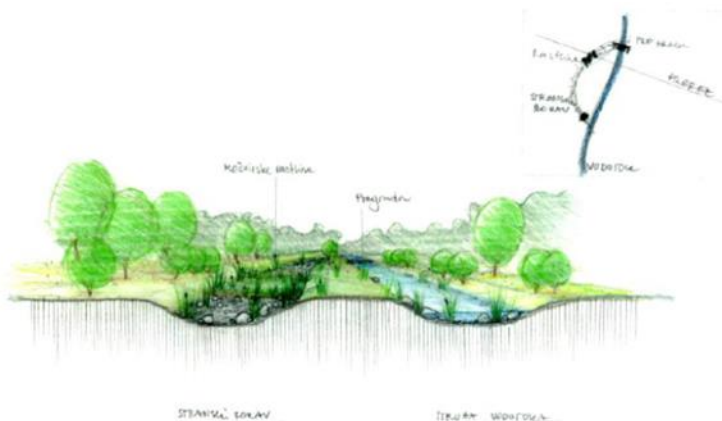
Sredi Gajševskega jezera je otok, ki se zaradi erozije iz leta v leto manjša. Otok bi zavarovali z lesom in tako preprečili nadaljnjo erozijo. Okoli otoka bi nasadili rastlinje, s katerim bi potencialno povečali možnost za večjo biotsko raznovrstnost. Ta prostor na otoku bi lahko bil gnezdišče za ptice itd. Primer saniranega otoka imamo na ribniku Vrbje (slika 9).



Slika 9: Obstoječi otok na ribniku Vrbje.  
Vir: Jasmina Jakopič, 18. 4. 2009

- **Stranska struga**

Stranska struga (slika 10) je zgrajena ob glavni strugi v polkrožni obliki s preusmeritvijo toka. Namen stranske struge je čiščenje vode z onesnaževali in sedimenti, povečanje habitatov organizmov. Vzpostavitev čistilne grede pridobimo s pomočjo vegetacije.

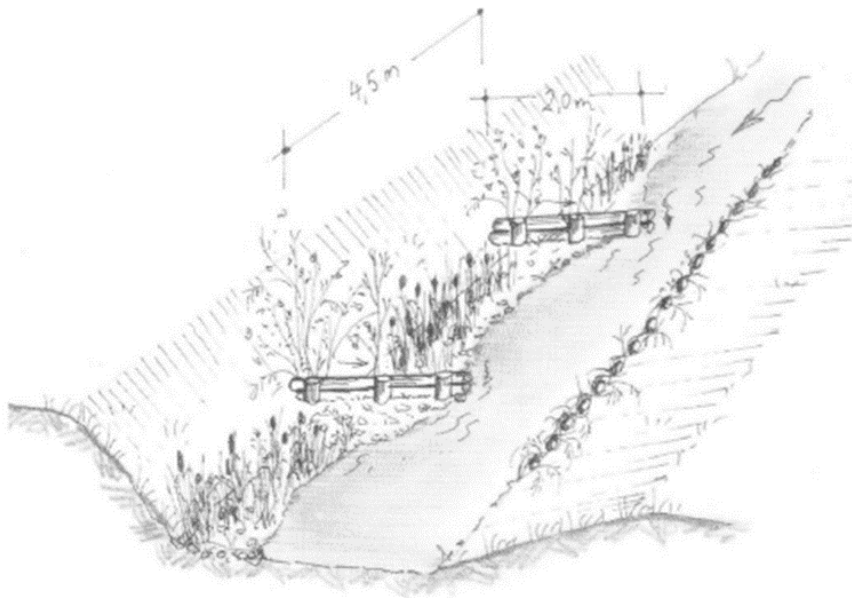


Slika 10: Vodotok s stranskim rokavom ali mrtvico  
Vir: [https://www.researchgate.net/publication/233400723\\_NARAVNI\\_PROCESI\\_IN\\_KAKOVOST\\_VODE](https://www.researchgate.net/publication/233400723_NARAVNI_PROCESI_IN_KAKOVOST_VODE), 10. 8. 2016

- **Pragovi in odbijači toka**

Monotonost toka preprečujemo s pragovi in odbijači (slika 11), s katerimi povečujemo samočistilno sposobnost. Materiali, ki jih uporabljamo za izgradnjo teh sistemov, so naravni (fašine, debla okroglic, vrbovi popleti ali kamenje). Če želimo povečati učinek delovanja, jih postavimo na krajši razdalji več.

Nizki pragovi so zaporedno nameščeni prečni objekti, višine nekaj 10 cm. Zmanjšujejo padec vodotoka nad pragom in nastanek tolmana za njim. Jezbice ali odbijači toka so postavljeni v brežino. So iz debla, kamna in podtahnjencev. Preusmerjajo tok vode stran od brežin in pospešujejo hitrost toka ter zmanjšujejo sedimentacijo pri ravninskih vodotokih. Ob odbijaču toka bi se ustvaril manjši tolmun za počivališče in skrivališče organizmov. Tako bi po naravni poti vzpostavili meandre v strugi, saj bi se voda odbijala od odbijačev do nasprotne brežine (Zakotnik, 2015).



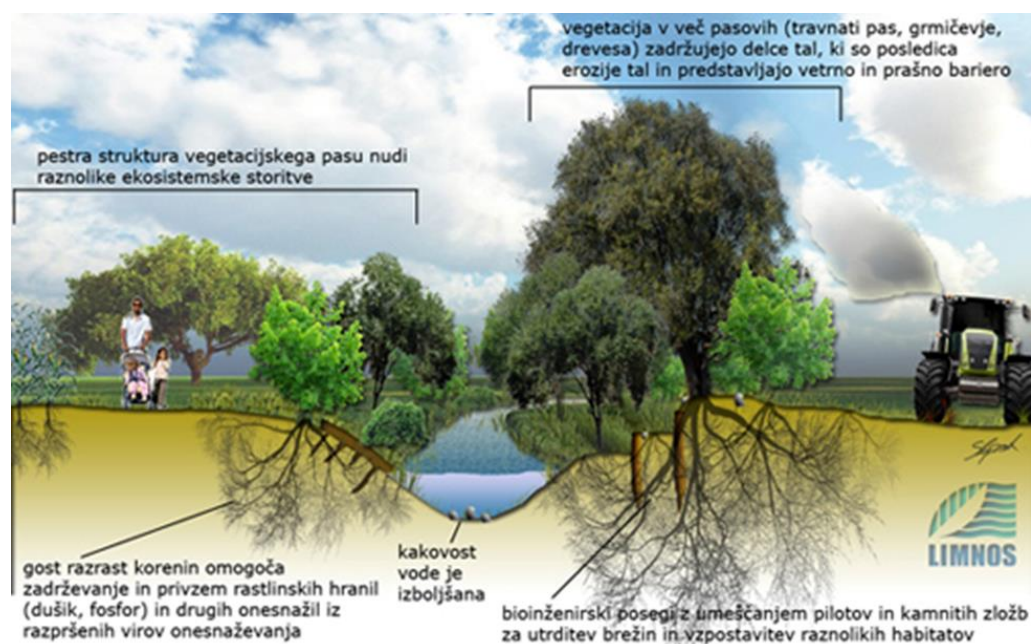
Slika 11: Zaporedna odbijača v strugi.  
Vir: Vovk Korže in Vrhovšek, 2008

- **Urejanje brežin**

Za utrjevanje brežin so primerni vrbovi popleti, zvitki iz geotekstila, lesene kašte itd. Vrbovi popleti so naravni materiali, ki omogočajo vegetacijsko zarast. Gre za preplet živih vej na brežini, lesenimi količki in vrvmi. Peta brežine je zaščitena s kamenjem. Na tleh se vrbov poplet pritrdi z vrvico ali s piloti. Ta tehnika upočasni vodni tok ob brežinah, na katerem se začnejo usedati sedimenti (zaščita pred erozijo). Poplet nato s poganjajočimi rastlinami kmalu nudi dodaten habitat organizmom. Za utrditev lahko med drugim uporabimo tudi zvitke iz geotekstila, v katerih je tepih kokosovih vlaken napolnjen s prstjo in kalečimi semeni ter sadikami močvirskih rastlin (Vovk Korže, 2015).

- **Vegetacijski pas, mejice**

Blažilni vegetacijski pasovi (slika 12) so ožji in širši pasovi drevesne, grmovne, travnate in mešane vegetacije. Postavljamo oziroma sadimo jih na območjih med posameznimi kmetijskimi zemljišči (mejice); ob rekah, jezerih, potokih (filtrirni vegetacijski pas) itd. Preprečujejo erozijo (vetrno in vodno), razgrajajo pesticide in nitratre v prsteh; izboljšujejo kvaliteto vode, zraka in tal; vizualno obogatijo okolico in povečajo biotsko pestrost; vplivajo na mikroklimo in zadržujejo prašne delce; prispevajo k vezavi CO<sub>2</sub> v podzemno in nadzemno biomaso; sproščajo kisik v okolje; povečujejo samočistilno sposobnost; zadržujejo in razgrajujejo velike količine drobnih delcev, hranil in težkih kovin.



Slika 12: Vegetacijski pas.

Vir: [http://www.limnos.si/vegetacijski\\_pasovi.php](http://www.limnos.si/vegetacijski_pasovi.php), 2016

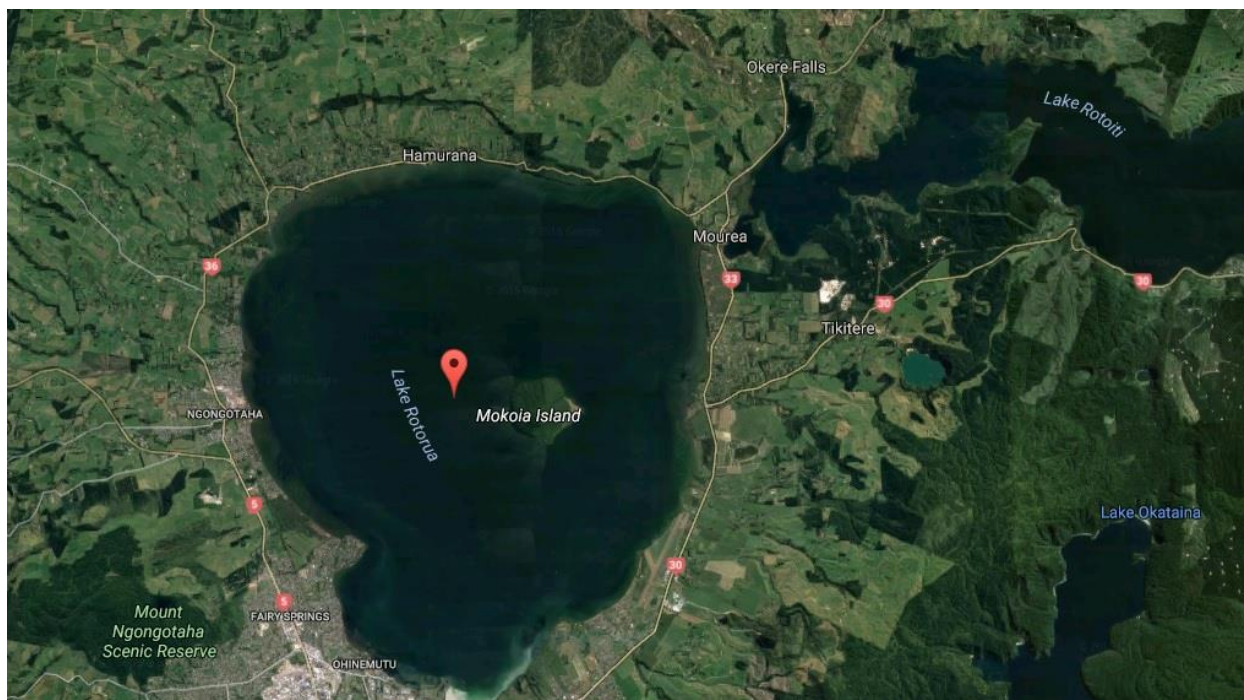
Ta sistem se izvaja na robu struge; predvidena je zarast z avtohtonimi vrstami grmičevja in drevja za zeleni pas struge. K drevesnim vrstam spadajo jelša, gaber, poljski javor, jesen in dob. H grmovnim vrstam pa črni trn, navadni glog, leska, trdoleska, brogovita in kalina. Zasaditve so neenakomerne in v gručah. Osnova zasaditve so drevesa, ki so višje, in grmovnice, ki so nižje. Vrste rastlin (grmovne, drevesne in travnate) izberemo na podlagi lesne vegetacije popisa rastlin v okolici. Na robovih pasu so zasajene grmovne vrste, v notranjosti pa sledijo višji grmi in drevesa na sredini vegetacijskega pasu. Najbližje vodni površini pa rastejo močvirne rastline, na primer trstičje, rogoz, šaši itd. Znotraj zaraščene površine je treba omogočiti vzdrževalne prehode. Priprava za zasaditev zahteva izkopan jarek s tremi vrstami medija. Vrhni dve plasti predstavljata prst, v katero se posadijo rastline, na dnu pa je plast peska, ki omogoča odvajanje voda stran od kmetijskih površin. Zasaditev poteka v obliki vijugaste črte, ki je obrnjena proti severovzhodu s kotom 30°, kar daje sončno in senčno lego oziroma zasaditev sledi strugi. S tem se ohranja temperatura vode, zmanjšuje se onesnaževanje in omogoča preživetje ribjim živalskim vrstam (Vrhovšek in Vovk Korže, 2008) ter nudi hrano in zavetje širokemu razponu vodnih ter kopenskih

živali. Vzdrževanje zahteva odstranjevanje odmrle biomase, občasno sečnjo, zasaditev novih rastlin, košnjo trave in odstranjevanje morebitnih tujerodnih invazivnih vrst (Vovk Korže, 2015).

Mejice zaščitijo ogrožene habitate. So široki vegetacijski pasovi grmovja in dreves, ki so predvsem v odprti kulturni pokrajini oziroma potekajo med posameznimi kmetijskimi površinami, ki jih razmejujejo. Zmanjšujejo vetrno erozijo na poljih in njivah ter imajo estetsko vrednost, pufrsko sposobnost in veliko biodiverzitetu. Čistijo podtalnico in kmetijska območja (Vrhovšek in Vovk Korže, 2008).

### 3.3 Opis primera dobre prakse: jezero Rotorua

Jezero Rotorua, ki je na Novi Zelandiji je nastalo iz kraterja vulkana na območju Taupo Volcanic in ima velikost 8.060 ha. Okoliš jezera meri 50.060 ha in je na 280 metrov nadmorske višine. Povprečna globina jezera je 11 m, najgloblja pa 45 m. To jezero je nastalo pred 140.000 leti. Voda prihaja v jezero geotermalno in iz izvirov (Jezero Rotorua, 2014; medmrežje 7).



Slika 13: Območje jezer Rotorua.

Medmrežje: <https://www.google.si/maps/place/Lake+Rotorua/@-38.0871065,176.2012741,19591m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x6d6e82b496e30cbb:0x2a00ef6165df9bb0!8m2!3d-38.0780542!4d176.2666463>, 4. 9. 2016

Do leta 1991 se je vsa odpadna voda iz Rotorua City speljala in odvajala v jezero. Zaradi povečanja cvetenja alg oziroma eutrofikacije so na območju Rotorue (slika 13) nadgradili čistilno napravo, saj se je začelo večati število prebivalcev in naseljevanje območij ob jezeru. Prispevno območje jezera, v velikosti 508 km<sup>2</sup>, pokriva 52 % domače vegetacije in 14 % eksotičnega gozda/tujerodne vrste (Rotorua Lakes, 2010; medmrežje 3).

Da bi znižali količino hranil in zmanjšali eutrofikacijo jezera, so vzpostavili sistem plavajočih čistilnih sistemov. Posadili so 20 000 avtohtonih rastlin na ročno narejene otoke. Ta skupek otokov je narejen v obliki besede Rotorua, ki še dodatno promovira območje Rotorua (slika 14). Na začetku je bila pritrjena na obali v bližini internacionalnega letališča Rotorua, nato so otoke premestili na kraj, kjer se najučinkoviteje prečiščuje voda in razvija koreninski sistem. Plavajoči čistilni otok meri 150 m v dolžino in 40 m v širino oziroma je v velikosti igrišča za ragbi. Ta sistem plavajočih čistilnih otokov je tudi največji ročno narejeni plavajoči čistilni sistem na svetu. Rotorua District Council je za ta projekt investiral 450.000 dolarjev oziroma 403.587,44 evrov (medmrežje 5).



Slika 14: Napis Rotorua iz plavajočih čistilnih otokov.

Vir: <http://changingnatureproject.weebly.com/rotorua-floating-wetlands.html>, 4. 9. 2016



### 3.4 Projekt »Dobra voda za vse«

Namen programa voda je predstavitev osnovnih principov monitoringa stanja voda in stopnje onesnaženosti ter njihovih vplivov na človeka v projektnem območju. Program upošteva že obstoječi program monitoringa voda v Sloveniji in na Hrvaškem ter pridobljene rezultate monitoringa za dve vzorčni mesti, Gajševsko jezero in reko Muro v kraju Martin na Muri. Projektno območje zajema dele naslednjih večjih porečij vodotokov: Mura, Drava, Ščavnica in Ledava. Od teh je porečje reke Mure največje, iz slovenskega območja se nadaljuje na Hrvaško. Pomembnejše vodno telo zraven Gajševskega jezera je Selniško jezero in vodonosnik Murske ravnine kot vir pitne vode (Program izvajanja monitoringa na pilotnih lokacijah, 2015).

Projekt nagovarja predvsem štiri zaznane sklope problemov v čezmejnem območju, pa tudi širše (medmrežje 2): reševanje vprašanja odpadnih komunalnih voda v razpršenih naseljih, onesnaževanje voda zaradi intenzivnega kmetijstva in problem zagotavljanja zadostnih količin vode, pomanjkanje transfera znanj ter dobrih aplikativnih modelov varstvene rabe, nezadostna informiranost in ozaveščenost prebivalcev, javnega sektorja ter gospodarstva o pomenu in potencialih sonaravnega upravljanja z vodami.

Ciljne skupine (medmrežje 2):

- Lokalne skupnosti, prebivalci ruralnega obmejnega območja, kmetje, lastniki zemljišč, komunalna podjetja, nevladne organizacije (trajnostni razvoj, turizem, ekološka združenja...)
- Predstavniki ciljnih skupin iz območja bodo v projektu dobili neposredne izkušnje trajnostnih pristopov na področju odvajanja in čiščenja odpadnih voda, varovanju vodnih virov in zmanjševanja pritiskov na podeželju iz kmetijstva ter prepoznavanju lastnih razvojnih možnosti v smeri trajnostnih pristopov razvoja.

Pri tem projektu bo sanacija potekala na sonaraven način, vključeni so ERM ukrepi na reki Ščavnici (vegetacijski koridor, odbijači toka, stranska struga) in na Gajševskem jezeru (učni poligon za ekoremediacije, opazovališča za ptice, učna pešpot okoli jezera iz naravnih materialov, pomol za športne aktivnosti kot je deskanje na vodi ...) ter postavitve čistilnih naprav za čiščenje odpadne vode v okolišu.

Brežina jezera brez poti (slika 15) in brežina jezera (slika 16) na katerem je bila narejena pot iz drevesnega hloda, nasuta z majhnim kamenjem, namenjena raznim aktivnostim, in stopnice ki vodijo do pomola. Naprej ob stezi so postavljeni tudi zabojniki za odpadke in lesene klopce za počitek. Ta del projekta je bil izveden v letu 2016. Preostali predlagani ukrepi še niso izvedeni.



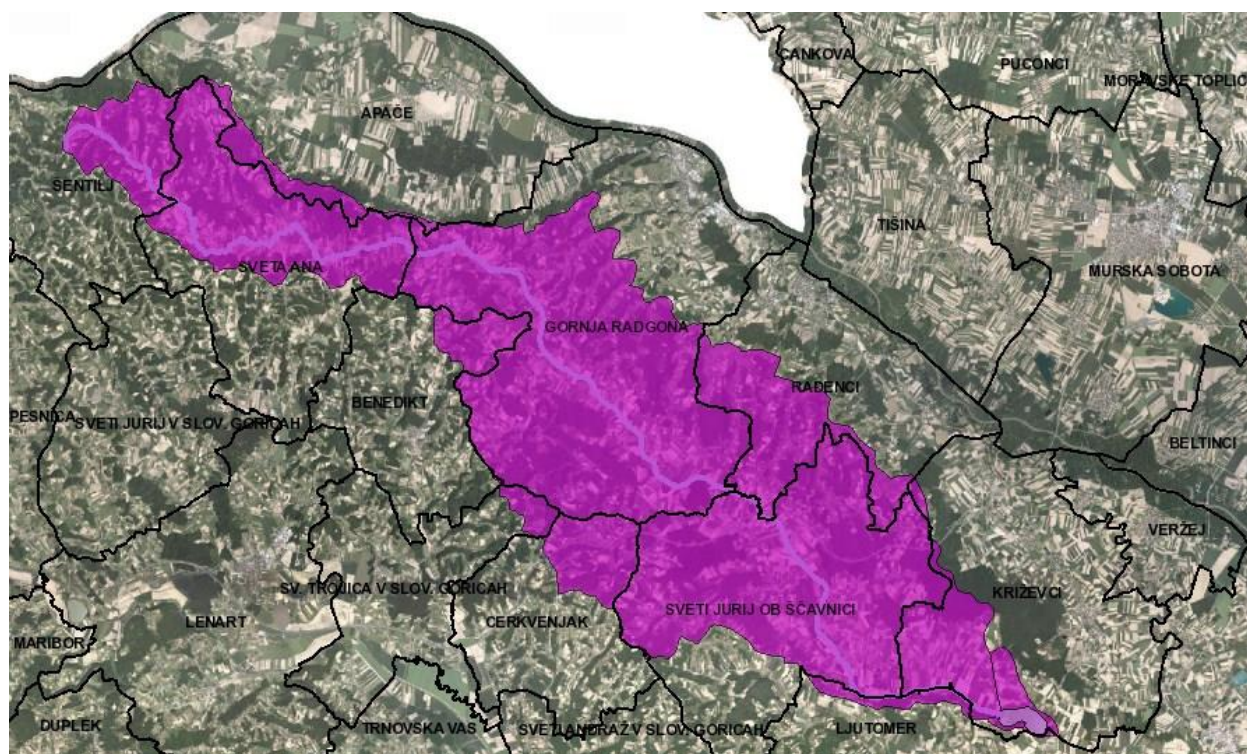
Slika 15: Brežina jezera pred projektom.  
Foto: M. Štefanec, 2016



Slika 16: Brežina jezera po končanem projektu.  
Foto: M. Štefanec, 2016

### 3.5 Opis Gajševskega jezera

Je v Prlekiji, natančneje v občini Križevci pri Ljutomeru. Ime ima po bližnji vasi Gajševci. Nastalo je leta 1975 z zajetvijo reke Ščavnice. V letu 1980 so reko Ščavnico v večini toka regulirali, uravnali in z njenih brežin odstranili večino vegetacije. Reka Ščavnica ima dežno-snežni režim z dvema vodnima viškoma. Pomladni je v marcu in jesenski v novembru. Voda reke Ščavnice doseže avgusta in septembra najnižji nivo (Firbas, 2011). Reko Ščavnico so zajezili zaradi poplavne varnosti, saj so ob veliki količini padavin nastale poplave in poplavile bližnje mesto Ljutomer ter povzročile veliko škode. Pred nastankom jezera pa so na območju bili travniki, pašniki in gozd. Prispevno območje jezera (slika 17) je veliko 156 km<sup>2</sup>, v njem je 11 občin (ne v celoti).



Slika 17: Prisporno območje akumulacijskega jezera Gajševci.

Medmrežje: [http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas\\_Okolja\\_AXL@Arso](http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso),  
15. 6. 2016

Gajševsko jezero je na 184 metrov nadmorske višine. Reka Ščavnica v jezero prinaša velike količine mulja. Zaradi zamuljenosti jezera sta bili opravljeni dve sanaciji. Prva je bila leta 1987, ko so odstranili 5.000 m<sup>3</sup> mulja, druga pa leta 1997, ko so odstranili 3.800 m<sup>3</sup> mulja in zmanjšali možnost prestopa vode čez nasip.

Na iztoku jezera, kjer je zapornica, je pretok vode  $Q=37,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ob obilnih padavinah, ko se vodno telo hitro polni, je možno tudi povečati volumen na prelivnem robu. Načrtovan je predvsem kot mokri zadrževalnik s stalno ojezeritvijo. Nasip okoli jezera je homogen in narejen iz materiala, ki je bil odvzet iz bližnje okolice. Izpiranje tega materiala je preprečeno z vgrajenimi filtri na zračnem delu nasipa. Naklon brežin je 1:3 (Zaključno poročilo ciljnega raziskovalnega projekta [online], 2014).



Slika 18: Celotno Gajševsko jezero.  
Vir: ARSO, Atlas okolja, 13. 6. 2016

Celotno območje Gajševskega jezera (slika 18) ima površino  $0,77 \text{ km}^2$  z volumnom  $2,6 \text{ m}^3$ ; v povprečju je globina jezera 3 m. Jezero v povodju Mure in je kandidat za močno preoblikovano telo.

Po namembnosti prispevno območje sestavljajo kmetijske površine, gozdovi in nerodovitne površine. Jezero ima precejšen potencial za turizem, učne poligone in športne dejavnosti. Struga reke Ščavnice deli Gajševsko jezero na levo in desno polovico. Brežine jezera so očiščene oziroma pokošene, vendar samo takrat, ko ni sezone gnezditve ptic. Ponaša se tudi z veliko biotsko pestrostjo. V jezeru so ribe, del jezera pa je namenjen ribjemu rezervatu. Jezero ravno zato privablja številne ribiče (predvsem krapolovce), ne le iz Slovenije, ampak tudi iz tujine (Hrvaška in Avstrija). Prav tako je na območju in okoli jezera prisotnih veliko ptic, ki jih redno spremlja DOPPS -Društvo za opazovanje in preučevanje ptic Slovenije.

### 3.5.1 Rastlinstvo

Rastlinstvo ob Gajševskem jezeru ni raznovrstno. Struga reke Ščavnice je brez vegetacije, prav tako bregovi jezera, le na jugovzhodu je manjši gozd. Ob vodi jezera in strugi reke Ščavnice se pojavljata ob robu vode in na vtoku jezera navadni trst (*Phragmites australis*) ter rogoz (*Typha latifolia*) (slika 19). Čez leto pa se pogosto razraste vodni orešek. Brežine jezera se kosijo dvakrat na leto zaradi gnezdenja ptic.



Slika 19: Rastlinstvo jezera in vtok v jezero.  
Foto: M. Štefanec, 2016

### 3.5.2 Živalstvo

Prisotnih je veliko vrst rib (ribji rezervat), dvoživk, ptic, hroščev itd. Z leti narašča predvsem število ptic, ki ga zabeleži organizacija DOPPS. Izvajajo vsakoletno januarsko štetje vodnih ptic. Na območju jezera so do zdaj zabeležili naslednje ptice: velika bela čaplja (*Egretta alba*), siva čaplja (*Ardea cinerea*), mlakarica (*Anas platyrhynchos*), labod grbavec (*Cygnus olor*, slika 20), njivska gos (*Anser fabalis*), veliki škurh (*Numenius arquata*), čopasti ponirek (*Podiceps cristatus*), kormoran (*Phalacrocorax carbo*), vodomec (*Alcedo atthis*), žvižgavka (*Anas penelope*), zvonec (*Bucephala clangula*) in sivi galeb (*Larus canus*) (Monitoringa populacij izbranih ciljnih ptic, zimsko štetje vodnih ptic 2002- 2008; 2008).



Slika 20: Labod grbavec nad jezerom.

Medmrežje: [https://www.geocaching.com/geocache/GC374T1\\_gajsevsko-jezero?guid=eefe02f2-77f1-4373-835b-ae8d122a2e1a](https://www.geocaching.com/geocache/GC374T1_gajsevsko-jezero?guid=eefe02f2-77f1-4373-835b-ae8d122a2e1a), 7. 8. 2016

### 3.6 Problematika onesnaženosti Gajševskega jezera

Jezero napaja reka Ščavnica. Reka Ščavnica je še danes ena izmed najbolj onesnaženih rek v Sloveniji, kljub izgradnji čistilne naprave v Ljutomeru leta 2006. Gajševsko jezero sodi po kriterijih OECD v evtrofna in hiperevtrofna jezera z visoko vsebnostjo celotnega fosforja in dušika (preglednica 2) (Kakovost voda v Sloveniji, 2008).

Preglednica 2: OECD kriterij za določanje trofičnega stanja jezer in vodnih teles.

trofična stopnja	celotni fosfor (letno povprečje) ( $\mu\text{g P/l}$ )	dušik anorganski (letno povprečje) ( $\mu\text{g N/l}$ )	prosojnost (letno povprečje) (m)	prosojnost (minimum) (m)	klorofil-a (letno povprečje) ( $\mu\text{g/l}$ )	klorofil-a (maksimum) ( $\mu\text{g/l}$ )
u-oligotrofno	< 4	< 200	> 12	> 6	< 1	< 2,5
oligotrofno	< 10	200 - 400	> 6	> 3	< 2,5	< 8
mezotrofno	10 - 35	300 - 650	6 - 3	3 - 1,5	2,5 - 8	8 - 25
evtrofno	35 - 100	500 - 1500	3 - 1,5	1,5 - 0,7	8 - 25	25 - 75
hiperevtrofno	> 100	> 1500	< 1,5	< 0,7	> 25	> 75

Vir: ARSO, 14. 6. 2016

Preglednica 3: Podatki meritev za Gajševsko jezero med leti 2007-2014.

Leto	Celotni fosfor (povprečje) ( $\mu\text{g P/l}$ )	Anorganski dušik (povprečje) ( $\mu\text{g N/l}$ )	Prosojnost (povprečje) (m)	Klorofil-a (povprečje) ( $\mu\text{g/l}$ )	Biovolumen ( $\text{mm}^3/\text{l}$ )
2007	222	4615	0,4	24,7	4,3
2008	89	890	0,5	34,0	6,4
2009	122	804		35,9	9,2
2010	112	792	0,5	22,1	5,7
2011	99	599	0,8	30,9	7,7
2012	110	652	0,5	50,9	9,8
2013	130	833	0,5	55,7	14,8
2014	83	2575	0,4	36,0	18,0
MDK	5	50	3,0	10	Standard je v pripravi

MDK-Mejna dovoljena koncentracija

Vir: ARSO- Ocena stanja jezer in Uradni list RS, št. 45/2007, 17. 7. 2016

Legenda: Barve v preglednici 3 se nanašajo na preglednico 2.

Gajševsko jezero lahko po podatkih v preglednici 3, v kateri so podatki meritev za Gajševsko jezero od leta 2007 do leta 2014, označimo za onesnaženo vodno telo oziroma evtrofnno ali celo hiperevtrofnno (medmrežje 4 in 8). Meritve, zavedene v preglednici 3, presegajo MDK pri celotnem fosforju, anorganskem dušiku, prosojnosti in klorofilu, in sicer za do 44-krat, 92-krat v zaporedju. Problem z onesnaženostjo voda je predvsem v velikem deležu intenzivnega kmetijstva v tem predelu Slovenije. Jezero in njegov pritok sta v celoti obdana s kmetijskimi površinami. Problem onesnaževanja se začne v zgornjem toku reke Ščavnice, kjer površinski odtok v jezero odnaša onesnaženo vodo s pesticidi in gnojili ter v celotni Ščavnični dolini, kjer kmetijske površine segajo do korita reke. Na bregovih reke ni ustrezne vegetacije, ki bi prestregla površinski odtok hranil s kmetijskih površin v reko in vetrno erozijo. V vodnem telesu, kjer je veliko hranil in organskih snovi, se pojavi prekomerna rast alg oziroma proces evtrofikacije.

Fosfor izvira predvsem iz intenzivnega kmetijstva (ploskovno spiranje iz njiv), saj ga vsebujejo predvsem umetna gnojila. V neonesnaženih jezerih količina fosforja v vodi ne presega 0,1 mg/L (Vovk Korže in Bricelj, 2004). Delež fosfatov v Gajševskem jezeru le v letih 2007 in 2011 ni prekoračil dovoljene meje po kriteriju OECD. Podatki raziskave Inštituta za ekološke raziskave ERICo iz leta 2013 so dokazali, da pri Gajševskem jezeru več kot 90 % onesnaževanja z dušikom in fosforjem izvira iz obdelovanja bližnjih kmetijskih površin. Težava nastane tudi z odmiranjem oziroma gnitjem organskega materiala kar dodatno pripomore k zamuljenosti dna jezera zraven materiala, ki ga prinese reka Ščavnica in se ravno tako useda na dno jezera. Z večanjem količine mulja na dnu jezera se zmanjša kapaciteta zadrževalnika in možnost zaščite pred poplavami. Količina mulja se v jezeru vsako leto poveča za 5- 10 cm na celotni površini dna.

Onesnažene snovi lahko pridejo v jezero na naslednji način (Program izvajanja monitoring na pilotnih lokacijah, 2015):

- S spuščanjem neočiščenih odpadnih (kanalizacijskih) voda neposredno v jezero ali v njegov dotok (Ščavnico).
- S ploskovnim spiranjem pesticidov in umetnih gnojil iz okoliških kmetijskih površin neposredno v jezero ali v njegov dotok.



Slika 21: Stranski kanal reke Ščavnice ob Gajševskem jezeru s peno.  
Foto: M. Štefanec, 2016

### 3.6.1 Razpršeno onesnaževanje

Razpršeno onesnaževanje je način onesnaževanja, ki v velikem obsegu onesnažuje Gajševsko jezero. Ena od rešitev pred razpršenim onesnaževanjem in eutrofikacijo je uporaba ERM (Razinger, 2008). Odpadne komunalne vode pa se z izjemo dveh manjših aglomeracij, kjer se kanalizacijski sistem končuje v komunalni čistilni napravi, zbirajo v greznicah oz. MKČN (male komunalne čistilne naprave). Naselja, ki so v prispevnem območju Gajševskega jezera (večinoma so razpršena naselja) in nimajo urejenega odvajanja odpadnih komunalnih voda, so: v občini Križevci pri Ljutomeru 8 naselij (Gajševci, Logarovci, Kokoriči, Grabe, Berkovci, Stara Nova vas, Zasadi, Berkovski Prelogi); v občini Ljutomer 6 (Branoslavci, Radoslavci, Bučkovci, Kuršinci, Precetinci, Drakovci); v občini Sveti Jurij ob Ščavnici 27 naselij oziroma celotna občina; v občini Apače 5 naselij (Lešane, Nasova, Janhova, Grabe, Pogled); za občino Radenci ni podatkov; v občini Cerkvenjak 5 naselij (Cogetinci, Komarnica, Ivanjski Vrh, Grabonoški Vrh, Peščeni Vrh); v občini Gornja Radgona 21 naselij (Spodnji Ivanjci, Ivanjski Vrh, Kunova, Lokavci, Radvenci, Gornji Ivanjci, Stavešinci, Očeslavci, Starešinski Vrh, Ivanjci ob Ščavnici, Ivašenjski Vrh, Rodmašci, Lastomerci, Ptujška Cesta, Orehovski Vrh, Zbigovci, Spodnja Ščavnica, Zagajski Vrh, Plitvički Vrh, Aženski Vrh, Police); za občino Benedikt in Šentilj ni podatka; v občini Sveta Trojica v Slovenskih Goricah 2 naselji (Osek in Zgornji Osek) in v občini Sveta Ana 6 naselij (Zgornja Bačkova, Zgornja Ščavnica, Rožengrunt, Lokavec, Dražen Vrh, Spodnja Velka). Sprejemnik in odvodnik očiščene odpadne vode iz ČN Ljutomer je reka Ščavnica.



### 3.6.2 Evtrofikacija jezera Gajševci

Evtrofikacija jezer (slika 22) je posledica velikih količin hranilnih snovi (Mason, 2002). Tako se povečata primarna (preko prehranjevalne verige) in sekundarna produkcija. Produktivnost vodnega biotopa se poveča, kar pripelje do cvetenja alg oziroma množičnega pojavljanja posameznih vrst alg, med njimi tudi toksičnih vrst fitoplanktonskih alg (npr. *Oscillatoria rubescens*, *Anabeana flos-aquae*) (Pearl in sod., 2000). Povečana biomasa se odraža v odmrlem organskem materialu, ki se nalaga na dno jezera. S tem se začneta dvigovati dno in plast vode z višjo temperaturo. Ta sprememba temperature poveča aktivnost aerobnih bakterij, ki razgrajujejo organski material. Aerobna razgradnja povzroči pomanjkanje kisika v hipolimniju in tvorbo H<sub>2</sub>S. Stanje pa se še poslabša kadar deficit kisika v anaerobnih razmerah iz sedimenta začne sproščati fosfor, ki sodi med glavne generatorje evtrofikacije. To v ekološkem in ekonomskem pogledu povzroča veliko škodo (Razinger, 2008). Evtrofikacija je tudi naraven proces, ki se s časom pojavi na vseh jezerih, razlika je ta, da poteka naraven proces veliko počasneje (Čehić, 2007). Visoka vsebnost hranil v vodi lahko povzroči resne spremembe v sestavi rastlinskih in živalskih vrst, ki naseljujejo vodno telo. Voda bogata s hranilnimi snovmi (predvsem s fosforjem), pospeši rast alg. Mrtve alge nato padajo na dno in gnijejo. Ob bakterijski razgradnji odmrlega organskega materiala se intenzivno porablja kisik, kar povzroči pomanjkanje kisika v vodi, potrebnega za proces dihanja vodnih organizmov. Posledice so pogini rib in drugih organizmov v vodotokih ter nabiranje in gnitje nerazgrajenega blata na dnu vodotokov (medmrežje 9).



Slika 22: Cvetenje alg v jezeru.  
Foto: M. Štefanec, 2016

## 4. METODOLOGIJA

Diplomska naloga je sestavljena iz teoretičnega in empiričnega dela. Metode dela so v diplomski nalogi naslednje:

- Študija domače in tuje literature.
- Obdelava in prikaz podatkov.

### 4.1 Študij domače in tuje literature

Teoretični del diplomskega dela obsega zbiranje in pregled dostopne literature v tujem oziroma angleškem jeziku in v slovenskem jeziku. Tuja literatura je bila dostopna preko medmrežja, slovenska literatura pa v obliki knjig. Slikovni material Gajševskega jezera je nastal med terenskim delom.

### 4.2 Anketiranje in obdelava ter prikaz podatkov

Onesnaženost Gajševskega jezera vpliva tudi na bližnjo in širšo okolico, zato sem sestavila anketni vprašalnik s trinajstimi vprašanji in tremi podvprašanji za bližnje prebivalce jezera. Zanimalo me je predvsem mnenje oziroma njihova informiranost o stanju jezera. Anketo sem izvajala s pomočjo internetne strani mojaAnketa.si in z reševanjem anket na domu anketirancev. Ko sem zbrala podatke sem s pomočjo programa R in R Commander programa te podatke statistično obdelala. Pomagala sem si še s programom Microsoft Office Excel 2007, v katerem sem obdelovala podatke ankete.

### 4.3 Statistični podatki

Večina spremenljivk je opisnih, ena spremenljivka pa je številska. Spremenljivke so naslednje: spol, starost, izobrazba, kraj bivanja, zmanjšanje onesnaženosti vode v jezeru, vzroki za onesnaženost, zmanjšanje vpliva na vode, vpliv na bližnje okolje- kako, predlagani ERM ukrepi- zakaj, ERM zmanjšujejo onesnaževanje, estetika , potencial jezera- kako.

Vseh anketirancev skupaj je 34.

## 5. REZULTATI IN RAZPRAVA

### 5.1 Primerjava Gajševskega jezera in jezera Rotorua kot primer uspešne prakse

Velikost Gajševskega jezera je 0,77 km<sup>2</sup> oziroma 770 ha/m<sup>3</sup>, jezera Rotorua (več jezer skupaj) pa 80,6 km<sup>2</sup> oziroma 8.060 ha/m<sup>3</sup>. Prispevno območje Gajševskega jezera je 156 km<sup>2</sup>, jezera Rotorua 500,6 km<sup>2</sup>. Podatki kažejo, da je Gajševsko jezero 105-krat manjše po površini od jezera Rotorua in ima 3-krat manjše prispevno območje od jezera Rotorua.

Prav tako kot Gajševsko jezero je tudi jezero Rotorua na Novi Zelandiji bilo onesnaženo z dušikom in fosforjem, posledično je sledila evtrofikacija. Vir onesnaževal v Gajševskem jezeru je predvsem v kmetijstvu, v neurejenem čiščenju in odvajanju odpadnih voda, kot je bilo pri jezeru Rotorua. Vsi ti trije viri onesnaževanja so enaki kot pri jezerih Rotorua. Jezero Rotorua je sicer naravnega izvora oziroma vulkanskega izvora. Jezero Gajševci napaja reka Ščavnica, medtem ko Rotorua napaja geotermalna voda, izviri itd. Vsa ta onesnaževala v jezeru Rotorua se kopičijo na dnu jezera v obliki sedimentov oziroma mulja. Preden se bodo nekatera onesnaževala zmešala z vodo in razgradila v jezeru Rotorua, bo preteklo 150 let zaradi debeline mulja (Plan Rotorua jezer (2009), medmrežje 10).

Kronološki pregled dogodkov (Plan Rotorua jezer (2009), medmrežje 10):

- Leta 1991 je bila vzpostavljena nadgradnja ČN. Prečiščena voda je bila preusmerjena v bližnji gozd.
- Leta 2003 je bil vnos onesnaževal v jezero največji doslej oziroma skupno 783 ton dušika na leto in 39,8 ton fosforja na leto. Od tega je 619 ton dušika na leto in 19 ton fosforja na leto prispevalo živinorejstvo (govedoreja, ovčereja itd.).
- V letu 2007, v času onesnaženosti v Rotorua jezerih (Rotorua, Rotoiti, Rototoehu in Okareka), sta organizaciji Rotorua Lakes Protection in Restoration Action program prosili parlament za pomoč in dobili 64,6 milijona evrov. S tem denarjem upravljata Environmental Bay of Plenty in Rotorua District Council (okrajni svet).
- Leta 2010 so vzpostavili sistem plavajočih čistilnih otokov na jezeru Rotorua, s katerimi očistijo 27 ton dušika na leto (Čistilni otoki jezera Rotorua, 2015; medmrežje 1).

Cilj projekta za čiščenje vode jezera Rotorua je, da bi se v 20 letih zmanjšala onesnaženost dušika na 250 ton na leto in 10 ton na leto fosforja. V sklopu projekta so zgradili mrežo meteornih cevi za odvajanje meteornih voda na celotnem območju jezer Rotorua. Zdajšnja čistilna naprava bodo dodatno nadgradili in posodobili za 29 milijonov dolarjev (26 milijonov evrov), saj očisti približno 20 milijonov litrov odpadne vode na dan. V to čistilno napravo je speljana meteorna voda, komunalna voda, industrijska odpadna voda. Čistilna naprava pa k vsebnosti dušikovih in fosforjevih snovi prispeva samo 5 %. Med projektom je bil izveden tudi ekoremediacijski ukrep oziroma so bili vzpostavljeni plavajoči čistilni otoki. Za izgradnjo, saditev in vzdrževanje so porabili približno 400.000 evrov. Sedaj je jezero tudi turistična točka in pripomore k razpoznavnosti kraja, hkrati pa promovira turizem in ekoturizem (Plan Rotorua jezer (2009), medmrežje 10; medmrežje 11).

Kljub onesnaženju na Gajševskem jezeru ni bilo izvedenih nobenih ukrepov za zmanjšanje onesnaženja ne na državnem in ne na lokalnem nivoju. Občina Križevci pri Ljutomeru je v sklopu projekta »Dobra voda za vse« uredila poti okoli jezera in kasneje so tudi v načrtih načrtovani ekoremediacijski ukrepi. Ti ukrepi ne bodo izvedljivi, če občina v sklopu občinskega proračuna sama ne bo prispevala za izvedbo tega predlaganega Razvojnega načrta upravljanja z Gajševskim jezerom in pojezerjenjem z uporabo ERM.

Cilj vzpostavitve ERM sistemov na Gajševskem jezeru je kot pri jezeru Rotorua zmanjšanje onesnaženosti oziroma vsebnosti dušika in fosforja v jezeru. V mesecu maju 2016 so dokončali dela v zvezi z ureditvijo potke po nasipu Gajševskega jezera, postavljena pa je bila tudi druga oprema (informativne tematske table, klopi in koši za smeti). Leta 2017 bodo dokončali izgradnjo preostanka poti okoli jezera. Skupna vrednost investicije je znašala približno 225.000 evrov. Finančni vložek za vzpostavitev ERM sistemov še ni bil izdelan (Informator občine Križevci, 2016). Prav tako ni bil izdelan noben ukrep, ki bi zmanjšal onesnaženost jezera in kakorkoli okoljsko razbremenil jezero ter habitat na tem območju.

Glede na podatke inštituta ERICo prispeva od vsega dušika in fosforja na prispevnem območju Gajševskega jezera, kmetijska dejavnost kar 90 %. Eden izmed možnih ukrepov za zmanjševanje obremenjenosti s kmetijsko dejavnostjo (gnojenje, pesticidi, herbicidi) je, da prispevno območje jezera postane vodovarstveno območje. Z ureditvijo ERM ukrepov bi zmanjšali onesnaženost dušika med 40 % in 80 % in fosforja med 60 % in 85 % (Vrhovšek in Vovk Korže, 2007) oziroma bi po podatkih iz leta 2007 zmanjšali obremenjenost dušika iz 1369 ton na 821 do 274 ton dušika in fosforja iz 286 ton na 172 do 43 ton fosforja. Izračun je narejen na podlagi ocenjene uspešnosti čiščenja dušika in fosforja pri ERM (Vrhovšek in Vovk Korže, 2007). Pri tej spremembi, bi jezero prešlo iz hiperevtrfnega v evtrfno ali celo v mezotrofno po kriterijih OECD (Program monitoringa stanja voda za obdobje 2010- 2015). Do izboljšave stanja bi moralo priti že po enem letu, saj ti naravni čistilni sistemi začnejo delovati takoj ko se razvije koreninski sistem v katerem poteka razgradnja teh obremenitev (Vrhovšek in Vovk Korže, 2007).

ERM ukrep uporabe plavajočih čistilnih otokov je predlagan za Gajševsko jezero. Po podatkih tega primera uspešne prakse in podobnosti obeh primerov sem mnenja, da je vzpostavitev plavajočih čistilnih otokov ena izmed primernih rešitev za Gajševsko jezero.

## 5.2 Primerjava predlaganih ERM sistemov na območju Gajševskega jezera in reke Ščavnice ter zmanjševanje onesnaženosti Gajševskega jezera

### Plavajoči čistilni otoki:

- Prednosti: minimalno sprotno vzdrževanje in večletna obstojnost nosilnega medija ter rastlinskega dela; možnost reciklaže; uporaba avtohtonih rastlinskih vrst; pozitiven vpliv na ekosistem; časovno ni zahtevno.
- Slabosti: pri izbiri umetnega nosilnega medija je lahko cena razmeroma visoka, predhodno naročilo rastlin pri več ponudnikih zaradi genetske raznovrstnosti, odstranjevanje nadzemnega dela v jesenskem ali zimskem času.
- Finančno vrednotenje: finančni vložek je potreben pri izbiri nosilnega medija in pri izbiri rastlin za nosilni medij. Najcenejša vrsta za nosilni medij je pisana čužka v obliki semen. Lahko pa kupimo sadike in naredimo potaknjence drugih vrst rastlin. Pri večjem naročilu sadik pa bi ena sadika stala manj kot evro. Potaknjenci bi bili še cenejši. Najcenejši nosilni medij bi bil lesen oziroma iz bambusa. Pri drugih umetnih materialih pa se za 1 m<sup>2</sup> giblje cena od 30 € do 200 € (cena je odvisna od ponudnika).

### Vegetacijski pasovi in mejice:

- Prednosti: uporaba avtohtonih drevesnih in grmovnih vrst rastlin; estetsko privlačno; povečuje biološko pestrost; izboljšuje kvaliteto zraka, vode in tal.
- Slabosti: priprave za zasaditev rastlin, vzdrževanje, odstranjevanje odmrle biomase in občasna sečnja, odstranjevanje morebitnih invazivnih vrst rastlin, relativno časovno zahtevno.
- Finančno vrednotenje: sredstva za izgradnjo pasu/mejice ter nakup rastlin in zasaditev, vzdrževanje, relativno finančno zahtevno.

### Pragovi in odbijači toka:

- Prednosti: povečujejo samočistilno sposobnost, preprečujejo monotonost toka, uporaba naravnih materialov.
- Slabosti: načrtovanje oziroma izbor mesta, kjer se bo ta ukrep izpeljal in izbira najprimernejšega izvajalca del; relativno časovno zahtevno.
- Finančno vrednotenje: vodnogospodarske ureditve, nakup materiala in izdelava, finančno zahtevno.

### Stranska struga z RČN:

- Prednosti: čiščenje vode, povečanje življenjskega prostora živim organizmov ...
- Slabosti: načrtovanje in izdelava oziroma izbor najprimernejšega mesta za ukrep, vzpostavitev, izbor najprimernejšega izvajalca del, sama izdelava stranske struge, izgradnja RČN z najprimernejšimi rastlinami; vzdrževanje in obratovanje; relativno časovno zahtevno.
- Finančno vrednotenje: vodnogospodarska ureditev, nakup rastlinskih vrst, precej finančno zahtevno.

Mokrišče:

- Prednosti: presnova in zadrževanje hranilnih snovi in usedlin, zadrževanje visokih in bogatenje nizkih voda, časovno nezahtevno.
- Slabosti: izdelava oziroma zasaditev najprimernejših rastlin, možnost odmiranja/neuspešnost rastlin, pravilna zasaditev rastlin, vzdrževanje.
- Finančno vrednotenje: vodnogospodarska ureditev, nakup rastlin, finančno nezahtevno.

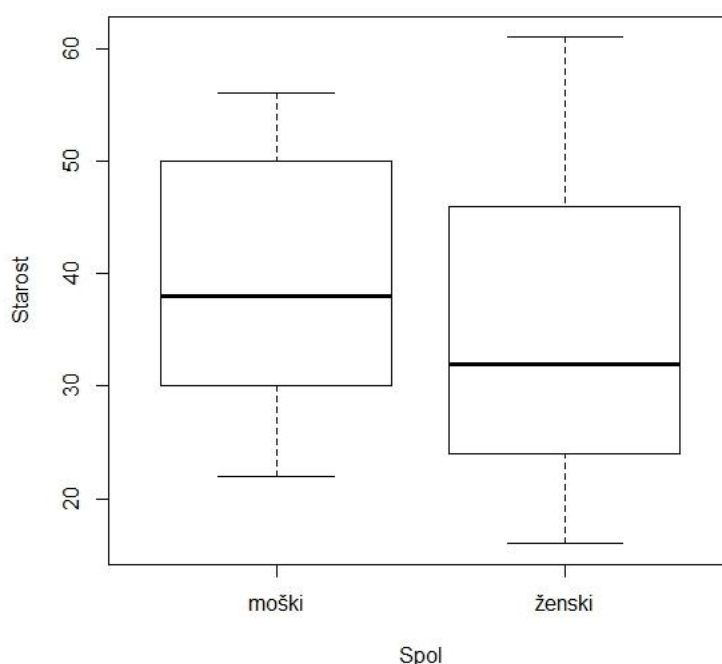
Vsi ti ukrepi so primerni za vzpostavitev na reki Ščavnici in na Gajševskem jezeru. Nekateri so zahtevnejši, nekateri ne. Prav tako so nekateri ukrepi finančno zahtevnejši, nekateri niso. Glede na stanje vode v jezeru priporočam vse ukrepe, ki se dolgoročno obrestujejo in pripomorejo k izboljšanju stanja voda reke Ščavnice ter seveda Gajševskega jezera. Ti ukrepi bi se vizualno podali v okolje in zvišali vrednost okolja/okolice.

Podatki zaključnega poročila ERICo na prispevnem območju Gajševskega jezera v okolju (Zaključno poročilo ciljnega raziskovalnega projekta [online], 2014):

- V letu 2007 je bilo 1369 ton dušika in 286 ton fosforja,
- V letu 2010 je bilo tudi več vnesenega kot odvzetega dušika in fosforja s pridelki oziroma v okolju je ostalo 1363 ton dušika in 287 ton fosforja.

### 5.3 Rezultati anketnega vprašalnika

Od vseh anketiranih 34 anketirancev je 13 moških (38,24 %) in 21 žensk (61,76 %). Vsi prihajajo iz bližnje okolice jezera. Najstarejši anketiranec šteje 61 let, najmlajši 16 let. Aritmetična sredina anketirancev je 34 let. Standardni odklon je 12,65, mediana je 36,52. Najstarejši moški ima 56 let, najstarejša ženska pa 61 let. Najmlajši anketiranec je star 22 let in najmlajša anketiranka 16 let. Pri moških je aritmetična sredina 38, standardni odklon 11,83, mediana 40. Aritmetična sredina pri ženskah je 32, standardni odklon je 12,94 in mediana je 34,38 (graf 1).

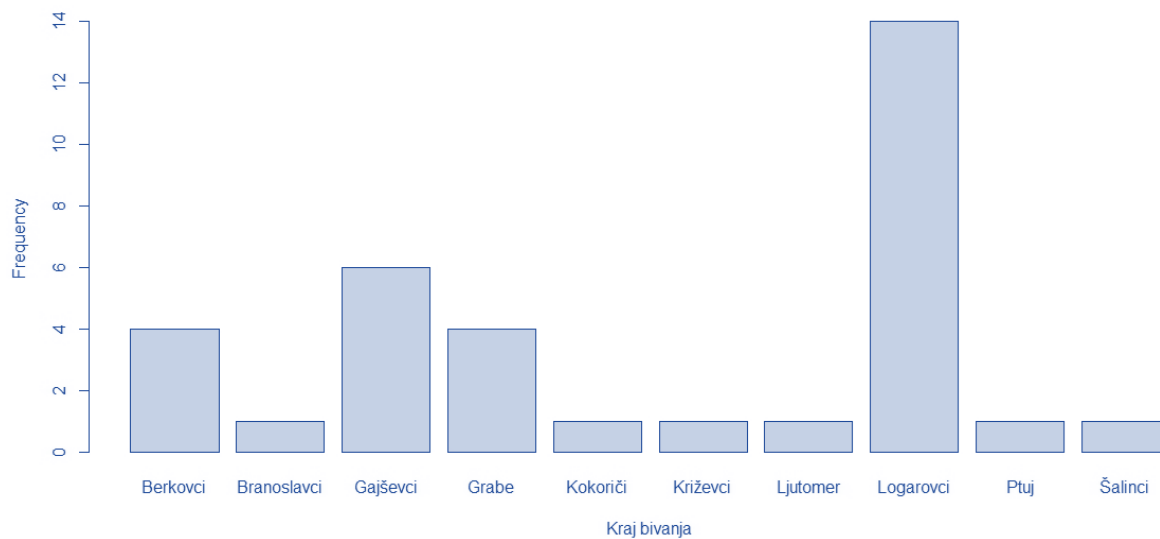


Graf 1: Starost anketirancev po spolu.

Vir: M. Štefanec, 2016

Analiza stopnje izobrazbe kaže, da imajo vsi anketirani, opravljeno osnovno šolo. Dokončano poklicno srednjo šolo ali gimnazijo ima 17 anketirancev. Šest anketiranih ima visoko ali višjo izobrazbo in pet anketirancev opravljeno diplomo. Magisterij ali doktorat pa imajo le trije anketirani.

Anketiranci prihajajo iz naslednjih krajev (graf 2): Berkovci, Branoslavci, Gajševci, Grabe, Kokoriči, Križevci, Ljutomer, Logarovci, Ptuj in Šalinci. Največ anketiranih prihaja iz Logarovcev, najmanj pa iz Šalincev, Ptuja, Kokoričev, Ljutomera, Branoslavcev in Križevcev.

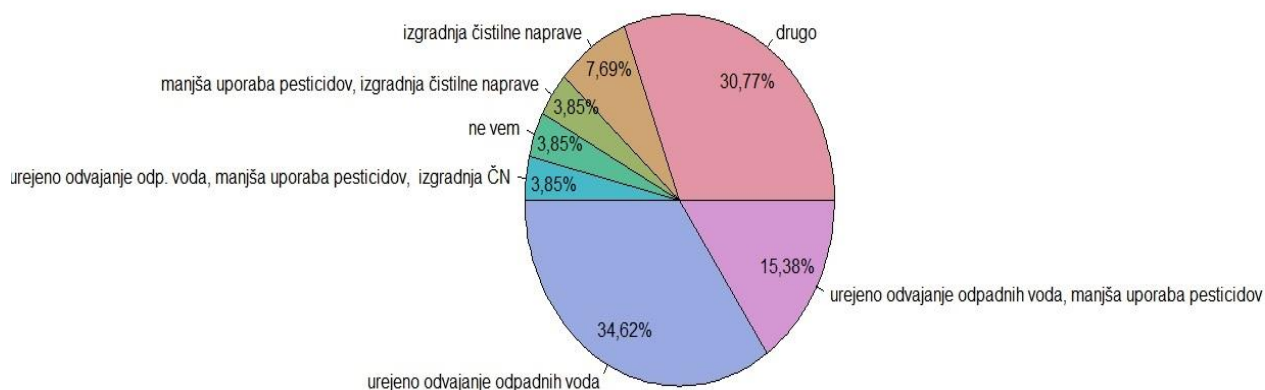


Graf 2: Kraj bivanja anketirancev.  
Vir: M. Štefanec, 2016

Na vprašanje o zmanjšanju onesnaženosti Gajševskega jezera je 33 anketirancev odgovorilo, da je treba zmanjšati onesnaženost jezera. Samo en anketirani pa meni, da to ni potrebno. Pri vprašanju, kaj je povzročilo onesnaženost z dušikom in fosforjem, je bilo možnih več odgovorov. Ti so bili: neurejeno odvajanje odpadnih voda, intenzivno kmetijstvo in drugo. Možnih je bilo več odgovorov. Kar 24 anketirancev je mnenja, da je onesnaženost povzročilo neurejeno odvajanje odpadnih voda in intenzivno kmetijstvo; sedem anketirancev (70,59 %) meni, da je onesnaženost povzročilo samo neurejeno odvajanje odpadnih voda ter trije anketiranci (20,59 %), da je to onesnaženost povzročilo samo intenzivno kmetijstvo.

Naslednje vprašanje je odražalo posameznikovo možnost za zmanjšanje vpliva onesnaženosti Gajševskega jezera (graf 3). Vsak anketiranec je zapisal odgovor, kako lahko sam pripomore k boljšemu stanju in kakovosti vode na širšem območju jezera. Kar osem anketirancev ni odgovorilo na to vprašanje oziroma ni podalo odgovora. Večina anketirancev je mnenja, da bi zmanjšali vpliv, če bi uredili odvajanje odpadnih voda ali z izgradnjo čistilne naprave. Nekateri tudi menijo, da bi pomagala manjša uporaba pesticidov.





Graf 3: Posameznikovo zmanjšanje vpliva onesnaževanja.

Vir: M. Štefanec, 2016

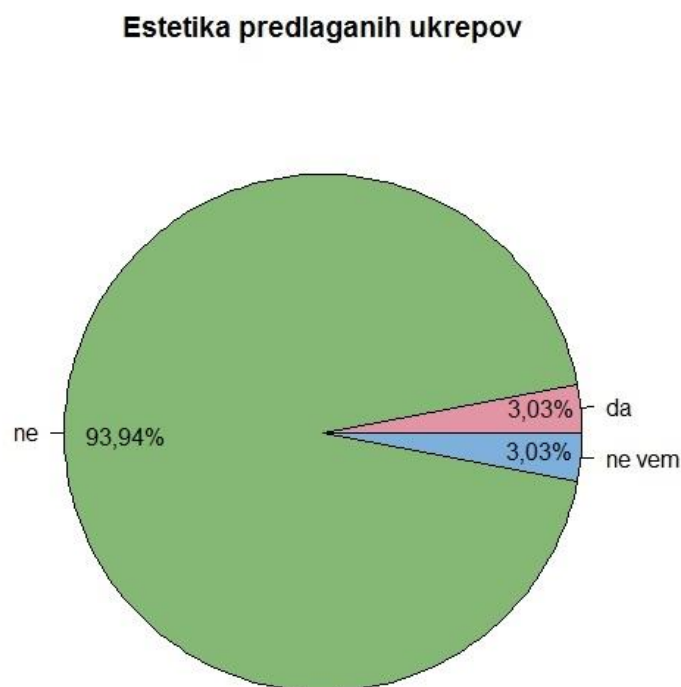
Največ anketirancev oziroma devet vprašanih meni, da bi pripomogli k zmanjšanju onesnaženosti z urejenim odvajanjem odpadnih voda. Dva anketirana bi zmanjšala vpliv na vode z izgradnjo čistilne naprave; štirje z urejenim odvajanjem odpadnih voda in z manjšo uporabo pesticidov; en anketirani z manjšo uporabo pesticidov in z izgradnjo čistilne naprave; en anketiranec z urejenim odvajanjem vode, manjšo uporabo pesticidov in z izgradnjo čistilne naprave; en anketirani je odgovoril z »ne vem«. Naslednjih osem anketirancev je posredovalo naslednje odgovore: manjša uporaba čistilnih sredstev, celovit pristop s trajnostnim planom, redno čiščenje okolice, boljše ozaveščanje, izpraznitev in čiščenje jezera, odstranitev mulja. En anketirani je odgovoril z »ne vem« in ena anketiranka, da ne verjame, da lahko sama pripomore k zmanjšanju onesnaženosti jezera oziroma vode.

Pri vprašanju, ali onesnaženost jezera kakorkoli vpliva na anketiranca oziroma na njegovo okolje, so anketiranci odgovorili naslednje. Kar 24 anketirancev meni, da onesnaženost vpliva na njih in na njihovo okolje. Ostalih 10 anketirancev pa je odgovorilo z »ne«. To vprašanje je vsebovalo tudi podvprašanje, če je anketiranec odgovoril z »da«. Podvprašanje je bilo, kako vpliva onesnaženost jezera na anketiranca. Samo šest anketirancev je odgovorilo na to vprašanje. V večini so si bili odgovori kar podobni in so se navezovali na stanje ter kvaliteto vode in podtalnice ter na zdravje.

Sledilo je vprašanje o podpiranju predlaganih ERM sistemov oziroma, če se strinjajo z njimi. Po obrazložitvi kaj so ERM, so vsi anketirani odgovorili z »da«, in s tem podprli ERM ukrepe. Sledilo je podvprašanje, zakaj se ali se ne strinjajo z njimi. Odgovorilo je šest anketiranih oseb. Vseh šest odgovorov se je navezovalo na uspešno čiščenje vode in na preizkušeno prakso teh ukrepov.

Kar 32 anketirancev je mnenja, da se bo ob vzpostavitvi ERM sistemov v jezeru s časom zmanjšala onesnaženost vode, en anketirani pa meni, da se ne bo. Samo en anketirani ni odgovoril na to vprašanje.

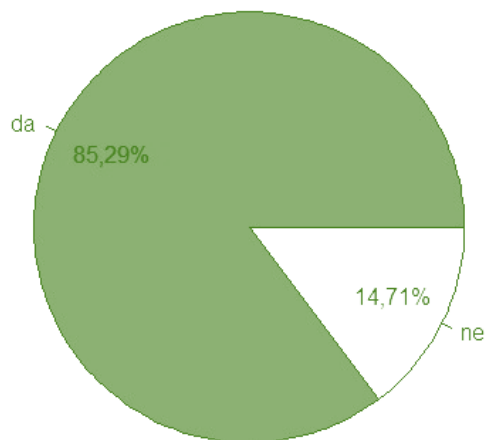
31 anketiranih oseb je mnenja, da bodo predlagani ERM ukrepi estetsko privlačni in bodo vizualno spadali v naše okolje. En anketiranec meni, da bodo ti ukrepi estetsko neprivlačni in en anketiranec je odgovoril z »ne vem«.



Graf 4: Estetika predlaganih ukrepov.  
Vir: M. Štefanec, 2016

Da je Gajševsko jezero premalo izkoriščeno in ne dosega potenciala se strinja 28 anketirancev, ostalih šest pa meni, da ne more biti bolj izkoriščeno in da nima potenciala za turizem ter druge dejavnosti.

Mnenje 29 anketirancev je (graf 5), da bi čistejša voda v jezeru pripomogla k turizmu, športnim aktivnostim, ribolovu in tako dalje. Preostalih pet anketiranih pa meni, da ne.



Graf 5: Mnenja anketirancev o potencialnem turizmu pri čistejši vodi v jezeru.  
Vir: M. Štefanec, 2016

Postavljeno je bilo tudi podvprašanje, kako bi čistejša voda pripomogla k turizmu, športnim aktivnostim in tako dalje. Na to podvprašanje je odgovorilo 14 anketirancev. Odgovori so se navezovali predvsem na več obiskovalcev. Med odgovori so bili tudi več družjenja in športnih aktivnosti, opazovanje ptic, možnost ureditve naravnega kopanja (po zgledu avstrijskih jezer), razni ogledi, več ribičev in surferjev.

### 5.3.1 T-test med spolom in starostjo

Ničelna hipoteza ( $H_0$ ) = Ni razlik med moškimi in ženskami glede starosti

Alternativna hipoteza ( $H_1$ ) = Razlika med moškimi in ženskami glede starosti obstaja.

$\alpha = 0,05$

p-vrednost = 0.2053

Sklep: Ker je p-vrednost večja od 5 %, lahko ničelno hipotezo potrdimo. Torej lahko s 95 % trdimo, da med spremenljivkama spol in starost ni razlik.

### 5.3.2 T-test med izobrazbo in krajem bivanja

$H_0$  = Izobrazba in kraj bivanja anketirancev nista med seboj povezana.

$H_1$  = Med seboj sta povezana izobrazba in kraj bivanja anketirancev.

$\alpha = 0,05$

p-vrednost = 0.1637

Sklep: Na podlagi p-vrednosti lahko potrdimo ničelno hipotezo. Torej izobrazba in kraj bivanja anketirancev nista med seboj povezana.

## **6. SKLEP**

Na začetku diplomske naloge sem si zastavila dve hipotezi.

Prvo hipotezo lahko potrdim, saj so glede na podatke predlagani ERM sistemi na Gajševskem jezeru primerni in uspešni primeri dobrih praks, s katerimi lahko zmanjšamo onesnaževanje.

Druga hipoteza se glasi, da vprašani anketiranci podpirajo vzpostavitev ERM. Na podlagi rezultatov ankete lahko hipotezo potrdim, saj se je na rezultatih ankete izkazalo, da vseh 34 anketirancev (100 %) podpira vzpostavitev ERM.

## 7. ZAKLJUČEK

Po vseh podatkih je Gajševsko jezero obremenjeno s hranili, kot sta dušik in fosfor. Ker je preveč hranil v vodi, se na površju Gajševskega jezera v poletnem času razraste modrozeleno cepljivka. Problematična je tudi zamuljenost jezerskega dna. Vzrok teh obremenitev s hranili leži predvsem v intenzivnem kmetijstvu in v neurejenem odvajanju odpadnih voda. S projektom »Dobra voda za vse« se je začel projekt ERM ukrepov na Gajševskem jezeru. Narejena je že delna pot okoli jezera s pomolom, ki jo bodo leta 2017 dokončali. Predvidena je tudi ptičja opazovalnica. Predlagani so ERM ukrepi, kot so: plavajoči čistilni otoki, mokrišča, urejevanje brežin, vegetacijski pasovi, odbijači in pragovi, mejice, stranska struga in meandriranje struge, trstične grede in tako dalje. Vsi ti sistemi pa temeljijo na naravnem procesu, ki poteka v naravi. Čiščenje vode poteka v rastlini, v koreninskem delu, kjer z aerobnimi in anaerobnimi procesi razgrajuje onesnaževala v vodi.

Naredila sem primerjavo Gajševskega jezera z jezerom Rotorua na Novi Zelandiji kot primer dobre prakse z uporabo ERM ukrepov. Gajševsko jezero je 105-krat manjše po površini od jezera Rotorua in ima 3-krat manjše prispevno območje. Jezero Rotorua je bilo obremenjeno s fosforjem in dušikom, nato so vzpostavili plavajoče čistilne otoke za zmanjšanje obremenitev, za katere so za izgradnjo odšteli 400.000 evrov in zdaj promovira turizem jezer Rotorua. Po podatkih je Gajševsko jezero bolj obremenjeno kot jezero Rotorua zaradi manjše površine, ki jo zavzema. V sklopu projekta »Dobra voda za vse« so uredili pot okoli jezera, ampak za vzpostavitev ERM ukrepov še ni bil izdelan noben ukrep, čeprav so bili predlagani v projektu. V sklopu naloge smo predlagali ERM sisteme in eden izmed njih so plavajoči čistilni otoki, kot na jezeru Rotorua. Glede na podatke (ERM, 2007), bi se obremenjenost za dušik zmanjšala med 40 % in 80 % ter za fosfor med 60 % in 85 %. Do izboljšav bi prišlo že po enem letu oziroma takoj, ko se razvije koreninski sistem rastlin, zato menim, da so plavajoči čistilni otoki ena od primernih rešitev za Gajševsko jezero.

Iz ankete sem izvedela, da večina anketiranih meni, da je treba zmanjšati onesnaženost jezera. Anketiranci menijo, da je za onesnaženost krivo v večji meri neurejeno odvajanje odpadnih voda, intenzivno kmetijstvo pa malo manj. Večina anketiranih bi lahko z urejenim odvajanjem voda zmanjšala onesnaženost voda na tem območju. Prav tako se večina anketiranih strinja z ERM in v njih ne vidi estetsko neprivlačnih sistemov. Nekaj anketiranih vidi potencial jezera s katerim bi lahko povečali število obiskovalcev in možnost za turizem ter ostale dejavnosti.

Z diplomsko nalogo sem pokazala in dokazala, da je možno v Gajševskem jezeru zmanjšati vsebnosti dušika in fosforja z ERM ukrepi s podporo okoliškega prebivalstva.

## 8. VIRI IN LITERATURA

Ambrožič Š., Cvitanovič I., Dobnikar Tehovnik M., Gacin M., Grbovič J., Jesnovec B., Kozar Legiša Š., Krajnc M., Mihorko P., Poje M., Remec Rekar Š., Rotar B., Sodja E. (2008). Kakovost voda v Sloveniji. Ljubljana, Agencija RS za okolje, str. 27, 32

Ambrožič Dolinšek J. (2006). Knjiga povzetkov 4. slovenski simpozij o rastlinski biologiji z mednarodno udeležbo: *Microbial contamination in tissue cultures of pyrethrum*. Ljubljana: Društvo za rastlinsko fiziologijo, let. 2006, št.12-15, str. 123-4

Beltram G. (2005). Novi izzivi za ohranjanje mokriščv 21. stoletju. Nacionalni odbor RS za Ramsarsko konvencijo.

Biološko čiščenje [online]. (Citirano 21.11.2016). Dostopno na naslovu: [http://kemija.net/e-gradiva/odvajanje\\_in\\_ciscenje\\_odpadnih\\_voda/4\\_6\\_Biolosko\\_ciscenje/terciarno\\_ienje.html](http://kemija.net/e-gradiva/odvajanje_in_ciscenje_odpadnih_voda/4_6_Biolosko_ciscenje/terciarno_ienje.html)

Brown in sod., (2000). Manual: Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters. Cincinnati, National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency (EPA).

Čehič (2007). Pogled na vode v Sloveniji. Ljubljana: Statistični urad Republike Slovenije, številka 9, 27 Okolje.

Duncan (2009). Duncan, T., (2009). Floating treatment wetlands: Floating biofilter research trials. Stormwater 2009 Conference paper, Albury-Wodonga . Medmrežje: <http://www.aquabiofilter.com/Tom%20Duncan%20Stormwater%2009%20Floating%20Biofilter%20Conference%20Paper%20V1.pdf> (15.1.2017)

Egli K., Langer C., Siegrist H.-R., Zehnder A. J. B., Wagner M., van der Meer J.R. (2003). Community analysis of ammonia and nitrite oxidizers during start-up of nitrification reactors. Applied and Environmental Microbiology

Firbas P. (2011). Kemizacija okolja in citogenetske poškodbe. Grosuplje, založba Ekslibris, stran 106

Floating Treatment Wetlands (2013). Medmrežje: <https://pubs.ext.vt.edu/BSE/BSE-76/BSE-76-PDF.pdf> (21.7.2016)

Heylen K., Vanparys B., Wittebolle L., Verstraete W. Boon N, De Vos P. (2006). Cultivation of denitrifying bacteria: Optimization of isolation conditions and diversity study. Applied and Environmental Microbiology

Informator, Obvestila za občane občine Križevci. Številka 1, Februar 2016

Kokot Krajnc M., Vovk Korže A. (2014). Katalog naravnih čistilnih sistemov za čiščenje odpadnih voda, Maribor. Medmrežje: <http://www.dobravodazavse.com/knjiznica/rezultati-projekta/um-erm-center/Katalog-Naravni-cistilni-sistemi.pdf> (30.1.2017).

Krsti L. Diplomsko delo: Možnost uporabe plavajočih rastlinskih čistilnih otokov za zmanjševanje evtrofnosti stoječih voda. Medmrežje: [http://www.vsvo.si/images/pdf/2014010621\\_Luka\\_Krsti%C4%8D\\_DN\\_R%C4%8CO\\_2013.pdf](http://www.vsvo.si/images/pdf/2014010621_Luka_Krsti%C4%8D_DN_R%C4%8CO_2013.pdf) (22.11.2016)

Layton A. C., Dionisi H., Kuo H.-W., Robinson K. G., Garrett V. M., Meyers A., Saylor G. S. (2005). Emergence of competitive dominant ammonia-oxidizing bacterial populations in a full-scale industrial wastewater treatment plant. *Applied and Environmental Microbiology*

Madigan M. T., Martinko J.M., Parker J. 2000. *Brock biology of microorganisms*. 9th ed. New Jersey, Prentice-Hall Inc.

Makovec Haložan M., Hepe L., Vovk Korže A., Erjavec T., Beznec P., Globovnik N., Kontrec N. (2015). Program izvajanja monitoringa na pilotnih lokacijah. Medmrežje: <http://czzr.si/files/final-program-izvajanja-monitoringa-na-pilotnih-lokacijah.pdf> (30.6.2016)

Mason R.P., Sheu G.R. (2002). *Global biogeochemical cycles*

Medmrežje 1: <http://www.rotorualakes.co.nz/floating-wetlands> (21.9.2016)

Medmrežje 2: <http://www.dobravodazavse.com/slo/o-projektu/vsebina-projekta> (30.6.2016)

Medmrežje 3: <http://www.witpress.com/elibrary/wit-transactions-on-ecology-and-the-environment/135/21075> (4.9.2016)

Medmrežje 4: [https://www.uradni-list.si/files/RS\\_-2009-014-00437-OB~P003-0000.PDF#!/pdf](https://www.uradni-list.si/files/RS_-2009-014-00437-OB~P003-0000.PDF#!/pdf) (29.6.2016)

Medmrežje 5: <https://www.epa.gov/wetlands> (7.11.2016),  
[http://www.epa.gov/owow/wetlands/pdf/Design\\_Manual2000.pdf](http://www.epa.gov/owow/wetlands/pdf/Design_Manual2000.pdf) (25.11.2016).

Medmrežje 6: [http://www.ucilnicavnaravi.si/09/pdf/ERM\\_poligon.pdf](http://www.ucilnicavnaravi.si/09/pdf/ERM_poligon.pdf) (25.7.2016)

Medmrežje 7: <http://www.rotorualakes.co.nz/rotorua> (4.9.2016)

Medmrežje 8: [http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind\\_id=346](http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=346) (29.6.2016)

Medmrežje 9:  
[http://www.mizs.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/ss/Gradiva\\_ESS/Biotehnicka\\_podrocja\\_\\_sole\\_za\\_zivljenje\\_in\\_razvoj/BT\\_PODROCJA\\_50NARAVOVARSTVO\\_Dejavniki\\_Fortuna.pdf](http://www.mizs.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/ss/Gradiva_ESS/Biotehnicka_podrocja__sole_za_zivljenje_in_razvoj/BT_PODROCJA_50NARAVOVARSTVO_Dejavniki_Fortuna.pdf) (19.11.2016)

Medmrežje 10: <http://www.rotorualakes.co.nz/vdb/document/78> (21.9.2016)

Medmrežje 11: [http://www.rotorualakescouncil.nz/our-council/consultation-and-public-notice/Documents/RLC\\_NP\\_SPD\\_Wastewater\\_Solution\\_280416\\_FA\\_4Pages.pdf](http://www.rotorualakescouncil.nz/our-council/consultation-and-public-notice/Documents/RLC_NP_SPD_Wastewater_Solution_280416_FA_4Pages.pdf) (21.9.2016)

Monitoring populacij izbranih ciljnih ptic, zimsko štetje vodnih ptic 2002-2008. Medmrežje: [http://www.natura2000.si/fileadmin/user\\_upload/Knjiznjica/raziskave/IWC\\_DOPPS\\_20002-2008.pdf](http://www.natura2000.si/fileadmin/user_upload/Knjiznjica/raziskave/IWC_DOPPS_20002-2008.pdf) (26.7.2016)



Novak S. Diplomsko delo: Gajševsko jezero. Medmrežje:

<http://www.dobravodazavse.com/knjiznica/rezultati-projekta/um-erm-center/diplomsko-delo-gajsevsko-jezero.pdf> (16.11.2016)

Pearl in sod. (2000). Cyanobacterial-bacterial mat consortia: examining the functional unit of microbial survival and growth in extreme environments. *Environ Microbiol* 2.

Program monitoringa stanja voda za obdobje 2010-2015, ARSO (2011). Medmrežje:

<http://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/Program%202010%20-%202015.pdf> (29.6.2016)

Program spremljanja ekološkega in kemijskega stanja jezer, ARSO. Medmrežje:

[http://www.arso.gov.si/vode/jezera/programi/program\\_jezera\\_2007.pdf](http://www.arso.gov.si/vode/jezera/programi/program_jezera_2007.pdf) (29.6.2016)

Razinger J. (2008). Ekoremediacije: sredstvo za doseganje okoljskih ciljev in trajnostnega razvoja Slovenije, zbornik. Ljubljana, KATR, str. 16, 258,259,260

Roš, M., Panjan, J. (2012). Gospodarjenje z odpadnimi vodami. Celje, Fit media d.o.o., str. 121-122

Schnoor J.K. (1997). Phytoremediation, Iowa City. GWRTAC

Vode v Sloveniji: Ocena stanja voda za obdobje 2006-2008 po določilih okvirne direktive o vodah. ARSO, (2010). Medmrežje:

<http://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/vode%20v%20sloveniji.pdf> (18.11.2016)

Vovk Korže A., (2015). Razvojni načrt upravljanja z Gajševskim jezerom in pojezerjem z uporabo ekoremediacij. Medmrežje: <http://czr.si/files/gajsevsko-jezero---razvojni-nacrt-upravljanja.pdf> (29.7.2016)

Vovk Korže A., Vrhovšek D. : Ekoremediacije kot priložnost za inovativni regionalni razvoj. Medmrežje: [http://www.drustvogeografovpmurja.si/projekti/zborovanje/zbornik/mAna%20Vovk%20Korze\\_T.pdf](http://www.drustvogeografovpmurja.si/projekti/zborovanje/zbornik/mAna%20Vovk%20Korze_T.pdf) (12.11.2016)

Vovk Korže A., Sajovic A., Kroflič B., Vrhovšek D. (2008). Ekoremediacije v državah Zahodnega Balkana in Osrednji Evropi za izboljšanje kvalitete življenja, Slovenija, Celje, 21. In 22. september 2007. Maribor, Filozofska fakulteta, Mednarodni center za ekoremediacije

Vrhovšek D., Vovk Korže A. (2007). Ekoremediacije. Maribor in Ljubljana, Filozofska fakulteta, Mednarodni center za ekoremediacije, Limnos d.o.o.

Vrhovšek D., Vovk Korže, A. (2008). Ekoremediacije kanaliziranih vodotokov. Ljubljana: LIMNOS, Mednarodni center za ekoremediacije, Filozofska fakulteta Univerze v Mariboru.

Zaključno poročilo ciljnega raziskovalnega projekta [online], 2014. Vrednotenje potencialnega vpliva kmetijstva na kemijsko in ekološko stanje voda v Pomurju s predlogi stroškovno učinkovitih ukrepov za njegovo preprečevanje. Velenje: ERICo Velenje Inštitut za ekološke raziskave d.o.o (29.7.2016). Dostopno na naslovu: [www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-9WSXABMZ/ee6f3b23-fe49-4934.../PDF](http://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-9WSXABMZ/ee6f3b23-fe49-4934.../PDF)

Zakonodaja in pravne podlage. Medmrežje:

<http://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/poro%C4%8Dila/poro%C4%8Dila%20o%20stanju%20okolja%20v%20Sloveniji/vode.pdf> (10.9.2016)

Zakotnik (2015). Pregled inženirsko bioloških metod v sonaravnem urejanju vodotokov.

Medmrežje:

[http://ksh.fgg.unilj.si/ljubljanaconnects/Data/OkroglaMiza2015/predstavitve/Zakotnik\\_Pregled%20inženirsko%20bioloskih%20metod%20v%20sonaravnem%20urejanju%20vodotokov.pdf](http://ksh.fgg.unilj.si/ljubljanaconnects/Data/OkroglaMiza2015/predstavitve/Zakotnik_Pregled%20inženirsko%20bioloskih%20metod%20v%20sonaravnem%20urejanju%20vodotokov.pdf) (19.7.2016)

Zakon o vodah. Ur.l.RS, št. 67/02 , 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14, 56/15.

## PRILOGE

### Priloga A

```
> numSummary(Anketa[,"Starost"], statistics=c("mean", "sd", "IQR", "quantiles"),  
quantiles=c(0,.25,.5,.75,1))
```

```
    mean    sd IQR 0% 25% 50% 75% 100% n  
36.52941 12.65446 22.75 16 25 34 47.75 61 34
```

```
> numSummary(Anketa[,"Starost"], groups=Anketa$Spol, statistics=c("mean", "sd", "IQR",  
"quantiles"), quantiles=c(0,.25,.5,.75,1))
```

```
    mean    sd IQR 0% 25% 50% 75% 100% data:n  
moški 40.00000 11.83920 20 22 30 38 50 56 13  
ženski 34.38095 12.94016 22 16 24 32 46 61 21
```

```
> numSummary(Anketa[,"Starost"], groups=Anketa$Kraj.bivanja, statistics=c("mean", "sd",  
"IQR", "quantiles"), quantiles=c(0,.25,.5,.75,1))
```

```
    mean    sd IQR 0% 25% 50% 75% 100% data:n  
Berkovci 37.25000 13.20038 7.75 25 31.75 34.0 39.50 56 4  
Branoslavci 24.00000 NA 0.00 24 24.00 24.0 24.00 24 1  
Gajševci 39.16667 13.68819 16.75 25 29.25 36.5 46.00 61 6  
Grabe 39.00000 11.57584 13.00 23 34.25 42.5 47.25 48 4  
Kokoriči 32.00000 NA 0.00 32 32.00 32.0 32.00 32 1  
Križevci 22.00000 NA 0.00 22 22.00 22.0 22.00 22 1  
Ljutomer 46.00000 NA 0.00 46 46.00 46.0 46.00 46 1  
Logarovci 38.07143 13.72513 23.50 16 26.25 38.0 49.75 59 14  
Ptuj 22.00000 NA 0.00 22 22.00 22.0 22.00 22 1  
Šalinci 23.00000 NA 0.00 23 23.00 23.0 23.00 23 1
```

```
> t.test(Starost~Spol, alternative='two.sided', conf.level=.95, var.equal=FALSE, data=anketa)
```

Welch Two Sample t-test

data: Starost by Spol

t = 1.2975, df = 27.34, p-value = 0.2053

alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0

95 percent confidence interval:

-3.26183 14.49993

sample estimates:

mean in group moški mean in group ženski

40.00000 34.38095

```
> local({
+ .Table <- xtabs(~Izobrazba+Kraj.bivanja, data=anketa)
+ cat("\nFrequency table:\n")
+ print(.Table)
+ .Test <- chisq.test(.Table, correct=FALSE)
+ print(.Test)
+ })
```

Frequency table:

Izobrazba	Kraj.bivanja											
	Ljutomer	Logarovci	Ptuj	Šalinci	Berkovci	Branoslavci	Gajševci	Grabe	Kokoriči	Križevci		
diploma			0	1	0	1	0	0	0	2	0	1
dokončana osnovna šola				0	0	1	0	0	0	1	1	0
0												
dokončana poklicna srednja šola, gimnazija					2	0	2	2	0	0	0	
9 1 0												
dokončana poklicna srednja šola, gimnazija					0	0	0	0	0	0	0	
1 0 0												
magisterij, doktorat					2	0	0	1	0	0	0	0
višja, visoka izobrazba					0	0	3	0	1	1	0	1
0												0

Pearson's Chi-squared test

data: .Table

X-squared = 54.194, df = 45, p-value = 0.1637

```
> local({
+ .Table <- with(anketa, table(zmanjšanje.onesnaženosti))
+ cat("\ncounts:\n")
+ print(.Table)
+ cat("\npercentages:\n")
+ print(round(100*.Table/sum(.Table), 2))
+ }) counts:
zmanjšanje.onesnaženosti
da ne
33 1
percentages:
zmanjšanje.onesnaženosti
da ne
97.06 2.94
```



## ANKETNI VPRAŠALNIK

Pozdravljeni! Sem Maja Štefanec, študentka Visoke šole za varstvo okolja v Velenju. V svoji diplomski nalogi opisujem in raziskujem delovanje ekoremediacijskih sistemov ob Gajševskem jezeru. Anketo izvajam med okoliškimi prebivalci, saj me zanima, kakšno mnenje imajo o onesnaženosti jezera; kako bi ekoremediacijski sistemi vplivali na potencialni turizem, športne aktivnosti, ribolov, itd.

Prosim, da obkrožite odgovor ali besedo pred odgovorom.

1. Spol:

- a) Ženski
- b) Moški

2. Starost: \_\_\_\_\_ let

3. Izobrazba:

- a) dokončana osnovna šola
- b) dokončana poklicna srednja šola, gimnazija
- c) višja, visoka izobrazba
- d) magisterij, doktorat

4. Kraj bivanja: \_\_\_\_\_

5. Menite, da je potrebno v Gajševskem jezeru zmanjšati onesnaženost vode?

a) DA

b) NE

6. Gajševsko jezero je onesnaženo predvsem z dušikom in fosforjem. Kaj menite, da je povzročilo to onesnaženost vode v Gajševskem jezeru?

a) neurejeno odvajanje odpadnih voda

b) intenzivno kmetijstvo

c) drugo: \_\_\_\_\_

7. Kako mislite, da bi vi lahko zmanjšali vpliv oziroma pripomogli k zmanjšanju onesnaženosti vode v Gajševskem jezeru?

---

---

---

---

8. Ali mislite, da onesnaženost jezera kakorkoli vpliva na Vas in na vaše okolje?

a) DA

Kako? \_\_\_\_\_

b) NE

9. Glede na onesnaženost jezera so predlagani ekoremediacijski ukrepi (čiščenje voda s pomočjo rastlin). Se strinjate z njimi?

a) DA

b) NE

Zakaj? \_\_\_\_\_

10. Mislite, da se bo ob vzpostavitvi ekoremediacijskih sistemov v jezero z časom zmanjšala onesnaženost vode?

a) DA

b) NE

11. Ste mnenja, da bodo predlagani ukrepi estetsko neprivlačni oziroma ne bodo vizualno spadali v okolje?

a) DA

b) NE

12. Ali je zaradi onesnaženosti Gajševsko jezero premalo izkoriščeno in ne dosega potenciala?

a) DA

b) NE

13. Ali bi čistejša voda v jezeru pripomogla k turizmu, športnim aktivnostim, ribolovu, opazovanju ptic, itd.?

a) DA

Kako? \_\_\_\_\_

b) NE

Za pomoč pri izvajanju ankete se Vam najlepše zahvaljujem.

Maja Štefanec