UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA KRAJINSKO ARHITEKTURO

Ana HERMAN

VEČNAMENSKA UREDITEV SLIVNIŠKEGA JEZERA Z UPOŠTEVANJEM EKOREMEDIACIJSKIH UKREPOV

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2012

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA KRAJINSKO ARHITEKTURO

Ana HERMAN

VEČNAMENSKA UREDITEV SLIVNIŠKEGA JEZERA Z UPOŠTEVANJEM EKOREMEDIACIJSKIH UKREPOV

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

MANAGING LAKE SLIVNICA FOR MULTI-PURPOSE USE BY APPLYING ECO-REMEDIATION METHODS

GRADUATION THESIS
University Studies

Ljubljana, 2012

Tebi, dragi ati, ki ti ni bilo dano, da bi z mano doživel in se veselil zaključka študija, posvečam diplomsko delo. Brez tvojih modrosti, zgodb o Slivniškem jezeru in potrpežljivega spremstva na potepih ob jezeru diploma ne bi bila takšna, kot je. Hvala ti za vso podporo in ljubezen vsa leta študija in življenja.

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija krajinske arhitekture. Delo je bilo opravljeno na Oddelku za krajinsko arhitekturo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za krajinsko arhitekturo je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Davorina Gazvodo.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednica: prof. dr. Mojca Golobič
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za krajinsko arhitekturo

Član: prof. dr. Davorin Gazvoda
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za krajinsko arhitekturo

Član: prof. dr. Mihael J. Toman
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisana se strinjam z objavo svojega diplomskega dela na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je delo, ki sem ga oddala v elektronski obliki, identično tiskani verziji.

Ana Herman

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn
DK UDK 712.2: 556.55: 627.17: 502.13 (043.2)
KG umetna akumulacijska jezera/večnamenska raba/ekoremediacije/rastlinske čistilne naprave/vegetacijski pasovi
AV HERMAN, Ana
SA GAZVODA, Davorin (mentor)
KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za krajinsko arhitekturo
LI 2012
IN VEČNAMENSKA UREDITEV SLIVNIŠKEGA JEZERA Z UPOŠTEVANJEM EKOREMEDIACIJSKIH UKREPOV
TD Diplomsko delo (Univerzitetni študij)
OP XI, 99, [2] str., 8 pregl., 61 sl., 1 pril., 77 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI Slivniško jezero je umetno akumulacijsko jezero, nastalo leta 1975 za nasuto pregrado Tratna na zoženem delu reke Voglajne. Akumulacija je bila namenjena obrambi pred poplavami reke Voglajne, služila pa naj bi tudi kot vir tehnološke vode za Železarno Štore, kar se ni uresničilo. Jezero je kmalu postalo pomemben krajinski člen, njegov videz pa povsem naraven. V močvirnem delu ob pritokih so primerni habitati za ptice, večina vrst je umeščena na rdeči seznam ogroženosti. Ob jezeru sta se začela razvijati turizem in rekreacijska dejavnost, vendar se je zaradi sprememb v lastniških strukturah parcel ob jezeru spremenila tudi intenziteta rabe vodnega in obvodnega prostora. Razvoj območja jezera je pričel stagnirati in se v zametkih na določenih območjih jezera obnavlja šele v zadnjem obdobju. Problematika jezera se kaže v visoki evtrofnosti jezerske vode in čezmernem zasipavanju jezerske kotanje zaradi erozije prsti ob jezeru. Vse to onemogoča večnamensko rabo jezera (kot vodnega telesa) in obvodnega prostora. V diplomskem delu so kot rešitev za omenjeno problematiko jezera obravnavane ekoremediacijske tehnologije, predvsem rastlinske čistilne naprave in vegetacijski pasovi, umeščeni na problematična območja jezera. Hkrati so podani tudi predlogi umeščanja novih habitatov za ogrožene vrste ptic. Podane so tudi prostorske rešitve za potencialna območja ob jezeru, kjer se bosta razvijala rekreacija in turistična dejavnost, ter krožna učno-rekreacijska pot, ki povezuje ureditve celotnega območja Slivniškega jezera.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Dn
DC UDC 712.2: 556.55: 627.17: 502.13 (043.2)
CX artificial reservoir/multiple-purpose use/ eco-remeditation technologies/constructed wetlands/vegetation zones
AU HERMAN, Ana
AA GAZVODA, Davorin (supervisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
PY 2012
TY MANAGING LAKE SLIVNICA FOR MULTI-PURPOSE USE BY APPLYING ECO-REMEDIATION METHODS
DT Graduation Thesis (University studies)
NO XI, 99, [2] p., 8 tab., 61 fig., 1 ann., 77 ref.
LA sl
Al sl/en
AB Lake Slivnica is an artificial reservoir, created in 1975 behind a banked barrier Tratna at a narrowed section of the river Voglajna. Its purpose was to provide defence when the river Voglajna is flooding, and to serve as a source of process water for ironworks Železarna Štore; however, the last project was abandoned. The lake has soon become an important landscape article, and its appearance is completely natural. Several bird habitats have developed in the marshy part of the tributaries. Most of these birds are placed on the red list of endangered species. Tourism and recreational activity have begun to develop at the lake, but due to the changes in ownership structure of the parcels along the lake, the intensity of water and waterside space use has changed as well. The development of the lake began to stagnate, and only recently it has been revived at some areas of the lake. The main problems of the lake are high eutrophication of lake water and eroded waterside soil over-filling the lake basin. This prevents the multiple-purpose use of the lake (as a body of water) and the use of waterside areas. As a remedy for these issues the thesis introduces eco-remeditation technologies, especially the placement of constructed wetland and vegetation zones at problematic sites. At the same time it presents the proposals to create new habitats for endangered bird species. It also offers spatial solutions for potential sites at the lake, where recreation and tourism will develop, along with a circular recreational-educational trail which connects all the regulated sites at Slivnica lake.

KAZALO VSEBINE

Ključna dokumentacijska informacija III
Key words documentation IV
Kazalo vsebine V
Kazalo preglednic VIII
Kazalo slik IX
Okrajšave XI

1 UVOD ... 1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA ... 2
1.2 CILJI RAZISKOVANJA ... 3
1.3 DELOVNE HIPOTEZE ... 4
1.4 METODE DELA ... 4
2 ZNAČILNOSTI JEZERSKEGA EKOSISTEMA ... 5
2.1 DEFINICIJA JEZERA ... 5
2.2 TOPLOTNE RAZMERE V JEZERU ... 6
2.3 SNOVNE IZMENJAVE V JEZERU ... 7
2.4 EVTROFIKACIJA JEZERA ... 8
2.5 EKOLOŠKA SUKCESIJA V VODNIH EKOSISTEMIH ... 9
2.6 UMETNA JEZERA ... 10
3 SLIVNIŠKO JEZERO ... 12
3.1 OSNOVNE ZNAČILNOSTI SLIVNIŠKEGA JEZERA ... 12
3.1.1 Dostopnost Slivniškega jezera in poti ob jezeru ... 15
3.1.2 Poselitev na ožjem območju Slivniškega jezera ... 18
3.1.3 Pojezerje in prispevno območje Slivniškega jezera ... 20
3.1.4 Zavarovana območja Slivniškega jezera in ogrožene živalske vrste na območju Slivniškega jezera ... 23
3.2 PROBLEMATIKA SLIVNIŠKEGA JEZERA ... 26
3.2.1 Inventarizacija in analiza površinskega pokrova ob Slivniškem jezeru ... 28
4 EKOREMEDIACIJE ... 33
4.1 SPLOŠNI OPIS EKOREMEDIACIJ ... 33

4.2 KAJ ODPRAVLJAMO Z ERM? ... 34
4.3 DELITEV ERM ... 35
4.3.1 Klasična delitev ERM ... 35
4.3.2 Problemska delitev ERM ... 36
4.3.3 Ekosistemska delitev ERM ... 36
4.3.4 Sektorska delitev ERM ... 37
4.4 EKOREMEDIACIJE IN OKVIRNA VODNA DIREKTIVA ... 37
4.5 EKOREMEDIACIJSKI UKREPI ZA IZBOLJŠANJE STANJA JEZER ... 38

5 IZBOR IN OPIS EKOREMEDIACIJSKIH METOD ... 39
5.1 RASTLINSKE ČISTILNE NAPRAVE ... 39
5.1.1 Vrste RČN ... 43
5.1.2 Izbor rastlin za uporabo v RČN ... 46
5.1.3 Smernice pri načrtovanju RČN s površinskim tokom ... 48
5.1.4 Kriteriji za izbor rastlin za sajenje v RČN ... 53
5.1.5 Primer sanacije Hodoškega jezera z ekoremediacijskimi ukrepi za zmanjšanje evtrofnosti jezera ... 53
5.1.6 RČN na Ponikvi pri Šentjurju za čiščenje voda iz naselja ... 55
5.2 BLAŽILNA OBMOČJA ALI VEGETACIJSKI PASOVI ... 57

6 PREDVIDENE REKREACIJSKE DEJAVNOSTI OB SLIVNIŠKEM JEZERU IN PROSTORSKE ZAHTEVE ZA NJIHOVO IZVAJANJE ... 59

7 PREDLOG PROJEKTNEGA PROGRAMA IN PROSTORSKE UREDITVE OB SLIVNIŠKEM JEZERU ... 62
7.1 OBMOČJE JUŽNE OBALE SLIVNIŠKEGA JEZERA, RIBOGOJNIC V RAKITOVCU IN PRITOKA DROBINSKI POTOK ... 66
7.1.1 Območje južne obale Slivniškega jezera ... 66
7.1.2 Območje ribogojnic v Rakitovcu in pritoka Drobinski potok ... 70
7.2 OBMOČJE SEVERNE OBALE SLIVNIŠKEGA JEZERA ... 74
7.2.1 Ogroženi vrsti ptic in ukrepi za izboljšanje habitatnih razmer ... 74
7.3 KAJAKAŠKO SREDIŠČE NA VZHODNI OBALI SLIVNIŠKEGA JEZERA ... 79
7.4 OBMOČJE RAMNE PLAŽE ... 81
7.5 OBMOČJE RIBIŠKEGA DOMA ... 84
7.6 UČNO-REKREACIJSKA POT OB SLIVNIŠKEM JEZERU ... 86

8 RAZPRAVA IN SKLEP ... 89

9 POVZETEK 91

10 VIRI 93

10.1 CITIRANI VIRI 93

10.2 DRUGI VIRI 98

ZAHVALA

PRILOGA

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Raba tal na prispevnem območju 21
Preglednica 2: Stanje hranil, prosojnost v zadrževalniku Slivniško jezero 27
Preglednica 3: Vrste RČN 43
Preglednica 4: Karakteristike rastlin za sajenje v RČN s površinskim tokom 46
Preglednica 5: Oblikovalska načela za načrtovanje RČN s površinskim tokom 50
Preglednica 6: Nemški normativi zmogljivosti jezera za izvajanje veslanja in jadranja 61
Preglednica 7: Predlagani projektni program za območje Slivniškega jezera 62
Preglednica 8: Površina RČN pri določenem številu ljudi 67

KAZALO SLIK

Slika 1: Shema delitve jezera 5
Slika 2: Termična plastovitost v jezeru 7
Slika 3: Sukcesija jezerskega ekosistema zaradi naplavljanja delcev 10
Slika 4: Vidno nihanje vodne gladine na južni obali Slivniškega jezera 11
Slika 5: Lega Slivniškega jezera v povodju Save 12
Slika 6: Digitalni ortofoto posnetek Slivniškega jezera 13
Slika 7: Fotografije Slivniškega jezera 1 13
Slika 8: Fotografije Slivniškega jezera 2 14
Slika 9: Slivniško jezero s pritoki 15
Slika 10: Težko prevozna makadamska pot od pregrade Tratna do propadajočega ribiškega doma 16
Slika 11: Shema dostopnosti Slivniškega jezera in poti ob jezeru 17
Slika 12: Fotografije pešpoti ob vzhodni obali Slivniškega jezera 18
Slika 13: Poselitev na območju Slivniškega jezera in v bližnji okolici 19
Slika 14: Naselja v prispevnem območju Slivniškega jezera 20
Slika 15: Pojezerje Slivniškega jezera 21
Slika 16: Namenska raba prostora v prispevnem območju Slivniškega jezera 22
Slika 17: Ekološko pomembno območje Voglajna in Slivniško jezero 23
Slika 18: Ptice na območju Slivniškega jezera 24
Slika 19: Območje predvidenih novih habitatov za ogroženi vrsti ptic 25
Slika 20: Ribogojnice ob Slivniškem jezeru 26
Slika 21: Erozijski pojavi ob Slivniškem jezeru 28
Slika 22: Površinski pokrov na območju Slivniškega jezera z označenimi območji analize vegetacije 28
Slika 23: Tip in razrast vegetacije ob jezeru pri pregradi Tratna 29
Slika 24: Tip in razrast vegetacije na območju pobočja Gradiše 29
Slika 25: Tip in razrast vegetacije na območju Ramne plaže 30
Slika 26: Tip in razrast vegetacije ob severni obali Slivniškega jezera 30
Slika 27: Tip in razrast vegetacije na južni obali Slivniškega jezera 31
Slika 28: Tip in razrast vegetacije ob pritokih Drobinski potok in Ločnica 32
Slika 29: Tip in razrast vegetacije na območju ribogojnic v Rakitovcu 32
Slika 30: Shema prečnega prereza skozi gredo RČN 40
Slika 31: Shema RČN 41
Slika 32: Širokolistni rogoz in navadni trst 41
Slika 33: RČN z ukoreninjenimi vodnimi rastlinami 44
Slika 34: RČN s prosto plavajočimi makrofiti 44
Slika 35: Shematski prikaz RČN s horizontalnim podpovršinskim tokom 45
Slika 36: Območja zasajevanja rastlin v RČN s površinskim tokom 48
Slika 37: Hodoško jezero 54

Slika 38: Prikaz umestitve RČN Ponikva 55
Slika 39: RČN na Ponikvi 56
Slika 40: Fotografija RČN Ponikva z označenimi podenotami 56
Slika 41: Razmestitev predlaganih dejavnosti na območju Slivniškega jezera 64
Slika 42: Funkcionalna shema ureditve območja Slivniškega jezera 65
Slika 43: Shema postavitve RČN s podpovršinskim tokom za čiščenje onesnažene vode iz naselja 67
Slika 44: RČN za čiščenje onesnaženih voda iz naselja Veliki Rakitovec 69
Slika 45: Shema umestitve RČN s podpovršinskim tokom za čiščenje onesnažene vode iz ribogojnic 70
Slika 46: Pogled na območje ribogojnic, RČN za čiščenje vod iz ribogojnic, ptičjega rezervata in otoka s pomolom za opazovanje ptic 72
Slika 47: Vodomec 74
Slika 48: Shema ureditve habitata za vodomca na gnezdilnih otokih 75
Slika 49: Zlatovranka 76
Slika 50: Primer novega habitata zlatovranke za umeščanje ob Slivniško jezero. 77
Slika 51: Habitati za ogroženi vrsti ptic 78
Slika 52: Lokacija novega kajakaškega središča ob vzhodni obali Slivniškega jezera 79
Slika 53: Prikaz ureditve umetnega otoka in proge za kajak na vzhodni obali Slivniškega jezera 80
Slika 54: Pogled na ureditev območja Ramne plaže 82
Slika 55: Pogled na priveze za čolne na Ramni plaži 83
Slika 56: Fotografiji propadajočega objekta ribiškega doma ob Slivniškem jezeru 84
Slika 57: Lokacije centra šolskih in obšolskih dejavnosti na območju nekdanjega ribiškega doma 84
Slika 58: Pogledi s poti ob zahodni obali Slivniškega jezera na okoliško krajino. 86
Slika 59: Opazovalnica za ptice na Koščevi učni poti 87
Slika 60: Opazovalnica v Škocjanskem zatoku 87
Slika 61: Shema krožne učno-rekreacijske poti ob Slivniškem jezeru z opisom posameznih informacijskih točk 88

OKRAJŠAVE

ERM ekoremediacije
RČN rastlinska čistilna naprava

1 UVOD

Voda je poleg reliefa ključni oblikovalec površja Zemlje in vir življenja. Vode in nabrežja nudijo življenjski prostor številnim rastlinskim in živalskim vrstam. Raba vode je bila že od nekdaj zelo raznovrstna, a je kljub temu vodni svet še vedno relativno dobro ohranjen. Voda ni zgolj prvina ali nosilka pomenov v krajini, pač pa je okolje prvobitnosti in naravnih procesov. Vode in njihovo nabrežje so zelo raznolik prostorski sistem, ki nudi življenjski prostor različnim vrstam organizmov.

Hladnik (1998) navaja, da je obrežje prostor, kjer lahko človek doživi vizualna doživetja posebne vrste, in da se izmenjevanje vode in kopnega ter bujni rastlinski svet uvrščajo med najzanimivejše prostorske konfiguracije. Obrežje je tudi prostor oddiha, rekreacije in turistične dejavnosti (Hladnik, 1998; Marušič, 1998).

Vode najdemo v krajini v zelo raznovrstnih oblikah, ki so same po sebi urejen sistem, imajo svojo lastno notranjo zgradbo in značilno individualnost. Prav to daje vodi poseben pomen ter izhodišča za urejanje in varstvo voda (Marušič, 1998).

»Vodni in obvodni prostor je tisti del krajine, ki je ohranil poleg gozdov v slovenskem prostoru največ prvobitnosti in je obenem nosilec največje strukturne in biološke raznolikosti. Za vsak vodni in obvodni prostor je značilno njegovo ekološko bogastvo, ki se kaže v raznovrstnosti biotsko bogatih in samostojnih ekosistemov, v stopnji naravne ohranjenosti.« (Hladnik, 1998: 41). Voda in obvodni prostori so prvovrstni rezervati biosfere, ki nudijo življenjski prostor številnim rastlinskim in živalskim vrstam (Hladnik, 1998).

Hladnik (1998) navaja, da sta vodni in obvodni prostor vizualno zelo poudarjeni prvini v prostoru ter da njuna izjemnost in enkratnost z vidika vidne slike, mozaičnosti prostorske slike, klime (vlaga), barve, teksture, zvoka (šumenje vode) in vonjev odločilno opredeljujeta značaj in identifikacijo območja. Vode vtisnejo prostoru svojevrsten pečat. Obvodna vegetacija, razmerja v krajinski sliki in različnost oblik stopnjujejo prostorski pomen vode in obvodnega prostora.

Slivniško jezero je umetna akumulacija, nastala leta 1975 z zajezitvijo reke Voglajne jugovzhodno od mesta Šentjur. Opredeljena je kot večnamenski mokri zadrževalnik z dvema poglavitnima infrastrukturnima funkcijama: obrambo proti poplavam na reki Voglajni in zagotavljanjem tehnološke vode za Železarno Štore. Izraba vode v tehnološke namene ni bila nikoli realizirana, kmalu se je začela opuščati tudi vloga Slivniškega jezera pri zagotavljanju poplavne varnosti.

Jezero je kmalu postalo pomemben del krajine, njegov videz pa povsem naraven. Območje jezera z obvodnim prostorom je bilo razglašeno kot ekološko pomembno območje[1] z bogato biotsko pestrostjo. V jezeru in ob njem je mogoče najti pestre rastlinske in živalske vrste in habitate, ki imajo z vidika biotske pestrosti izjemen pomen. V močvirnem delu ob pritokih Drobinski potok in Ločnica se je sčasoma ustvaril tudi naravni rezervat, kjer živi 125 vrst ptic (Lokalna razvojna strategija …, 2008). Večina vrst je na rdečem seznamu ogroženosti.

Ob jezeru so se kmalu po nastanku začeli razvijati turizem, rekreacijska dejavnost in ribolov, ki je v največji meri ob jezeru prisoten še danes. Turistično najbolj razvit del je bilo območje ribiškega doma, ki danes žal propada in bi bil potreben temeljite prenove in ureditve okolice s strokovnim oblikovanjem in načrtovanjem. Največ turistične in rekreacijske dejavnosti je na območju Ramne plaže na južni strani jezerske obale Slivniškega jezera. Tudi tu bi z oblikovanjem obale in umestitvijo osnovnih infrastrukturnih objektov (parkirišče, sanitarije, lokal) izboljšali turistično ponudbo in privlačnost jezera za obiskovalce.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Jezero je bilo evidentirano kot evtrofno, saj je močno obremenjeno s čezmerno količino organskih in anorganskih snovi. Pojavlja se problem prevelikega vnosa hranljivih snovi in delcev, ki se sedimentirajo v jezeru in ga posledično zasipavajo. Problematična je tudi erozija prsti na izpostavljenih delih ob jezeru, predvsem na območjih, kjer je slabo izražena obrežna vegetacija.

Visoka koncentracija škodljivih snovi se pojavlja ob pritokih v jezero, problematičen je zlasti pritok Drobinski potok, ki teče v bližini ribogojnice. Odtoki komunalnih voda, ki se stekajo v jezero, so neurejeni, problematični sta tudi kmetijska dejavnost neposredno ob jezeru in v njegovem prispevnem območju ter bližina prometnice, ki poteka neposredno ob južni obali Slivniškega jezera.

[1] Ekološko pomembno območje je območje habitatnega tipa, dela habitatnega tipa ali večje ekosistemske enote, ki pomembno prispeva k ohranjanju biotske raznovrstnosti (Uredba o ekološko pomembnih …, 2004).

Ob in na jezeru so se razvile različne rabe prostora (ribolov, taborjenje, piknikovanje, rekreacijska dejavnost …), med katerimi se pojavljajo prostorski konflikti. Rabe vplivajo na samo jezero in potrebujejo za nemoteno izvajanje vsaj osnovno infrastrukturo, ki trenutno ob jezeru še ni v celoti zagotovljena. Na nekaterih točkah ob jezeru se pojavljajo zametki urejanja infrastrukture, vendar je najpogosteje nestrokovno umeščena v prostor.

Problem evtrofikacije in slabega stanja jezera in objezerskega območja se lahko uspešno reši z ekoremediacijskimi ukrepi, kot npr. z gradnjo rastlinskih čistilnih naprav na pritokih v jezero in iztoku iz jezera in ob naseljih, ki nimajo urejenega odvajanja komunalnih odplak, ter z vegetacijskimi blažilnimi conami, ki jih umestimo v prostor.

Po umestitvi ekoremediacijskih ukrepov v prostor se ekološko stanje jezera predvidoma izboljša, kar je osnova za novo večnamensko rabo jezera. Ta je namreč tesno povezana s kakovostjo vode, ki pa jo lahko zagotovimo le z upočasnitvijo evtrofikacije, preprečevanjem zasipavanja ali erozije prsti ob jezeru in kontaminiranja jezer s strupenimi snovmi ter ohranjanjem ravnovesja jezerskih in objezerskih ekosistemov. S tem se izboljša tudi krajinski videz jezera in njegove okolice.

Šele ob rešitvi te problematike je ob in na jezeru mogoč tudi razvoj drugih dejavnosti in je dosežena večnamembnost jezera.

Pod pojmom večnamenska izraba Slivniškega jezera razumemo naslednje dejavnosti na in ob jezeru ter funkcije jezera:

- rekreacijska dejavnost (ribolov, zadrževanje na prostem – pikniki, plavanje, hoja, tek, kolesarjenje, čolnarjenje, jadranje),
- turistična dejavnost (Kresna noč ob Slivniškem jezeru, apartmaji, možnost uvedbe turistične ladjice),
- habitatna funkcija (ihtiološki in ornitološki rezervat z vrstami ptic kot npr. Feldeggov sokol, elegantni ribji orel, siva čaplja, štorklje; ekološko pomembno območje, novi habitati za ogroženi vrsti ptic: zlatovranka, vodomec; 28 ribjih vrst),
- vzgojno-izobraževalna funkcija (krožna učna pot, opazovanje ptic in drugih rastlinskih in živalskih vrst, spoznavanje ekoremediacijskih ukrepov).

1.2 CILJI RAZISKOVANJA

Z ukrepi ekoremediacij predvideti, kako bi se lahko izboljšalo stanje vode in primernost obvodnega prostora za različne dejavnosti, zmanjšalo evtrofikacijo, preprečilo erozijo in zagotovilo biotope za živali in rastline, da se ohranita in izboljšata stanje in biodiverziteta jezera. Le z izboljšanjem ekološkega stanja in upočasnitvijo evtrofikacije jezera je mogoče doseči tudi njegovo večnamembnost.

Cilji diplomskega dela so:

- izbor ekoremediacijskih ukrepov, ki temelji na reševanju problematike Slivniškega jezera,
- določitev mikrolokacij za posamezen ekoremediacijski ukrep,
- določitev mikrolokacij za habitate ogroženih vrst ptic in razmestitev drugih dejavnosti ob Slivniškem jezeru (rekreacijska, turistična in izobraževalna dejavnost),
- predstavitev konkretnih končnih programskih in prostorskih rešitev ekoremediacijskih ukrepov ter drugih programov, ki se izvajajo na in ob jezeru.

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

Predvidena ekološka sanacija jezera in objezerskega območja z ekoremediacijskimi tehnikami predvideva določene prostorske in programske ureditve, ki nakazujejo možnost zmanjšanja evtrofikacije jezera, preprečevanja erozije in zmanjševanja vpliva kmetijstva ob jezeru na jezersko vodo. V diplomskem delu je tudi predpostavljeno, da je ekoremediacijske ukrepe mogoče uspešno povezati še z drugimi programskimi ureditvami ob in na jezeru.

Z uvajanjem ekoremediacijskih ukrepov se izboljšata kakovost jezera (jezerske vode in območja ob jezeru) in krajinska pestrost objezerskega prostora, omogočen je razvoj različnih dejavnosti ob in na jezeru.

1.4 METODE DELA

V diplomskem delu je naveden izbor ekoremediacijskih ukrepov, ki je bil izbran med pregledom literature o ekoremediacijskih ukrepih in njihovi uspešnosti pri ohranjanju in izboljševanju ekološkega stanja jezera in objezerskega območja. S terenskim ogledom, inventarizacijo in preučevanjem že obstoječih analiz pa so bile določene lokacije za umeščanje ekoremediacijskih metod in drugih prostorskih in programskih ureditev ob Slivniškem jezeru.

2 ZNAČILNOSTI JEZERSKEGA EKOSISTEMA

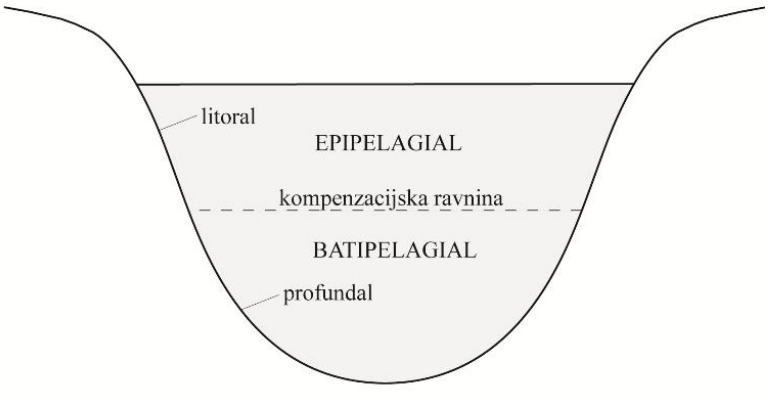
Stoječe površinske vode so za naravo in za človeka izredno velikega pomena. Vodne površine s povečanim izhlapevanjem blagodejno vplivajo na lokalne podnebne razmere, vodni zadrževalniki pa blažijo posledice presežka ali pomanjkanja vode (Remec Rekar in Bat, 2003).

2.1 DEFINICIJA JEZERA

Enotne definicije, ki bi opredelila stoječe vodno telo kot jezero, pravzaprav ni. Remec Rekar in Bat (2003) opredeljujeta jezero kot vsako naravno ali umetno vodno telo na zemeljskem površju, s površino nad en hektar, z enakomerno višino vodne gladine in majhnim dotokom glede na skupno prostornino vode, ki omogoča usedanje suspendiranih delcev. Pomembno je tudi dejstvo, da jezero nima stalne in neposredne povezave z morjem.

Jezerski ekosistem predstavljajo jezerska voda in usedline, med katerima poteka stalna izmenjava snovi (Toman, 2009). Jezerski prostor delimo na podlago, ki se imenuje bental (del v fotični coni se imenuje litoral, pod njim je profundal), in vodno telo pelagial (fotični del je epipelagial, pod njim batipelagial) (Tome, 2006).

Le v epipelagialu, nad kompenzacijsko ravnino, uspešno producirajo fotoavtotrofne rastline, saj je tu dovolj svetlobe za potek fotosinteze, ki je v profundalu ni več (Tarman, 1992). Pod kompenzacijsko ravnino se nahaja disfotični sloj ali sloj z razpršeno svetlobo, kjer v večini poteka razkroj organskih snovi (Hłusyyk, 1998).



Slika 1: Shema delitve jezera (Tarman, 1992: 384)

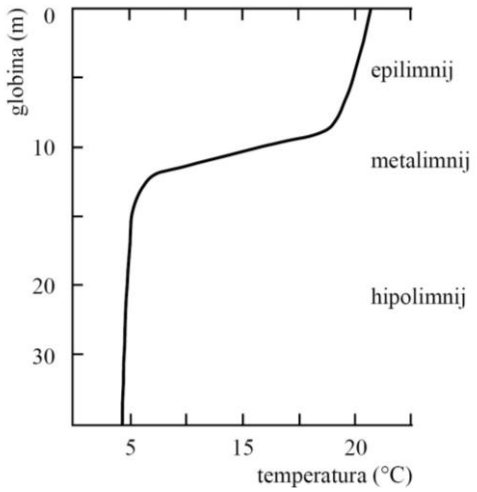
2.2 TOPLOTNE RAZMERE V JEZERU

Vodno telo sprejema toploto neposredno s sončnimi žarki in absorpcijo infrardeče svetlobe ter toplejšega zraka in segrete kamninske podlage. V vodnem telesu se zaradi ogrevanja s površine v globino razvije značilen temperaturni gradient, ki ga imenujemo toplotna ali termična plastovitost. Zaradi temperaturnih razlik in različne specifične teže vode v posameznih plasteh vode, se te med sabo ne mešajo.

Poleti nastane v jezerih zmernega pasu poletna stojna plastovitost oz. poletna stagnacija. V zgornjem sloju, imenovanem epilimnij, je voda topla, medtem ko je v spodnjem, hipolimnijskem sloju, voda hladna. Med njima je globinski metalimnijski sloj, kjer temperatura v ozkem vmesnem sloju izredno hitro pade. Ta sloj preprečuje mešanje vode med epilimnijem in hipolimnijem. V času poletne stagnacije v jezeru ne poteka izmenjava kisika, ogljikovega dioksida in hranilnih snovi med dnom in površino jezera. Posledica je, da organizmom na dnu jezera začne primanjkovati kisika, na dnu pa se nabirajo tudi hranilne snovi, ki jih v površinskem sloju posledično primanjkuje.

Jeseni se jezero ohlaja. Ko se v zgornji površinski plasti temperatura zniža pod temperaturo plasti, ki leži pod njo, ohlajena in specifično težja voda izpodrine toplejšo, specifično lažjo vodo. Zaradi razlik v toploti in specifični teži plasti pride do vertikalnih konvekcijskih tokov, ki skupaj z ohlajanjem vode povzročijo izravnavanje temperature vode po vsem vodnem stebru od gladine pa vse do dna jezera. Vzpostavi se termična izravnava in nastopi izotermija. Zaradi anomalije vode znaša temperatura vode po vsej globini štiri stopinje Celzija. Izotermija omogoča v poznem jesenskem obdobju skupaj z vetrovi močne turbulentne tokove, kar povzroči jesensko vertikalno mešanje vode, ki obnovi kisikove zaloge, na površino pa se vrnejo hranilne snovi z dna. Med procesom jesenskega vertikalnega mešanja se oddajajo tudi presežki ogljikovega dioksida.

V zimskem času je termična plastovitost v jezeru inverzna. V globini jezera je temperatura vode približno štiri stopinje Celzija, na površini je temperatura vode nižja. Led zapira vodno telo pred vetrovi in ustvarja zimsko stojnost ali stagnacijo (Tarman, 1992).



Slika 2: Termična plastovitost v jezeru (Tarman, 1992: 28)

2.3 SNOVNE IZMENJAVE V JEZERU

Jezerska voda vsebuje različne količine raztopljenih snovi (plini, soli, organske spojine), ki imajo pomembno vlogo za organizme, ki živijo v jezeru. Plini se izmenjujejo z atmosfero s pomočjo difuzije, raztopljene snovi pa v jezero vstopajo s pritoki v jezero in izstopajo z iztoki iz jezera. Raztopljene snovi se v jezerski vodi razporejajo s procesi, ki so povezani z letnimi toplotnimi spremembami, vetrovi in biotskim mešanjem snovi.

Kisik (O_2)

Kisik vstopa v vodo z difuzijo iz zraka, v vodnem okolju pa nastaja pri procesu fotosinteze. Za jezerske organizme je izredno pomemben element, saj ga uporabljajo pri procesu dihanja. Del kisika se potroši tudi v oksidativnih reakcijah. Proces fotosinteze, pri katerem nastaja kot eden izmed produktov kisik, je vezan na svetlobo, zato poteka le podnevi. Ker dihanje poteka tako podnevi kot tudi ponoči, se pojavlja dnevno-nočno nihanje kisika. Podnevi je kisik v porastu, ponoči pa količina kisika upada.

V evtrofnih jezerih, kakršno je tudi obravnavano Slivniško jezero, zaradi stagnacije poleti in pozimi prihaja do pomanjkanja kisika v hipolimniju. Takrat ob dnu jezera popolnoma zmanjka kisika.

Dušik (N_2)

Dušik prihaja v jezero na različne načine. Del ga vstopa z difuzijo in ga v organske spojine vežejo posebne bakterije in cianobakterije. V jezero pa se vnaša tudi s pritoki, z naplavljanjem z bregov, organskim onesnaževanjem, kar v prevelikih količinah povzroča evtrofikacijo jezera (Tarman, 1992).

Fosfor (P)

Fosfor se v jezeru nahaja kot partikularni ali kot raztopljeni fosfat. Partikularni fosfat je vezan v mikrobih, algah, rastlinah in živalih, organskem detritu, v humusnih snoveh … Raztopljeni fosfat se nahaja v raztopini bodisi v organski ali anorganski obliki. Dotok fosforja v jezera je z erozijo, mineralnim gnojenjem in organskimi odplakami, ki se stekajo v jezera, povečal človek. Posledično se je povečala primarna produkcija alg, njihov razkroj pa je povzročil sekundarno onesnaževanje in evtrofikacijo.

2.4 EVTROFIKACIJA JEZERA

Evtrofikacija jezera je pretirano kopičenje hranilnih snovi v vodnem telesu. Povečana je zlasti koncentracija biogenih elementov, kot sta dušik in fosfor (Hłuszyk, 1998). Problem čezmernega vnosa hranilnih snovi, zlasti fosforja in dušika, je najbolj pereč problem, ki se pojavlja v stoječih vodah v Sloveniji. Zaradi zmanjšane samočistilne sposobnosti so stoječe in počasi tekoče vode bolj podvržene evtrofikaciji kot tekoče (Remec Rekar in Bat, 2003).

Onesnaženje povzroča hiter razvoj in vedno intenzivnejšo rabo prostora. Stanje jezera ali zadrževalnika je odvisno od njegovih hidroloških in morfoloških značilnosti, predvsem pa od vnosa različnih hranilnih snovi. Proces lahko upočasnimo s pravilnim, sonaravnim upravljanjem v pojezerju, v nasprotnem primeru pa proces evtrofikacije celo pospešimo. Izboljšanje jezerskega stanja dosežemo le z zmanjšanjem onesnaževanja s prispevnega območja (Remec Rekar in Bat, 2003).

Z evtrofikacijo zaradi naravnega in umetnega priliva organskih in mineralnih snovi naraste produktivnost jezerskih organizmov, kar vpliva na hitrost ekološke sukcesije jezerskega ekosistema (Tarman, 1992). Evtrofikacija povzroča tudi precejšnje dnevno nihanje količine kisika v vodi, ki ga pogosto tudi povsem zmanjka (Hłuszyk, 1998).

Najpogostejše vire čezmernega vnosa hranilnih snovi predstavljata neurejeno odvajanje komunalnih vod in spiranje s kmetijskih zemljišč (Remec Rekar in Bat, 2003).

Dejanski vzrok za evtrofikacijo stoječih voda je čezmeren vnos mineralnih (hranilnih) snovi, ki povečujejo rast in razmnoževanje alg, cianobakterij in vodnih rastlin.

Po Hłuszyk (1998) ločimo evtrofna jezera, to so jezera z veliko vsebnostjo hranilnih snovi, mezotrofna jezera, ki vsebujejo srednjo količino hranilnih snovi, in oligotrofna jezera. Ta vsebujejo majhno količino hranilnih snovi.

Evtrofikacija predstavlja enega izmed glavnih problemov pri gospodarjenju z vodnimi viri. Posledice so vidne v povečanju produktivnosti rastlinskih in živalskih organizmov, za

razpad proizvedenega organskega materiala pa se porabi izredno veliko kisika. Tako spodnje plasti v jezeru pogosto ostanejo brez kisika. Takšno stanje je tako za naravna kot tudi umetna jezera izredno negativno, saj okrni uporabnost vode za najrazličnejše namene, npr. za rekreacijske, turistične … (Vrhovšek, 1983; Hłuszyk, 1998).

2.5 EKOLOŠKA SUKCESIJA V VODNIH EKOSISTEMIH

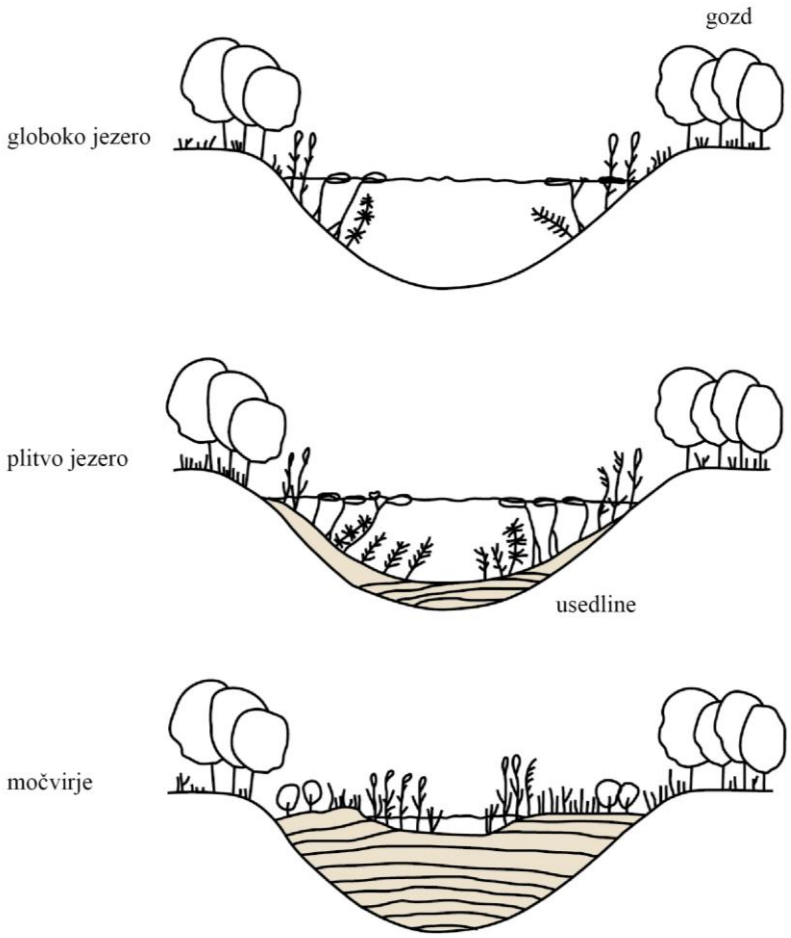
Firbas (2001) navaja, da je sukcesija ali ekološko zaporedje proces, pri katerem se z zakopnjevanjem jezer vzporedno spreminja tudi življenjska združba. Jezera, umetna jezera in ribniki postajajo s staranjem plitvejši. Postopoma se spremenijo v močvirja in se popolnoma posušijo.

Ekološka sukcesija ali ekološko zaporedje pomeni časovno spreminjanje vrstnega sestava življenjske združbe. Posamezne vrste izginjajo in vanjo vstopajo druge, smer razvoja pa poteka od preprostejše organiziranosti, ki se odraža v majhni raznovrstnosti, v raznovrstno in zapleteno združbo (Tarman, 1992).

Jezero obstaja v stalni izmenjavi s kopnim okoljem. Na potek sukcesije vplivajo neživi dejavniki, kot npr. erozijski pojavi in naplavljanje suspendiranih delcev, ki jih v jezero prinašajo pritoki (potoki, reke, površinsko izplakovanje kopnih tal). S kopnega nosijo v jezero prod, pesek, glino in pogosto tudi organske odpadke, ki se usedajo na jezersko dno. Obseg sedimentacije določa hitrost zmanjševanja jezerske globine. Čas, v katerem se jezero popolnoma zakopni, je odvisen od jezerske globine, geološke zgradbe okolice, podnebnih razmer in biološke produktivnosti v jezeru (Tarman, 1992).

Tarman (1992) navaja, da na proces sukcesije vpliva tudi evtrofikacija, saj zaradi naravnega ali umetnega priliva organskih in mineralnih snovi naraste produktivnost jezerskih organizmov, ki s svojimi proizvodi pospešujejo zakopnjevanje. Dokončno zakopnjevanje poteka od jezerskega roba proti sredini. Veliki makrofiti se z obrežja, kjer so rasli prvotno, zaradi plitvosti širijo proti sredini in jezero se v nadaljnjem razvoju spremeni v močvirje. Nastanejo posamezna jezerska okna.

Tarman (1992) tudi meni, da se z zajezitvijo rek, s katero nastanejo umetna jezera, povzroča sukcesijo. Posledica je izginotje ali preseljevanje organizmov, kar vpliva na zmanjšanje biotske pestrosti.



Slika 3: Sukcesija jezerskega ekosistema zaradi naplavljanja delcev (Tarman, 1992: 336)

2.6 UMETNA JEZERA

Umetna ali antropogena jezera je ustvaril človek in jih preuredil za svoje potrebe. Sprva so bila namenjena namakanju obdelovalnih površin, gojenju rib in drugim gospodarskim dejavnostim. Pozneje, v začetku 20. stoletja, so kot posledica industrializacije nastala številna ugrezninska rudniška jezera, velika akumulacijska jezera za hidrogenetske potrebe in bagerska jezera v opuščenih gramoznicah (Firbas, 2001).

Vodne akumulacije nastanejo z vodnimi zgradbami, kot so jezovi in dolinske pregrade. Z dolinsko pregrado, ki zapre dolino po vsej širini, se voda zajezi in akumulira. Za pregrado nastane akumulacijsko jezero, ki najpogosteje služi kot zaščita pred visokimi vodami, za vodno preskrbo in za delovanje hidroelektrarn (Firbas, 2001).

Umetna jezera so občutljivi ekosistemi, podvrženi delno naravni, v večji meri pa umetni evtrofikaciji. Proces je znatno hitrejši v umetnih jezerih, odvisen pa je od kakovosti vode, s katero se akumulacijsko jezero napaja. Le z zmanjšanjem evtrofikacije lahko dosežemo, da

umetnih jezer ne bomo obravnavali zgolj kot degradacije, ampak kot obogatitev pokrajine, ki ponuja nove razvojne možnosti (Firbas, 2001).

Razlike med naravnimi in umetnimi jezeri so v velikih in pogostih nihanjih vodne gladine, kar se posebej opazi na jezerskih obrežjih, kjer ni značilnega litoralnega rastlinstva. (Tarman, 1992). Tudi Firbas (2001) navaja, da je zaradi nihanja vodne gladine v umetnih jezerih obrežna vegetacija slabo razvita, posledica česar je, da se jezero vseskozi zasipava, saj koreninski splet obrežne vegetacije ne zadržuje prsti in je povečana erozija. Jezero sčasoma preide v močvirje, nato v barje in navsezadnje izgine.

Nihanje vodne gladine je opazno tudi na Slivniškem jezeru, zlasti ob nizkem vodostaju. Če so nihanja vodne gladine zelo izrazita, se zelo pogosto zgodi, da je ovirana rast obrežne vegetacije v litoralni coni, kar ima velik vpliv na delovanje ekosistema. V Strokovnih podlagah za sanacijo Slivniškega jezera (Strokovne podlage …, 2005) je navedeno, da je normalna kota vodne gladine na nadmorski višini 293,7 metra, medtem ko sega maksimalna kota vodne gladine do 295 metrov, najnižja pa pade tudi do 285 metrov nadmorske višine, kar kaže na to, da je nihanje zelo izrazito.

Slika 4: Vidno nihanje vodne gladine na južni obali Slivniškega jezera

3 SLIVNIŠKO JEZERO

3.1 OSNOVNE ZNAČILNOSTI SLIVNIŠKEGA JEZERA

Slivniško jezero je nastalo leta 1975 za nasuto pregrado Tratna na zoženem delu reke Voglajne. Jezero se nahaja v porečju Savinje. Ob nastanku so akumulacijo opredelili kot večnamenski mokri zadrževalnik v sistemu obrambe proti poplavam na reki Voglajni. Vodna akumulacija je imela poleg zagotavljanja obrambe proti poplavam določene tudi naslednje infrastrukturne funkcije:

- zagotavljanje tehnološke vode za Železarno Štore,
- pridobivanje električne energije z malo hidroelektrarno (MHE) na iztoku iz akumulacije,
- dejavnosti s področja storitev (turizem, rekreacija in športni ribolov).

S stečajem Železarne Štore ni bilo več potrebe po tehnološki vodi, opuščati se je začela tudi vloga Slivniškega jezera pri zagotavljanju poplavne varnosti. Zaradi sprememb v lastniških strukturah parcel ob jezeru se je spremenila intenziteta rabe vodnega in obvodnega prostora, kar se je kazalo v stagnaciji razvoja ali celo opuščanju turizma, rekreacije, športnega ribolova (Strokovne podlage …, 2005).

Slika 5: Lega Slivniškega jezera v povodju Save (Strokovne podlage …, 2005: 12)

Slika 6: Digitalni ortofoto posnetek Slivniškega jezera. Z oranžno črto so označena območja, kjer so bile posnete fotografije na terenskem ogledu Slivniškega jezera (kartografska podloga: Digitalni …, 2010)

Območje 1: Pregrada Tratna

Območje 2: Ribiški dom

Slika 7: Fotografije Slivniškega jezera 1

Območje 3: Ramna plaža

Območje 4: Ribogojnice ob Drobinskem potoku

Območje 5 in 6: Naravni rezervat in drstišče ob vtoku pritokov Drobinskega potoka in Ločnice v Slivniško jezero
Slika 8: Fotografije Slivniškega jezera 2

Akumulacija ima dva glavna pritoka (potok Ločnica in Drobinski potok) ter samo en glavni iztok, ki je za pregrado Tratna (reka Voglajna). Drobinski potok je bil zaradi izgradnje ribogojnic iz prvotne naravne struge, ki je vijugala po ravnici, reguliran v vodotok brez meandrov z ravno strugo, ki se izlije v jezero. Tako v jezero neposredno prinaša onesnaženo vodo in hranilne snovi ter material, ki se odlaga v jezeru in ga posledično zasipava.

Slika 9: Slivniško jezero s pritoki (kartografska podloga: TTN5, 2010)

3.1.1 Dostopnost Slivniškega jezera in poti ob jezeru

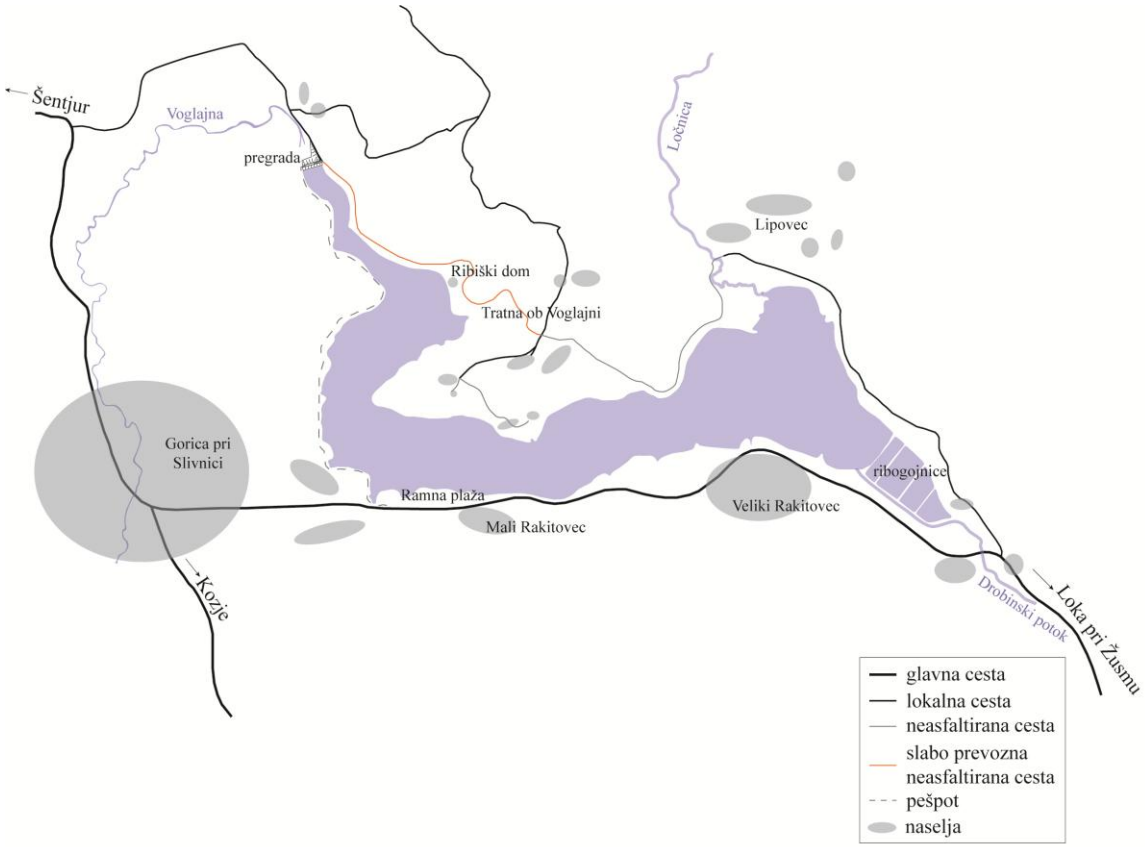
Kljub temu da Slivniško jezero leži v bližini občinskega središča, mesta Šentjur, je prometno omrežje, ki vodi do jezera in ob jezeru, precej slabo razvito. Najlažji in najbolj urejen dostop do Slivniškega jezera je na južni strani jezera, kjer poteka lokalna cesta v smeri Loke pri Žusmu, ki se v urbanem središču območja, Gorici pri Slivnici, odcepi s ceste Šentjur pri Celju–Kozje proti jezeru. Lokalno cesto ob jezeru, ki poteka v smeri proti Loki pri Žusmu, so leta 2010 rekonstruirali in razširili. Od urbanega naselja Gorica pri Slivnici do Ramne plaže, kjer se trenutno zbira največ obiskovalcev jezera, so zgradili tudi pločnik. S tem je postala pot do jezera za okoliške prebivalce in druge obiskovalce precej varnejša, jezero pa dostopno tudi peš. Smiselno bi bilo razmisliti o podaljšanju pločnika ob cesti vse do ribogojnic in o umestitvi kolesarske steze, saj vedno več rekreativnih tekačev in kolesarjev za svojo rekreacijsko pot izbere območje Slivniškega jezera ali pa nadaljuje svojo pot proti Loki pri Žusmu in Podčetrtku. Prav ta cesta v smeri Loke pri Žusmu, ki poteka ob južni obali jezera, je na nekaterih odsekih ozka in nevarna. Umeščena je na ozek pas med strmo brežino, ki vodi do jezera, in pobočjem, poraščenim z gozdom. Zato bi bil razmislek o podaljšanju pločnika ali vsaj ureditvi kolesarske steze in s tem razširitvi ceste v smislu varnosti udeležencev v prometu velika pridobitev južnega območja Slivniškega jezera.

Severna obala je v nasprotju z južno precej slabo prometno povezana. Edino povezavo do jezera predstavlja lokalna cesta, ki se pred Gorico pri Slivnici odcepi z glavne ceste Šentjur–Kozje in poteka do pregrade. Tu je tudi veliko neasfaltirano parkirišče, potrebno prenove in boljše ureditve, kjer lahko obiskovalci jezera pustijo avtomobile. Parkirišče je neasfaltirano, smiselno bi ga bilo urediti in opremiti z najosnovnejšo urbano opremo. Od tod naprej poteka do ribiškega doma kolovozna makadamska pot, ki je zelo slabo prevozna in na posameznih odsekih zelo nevarna.

Če bi se ribiški dom, ki je zdaj v propadajočem stanju, ponovno oživil in prenovil, ali pa bi se mu spremenila namembnost, ki bi pomenila povečanje števila obiskovalcev, bi bilo treba cesto povsem prenoviti, jo razširiti in preplastiti. Ob ribiškem domu bi bilo v tem primeru treba zagotoviti tudi parkirni prostor za obiskovalce.

Slika 10: Težko prevozna makadamska pot od pregrade Tratna do propadajočega ribiškega doma

Dostop do severne obale je mogoč po lokalnih cestah v Tratni ob Voglajni. Ceste niso asfaltirane povsem do obale, pojavljajo se neurejeni kolovozi in pešpoti, kar je lahko tudi prednost, saj ni mogoče z avtomobili povsod dostopati neposredno do obale. Drugi dostop do jezera je mogoč mimo ribogojnic v Rakitovcu in Lipovca ter najprej po asfaltirani lokalni cesti, ki se nato odcepi na makadamski kolovoz.



Slika 11: Shema dostopnosti Slivniškega jezera in poti ob jezeru

Terenski ogled je pokazal, da v širši okolici in tudi ožjem območju Slivniškega jezera ni veliko oznak in smerokazov za Slivniško jezero, ki bi obiskovalcem olajšali prihod do jezera. V primeru uvajanja dodatnih dejavnosti ob in na jezeru in ob posledičnem povečanju števila obiskovalcev jezera bi bilo treba namestiti oznake in smerokaze.

Ob Slivniškem jezeru prav tako ni sklenjene krožne pešpoti, kar je velika pomanjkljivost. Del slabo utrjene poti poteka samo po zahodni obali jezera, ki je na odsekih izrazito strma, neprehodna in nevarna (zdrs in padec sprehajalca v jezero, nevarnost poškodb). Zgodi se tudi, da se pot kar konča, tako da se je treba vračati po poti nazaj in iskati njeno nadaljevanje.

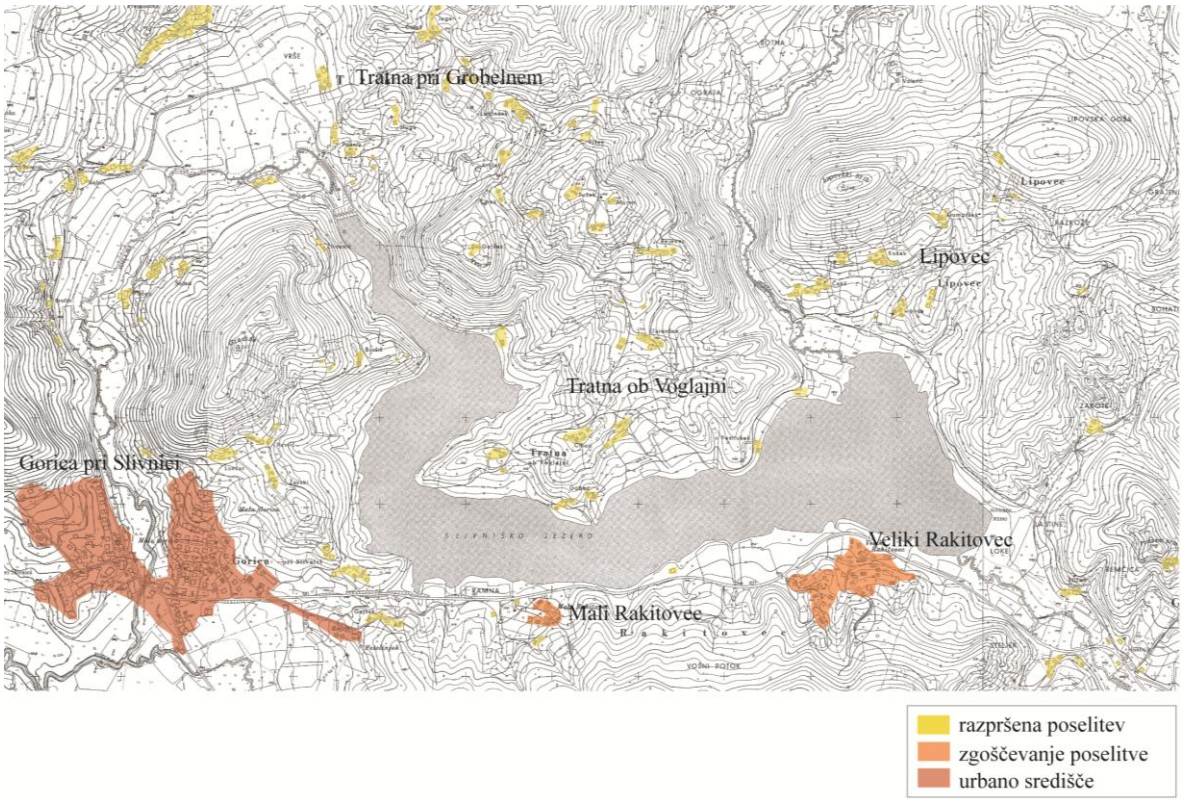
Slika 12: Fotografije pešpoti ob vzhodni obali Slivniškega jezera. Opuščena in slabo utrjena pot ob vzhodni obali Slivniškega jezera.

Krožna pot bi imela poleg rekreacijske funkcije poudarjeno tudi izobraževalno funkcijo, saj bi bila to krožna učna pot, ki bi potekala od pregrade Tratna do ptičjih habitatov in rezervata na severni in vzhodni strani jezera in ob ERM ukrepih, umeščenih ob Slivniškem jezeru. Ob poti je predvidena postavitev ptičjih opazovalnic na območju habitatov vodomca, zlatovranke in v ptičjem rezervatu. Predvidena je tudi postavitev informacijskih tabel z opisom značilnih živalskih in rastlinskih vrst ter opisom ERM ukrepov in drugih značilnosti akumulacijskega jezera.

3.1.2 Poselitev na ožjem območju Slivniškega jezera

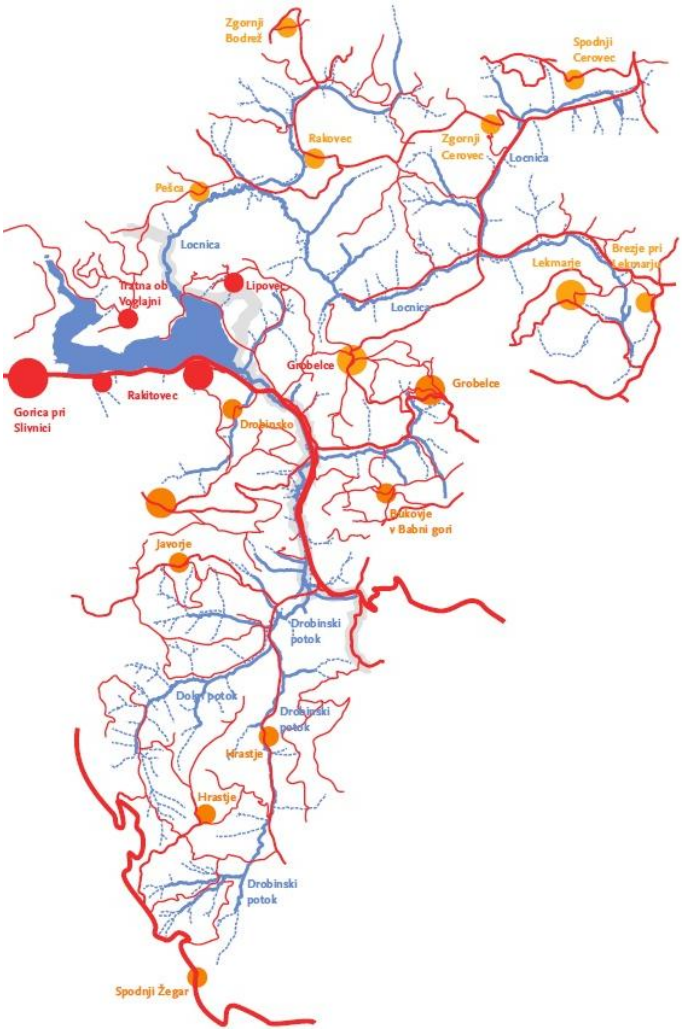
Za območje Slivniškega jezera je značilna razpršena poselitev. Takšen poselitveni vzorec je značilen predvsem za naselja Tratna ob Voglajni, Lipovec in Tratna pri Grobelnem ter pobočja vzpetin ob jezeru. Takšen tip poselitve se je razvil zaradi reliefnih značilnosti na območju jezera, saj ga obdaja hribovit in na posameznih območjih zelo strm teren. Večje zgostitve poselitve so prisotne na območju Gorice pri Slivnici, ki je tudi urbano središče te regije, in v naseljih Mali in Veliki Rakitovec.

Neposredna bližina obale jezera je relativno neposeljena. V prostoru se pojavljajo počitniške hišice, ki so v zasebni lasti, in objekti (apartmaji) za namene turizma. Apartmaji so prisotni na severni obale jezera, preostali objekti pa na območju Ramne plaže.



Slika 13: Poselitev na območju Slivniškega jezera in v bližnji okolici (kartografska podloga: TTN5, 2010)

V prihodnosti bi bilo smiselno omejiti gradnjo in poseljevanje območja tik ob jezeru, saj se z gradnjo grobo posega v jezerski ekosistem. Pogojno bi bila dovoljena le gradnja za potrebe turizma, vendar na območjih, kjer objekti in infrastruktura že obstajajo. To velja predvsem za območje Ramne plaže na južni obali jezera, kjer so zdaj že utrjena parkirišča, premične sanitarije in prostor za shranjevanje čolnov, ter na severni obali na območju že obstoječih apartmajev. Smiselno bi bilo odkupiti in obnoviti propadajoče objekte tik ob jezeru ter jim zagotoviti novo namembnost (ribiški dom in propadajoča domačija na severni obali jezera).



Naselja ob potoku Ločnica	Število prebivalcev
Zgornji Bodrež	167
Rakovec	52
Zgornji in Spodnji Cerovec	118
Lekmarje	45
Brezje pri Lekmarju	48
Lipovec	44
skupaj	**474**

Naselja ob Drobinskem potoku	
Grobelce	188
Bukovje v Babni Gori	85
Hrastje	145
Spodnji Žegar	123
Javorje	180
Drobinsko	39
skupaj	**760**

Naselja neposredno ob jezeru	
Rakitovec	57
Tratna ob Voglajni	25
skupaj	**82**

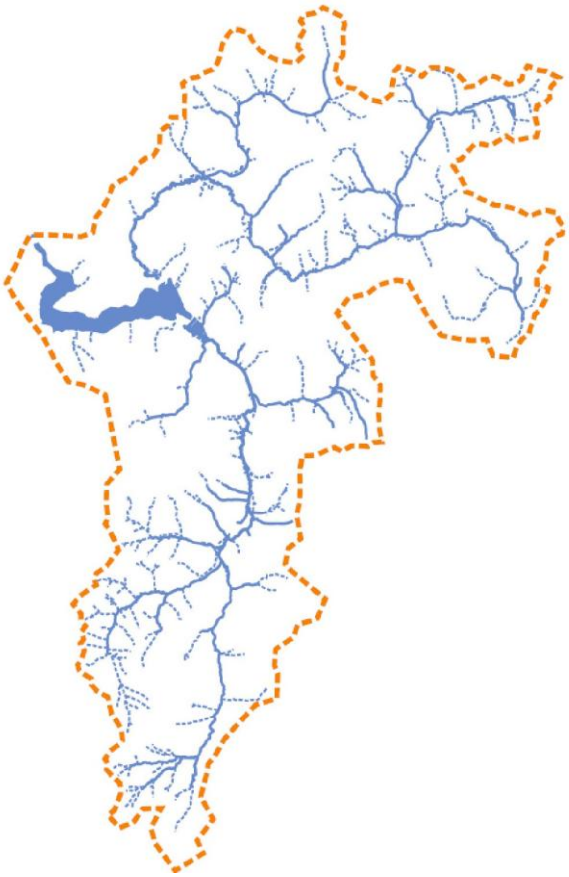
Slika 14: Naselja v prispevnem območju Slivniškega jezera (Strokovne podlage …, 2005: 50; Prebivalstvo, …, 2002, Krajevna skupnost …, 2012)

3.1.3 Pojezerje in prispevno območje Slivniškega jezera

Pojezerje predstavlja jezero in prispevno območje. S prispevnega območja, ki obsega kopenska in vodna zemljišča, se vsa voda steka v jezero. Količina vode, ki se steka v jezero, je neposredno odvisna od velikosti prispevnega območja in količine padavin. Odtoki s prispevnega območja tako s sabo nosijo minerale, hranilne snovi, kemikalije, sedimente ter druge snovi, ki potencialno onesnažujejo jezero (Strokovne podlage …, 2005).

Pojezerje Slivniškega jezera znaša 29,4 kvadratnega kilometra. Jezerska površina znaša 0,8 kvadratnega kilometra, medtem ko znaša površina prispevnega območja 28,6 kvadratnega kilometra. Prispevno območje v večini sestavlja manj prepustna kamninska podlaga, zato večina padavinske vode v obliki hudournikov steče v oba pritoka, nato pa v Slivniško jezero. Večji del površine prispevnega območja predstavlja značilen krajinski vzorec z

gozdnimi površinami na osojnih legah ter vinogradi, travniki, pašniki in sadovnjaki na prisojnih legah (Strokovne podlage …, 2005).

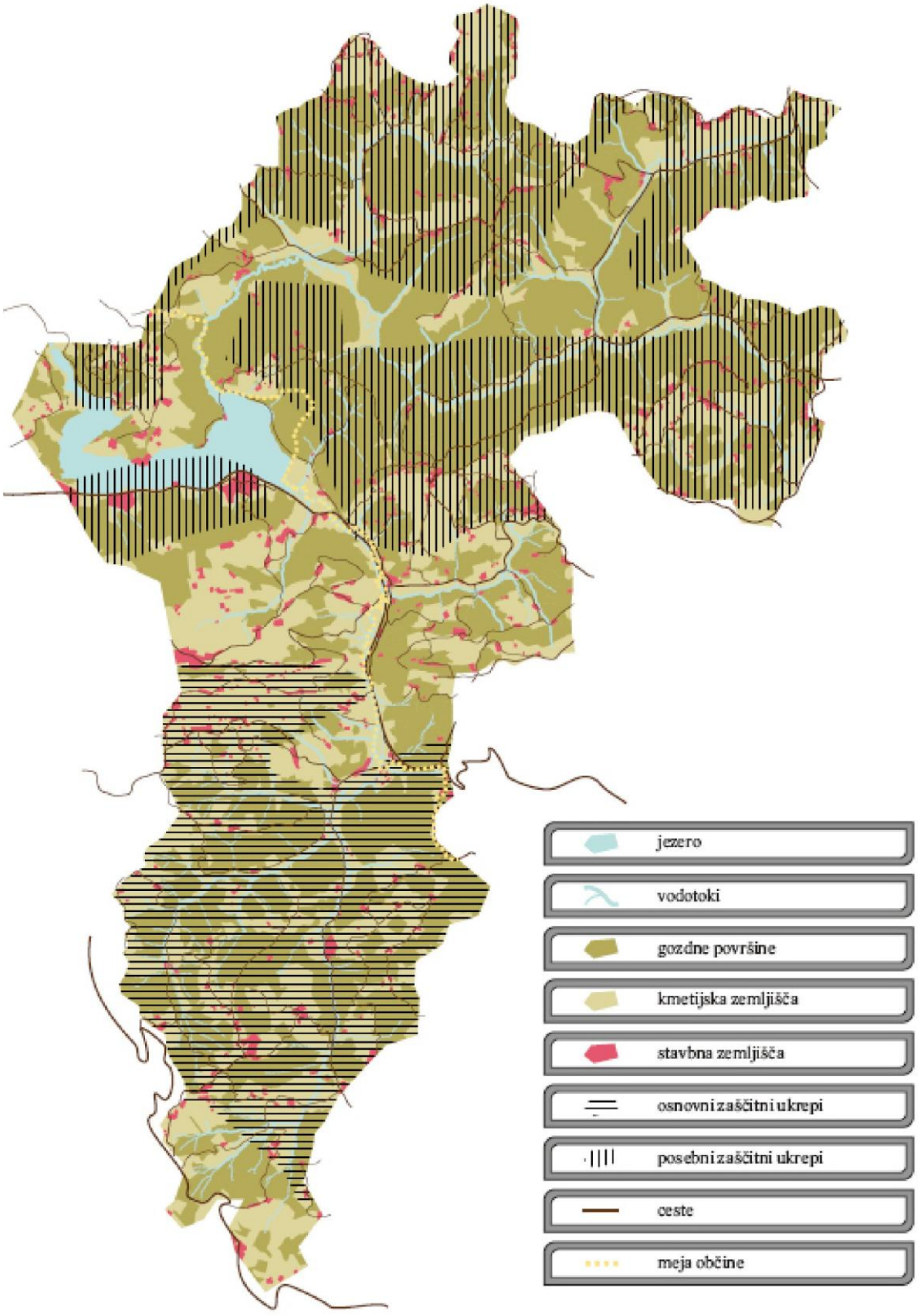


Slika 15: Pojezerje Slivniškega jezera (Strokovne podlage …, 2005: 41)

Preglednica 1: Raba tal na prispevnem območju (Strokovne podlage …, 2005: 50)

RABA TAL	**POJEZERJE (km^2)**
stavbna zemljišča	0,9 (3,1 %)
kmetijska zemljišča	16,8 (57,1 %)
gozdne površine	10,9 (37,1 %)
vodne površine	0,8 (2,7 %)
SKUPAJ	29,4 (100 %)

Z dotoki in spiranjem snovi s prispevnega območja v jezero dotekajo velike količine hranilnih snovi, ki obremenjujejo jezero in povzročajo dodatno evtrofikacijo. Kot je razvidno iz podatkov zgoraj, predstavljajo največji delež površin v prispevnem območju Slivniškega jezera kmetijske površine, ki prispevajo ogromen delež hranilnih snovi. S kmetijskih zemljišč se spirajo hranila, ki z vodotoki pritečejo v Slivniško jezero in ga dodatno obremenjujejo ter povečujejo evtrofikacijo.



Slika 16: Namenska raba prostora v prispevnem območju Slivniškega jezera (Strokovne podlage …, 2005: 51)

3.1.4 Zavarovana območja Slivniškega jezera in ogrožene živalske vrste na območju Slivniškega jezera

Celotno območje Slivniškega jezera z okolico je razglašeno za ekološko pomembno območje. Berginc (2007) navaja, da so ekološko pomembna območja »na strokovni ravni prepoznana kot biotsko najvrednejša in najpomembnejša« in prispevajo k ohranjanju biotske raznovrstnosti.

Ekološko pomembno območje Voglajna in Slivniško jezero (Ekološko pomembno …, 2007)

ID območja: 17400
Ime območja: Voglajna in Slivniško jezero

Slika 17: Ekološko pomembno območje Voglajna in Slivniško jezero (Ekološko pomembno …, 2007)

Kriteriji za določitev ekološko pomembnih območij (Berginc, 2007: 61–63):

- habitatni tipi, ki so redki ali ogroženi na ravni države (se prednostno ohranjajo v ugodnem stanju) ali pa so navedeni v dodatku Bernske konvencije[2] in visoko reprezentativni, obsežno razširjeni ali dobro ohranjeni,

[2] Bernska konvencija je mednarodna konvencija, s katero se varuje prosto živeče evropsko rastlinstvo in živalstvo ter njihove naravne življenjske prostore. Obravnava večino evropske naravne dediščine. (Nature, Convention …, 2011).

- habitati ali deli habitatov rastlinskih ali živalskih vrst, ki so ogrožene ali so endemiti ali relikti,
- habitat izolirane populacije,
- pomembne selitvene poti živali,
- območja, kjer je na določeni površini nadpovprečno število različnih habitatnih tipov ali habitatov vrst,
- območja, ki so pomembna za zagotavljanje genske povezanosti populacij,
- območja, ki pomembno prispevajo k celovitosti ekološkega omrežja in pripomorejo k ohranjanju naravnega ravnovesja.

Uredba o ekološko pomembnih območjih predpisuje, da so vsi posegi in dejavnosti, ki se izvajajo v ekološko pomembnih območjih, možni, načrtuje pa se jih tako, »da se v čim večji možni meri ohranja naravna razširjenost habitatnih tipov ter habitatov rastlinskih ali živalskih vrst, njihova kvaliteta ter povezanost habitatov populacij in omogoča ponovno povezanost, če bi bila ta z načrtovanim posegom ali dejavnostjo prekinjena« (Uredba o ekološko …, 2004).

Na območju Slivniškega jezera je mogoče najti izjemno veliko vrst ptic, številne med njimi so uvrščene v Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam (Pravilnik o uvrstitvi …, 2002). V Lokalni razvojni strategiji lokalne akcijske skupine Od Pohorja do Bohorja za obdobje 2007–2013 razberemo, da se v močvirnem delu ob pritokih Drobinski potok in Ločnica razprostira naravni rezervat, v katerem živi 125 vrst ptic (Lokalna razvojna strategija …, 2008).

Vodomec
(Vodomec (*Alcedo Atthis*), 2012)

Siva čaplja
(Siva čaplja (*Ardea cinerea*), 2012)

Bela štorklja
(Bela štorklja (*Ciconia ciconia*), 2012)

Labod grbec
(Labod grbec (*Cygnus olor*), 2012)

Zlatovranka
(Zlatovranka, *Coracias garrulus*, 2012)

Ribji orel
(Ribji orel, 2012)

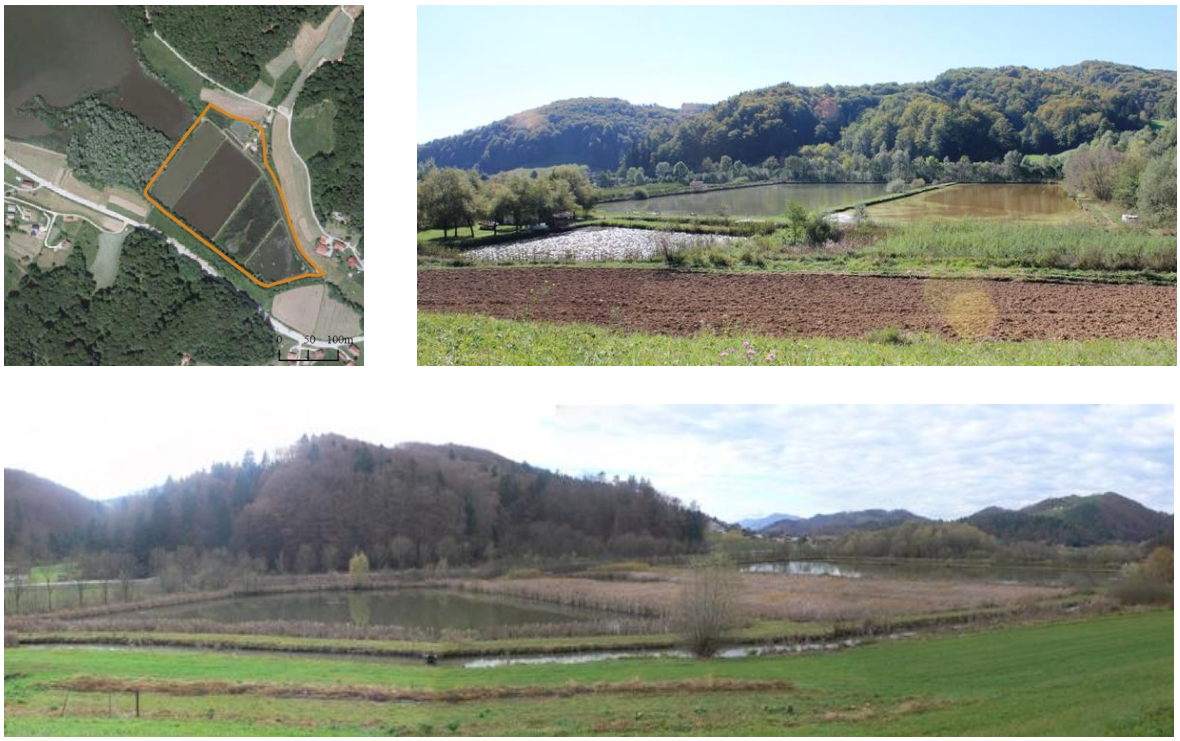
Slika 18: Ptice na območju Slivniškega jezera (Ptičji rezervat ob Slivniškem jezeru, 2012)

Ker so nekatere izmed ptic, ki živijo na območju Slivniškega jezera, močno ogrožene in jim zaradi različnih dejavnikov grozi izumrtje, smo se odločili izpostaviti dve izmed opaženih vrst ptic in jim poskušali z umestitvijo dodatnih habitatov ob jezeru izboljšati habitatne razmere in s tem posledično ohranitev vrste na območju Slivniškega jezera.

Slika 19: Območje predvidenih novih habitatov za ogroženi vrsti ptic (vodomec in zlatovranka)

3.2 PROBLEMATIKA SLIVNIŠKEGA JEZERA

Analize, ki jih je leta 1996 opravilo podjetje LIMNOS, so pokazale, da je Slivniško jezero močno obremenjeno s fosfati in nitrati, kar ga uvršča med močno evtrofna jezera. Vzrok za takšno stanje je hiter dotok hranilnih snovi s celotnega prispevnega območja jezera. Povečana koncentracija evtrofnih snovi je bila izmerjena zlasti v pritokih v jezero, v Drobinskem potoku in Ločnici, ki imata največji doprinos k evtrofizaciji jezera. Stanje vode v pritoku Drobinski potok se drastično poslabša po iztoku iz ribogojnic, ki so umeščene tik ob jezero. Voda se iz njih izliva neposredno v jezero. Delno jo očisti naravno močvirje, vendar je njegova kapaciteta omejena (Vrhovšek, 1996).



Slika 20: Ribogojnice ob Slivniškem jezeru (podloga slike zgoraj levo: Digitalni …, 2010)

Leta 2010 je bila v Slivniškem jezeru izmerjena preobremenjenost s hranili, zlasti s fosforjevimi in dušikovimi spojinami, kar ga uvršča med evtrofna jezera (Kakovost jezer …, 2011).

Preglednica 2: Stanje hranil, prosojnost v zadrževalniku Slivniško jezero (Kakovost jezer …, 2011: 7)

Tip jezera	Celotni fosfor (µg P/l) (povprečje)	Anorganski dušik (µg N/l) (povprečje)	Prosojnost (Secchi) (m) (povprečje)
u-oligotrofno	< 4	< 200	> 12
oligotrofno	< 10	200–400	> 6
mezotrofno	10–35	300–650	6–3
evtrofno	35–100	500–1500	3–1,5
hiperevtrofno	> 100	> 1500	< 1,5
SLIVNIŠKO JEZERO	**23**	**575**	**1**

Iz rezultatov analiz iz leta 1996 in leta 2010 je razvidno, da je evtrofikacija Slivniškega jezera še vedno aktualna problematika, ki bi jo morali nujno razrešiti, če želimo izboljšati kakovost vode in ekološko stanje Slivniškega jezera ter zagotoviti večnamembnost jezera.

Poleg evtrofikacije je na Slivniškem jezeru prisoten še problem erozije prsti. Erozijski pojavi močno povečajo vnos sedimentov v jezero. Posledično povzročajo zasipavanje jezerske kotanje in sukcesijo jezerskega ekosistema. Skupaj s sedimenti se v jezersko kotanjo vnašajo še dodatna hranila, ki povečajo že tako močno evtrofikacijo jezera.

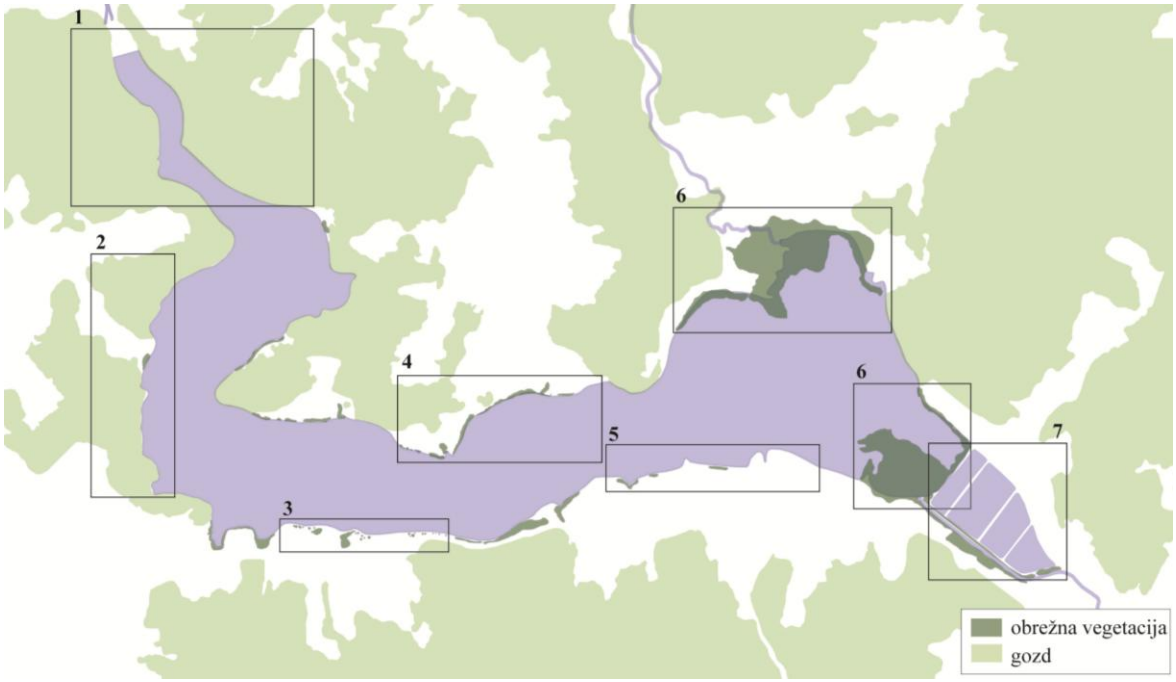
Problematika erozije prsti in vnosa sedimentov ni prisotna le ob obalah jezera in v neposredni bližini jezera, ampak Vrhovšek (1996) navaja, da je »koncentracija suspendiranih snovi v jezeru pogosto tesno povezana s procentom zemlje v prispevnem območju, ki se izrablja za kmetijstvo« (Vrhovšek, 1996: 10) ter da erozija prsti v prispevnem območju jezera pospešuje proces evtrofikacije. V prispevnem območju Slivniškega jezera je največji delež zemljišč namenjen prav kmetijski rabi, zato je mogoče sklepati, da je količina erodiranega materiala, ki v pritokih priteče iz prispevnega območja v Slivniško jezero, velika.

Erozija prsti je ob jezeru močno prisotna zaradi različno razvitega obrežnega vegetacijskega pasu, kar je značilno za umetno nastala jezera. Ponekod je prisoten ozek pas obrežne vegetacije, drugje obrežne vegetacije sploh ni. Prav na teh najbolj izpostavljenih neporaščenih območjih je erozija prsti najbolj izražena. Polutnik (1982, cit. po Strokovne podlage …, 2005) navaja, da so močnejši erozijski pojavi opazni na pobočjih vzpetine Gradiše in travnatih površinah jugovzhodno od ribiškega doma ter na izpostavljenih območjih severne obale jezera.

Slika 21: Erozijski pojavi ob Slivniškem jezeru (kartografska podloga TTN5: 2010)

3.2.1 Inventarizacija in analiza površinskega pokrova ob Slivniškem jezeru

Inventarizacija vegetacije ob Slivniškem jezeru je bila opravljena na več terenskih ogledih območja jezera in s pomočjo analize fotografij ter digitalnega ortofoto posnetka območja Slivniškega jezera iz leta 2010. Inventarizacija vegetacije je bila potrebna za določitev prednostnih območij za umeščanje novih vegetacijskih pasov.



Slika 22: Površinski pokrov na območju Slivniškega jezera z označenimi območji analize vegetacije (kartografska podloga: Digitalni …, 2010)

Območje 1: Ob pregradi Tratna

Ob Slivniškem jezeru prevladuje mešani gozd, ki se v segmentih popolnoma približa vodni površini in gosto zarašča obale jezera. Takšna razrast gozda je najizraziteje prisotna predvsem na strmih obalah pred pregrado Tratna, kjer se jezero zelo zoži. Na fotografijah spodaj je vidna takšna razrast mešanega gozda povsem do vodne gladine jezera.

Slika 23: Tip in razrast vegetacije ob jezeru pri pregradi Tratna

Območje 2: Pobočje Gradiše

Na pobočju Gradiše prevladuje mešani gozd, ki se na nekaterih območjih razrašča vse do vodne gladine Slivniškega jezera. V segmentih se na tem območju pojavlja posamezna obrežna vegetacija, ki pa je na nekaterih območjih prekinjena. Pojavljajo se majhne zaplate navadnega trsta, ki izrašča iz travnate površine. Na teh območjih je po navajanju Polutnikove (1982, cit. po Strokovne podlage …, 2005) erozija izrazito prisotna. Na sliki levo je vidna vlagoljubna vegetacija, ki se razrašča povsem do vodne gladine, na slikah desno pa sta vidni zaplati rogoza in navadnega trsta. Da bi preprečili erozijske procese, bi bilo smiselno dosaditi vegetacijski pas rogoza in navadnega trsta tik ob obalo. Vegetacijski pas bi se nato po pobočju nadaljeval z vlagoljubnim grmičevjem in drevesi.

Slika 24: Tip in razrast vegetacije na območju pobočja Gradiše

Območje 3: Ramna plaža

Na območju Ramne plaže ni sklenjenih potez obrežne vegetacije. Na sliki so vidna vlagoljubna drevesa, ki rastejo posamično ali v manjših skupinah blizu obale. Rastejo predvsem drevesa rodu *Salicaceae*.

Slika 25: Tip in razrast vegetacije na območju Ramne plaže

Območje 4: Severna obala jezera

Ob severni obali jezera, kjer so po navajanju Polutnikove (1982, cit. po Strokovne podlage …, 2005) tudi močno prisotni erozijski pojavi, se vegetacija pojavlja v nesklenjenih segmentih. Pas obrežne vegetacije je različno in zelo neenakomerno razvit, na nekaterih predelih se pojavlja ozek pas navadnega trsta (*Phragmites australis*), ki je nesklenjen in na nekaterih predelih prekinjen, drugje vlagoljubne lesnate in drevesne rastline (jelše in vrbe). Na sliki levo zgoraj je vidno rastišče navadnega trsta, na sliki desno pa nesklenjenost obrežnega pasu ob severni obali Slivniškega jezera.

Slika 26: Tip in razrast vegetacije ob severni obali Slivniškega jezera

Območje 5: Južna obala Slivniškega jezera

Obrežna vegetacija je na območju južne obale Slivniškega jezera slabo razraščena. Pojavljajo se ozki in kratki pasovi navadnega trsta, ki so na več mestih prekinjeni. Pojavljajo se posamezna vlagoljubna drevesa (rod vrb), vendar so prej izjema kot pravilo. Zaradi kmetijskih površin, ki se na tem delu jezera razširjajo neposredno do vodne gladine, je smiselno, da se vegetacijski pas ob jezeru ustrezno sanira. Ob jezeru se zasadi pas močvirske vegetacije (navadni trst in rogoz), nato pa pas vlagoljubnega grmičevja v zaledju. S tem se zmanjša vpliv kmetijstva na vodno telo ter prepreči neposredni odtok onesnaževal v jezero in čezmerno evtrofikacijo.

Slika 27: Tip in razrast vegetacije na južni obali Slivniškega jezera

Območje 6: Ob pritokih Drobinski potok in Ločnica

Ob pritokih v jezero se je skozi leta razvila značilna močvirska vegetacija, ki se zlasti gosto razrašča ob izlivu pritoka Drobinski potok. Pojavljajo se naslednje rastlinske vrste: navadni trst (*Phragmites australis*), širokolistni rogoz (*Typha latifolia*), vrbe in jelše. Rastlinstvo se gosto in močno razrašča v območje jezerske vode. Zaradi pestrega vrstnega sestava rastlin, ki nudi živalim zavetje in prehrano, sta se tu razvila naravni rezervat in drstišče rib, ki sta pomembna z vidika habitatne funkcije in ohranjanja biotske pestrosti na območju Slivniškega jezera.

Slika 28: Tip in razrast vegetacije ob pritokih Drobinski potok in Ločnica

Območje 7: Ribogojnice v Rakitovcu

Območje ribogojnic je zaradi opuščene dejavnosti v izrazitem zaraščanju. Bazene s prosto vodno površino zarašča navadni trst, na nekaterih območjih skoraj po celotni površini bazena (slika spodaj levo). Na sliki desno je viden pas visoke vegetacije vlagoljubnih drevesnih vrst, ki raste ob ribogojnicah, natančneje ob Drobinskemu potoku.

Slika 29: Tip in razrast vegetacije na območju ribogojnic v Rakitovcu

4 EKOREMEDIACIJE

4.1 SPLOŠNI OPIS EKOREMEDIACIJ

Ekoremediacije (v nadaljevanju ERM) so preventivni in kurativni pristopi k varovanju okolja, s katerimi oživljamo degradirana območja in varujemo še ohranjena naravna okolja (Vovk Korže in Vrhovšek, 2009). So naravni sistemi, ki za zaščito, obnovo in sanacijo okolja uporabljajo naravne in sonaravne procese in sisteme, ki jih dopolnjujejo postavitve rastlinskih čistilnih naprav in vegetacijskih pasov ter druge sonaravne metode. So učinkovite, hitre in preproste, stroškovno manj zahtevne in preizkušene okoljske tehnologije, ki temeljijo na razgradnji in razstrupljanju oziroma uničenju onesnaževal (Macarol, 2003; Vovk Korže in Vrhovšek, 2009).

Temeljijo na načelu delovanja ekosistema[3] ter ekosistemskem pristopu varovanja in obnavljanja naravnih virov in njihovih funkcij. V ekosistemih vzpostavijo naravne procese, ki obnovijo njihovo najpomembnejšo lastnost, to je samovzdrževanje. Ekosistemski pristop povečuje obrambno sposobnost okolja, ki se je razvijala skozi tisočletja in varuje območja pred onesnaženjem (Vrhovšek in Vovk Korže, 2007, 2008).

Pomembna lastnost ekosistemov, ki je tudi načelo delovanja ERM, je velika puferska sposobnost ekosistemov. Z naravnimi procesi zadržijo, predelajo ali nevtralizirajo številne organske in anorganske polutante (Dobravec, 2003, cit. po Vrhovšek in Vovk Korže, 2008).

Funkcije ekosistema so odločilnega pomena za vzdrževanja življenja na planetu. Ekološke funkcije ekosistema lahko razdelimo na naslednje skupine (Vrhovšek in Vovk Korže, 2007):

- fizične funkcije (absorpcija fosforja v prsti, erozija in sedimentacija mulja, prestrezanje padavin, infiltracija padavinske vode v tla),
- kemične funkcije (proizvodnja kisika in poraba ogljikovega dioksida v procesu fotosinteze, denitrifikacija in sproščanje hranil),
- biološke funkcije (fotosinteza, opraševanje, raztros semen, proizvodnja biomase).

ERM postajajo čedalje pomembnejše v razvitem svetu, saj predstavljajo neizogibno prvino strategij varovanja okolja in nudijo možnost izpolnjevanja ciljev varovanja in obnavljanja vodovja, prsti, ozračja in živega sveta. Uporabljajo se za obnovo in zaščito različnih

[3] Ekosistem obsega vse organizme (biocenoza) v določenem času in njihovo neživo okolje (biotop), ki delujejo drug na drugega in so med seboj povezani. Obstoj ene vrste vpliva na obstoj drugih vrst in povzroča spremembe v biotopu. Ekosistem je odprt sistem, funkcionalna celota različnih vrst, ki se je sposoben sam regulirati. Ker so vrste najpogosteje v prehranjevalni odvisnosti, se v ekosistemu pojavlja neprestano kroženje in pretok energije (Hłuszyk, 1998).

vodnih, obvodnih in nanje vezanih ekosistemov, primerne pa so tudi za redko poseljena podeželska območja, kjer se pojavljajo majhni, med seboj oddaljeni zaselki. Kljub temu da je poselitev v podeželskih območjih razmeroma redka, se tu pojavljajo količinsko majhne, a stalne odpadne vode, za njihovo sanacijo pa so na voljo nizka finančna sredstva (Macarol, 2003). Ravno ERM omogočajo, da z relativno nizkimi stroški dosežemo visoke učinke pri zaščiti življenjskega okolja, vodnih virov, potokov, rek, jezer, podtalnice in morja (Vovk Korže in Vrhovšek, 2009).

Osnovne funkcije ERM so (Vovk Korže in Vrhovšek, 2009; Vrhovšek in Kroflič, 2008):
- ohranjanje ekosistemskega ravnotežja z izredno biotsko pestrostjo,
- velika puferska sposobnost,
- visoka samočistilna sposobnost,
- večanje biotske pestrosti z zagotavljanjem habitatov za rastline in živali,
- zadrževanje vode v tleh in na površini.

4.2 KAJ ODPRAVLJAMO Z ERM?

ERM nam omogočajo celovito in trajnostno upravljanje z vodami. Z njimi ohranjamo in/ali obnavljamo redke in ogrožene ekosisteme, habitate ter rastlinske in živalske vrste. Macarol (2003) navaja, da z ekoremediacijskimi metodami uspešno zmanjšujemo in odpravljamo vplive netočkovnih virov onesnaženja (kmetijsko onesnaževanje in promet), turizma, prometa, industrije, odlagališč in poselitve. Uporabne so za odpravljanje in preprečevanje dolgotrajnih posledic človekovih dejavnosti v krajini, pri povečanju samočistilnih sposobnosti voda, čiščenju različnih vrst odpadnih voda in odpravljanju posledic sezonskega onesnaževanja. Prav tako so uporabne za revitalizacijo že degradiranih vodotokov in jezer. Ekoremediacije ponujajo izredno visoko učinkovitost pri varovanju življenjskega okolja, še posebej vodnih virov (Vovk Korže in Vrhovšek, 2007).

Z ERM lahko uspešno varujemo in zaščitimo podtalnico, vodna zajetja in jezera pred vtokom onesnaženih voda, uspešno revitaliziramo degradirane vodotoke, jezera in gramoznice ter z njimi obnovimo ekosisteme za redke in ogrožene rastlinske in živalske vrste (Vovk Korže in Vrhovšek, 2009).

Prednosti ERM so naslednje (Vovk Korže, 2008; Vovk Korže in Vrhovšek, 2009):
- vključujejo ljudem razumljive in naravovarstveno sprejemljive postopke,
- za njihovo izvajanje niso potrebna visoka finančna vlaganja,
- temeljijo na specifikah lokalnega okolja,
- značilna je izvirnost, ki temelji na delovanju naravnih sistemov (ekosistemov),
- videz ekoremediacijskih ukrepov se približa naravnemu videzu krajine, zato ne izstopajo kot motnja v prostoru,
- preprečujejo hitro izsuševanje.

4.3 DELITEV ERM

Po Vovk Korže in Vrhovšek (2009) se ERM delijo v več kategorij, in sicer ločimo klasično, problemsko, ekosistemsko in sektorsko delitev.

4.3.1 Klasična delitev ERM

Naravne ERM

So naravni vodni in obvodni ekosistemi s številnimi tolmuni, brzicami, prodnatimi nasipi, z vodnim rastlinjem poraslimi strugami, stranskimi jarki in rokavi ter raznovrstno obrežno vegetacijo. Ti ekosistemi delujejo tako, da pri močnih nalivih omilijo večje poplave, z veliko samočistilno sposobnostjo preprečujejo posledice vnosa alohtonega materiala in posledice človekovih dejavnosti. Hkrati omogočajo življenjski prostor številnim rastlinskim in živalskim vrstam.

S sonaravnim načinom gospodarjenja z vodo, obvodnim prostorom, s preprečitvijo odvzemov vode in kanaliziranja rečnih strug lahko v veliki meri ohranimo in zaščitimo naravne vodne in obvodne ekosisteme.

Stare ERM

Uporabljale so se v preteklosti, večinoma za napajanje živine, pranje, zalivanje in gašenje požarov. Ljudje so uredili vodna zajetja, ki so zadrževala deževnico, in jih poimenovali kali. Na primernem mestu so izkopali kotanjo ali pa so izkoristili naravno kotanjo, ki so jo večplastno obložili z dobro utrjeno ilovico, vanjo pa se je stekala deževnica.

Novi načini ERM

Nove vrste ERM predstavljajo inovativne in dokaj poceni sisteme, ki so se razvili zaradi naraščajočega ogrožanja vodnega okolja. So nasprotje stroškovno zelo zahtevnih postopkov tradicionalnega varovanja vodnega okolja. Med sisteme, ki ustrezajo tem zahtevam, spadajo rastlinske čistilne naprave, ekoremediacijski melioracijski jarki, blažilna območja (vegetacijski pasovi, močvirja) in puferska območja.

ERM za sanacije nepravilnih posegov v prostor

V to skupino ERM uvrščamo revitalizacije, fitoramediacije, čiščenje izvirov pitne vode itd.

4.3.2 Problemska delitev ERM

Pri problemski delitvi so ERM razvrščene glede na to, katero problematiko rešujejo. Navedene so metode, ki se uporabljajo pri varovanju vode in vodnih ekosistemov ter ohranjanju biološke raznovrstnosti.

Ločimo (Vovk Korže in Vrhovšek, 2008 in 2009):

- ekoremediacije za uravnavanje vodnih količin (protipoplavni ukrepi, preprečevanje in zmanjševanje posledic suš),
- ekoremediacije za preprečevanje in zmanjševanje onesnaženosti voda zaradi turizma in industrij,
- ekoremediacije za zaščito podtalnice in stoječih voda, zlasti jezer,
- ekoremediacije za preprečevanje/zmanjševanje onesnaženja iz razpršenih naselij,
- ekoremediacije za obnovo degradiranih vodotokov, gramoznic, glinokopov,
- ekoremediacije za čiščenje onesnaženih zemljin, zlasti iz jezer, zaradi kmetijstva in industrije,
- ekoremediacije za povečanje in ohranjanje biološke raznovrstnosti (ohranjanje redkih in ogroženih rastlinskih in živalskih vrst),
- ekoremediacije za povečanje samočistilnih sposobnosti okolja (preventivni in kurativni ukrepi).

4.3.3 Ekosistemska delitev ERM

Ekosistemska delitev ERM upošteva različnost ekosistemov.

Ločimo:

- ERM za vodne ekosisteme (sonaravno urejeni vodotoki, mokrišča, močvirja, litoralni obrežni pasovi, ekoremediacijski melioracijski jarki, stranski rokavi …),
- ERM za zrak (mejice, vetrne, protiprašne in protihrupne bariere),
- ERM za varovanje biodiverzitete (mejice, mlake, vegetacijski pasovi, mokrišča in močvirja, ERM kot nadomestni ekosistemi in rastlinske čistilne naprave kot večnamenski ekosistemi),
- ERM za varovanje in obnovo kopenskih ekosistemov (vegetacijski pasovi, rastlinske čistilne naprave v kombinaciji z deponijami, nadomestni ekosistemi, sistemi za zmanjšanje in preprečevanje erozije) (Vovk Korže in Vrhovšek, 2009).

4.3.4 Sektorska delitev ERM

ERM so uporabne na različnih področjih (Vovk Korže in Vrhovšek, 2008 in 2009):

- kmetijstvo (ekoremediacijski melioracijski jarki, zadrževanje vode, mejice, rastlinske čistilne naprave za gospodinjstva, kmetije in kondicioniranje pitne vode, ekoremediacije za ribogojnice in ohranjanje mokrišč),
- turizem (rastlinske čistilne naprave za turistične kmetije, hotele, restavracije in avtokampe, ERM za rekreacijske površine (kopališča), zaščitena območja in parke ter stoječe vode, ki so namenjene rekreacijski in turistični dejavnosti),
- industrija (rastlinske čistilne naprave za čiščenje in recikliranje vode in čiščenje zemljin ter ekoremediacije za celovito okoljsko reševanje okoljskih problemov v industrijski dejavnosti),
- poselitev (rastlinske čistilne naprave za gospodinjstva, ERM za zeleni sistem mesta, renaturacija mestnih vodotokov in sanacija mestnih stoječih voda),
- okolje (ERM za povečanje biodiverzitete, zadrževanje vode, povečanje samočistilnih sposobnosti okolja in pridobivanje energije).

Z uvajanjem ERM se ponovno ustvarijo razmere, značilne za naravne sisteme, kot npr. raznolikost biotopov in ohranjanje ekosistemskega ravnotežja (Vovk Korže in Vrhovšek, 2009). Dodatna vrednot ERM je tudi ponovna oživitev že degradiranih območij. Obnovljenemu prostoru se vrneta vrednost in potencial za razvoj in umeščanje drugih dejavnosti.

4.4 EKOREMEDIACIJE IN OKVIRNA VODNA DIREKTIVA EVROPSKE UNIJE

Ekoremediacije so usklajene z Okvirno direktivo EU o vodah, katere cilj je doseganje in ohranjanje »dobrega stanja voda« (Vovk Korže in Vrhovšek, 2009). Poseben poudarek je namenjen zmanjševanju obremenitev vodnih teles in izboljšanju kemijskega, ekološkega in količinskega stanja voda, doseči in ohraniti pa se mora tudi »dobro ekološko stanje« površinskih voda. Vodna direktiva namenja veliko večji poudarek in pomen ekosistemski funkciji jezer in vodotokov kot habitatov za rastlinske in živalske organizme.

Ekološko stanje vodnih teles se ocenjuje in določa na osnovi petih kakovostnih razredov:

- zelo dobro,
- dobro,
- zmerno dobro,
- slabo,
- izredno slabo.

Vsa vodna telesa naj bi dosegla razred »dobrega stanja« do leta 2015. Ključna razlika gleda na preteklo prakso je ta, da se ocenjevanje ekološkega stanja vodnih teles razlikuje

glede na posamezni tip vodnega telesa, izhodišče stanja ocenjevanja pa je stanje vsakega tipa vodnega telesa v pretežno nespremenjenem, naravnem stanju.

Iz zahteve po doseganju »dobrega ekološkega stanja« so izvzeta umetna vodna telesa in močno preoblikovana vodna telesa. Ta morajo doseči »dober ekološki potencial«, pri takšnih vodnih telesih pa je treba izvajati ukrepe, ki izboljšujejo ekološke lastnosti, ne smejo pa vplivati na zmanjšanje njihove uporabne vrednosti (Globevnik, 2006). Med močno preoblikovana vodna telesa sodi tudi večnamenski umetni zadrževalnik Slivniško jezero.

4.5 EKOREMEDIACIJSKI UKREPI ZA IZBOLJŠANJE STANJA JEZER

Glavni izvori onesnaževanja jezer so največkrat povezani z zaledjem jezera. Od tam se s pritoki v jezero vnašajo povečane koncentracije hranilnih snovi in stekajo neprečiščene komunalne odpadne vode. Z nekaterimi ekoremediacijskimi ukrepi lahko zmanjšamo onesnaževanje jezera in izboljšamo njegovo ekološko stanje tako, da odvajamo in čistimo komunalne odpadne vode. Učinkovito čiščenje odpadnih voda poteka z rastlinskimi čistilnimi napravami. Na in ob vodotoke umestimo ekoremediacijske ukrepe kot npr. vegetacijske pasove, sonaravna močvirja, vzdržujemo brežine in povečujemo samočistilne sposobnosti v vodotoku. Za zaščito jezer pred razpršenim onesnaženjem lahko zasadimo blažilna območja, tako imenovane vegetacijske pasove, ki izboljšajo kakovost vode, hkrati pa čistijo zrak in tla ter povečujejo biotsko raznovrstnost[4] (Vrhovšek, Kroflič in Sajovic, 2008).

[4] Konvencija o biološki raznovrstnosti opisuje biotsko raznovrstnost kot »raznolikost živih organizmov iz vseh virov, ki vključuje med drugim kopenske, morske in druge vodne ekosisteme ter ekološke komplekse, katerih del so; to vključuje raznovrstnost znotraj samih vrst, med vrstami in raznovrstnost ekosistemov« (Konvencija o biološki raznovrstnosti, 1992). Hłuszyk (1998) jo opisuje kot raznovrstnost vseh oblik življenja na Zemlji in se nanaša na vrste, njihove genetske lastnosti in ekosisteme. Biotska raznovrstnost je pogoj za človekov obstoj. Človekovo življenje je pomembno odvisno od bogastva rastlinskih in živalskih vrst. Ti proizvajajo kisik ali pa so odgovorni za kroženje snovi in pretok energije v biosferi.

5 IZBOR IN OPIS EKOREMEDIACIJSKIH METOD

Izbor ekoremediacijskih metod, ki bi jih lahko umestili na območje Slivniškega jezera, temelji na rezultatih analiz vode Slivniškega jezera (Vrhovšek, 1996; Kakovost jezer …, 2011) in reševanju problematike, ki se pojavlja na območju Slivniškega jezera. Najbolj pereča problema sta **evtrofikacija jezera** in **erozija prsti**, ki posledično povzročata pospešeno sukcesijo jezerskega ekosistema, slabšata kakovost jezerske vode in onemogočata večnamensko izrabo jezera.

Problematiko evtrofikacije Slivniškega jezera bi lahko rešili z:
- umestitvijo RČN s podpovršinskim tokom ob največjem naselju ob jezeru (Veliki Rakitovec), ki še ni priključeno na kanalizacijski sistem in čistilno napravo Šentjur,
- načrtovanjem individualnih RČN ob hišah ali skupinah hiš,
- umestitvijo RČN (sonaravnega močvirja) v pritok Drobinski potok,
- umestitvijo RČN s podpovršinskim tokom ob ribogojnice v Rakitovcu za čiščenje voda iz ribogojnic,
- umestitvijo manjše RČN na pritok Ločnica v Slivniško jezero,
- umestitvijo manjše čistilne naprave na iztoku iz Slivniškega jezera v Voglajno (preprečevanje neprijetnega vonja vode in razvoja insektov v poletnem času).

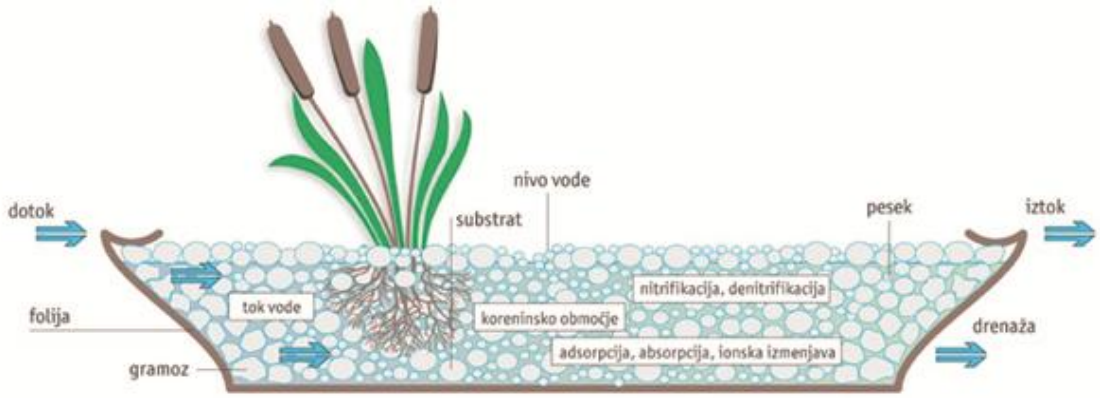
Problematiko erozijskih procesov v Slivniškem jezeru bi lahko rešili z:
- umestitvijo blažilnih območij ali vegetacijskih pasov na izpostavljenih obrežnih območjih jezera, kjer pas obrežne vegetacije ni izrazito širok ali je vegetacija prisotna v prekinjenih odsekih ali pa sploh ni razvita.

5.1 RASTLINSKE ČISTILNE NAPRAVE

Ideja za vzpostavljanje rastlinskih čistilnih naprav (v nadaljevanju RČN) izhaja iz poznavanja delovanja naravnih močvirij, ki so eden od najpomembnejših ekosistemov na Zemlji. Ne le da uravnavajo pretok površinskih voda, ampak z zadrževanjem sedimentov in odstranjevanjem hranil izboljšujejo njihove biološke in kemijske lastnosti. Imenujejo jih tudi »ledvice pokrajine«. Zamočvirjeno območje ob vodotoku stabilizira bregove, saj močvirske rastline z gostim koreninskim spletom utrjujejo tla. Poleg tega imajo močvirske rastline tudi pomembno vlogo pri ohranjanju biotske raznovrstnosti (Macarol, 2003).

RČN ali umetno ustvarjena močvirja so sistemi, sestavljeni iz plitvih bazenov (globina vode manj kot en meter) ali kanalov, zasajenih z vlagoljubnimi rastlinami. Načrtovani so tako, da se z naravnimi biološkimi, mikrobiološkimi, fizikalnimi in kemijskim procesi čistijo odpadne vode (Constructed Wetlands …, 2000).

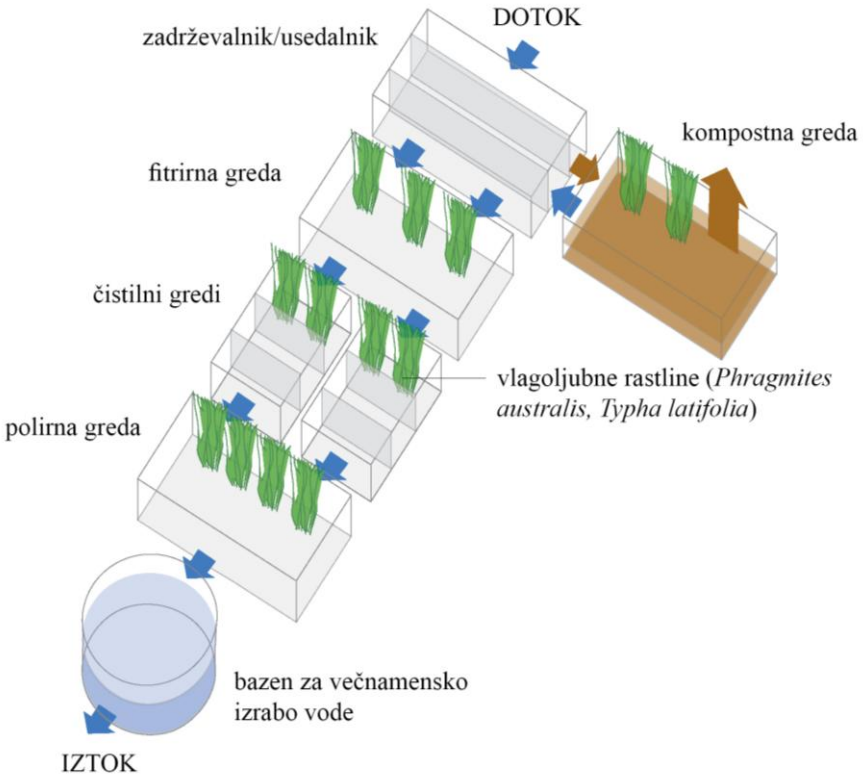
RČN posnemajo samočistilne procese v naravnih močvirskih ekosistemih (Macarol, 2003). S fizikalnimi in biokemijskimi procesi, kot so aerobna in anaerobna razgradnja, filtracija, usedanje delcev in adsorpcija, zagotavljajo učinkovito čiščenje organskih snovi, dušikovih spojin in fosfatov, ki nastajajo v gospodinjstvih in kmetijski dejavnosti. RČN delujejo brez strojne in električne opreme, praviloma gravitacijsko, tako da se voda pretaka prek zaporednih bazenov, izoliranih s folijo, napolnjenih s substratom in zasajenih z različnimi vlagoljubnimi rastlinami (Vovk Korže in Vrhovšek, 2008). Onesnažena voda je najprej skozi glavni odtok po cevi speljana v manjši zadrževalnik. Tam se zadržijo grobi delci, voda pa odteče naprej v prvo gredo RČN, imenovano filtrirna greda. V tej gredi se odstranijo še preostali suspendirani delci. Največji del čiščenja poteče v čistilni gredi, kamor voda priteče po filtraciji v filtrirni gredi. Tu se voda dokončno očisti. Ko je proces čiščenja končan, se voda zbira v zbiralniku ali pa odteče nazaj v okolje (vodotok, jezera …) (Vovk Korže in Vrhovšek, 2009). Po potrebi, vendar ne nujno, vsebuje RČN kot končni člen iztočno laguno, ki omogoča večnamensko izrabo vode. Iztočna laguna je tudi zanimiv in atraktiven krajinski element (Griessler Bulc, 2008).



Slika 30: Shema prečnega prereza skozi gredo RČN (Rastlinska čistilna …, 2011)

Vrhovšek in Kroflič (2007) navajata, da v čistilnih napravah poteka primarno, sekundarno in ponekod tudi terciarno čiščenje odpadnih voda. Med primarnim čiščenjem, ki ga imenujemo tudi mehansko čiščenje, se odstranijo večji netopni delci. Med procesom sekundarnega čiščenja poteče oksidacija s pomočjo mikroorganizmov, s terciarnim čiščenjem pa se odstranijo dušikove in fosforjeve snovi. Tudi v RČN potekajo na enem mestu vse tri faze čiščenja.

Ker RČN sestavlja več različnih podenot, ki imajo različne funkcije, je lahko oblikovanje RČN zelo členjeno in raznoliko ter povsem prilagojeno značilnosti zemljišča in vrsti odpadne vode, ki jo nameravamo očistiti (Macarol, 2003).



Slika 31: Shema RČN (Vrhovšek in Vovk Korže, 2007: 72)

V sisteme RČN so vključene močvirske rastline, različni substrati iz mešanice več vrst peska ter nanje vezani mikroorganizmi, ki odstranjujejo onesnaževala iz onesnaženih odpadnih voda (Vrhovšek in Vovk Korže, 2007; Macarol, 2003). Vrsti vlagoljubnih rastlin, ki sta največkrat uporabljeni, sta navadni trst (*Phragmites australis*) in širokolistni rogoz (*Typha latifolia*) (Macarol, 2003).

Slika 32: Širokolistni rogoz (Cenčič, 2010) in navadni trst (Common Reed (*Phragmites australis*), 2011)

Ločimo vrste RČN, ki obsegajo prostrana umetna močvirja, manjše lagune s prosto vodno površino in medsebojno povezane grede, zasajene z vlagoljubnimi rastlinami (Griessler Bulc, 2008).

Ločimo naslednje funkcije in uporabnost RČN (Vovk Korže in Vrhovšek, 2008; Macarol, 2003):

- čiščenje odpadnih voda iz najrazličnejših, tudi iz razpršenih virov onesnaženj (kmetijstvo, industrija, komunalne deponije),
- čiščenje onesnaženih zemljin,
- individualne RČN za manjša naselja, zaselke, turistične objekte,
- čiščenje kopalnih voda,
- nadomestni življenjski prostor za vodne in obvodne živalske in rastlinske organizme,
- ohranitev in izboljšanje habitatnih razmer različnih organizmov,
- večanje biotske raznovrstnosti.

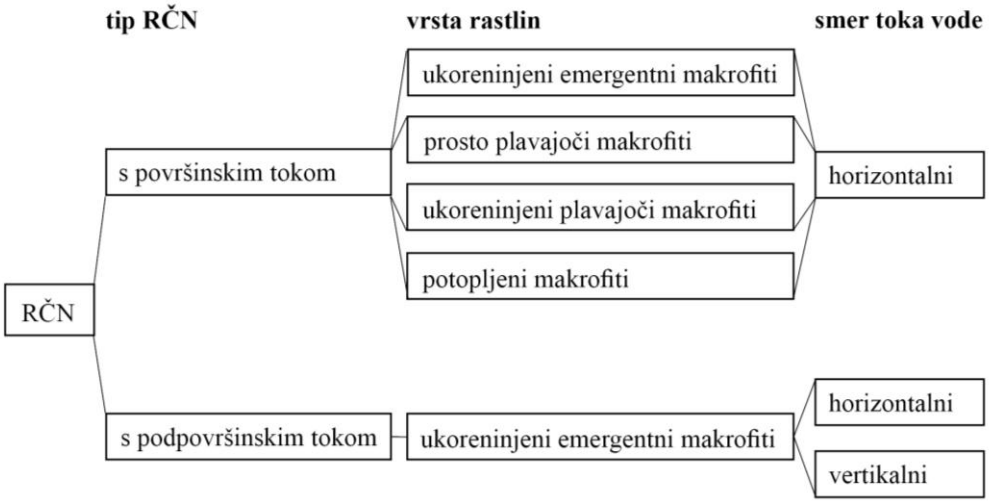
Pri načrtovanju RČN je treba zagotoviti čim večjo učinkovitost čiščenja na čim manjšem območju (Macarol, 2003).

Uporabnost RČN je glede na lokacijo umeščanja in vremenske značilnosti izredno široka. Umeščati jih je mogoče v najrazličnejša geografska območja, vključno s sušnimi in gorskimi pokrajinami. Onesnažene vode čistijo tudi v ekstremnih vremenskih razmerah, v času zmrzali. Visoko učinkovitost čiščenja zagotavljajo celo pozimi, ko so prekrite s snegom, saj se ohrani talna mikrobna aktivnost. Tako so RČN uporabne vse leto. Dimenzije RČN je mogoče uspešno prilagajati velikosti, obliki in lokaciji onesnaževanja, glavni omejitveni dejavnik je razpoložljiva velikost zemljišča (Macarol, 2003).

V primeru, da RČN pravilno vzdržujemo in upravljamo, predstavljajo učinkovito, zanesljivo in poceni tehnologijo čiščenja onesnaženih voda (Macarol, 2003). Vzdrževanje RČN je v primerjavi z drugimi napravami za čiščenje odpadnih voda izredno preprosto. Dvakrat tedensko je treba pregledati dotoke v RČN in iztoke iz RČN ter enkrat letno odstraniti rastline in izprazniti mulj iz usedalnika, saj se tam zadržujejo trdi delci, ki se usedejo, preden voda priteče v čistilne grede RČN. Odstranjen rastlinski material lahko uporabimo za prekritje RČN v zimskem času, po končani uporabi pa ga lahko kompostiramo (Vrhovšek in Vovk Korže, 2007).

5.1.1 Vrste RČN

Preglednica 3: Vrste RČN (Vrhovšek in Vovk Korže, 2008; Vymazal, 2007)



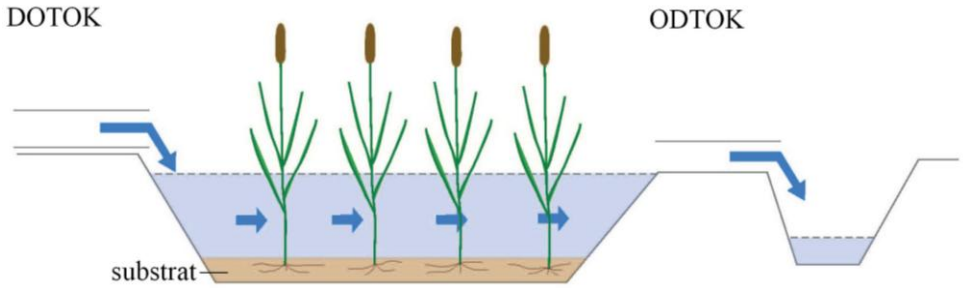
RČN s površinskim tokom je vizualno in funkcionalno zelo podobna naravnim mokriščem. Voda je v stiku s površjem, grede pa so napolnjene z različnimi vrstami substratov, med katerimi se horizontalno pretaka voda, ki obliva različne vrste vodnih rastlin.

Glede na prevladujočo vrsto vegetacije ločimo naslednje različice RČN s površinskim tokom:

- RČN z ukoreninjenimi emergentnimi makrofiti,
- RČN s prosto plavajočimi makrofiti,
- RČN z ukoreninjenimi plavajočimi in potopljenimi makrofiti.

RČN z ukoreninjenimi emergentnimi makrofiti

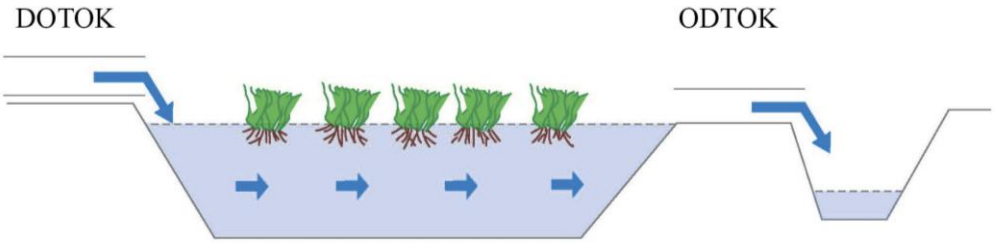
Vodne rastline koreninijo na dnu, v plasti substrata, vrhnji deli pa izraščajo nad vodno površino. Voda z odpadnimi snovmi se pretaka mimo njih, del odpadnih snovi se useda na dno grede, kjer potekata razgradnja in odstranjevanje polutantov s pomočjo mikroorganizmov, ki so pritrjeni na korenine in substrat. Kisik, ki je potreben za razgradnjo, izločajo rastline prek korenin. Najpogosteje so uporabljeni naslednji makrofiti: navadni trst (*Phragmites australis*), širokolistni rogoz (*Typha latifolia*) in *Scirpus lacustris*. Te rastline so pomembne zlasti pri flokulaciji/kosmičenju in sedimentaciji materiala, z zastiranjem svetlobe zmanjšujejo razrast alg ter v zimskem času preprečujejo zamrzovanje vode.



Slika 33: RČN z ukoreninjenimi vodnimi rastlinami (primerne rastline za zasaditev: navadni trst (*Phragmites australis*), širokolistni rogoz (*Typha latifolia*) in *Scirpus lacustris*) (Vrhovšek in Vovk Korže, 2008: 118)

RČN s prosto plavajočimi makrofiti

Pri tej vrsti RČN je možna uporaba naslednjih rastlin: vodna hijacinta (*Eichornia crassipes*), vodna leča (*Lemna sp*) in rod *Spirodela*. Te rastline prosto plavajo na vodni površini, koreninski sistem imajo potopljen v vodi in služi za pritrjevanje mikroorganizmov in privzemanje raztopljenih snovi. Rastline ustvarijo na površini gost preplet listov, ki preprečujejo prodiranje svetlobe v nižje plasti vode in posledično zmanjšujejo razvoj in razrast alg.



Slika 34: RČN s prosto plavajočimi makrofiti (primerne rastline za zasaditev: vodna hijacinta (*Eichornia crassipes*), vodna leča (*Lemna sp*) in rod *Spirodela*) (Vrhovšek in Vovk Korže, 2008: 118)

RČN z ukoreninjenimi plavajočimi in potopljenimi makrofiti

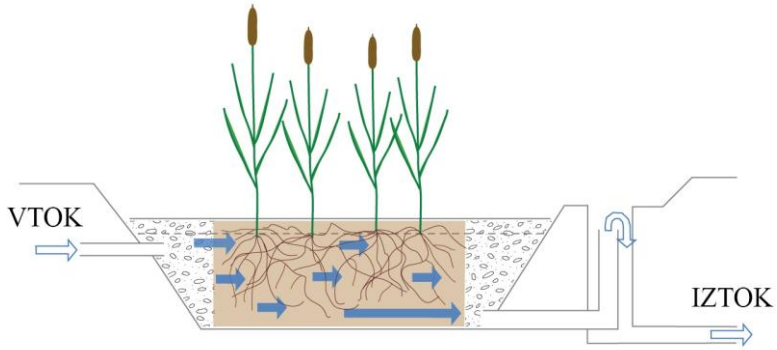
Za RČN z ukoreninjenimi plavajočimi makrofiti se uporabljajo rastline iz rodov *Nymphea* in *Hydrocotyle*. Te rastline imajo liste tako na vodni površini kot tudi pod njo. Za RČN z ukoreninjenimi potopljenimi makrofiti se najpogosteje uporabljata rodova *Potamogeton* in *Elodea*. Vloga teh rastlin je zagotavljanje dodatne površine za pritrjevanje mikroorganizmov in oddajanje kisika v vodnem stolpcu.

Zgradba RČN s površinskim tokom je lahko kombinacija odprtih vodnih površin, razvijajoče se/rastoče vegetacije, gnezdilnih otokov, različnih globin vode v bazenih in značilnih struktur mokrišča (Constructed Wetlands …, 2000; Vrhovšek in Vovk Korže, 2008).

RČN s podpovršinskim tokom na videz ne spominjajo na naravna mokrišča, saj ti sistemi ne vsebujejo stoječe vode. Sestavljajo jih grede, ki so v celoti napolnjene s substratom (substrat iz peska, drobnega kamenja, gramoza in zemlje/prsti), v katerem so ukoreninjeni makrofiti. Ob pravilnem načrtovanju in upravljanju ostane onesnažena voda pod površjem substrata, v kontaktu s koreninami in rizomi[5] rastlin ter ni vidna ali dostopna živalim. Prednost RČN s podpovršinskim tokom je v tem, da ne oddaja neprijetnega vonja in pozimi ne zmrzne.

Čistilni procesi, ki se odvijajo v RČN s podpovršinskim tokom, so podobni tistim, ki potekajo v RČN s površinskim tokom. Prednost je v substratu, ki nudi večjo površino za razvoj mikrobnega biofilma kot voda. To omogoča učinkovitejše čiščenje vode. Rastline, ki se uporabljajo za te vrste RČN, so: navadni trst (*Phragmites australis*), širokolistni rogoz (*Typha latifolia*) in *Scirpus lacustris* (Constructed Wetlands …, 2000; Vrhovšek in Vovk Korže, 2008).

RČN s podpovršinskim tokom se delijo glede na tok vode skozi grede. Ločimo:
- sisteme s horizontalnim podpovršinskim tokom,
- sisteme z vertikalnim podpovršinskim tokom.



Slika 35: Shematski prikaz RČN s horizontalnim podpovršinskim tokom (Vymazal, 2007)

Kombinacija RČN s horizontalnim podpovršinskim tokom in vertikalnim podpovršinskim tokom dosega nižje iztočne vrednosti skupnega dušika in je zato primernejša kot uporaba vsakega sistema posebej (Vrhovšek in Vovk Korže, 2008).

Pri načrtovanju RČN lahko s kombinacijo različnih značilnosti in oblik videz umetno ustvarjene RČN povsem približamo videzu naravnega močvirja. Uporabimo lahko različne globine vode ter ustvarimo kontrast med odprtimi vodnimi površinami in gosto zasajenimi vegetacijskimi conami. Izbor rastlin lahko obsega različne tipe vegetacije, od potopljenih vodnih rastlin do grmičevja in dreves. V oblikovanje lahko vključimo tudi gnezdilne otoke,

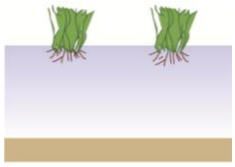
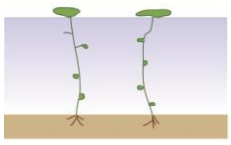
[5] Rizom – kar je ukoreninjeno; korenika, odebeljeno podzemno steblo (Tavzes, 2002: 1009)

obrežja pa izrazito členimo in tako ustvarimo pester, členjen in biotsko bogat prostor, zanimiv za živalske habitate (Constructed Wetlands …, 2000).

5.1.2 Izbor rastlin za uporabo v RČN

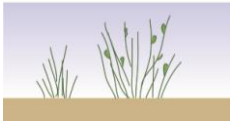
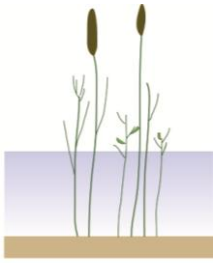
Učinkovito delovanje RČN je odvisno od ekoloških funkcij, sorodnih tistim v mokriščih, ki so v večji meri odvisne od uspešnosti interakcij rastlinskih združb, ki so zasajene v RČN. Raziskave so pokazale, da je čiščenje v bazenih, kjer so zasajene vlagoljubne rastline, izrazito uspešnejše kot v tistih bazenih, kjer vegetacije ni (Bavor, 1989; Burgoon, 1989; Gearheart, 1989; Thut, 1989, cit. po Constructed Wetlands …, 2000: 24).

Preglednica 4: Karakteristike rastlin za sajenje v RČN s površinskim tokom (Constructed Wetlands …, 2000: 26; France, 2003)

Splošni tipi rastlin	**Splošne karakteristike in splošni primeri**	**Funkcija ali vloga rastlin v postopku čiščenja vode**	**Funkcija ali pomembnost za habitat**	**Oblikovalski in vzdrževalski pomisleki**
Prosto plavajoče rastline 	Korenine ali strukture, podobne koreninam, ločene od listov, ki prosto plavajo na vodi. Primera: - *Lemna*, - *Spirodea.*	Odvzem hranil in senčenje rasti alg; gosto listje na površini vode omejuje difuzijo kisika iz atmosfere.	Gosto plavajoče listje omejuje difuzijo kisika iz atmosfere, rastline zaustavljajo sončno svetlobo in zagotavljajo zatočišče in hrano živalim.	Oblikovalski premisleki niso potrebni.
Plavajoče ukoreninjene rastline 	Imajo plavajoče liste, ki so lahko tudi potopljeni; rastline koreninijo v podlagi; se ne vzpenjajo ali izraščajo iz vode. Primera: - *Nymphea* – lokvanj, - *Hydrocotyle.*	Primarni namen je zagotavljanje površine za pritrjevanje mikroorganizmov in sproščanje kisika v vodo v dnevnem času; gosto listje na površini vode omejuje difuzijo kisika iz atmosfere.	Gosto plavajoče listje omejuje difuzijo kisika iz atmosfere, rastline zaustavljajo sončno svetlobo in zagotavljajo zatočišče in hrano živalim.	Globina vode mora biti primerna tipu vegetacije, ki jo želimo zasaditi v RČN.

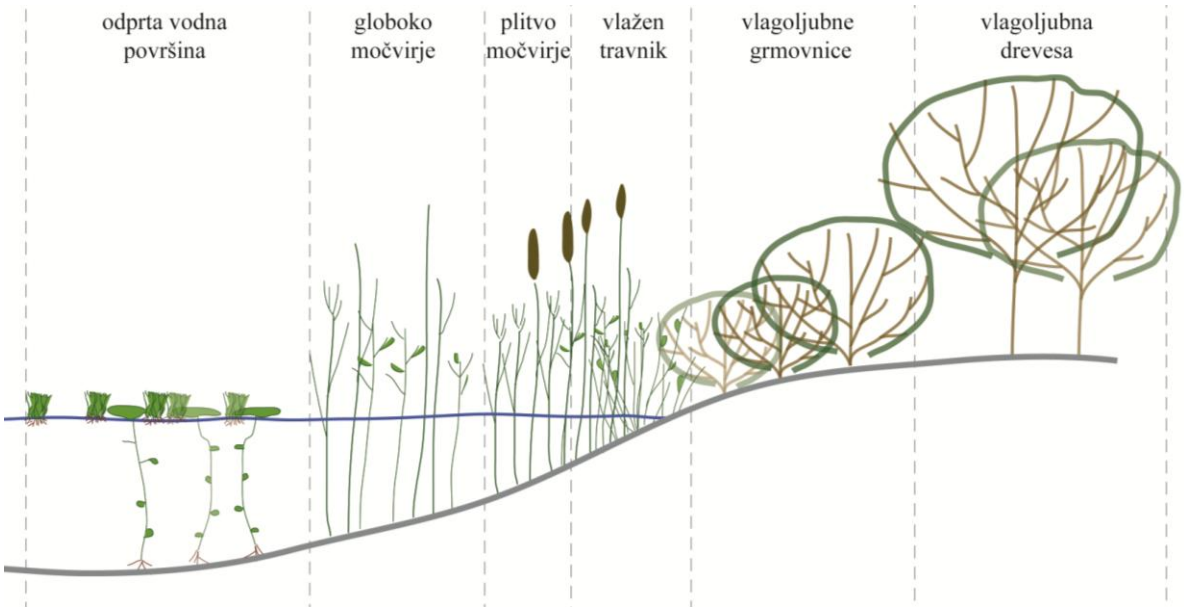
»se nadaljuje«

»nadaljevanje«

Splošni tipi rastlin	**Splošne karakteristike in splošni primeri**	**Funkcija ali vloga rastlin v postopku čiščenja vode**	**Funkcija ali pomembnost za habitat**	**Oblikovalski in vzdrževalski pomisleki**
Potopljene ukoreninjene rastline 	Ponavadi popolnoma potopljene, s plavajočimi listi; rastline koreninijo v podlagi; ne izraščajo iz vode. Primera: - *Potamogeton*, - *Elodea.*	Primarni pomen je zagotavljanje mikrobiološke vezave organizmov in sproščanje kisika v vodo podnevi.	Rastline zagotavljajo zatočišče in hrano živalim, posebej ribam.	Zadrževalni čas vode naj bi bil manjši, kot je potrebno, da se ne razrastejo alge, ki lahko uničijo potopljene rastline.
Izraščujoče se rastline 	Zeliščne rastline, koreninijo v podlagi in izraščajo iz vode; dobro prenašajo poplavljeno rastišče. Primeri: - *Typha*, - *Phragmites*, - *Scirpus.*	Primarni namen je zagotavljanje strukture, povečanje flokulacije (kosmičenja) in sedimentacije; sekundarni pomen je zagotavljanje senčenja za preprečevanje razrasti alg.	Rastline zagotavljajo zatočišče in hrano za živali ter estetsko vrednost za ljudi.	Globina vode mora biti optimalna za rast specifičnih rastlin, ki jih izberemo za sajenje.
Grmovnice	Lesnate, visoke manj kot 6 metrov; dobro prenašajo poplavljeno rastišče. Primera: - *Cornus*, - *Ilex.*	Funkcija v postopku čiščenja ni definirana.	Rastline zagotavljajo zatočišče in hrano za živali, posebej za ptice, in imajo estetsko vrednost za ljudi.	Možno je, da korenine rastlin predrejo podlogo grede RČN.
Drevesa	Lesnate, visoke več kot 6 metrov; dobro prenašajo poplavljeno rastišče.	Funkcija v postopku čiščenja ni definirana.	Rastline zagotavljajo zatočišče, hrano za živali, zlasti za ptice, in imajo estetsko vrednost za ljudi.	Možno je, da korenine rastlin predrejo podlogo grede RČN.

Ločimo šest območij zasajevanja rastlin v RČN s površinskim tokom (France, 2003):

- odprta vodna površina,
- globoko močvirje,
- plitvo močvirje,
- vlažen travnik,
- območje, zasajeno z vlagoljubnimi grmovnimi vrstami,
- območje, zasajeno z vlagoljubnimi drevesnimi vrstami.



Slika 36: Območja zasajevanja rastlin v RČN s površinskim tokom (France, 2003: 61)

Emergentne ali vzpenjajoče se rastline so izredno pomemben strukturni člen RČN. Rastejo lahko v zasičenih in poplavljenih zemljinah. Primarna vloga teh rastlin v RČN z nadzemnim tokom je omogočanje sedimentacije in filtracije materiala. Te rastline imajo pomembno vlogo tudi pozimi, saj onemogočajo, da bi voda v bazenih zmrznila, preprečujejo pa tudi kopičenje snega v bazenih (Wittgren in Maehlum, cit. po Constructed Wetlands …, 2000: 25). Iz tega je mogoče sklepati, da čiščenje onesnaženih zemljin poteka tudi pozimi, ob nizkih temperaturah, in ni omejeno zgolj na mesece, ko so temperature višje.

5.1.3 Smernice pri načrtovanju RČN s površinskim tokom

Smernice za načrtovanje RČN so povzete po knjigi Wetland design, Principles and practices for landscape architects and land-use planners, (France, 2003).

Za uspešno načrtovanje in izvedbo izgradnje RČN s površinskim tokom je treba:

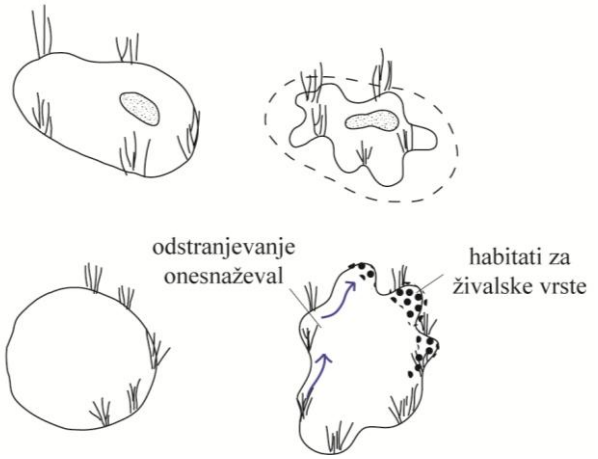
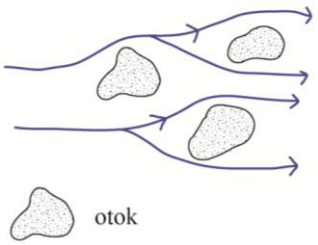
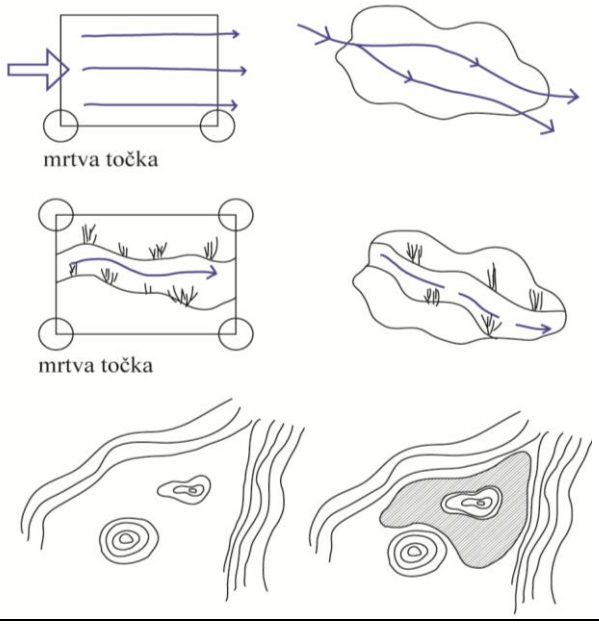
- izvesti podrobno inventarizacijo hidroloških značilnosti prispevnega območja jezera (izviri, površinski odtok, pretok potoka/reke),

- izvesti inventarizacijo virov onesnaženja (količina onesnažene vode, ki priteče v jezero, koncentracija preseženih hranljivih snovi …).

Z velikostjo gred RČN narašča tudi učinkovitost čiščenja. Novo ustvarjena RČN ali umetno načrtovano sonaravno močvirje za sedimentacijo odvečnega materiala s prispevnega območja naj bi dosegalo od dva do štiri odstotke velikosti slednjega. Če oblikovanje RČN vključuje tudi bazen za sedimentacijo delcev, je lahko velikost tudi od enega do dva odstotka prispevnega območja. Velikost RČN, ki so zgrajene za odstranjevanje hranilnih snovi iz vode, se najpogosteje giblje od enega do deset hektarov. Da je odstranjevanje odpadnih snovi iz vode učinkovito, mora voda v čistilnih gredah krožiti od 10 do 15 dni. Voda se najpogosteje očisti v prvih treh čistilnih gredah RČN, za odstranjevanje fosforja iz vode in usedanje delcev sedimenta je dovolj že pretok vode skozi dolžino od 20 do 40 metrov čistilne celice. Seveda je za odstranjevanje drugih kemikalij in bakterij potrebna daljša pot, ki jo mora voda prepotovati v gredi RČN.

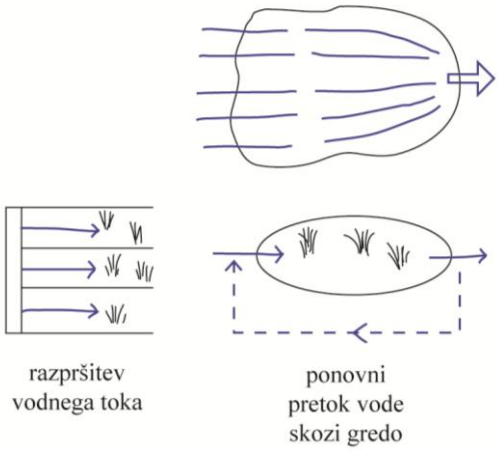
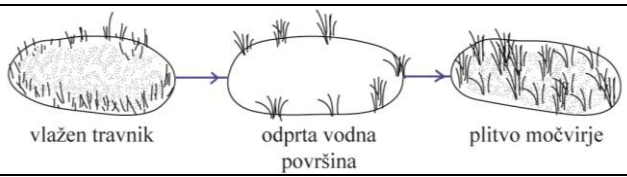
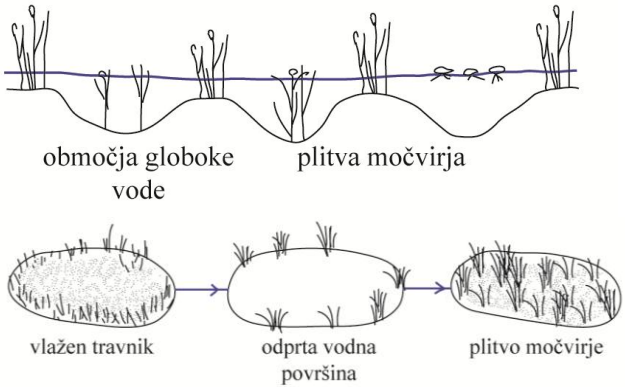
Oblikovanje RČN je pogosto povezano oz. omejeno z lokalnimi značilnostmi (velikost izbrane lokacije, topografija območja). Vendar kljub temu ostaja nešteto možnosti za kompleksno členjeno in kakovostno oblikovanje. V nadaljevanju navajamo oblikovalska načela za načrtovanje RČN s površinskim tokom, ki je po videzu in funkciji precej podobna naravnim mokriščem.

Preglednica 5: Oblikovalska načela za načrtovanje RČN s površinskim tokom (sonaravna močvirja) (France, 2003)

Oblikovalsko načelo	**Prednost/rezultat**	**Shematski prikaz**	
		Neprimerno oblikovanje	**Primerno oblikovanje**
1. Kompleksno členjenje obal gred RČN.	– Z ustvarjanjem nepravilnih, organskih oblik obal se poveča njihova dolžina, – poveča se kontaktna površina med rastlinami in vodo (izboljšan čistilni postopek), – pridobimo primerne prostore za živali (habitati, gnezdenje, razmnoževanje, prehranjevanje).		
2. Zagotovitev razpršenih tokov vode skozi RČN.	– Poveča se zadrževalni čas vode v RČN (uspešnejše čiščenje vode in sedimentacija delcev).		
3. Posnemamo naravno topografijo, izogibamo se pravilnih geometrijskih oblik in ostrih robov.	– Izognemo se nastajanju mrtvih točk v vogalih gred RČN, kjer je učinkovitost čiščenja vode otežena in zmanjšana.		

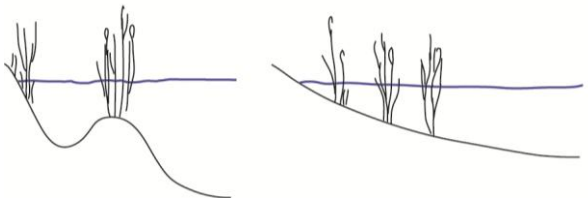
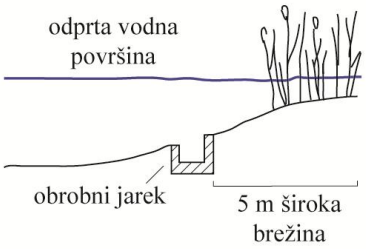
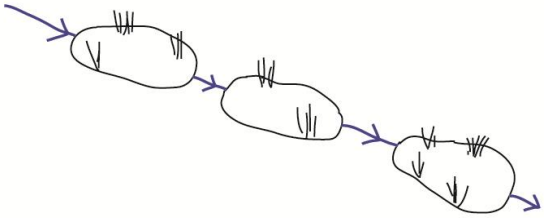
»se nadaljuje«

»nadaljevanje«

Oblikovalsko načelo	**Prednost/rezultat**	**Shematski prikaz**	
		Neprimerno oblikovanje	**Primerno oblikovanje**
4. načrtujemo več manjših položnih otokov (velikost najmanj 4 m^2, 15 m od obale, 15 m narazen).	– Zagotovitev habitatov in zavetja za živali, – prostor za gnezdenje ptic.		
5. Vtok onesnažene vode v RČN razpršimo in načrtujemo tudi ponoven pretok vode skozi gredo RČN.	– Dosežemo večje učinke čiščenja vode in sedimentiranja delcev, – poveča se zadrževalni čas vode v gredi.		
Vrste in razporeditev gred v RČN			
1. Načrtujemo kompleksen sistem gred v RČN.	– Pozitiven vpliv na funkcijo RČN in čistilni postopek.		
2. Kombiniramo oz. izmenjujemo grede s plitvo in globoko vodo (od globine 15 cm do 2 m).	– Povečamo ekološke funkcije sonaravno ustvarjenega mokrišča, – poveča se odstranjevanje hranilnih snovi iz onesnažene vode, – uvedemo različne vrste rastlinstva, ki povečajo biotsko raznovrstnost in uspešnost čiščenja, – poveča se atraktivnost prostora za habitate živali (različni življenjski pogoji).		

»se nadaljuje«

»nadaljevanje«

Oblikovalsko načelo	**Prednost/rezultat**	**Shematski prikaz**	
		Neprimerno oblikovanje	**Primerno oblikovanje**
3. Grede z globoko vodo morajo biti umeščene pravokotno na tok vode, ki teče skozi gredo (globina 1–2 m).	– Preprečimo prehiter in nepravilen pretok vode skozi gredo.		
4. Obale gred so položne, naklon se giblje od 3 : 1 do 5 : 1.	– Lahek dostop živali do vodne gladine in v vodo, – zmanjša se erozija prsti.		
5. Izjemoma na nabrežju gred z globoko vodo načrtujemo obrobne jarke.	– Preprečimo intenzivno razraščanje obrežnih makrofitov.		
6. Zaporedno umeščamo celice RČN.	– Pozitiven vpliv na funkcijo RČN in čistilni postopek.		

Če je novo ustvarjena RČN ali sonaravno mokrišče namenjeno odstranjevanju onesnaževal iz vode, morajo pri izbiri tipa gred prevladovati grede z gosto zasajeno vegetacijo in majhno globino vode (50–70 odstotkov celotne površine RČN predstavljajo grede z globino vode do 15 centimetrov).

Pomemben vidik oblikovanja RČN je tudi vključevanje že obstoječih prvin v izbrani lokaciji. V primeru Slivniškega jezera je to naravno močvirje ob vtoku Drobinskega potoka v jezero, ki je lahko v novo načrtovani RČN zadnji člen v čistilnem procesu, namenjen dokončnemu očiščenju vode. Njegova vključitev je smiselna tudi z vidika ohranjanja biotske raznovrstnosti in habitatov živali, saj je na tem območju naravni rezervat za živali s pestrim rastlinskim sestavom in drstišče rib.

5.1.4 Kriteriji za izbor rastlin za sajenje v RČN

Kriteriji za izbor rastlin za sajenje v RČN so povzeti po priročniku Constructed Wetland Treatments of Municipal Wastewaters, 2000.

- Uporaba lokalnih vrst vegetacije poveča uspešnost preživetja uporabljenih rastlin in sprejemljivost RČN pri lokalnemu prebivalstvu, saj se RČN popolnoma približa videzu lokalne krajine na izbranem območju.
- Previdni smo pri izbiri invazivnih vrst, saj lahko le – te številčno presežejo druge rastline in povzročijo njihov propad. Uničena je vrstna raznolikost.
- Za razliko od naravnih mokrišč bo v RČN neprestano dotekala voda z visoko koncentracijo hranljivih snovi. Rastline, ki takšne vode ne tolerirajo, ne bodo preživele.
- Izbiramo rastline, ki preživijo v neprestano poplavljenih tleh.
- Izbiramo trajnice, saj imajo neprestano rast na istem območju, voda pa ne odnaša njihovih semen.
- Vrste, ki rastejo počasneje, sadimo v večjih skupinah, sadilni vzorec naj bo gost, da se zagotovi enaka gostota rastlin v rastni dobi.
- Če RČN zagotavljajo tudi habitat za živali, izbiramo rastline, ki nudijo živalim hrano, zatočišče, prostor za gnezdenje.
- Izbiramo različne vrste rastlin, da zagotovimo vrstno raznolikost, hkrati pa preprečimo razvoj bolezni, ki se pogosto pojavljajo v monokulturnih nasadih rastlin.

5.1.5 Primer sanacije Hodoškega jezera z ekoremediacijskimi ukrepi za zmanjšanje evtrofnosti jezera

Hodoško jezero je prav tako kot Slivniško jezero umetnega nastanka. Zgrajeno je bilo v široki dolini Dolenskega potoka, jugovzhodno od razloženega obmejnega naselja Dolenci in severovzhodno od obmejnega naselja Hodoš. Je večnamenski umetni zadrževalnik, ki je bil prvotno namenjen zadrževanju vode za namakanje kmetijskih zemljišč, zadrževanju visokega vala Dolenskega potoka in bogatenju vodotokov v času nizkih pretokov, povečanju možnosti za lov na vodno perjad in ekstenzivnemu ribolovu. Jezero je nastalo na naravni zamočvirjeni depresiji kot nadomestilo za vodne površine, ki so bile izgubljene z melioracijami in komasacijami v osemdesetih in devetdesetih letih 20. stoletja (Hodoško jezero – vodna oaza, 2011; Vrhovšek in Vovk Korže, 2007). Jezero je dolgo 250 metrov in široko 210 metrov, obsega 5,2 hektara, njegova globina pa variira od enega do treh metrov (Firbas, 2001).

Slika 37: Hodoško jezero (Predstavimo Slovenijo svetu, 2011)

Hodoško jezero leži v Krajinskem parku Goričko in predstavlja enega izmed osrednjih habitatov za evrazijsko vidro (*Lutra lutra*) na Goričkem. Zato je njegovo varstvo pomembno tudi z vidika ohranjanja habitata vider (Hodoško jezero – vodna oaza, 2011; Vrhovšek in Vovk Korže, 2007). Zaradi onesnaževanja iz zaledja je jezero v evtrofnem stanju, gospodarjenje z njim pa ni definirano. Prispevno območje jezera obsega kar 1522 hektarov, od katerih spada večina v povodje pritoka v jezero. K pritoku gravitirajo številni zaselki, ki nimajo urejenega čiščenja odpadnih voda (Hönigsfeld Adamič in sod., 2004).

V okviru čezmejnega sodelovanja Občine Hodoš, organizacije LUTRA in Madžarske je bil izveden projekt Z vidro do čistejših voda (Hönigsfeld Adamič in sod., 2004). Projekt je med drugim vključeval popis onesnaževalcev na prispevnem območju jezera in predlog ustreznih sonaravnih načinov sanacije jezera in jezerskega območja (zgrajena močvirja, ekoremediacije) (Hodoško jezero, 2009).

Med drugimi cilji projekta so bili izpostavljeni tudi naslednji, v katerih so navedene ekoremediacije in večnamenska uporaba jezera (Hönigsfeld Adamič in sod. 2004):

- zavarovanje jezera z ekoremediacijami pred nadaljnjim onesnaževanjem iz razpršenih virov iz prispevnega območja,
- zagotavljanje večnamenske uporabe jezera s posebnim poudarkom na ohranjanju jezera kot življenjskega prostora številnih vodnih in obvodnih avtohtonih rastlinskih in živalskih organizmov,
- ohranjanje biotske in krajinske raznovrstnosti,
- oblikovanje strokovnih smernic za upravljavski načrt jezera in prispevnega območja.

Z namenom izboljšanja ekološkega stanja in zmanjšanja evtrofikacije je bila na dotoku v Hodoško jezero v strugi potoka zgrajena rastlinska čistilna naprava. Poglavitni namen je bilo zmanjšanje dotoka fosfatov v jezero in posledično evtrofikacije jezera. RČN je bila umeščena tudi v iztok jezera z namenom, da se v času temperaturne stratifikacije v jezeru očisti vodo in prepreči smrad v okolici. Vrhovšek in Vovk Korže (2007) navajata, da se je z ekoremediacijskimi ukrepi stanje vode v Hodoškem jezeru izboljšalo. Posledično se je izboljšalo tudi življenjsko okolje za številne rastlinske in živalske vrste.

5.1.6 RČN na Ponikvi pri Šentjurju za čiščenje voda iz naselja

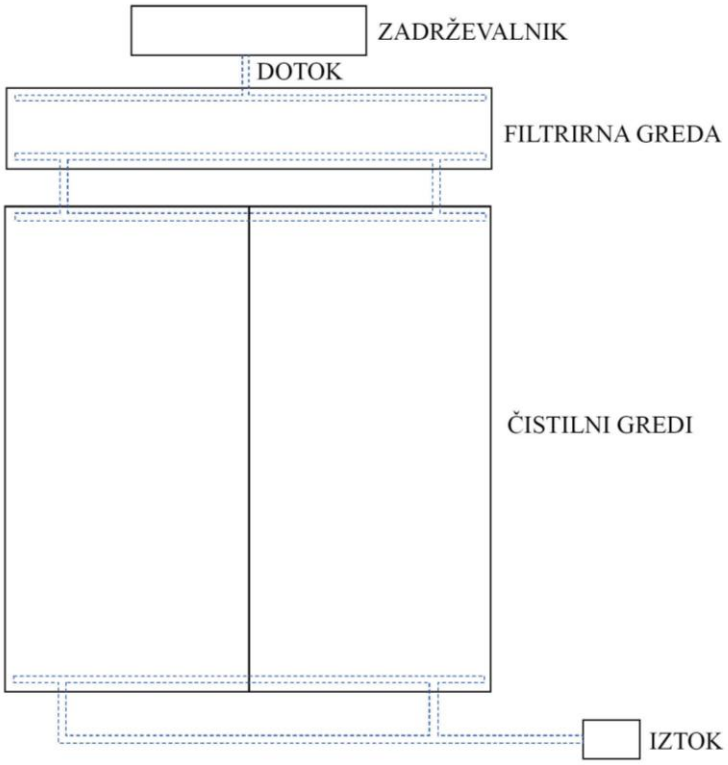
RČN na Ponikvi je namenjena čiščenju odpadnih voda za populacijo 350 prebivalcev. Zgrajena je bila leta 1992. Namenjena je čiščenju komunalnih odpadnih voda (fekalne vode in vode iz gospodinjstev) s preveliko vsebnostjo amonijaka.

Slika 38: Prikaz umestitve RČN Ponikva. Umeščena je v dolino, ob vodotok, povsem neizstopajoča iz obdajajoče krajine

RČN je velika 600 kvadratnih metrov, sestavljajo jo tri grede, in sicer ima prva greda površino 20 krat pet metrov, je brez naklona in zasajena z vlagoljubno rastlino *Carex gracilis* (ostri šaš). Druga in tretja greda sta umeščeni vzporedno, površina vsake grede je 10 krat 25 metrov, globina 0,6 metra, njun naklon znaša en odstotek, zasajeni sta z vrsto *Phragmites australis* (navadni trst) (Vrhovšek in Vovk Korže, 2007).

RČN na Ponikvi je umeščena na položen prostor na dnu doline in je oblikovana izrazito geometrijsko. Sestavljajo jo tri grede pravokotne oblike. Zaradi izrazito ravnega terena na

območju, kjer je RČN zgrajena, je pravilna geometrijska oblika gred povsem smotrna izbira, saj gred ni bilo treba prilagajati terenu, RČN pa tudi ne izstopa iz okolice in je povsem nemoteč objekt v okolju.



Slika 39: RČN na Ponikvi (Vrhovšek in Vovk Korže, 2007: 80)

Slika 40: Fotografija RČN Ponikva z označenimi podenotami

5.2 BLAŽILNA OBMOČJA ALI VEGETACIJSKI PASOVI

Macarol (2003) navaja, da so blažilna območja zaščitne in sanacijske cone z različnimi rastlinami in drugimi organizmi običajno urejene na robnem območju emisij oziroma drugih negativnih okoljskih vplivov. Blažilna območja izboljšujejo kakovost vode, varujejo zrak in prst pred erozijskimi pojavi ter zaradi izboljšanih prehrambnih in bivalnih razmer v obvodnem habitatu povečujejo biološko pestrost. Primer blažilnih območij so vegetacijske pregrade, ki razmejujejo območja različnih rab (kmetijska, mestna, prometna dejavnost) in odprte vodne površine – jezera ter služijo kot prehod med kopenskimi in vodnimi ekosistemi (Macarol, 2003). Vegetacijski pasovi se uporabljajo na področju prispevne površine in so bistvenega pomena za dobro ekološko stanje vodnega telesa (Vrhovšek in Vovk Korže, 2008).

Tudi Knauer (1991) navaja, da dovolj široki kompenzacijski pasovi (vegetacijski pasovi), ki jih zasadimo na dolgih pobočjih, preprečijo erozijski tok vode v območjih obrežij, hkrati pa se v tej coni iz vode odstranijo dušik, fosfor in nekatere druge snovi iz kmetijske dejavnosti, ki obremenjujejo vodna telesa in okolje.

Pomembna lastnost blažilnih območij je sposobnost čiščenja onesnažene vode in prsti ter preprečevanje erozije. Vrbe, sajene v vegetacijskih pasovih, lahko na leto zadržijo tudi od 80 do 100 kilogramov dušika na hektar in 20 gramov kadmija. Poraba vode z raztopljenimi snovmi je odvisna od hitrosti prirasta biomase. Topoli za enoto priraščene biomase porabijo od 600 do 1000 enot transpirirane čiste vode. Ta s prehajanjem v ozračje izboljšuje podnebne razmere v okolici vegetacijskega pasu. Prevzem snovi se spreminja s starostjo rastlin, zato je nasade treba pomlajevati, odstranjeno lesno biomaso pa se lahko uporabi kot vir kuriva, t. i. obnovljivi trajnostni energent (Macarol, 2003).

Blažilna območja imajo raznovrstno uporabo in so primerna za prestrezanje onesnaževanja iz (Macarol, 2003):

- razpršenih/netočkovnih virov (ob vodotokih ali na obrežjih jezer, obdanih s kmetijskimi zemljišči ali prometnicami),
- linijskih virov (ceste),
- točkovnih virov (odpadne vode iz posameznih gospodinjstev in različno velikih naselij, industrijski in obrtni izpusti, odplake iz živinorejskih farm, izcedki iz odlagališč odpadkov).

Blažilna območja sestavlja več podenot ali con. V prvi coni, tik ob vodi, raste avtohtona močvirska vegetacija. Pomembna je z vidika stabilizacije prsti, saj splet korenin varuje in preprečuje erozijo brežin, hkrati pa nudi habitat različnim živalskim in rastlinskim vrstam (Macarol, 2003; Vrhovšek in Vovk Korže, 2008). Za sajenje so najprimernejše močvirske rastline, kot npr. navadni trst (*Phragmites australis*) in širokolistni rogoz (*Typha latifolia),*

ki ju je možno tudi kositi in s tem odstranjevati odvečno biomaso. Njuni rastišči najdemo tudi ob Slivniškem jezeru.

Navadni trst (*Phragmites australis*) raste na obrežjih, v trstičevju, močvirnih travnikih, močvirjih in zamočvirjenih gozdovih. Je vodilna in najpomembnejša rastlina v obrežnem pasu zaraščanja, saj s svojim spletom korenin zelo dobro utrjuje obrežna tla in preprečuje erozijo. Rastišče širokolistnega rogoza (*Typha latifolia)* obsega obrežja stoječih ali počasi tekočih voda, ki vsebujejo veliko hranil. Raste tudi do globine dveh metrov. Ima zelo močno koreniko in se zelo hitro razrašča (Seidel, 2005).

Druga cona vegetacijskega pasu je nekoliko odmaknjena od vodne površine in lahko ima lesno-proizvodno funkcijo. V tej coni poteka odstranjevanje sedimentov in drugih onesnaževal. Z zasaditvijo različnih rastlin je izboljšana habitatna funkcija, prostor pa je zanimiv tudi z vidika rekreacijske rabe. Bližje jezeru zasajamo vlagoljubno grmičevje, nato pa po sadilnem vzorcu sadimo kultivirane rastline, ki so primerne za sečnjo in imajo lesno-proizvodno funkcijo, ali rastline, pomembne z vidika kmetijstva in zagotavljanja prehrane za živali (avtohtona sadna drevesa in jagodičevje).

Za tretjo cono je značilen mehak prehod do intenzivneje rabljenih kmetijskih ali drugih zemljišč v okolici. V tej coni poteka upočasnjevanje odtoka vode proti vodnemu telesu in čiščenje vode iz netočkovnih virov onesnaženja (Macarol, 2003; Vrhovšek in Vovk Korže, 2008).

Vovk Korže in Vrhovšek (2008) navajata da 10 do 20 metrov širok obrežni vegetacijski pas uspešno uravnava vlažnostne razmere v obrežju, 25 metrov širok naravni vegetacijski pas pa z utrjevanjem bregov kar za 92 odstotkov zmanjša količino erodirane prsti in sedimenta. Že 15 metrov širok naravni vegetacijski pas preprečuje vnos čezmernih koncentracij fosforja iz manjših naselij, pet metrov širok pas trave pa uspešno zmanjša fekalne bakterije in nitrate ter fosfate iz površinskih odtokov za 90 odstotkov. Vegetacijski pas nudi tudi pomemben življenjski prostor vodnih in obvodnih živali in omogoča gnezdenje ptic. Nekatere izmed njih sodijo med ogrožene vrste ptic.

6 PREDVIDENE REKREACIJSKE DEJAVNOSTI OB SLIVNIŠKEM JEZERU IN PROSTORSKE ZAHTEVE ZA NJIHOVO IZVAJANJE

Ker je v diplomskem delu obravnavana problematika umetnega jezera, ki je izredno primerno za rekreacijsko dejavnost, sledi nekaj kriterijev za izvajanje nekaterih rekreacijskih dejavnosti.

Kopanje

Na Slivniškem jezeru bo po predvidenem izboljšanju ekološkega stanja omogočeno kopanje, ki je zaradi prepleta več dejavnosti, ki se odvijajo hkrati, kompleksna oblika rekreacijske dejavnosti, posebej priljubljena v krajinsko privlačni krajini. Kopanje združuje vse dejavnosti, ki se poleti odvijajo med zadrževanjem ob vodi. Ob obali ljudje poležavajo, se sončijo, igrajo športne igre, posedajo, v vodi plavajo, se igrajo in potapljajo. Če so obale ustrezne, se lahko vzporedno s plavanjem na istem območju odvija tudi čolnarjenje (deskanje, veslanje). Kopalci najpogosteje uporabljajo ozek obrežni obalni pas jezera, ki ne sega več kot 100 metrov od obale. Ta pas se širi, če kopalci uporabljajo tudi športne površine v zaledju kopališča. Kopanje je na primernih obalah mogoče brez ali pa samo s skromno infrastrukturo, kot so sanitarije in koši za zbiranje odpadkov, vendar je v večini primerov povezano še z gostinskimi in drugimi servisnimi objekti, ki so pomembni za večjo privlačnost kopališkega območja. Pomembni so bližina prometnega omrežja, dostopnost ceste in parkirišča. Priporočljiva je tudi kolesarska steza ali pešpot, ki vodi do kopališča (Jeršič, 1999).

Jeršič (1999) navaja naslednje minimalne pogoje glede vode in obale za izvajanje kopališke dejavnosti:

- ustrezna kakovost vode (I. ali največ II. kakovostni razred),
- minimalna povprečna temperatura vode nad 18 stopinj Celzija vsaj dva meseca,
- nagib obalnega terena pod 20 odstotkov,
- širina obale nad 10 metrov,
- višina obalnega roba manj kot dva metra,
- suha tla,
- obala brez obrežne vegetacije, ki omejuje dostop do vode (skupine dreves so dobrodošle, saj kopalcem nudijo senco),
- ugodni klimatski pogoji (osončenost),
- dostop z avtomobilom do parkirišča v bližini kopališke obale.

Zadrževanje na prostem (pikniki)

Gre pretežno za skupinsko dejavnost, ki se odvija dlje časa na prostem in je vezana na določeno lokacijo. Najpomembnejše dejavnosti so: pikniki, posedanje, poležavanje ter

športne in družabne igre. Za navedeno dejavnost praviloma niso potrebne posebne naprave, vendar primerna opremljenost poveča privlačnost prostora. Najpogosteje si obiskovalci prinesejo opremo s seboj, zato so posebej privlačna območja, ki so dostopna z avtomobilom in kjer je urejeno tudi parkiranje. Ustrezajo pohodne travnate površine, priporočljiva so zaščitena kurišča, streha v primeru dežja in koši za odpadke. Posebej privlačna območja so travniki, pašniki, travnate ali deloma ogozdene obalne površine z razgledom na vodno površino, gozdne jase … (Jeršič, 1999).

Jeršič (1999) navaja naslednje minimalne zahteve za izvedbo dejavnosti:
- suha tla,
- nerodovitna, travnata tla ali deloma ogozdene površine,
- dobra osončenost,
- posamezna drevesa ali sestoj dreves, ki nudijo obiskovalcem senco,
- nagib terena manjši od 20 odstotkov,
- javno dostopna in pohodna zemljišča, ki niso v intenzivni kmetijski izrabi, ki bi onemogočala zadrževanje na prostem.

Jeršič (1999) predlaga, naj bodo obale stoječih in tekočih voda dostopne za rekreacijo ob/na/v vodi, vendar naj se upošteva biotopska in vodnogospodarska funkcija voda. Na obalah, ki so primerne za rekreacijsko dejavnost, naj bo rekreacija pomembna raba prostora in naj se skladno s tem tudi varuje in ureja. Obala naj praviloma ostane nepozidana. Zlasti problematične so prav obale umetnih akumulacijskih jezer, ki so praviloma nedostopne in neprivlačne za kopalce (pretirano zaraščene, strme in neurejene).

Na območju Slivniškega jezera je predvidena ureditev krožne učne poti. Jeršič (1999) navaja, da je za spoznavanje in doživljanje krajine z redkimi oz. specifičnimi naravnimi pojavi kot npr. objekti ali območji žive (živalstvo in rastlinstvo, hidrološke značilnosti, gozdovi, biotopi) in nežive narave (geološke, morfološke, hidrološke značilnosti) priporočljivo oblikovati krožne učne poti.

Prostorski pogoji za učno pot so naslednji (Jeršič, 1999):
- najustreznejše so učne poti, ki so dolge med dva in 4,5 kilometra. Obiskovalec jih prehodi v približno uri ali dveh,
- priporočljiva je krožna pot,
- na začetku in koncu poti je treba zagotoviti parkirna mesta za obiskovalce (tudi za avtobuse),
- trasa poti naj bo čim bolj razgibana in zanimiva,
- informacijske table, postavljene ob poti, naj se nanašajo na konkretne objekte, posebnosti ob poti, ki so zanimive za širši krog obiskovalcev, tudi za otroke,
- informacijske table naj bodo postavljene na takšnih razdaljah, da lahko obiskovalec dojame ponujene informacije.

Slivniško jezero je bilo od nekdaj priljubljena lokacija za ljubitelje čolnarjenja, deskanja in jadranja. Jeršič (1999) navaja, da so prostorski pogoji za izvajanje čolnarjenja velikost vodne površine, globina vode in hitrost vodnega toka.

Osnovna pogoja za čolnarjenje na mirnih vodah (jadranje) (Jeršič, 1999):
- najmanjša površina vode 50 hektarov,
- prisotnost ustreznih brežin za izgradnjo rekreacijskih objektov (čolnarna za shranjevanje čolnov, pomoli …).

Ob vzhodni obali jezera sta predvidena novo kajakaško središče in proga za kajak na mirnih vodah. Za izvajanje veslaških regat so osnovni pogoji naslednji (Jeršič, 1999):
- vodne površine z dolžino minimalno 2200 metrov in širino 130 metrov,
- prisotnost ustreznih brežin za izgradnjo rekreacijskih objektov (čolnarna za shranjevanje čolnov, pomoli …),
- zmogljive prometne povezave (priporočljivo tudi javni potniški promet) in naselbinska težišča.

Preglednica 6: Nemški normativi zmogljivosti jezera za izvajanje veslanja in jadranja (Jeršič, 1999: 121–122)

Vrsta dejavnosti	**število čolnov ali jadrnic na hektar vodne površine**
veslanje	5 čolnov
jadranje	1 jadrnica

7 PREDLOG PROJEKTNEGA PROGRAMA IN PROSTORSKE UREDITVE OB SLIVNIŠKEM JEZERU

Hipoteza diplomskega dela predpostavlja, da se lahko z ekoremediacijskimi ukrepi zagotovi takšno ekološko stanje jezera, da se doseže njegova večnamembnost.

Pod pojmom večnamenska raba Slivniškega jezera razumemo naslednje dejavnosti na in ob jezeru ter tudi funkcije jezera:

- ekoremediacije (rastlinske čistilne naprave, vegetacijski pasovi, novi habitati ogroženih vrst),
- rekreacijska dejavnost (ribolov, plavanje, hoja, tek, kolesarjenje, čolnarjenje, jadranje, kajak, zadrževanje na prostem – pikniki, deskanje na vodi – vejkanje, adrenalinski park),
- turistična dejavnost (Kresna noč ob Slivniškem jezeru, možnost uvedbe turistične ladjice, apartmaji),
- habitatna funkcija (ihtiološki in ornitološki rezervat z vrstami ptic kot npr. Feldeggov sokol, elegantni ribji orel, siva čaplja, štorklje; ekološko pomembno območje, novi habitati za ogroženi vrsti ptic: zlatovranka, vodomec; 28 ribjih vrst),
- vzgojno-izobraževalna funkcija (krožna učna pot ob jezeru, opazovanje ptic in drugih rastlinskih in živalskih vrst, spoznavanje ERM ukrepov, center šolskih in obšolskih dejavnosti na območju ribiškega doma).

Ob predpostavki, da se bo ob upoštevanju ekoremediacijskih ukrepov ob Slivniškem jezeru poskušalo vzpostaviti večnamensko rabo jezera, in ob predpostavki, da naj bi se Slivniško jezero razvijalo v smeri športno-rekreacijskega in turističnega središča Občine Šentjur, je predlagan naslednji projektni program za območje Slivniškega jezera.

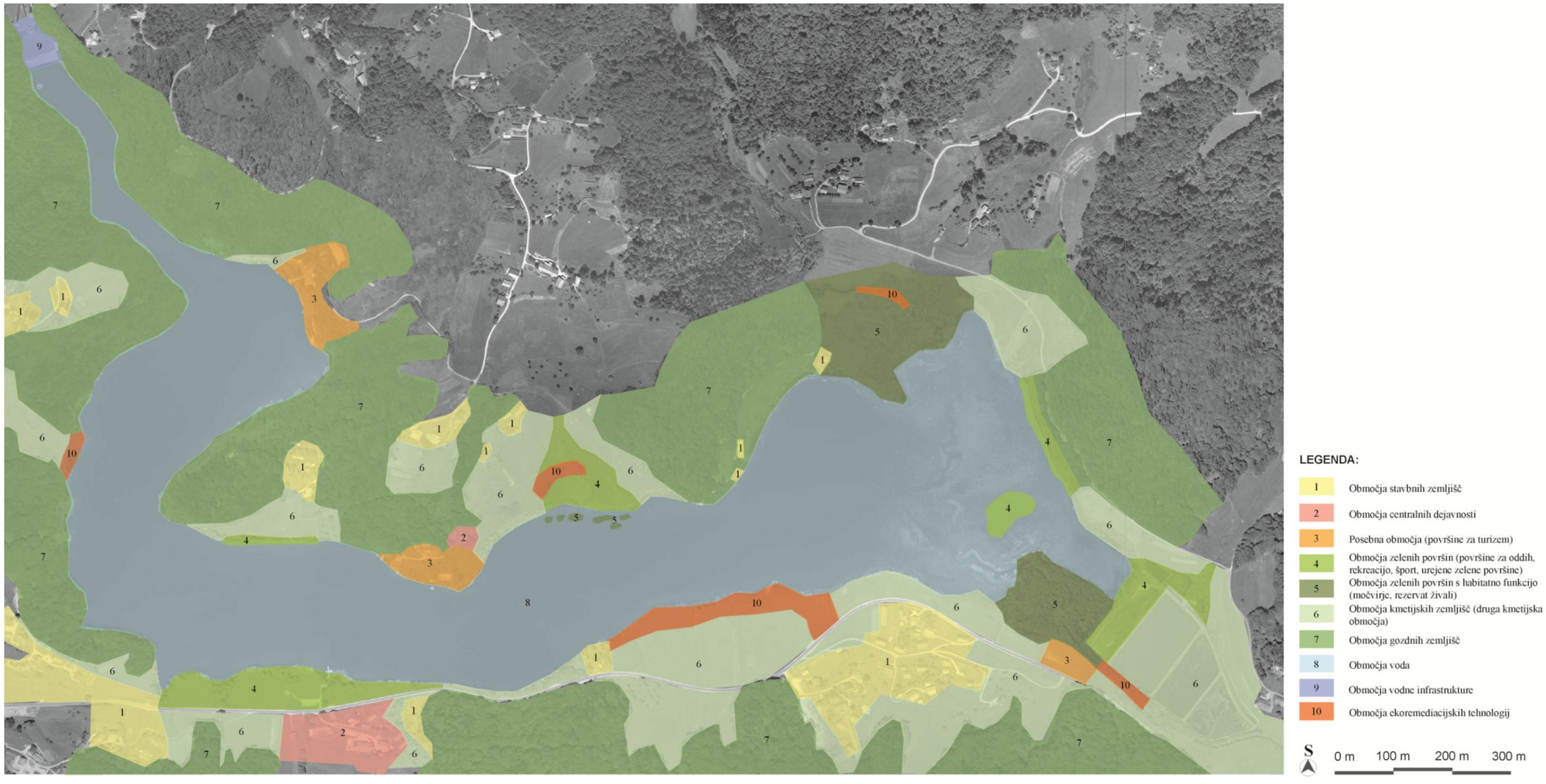
Preglednica 7: Predlagani projektni program za območje Slivniškega jezera

	Dejavnost	**Infrastruktura**	**Lokacija**
Ekoremediacije	rastlinske čistilne naprave	– RČN s površinskim tokom v vodotoku – RČN s podpovršinskim tokom – individualne RČN	pritoka Drobinski potok in Ločnica ob naselju Veliki Rakitovec ob manjših naseljih in hišah ob jezeru
	vegetacijski pas	– vegetacijski pas za prestrezanje onesnaževal iz kmetijske dejavnosti in preprečevanje erozije	južna in severna obala Slivniškega jezera

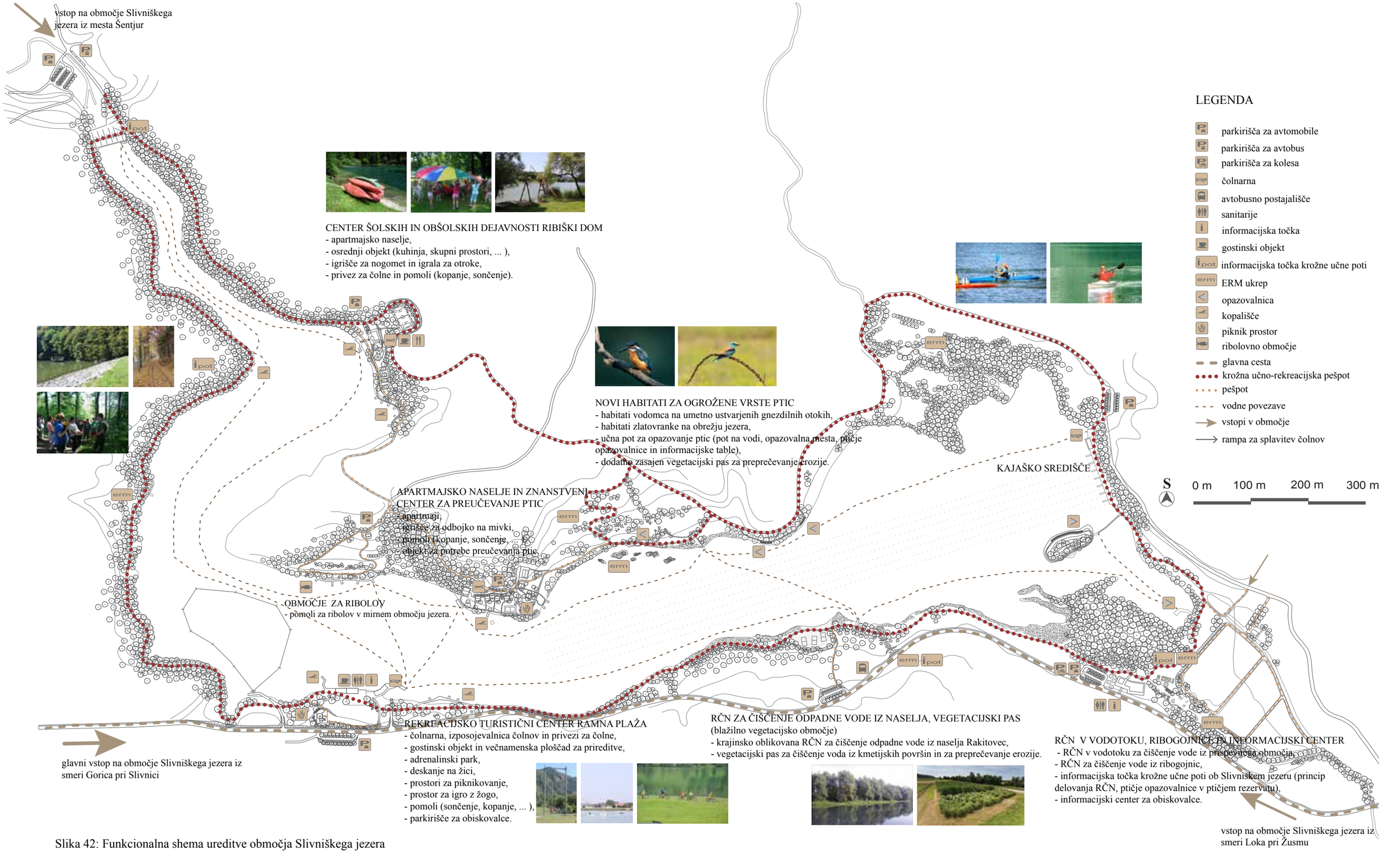
»se nadaljuje«

»nadaljevanje«

	Dejavnost	**Infrastruktura**	**Lokacija**
	novi habitati	– habitati za ogroženi vrsti ptic (vodomec in zlatovranka)	severna obala Slivniškega jezera
Športne dejavnosti	hoja in tek	– krožna pot okoli jezera dolžine 6,7 km	ob obali Slivniškega jezera
	plavanje in kopanje	– pomoli za vstop v vodo in sončenje – osnovna infrastruktura s sanitarijami in gostinskim objektom	Ramna plaža, obale jezera
	odbojka na mivki, nogomet, igre z žogo	– igrišča za odbojko na mivki – nogometno igrišče – večnamenske travnate površine za igre z žogo	južna obala jezera, Ramna plaža, območje ribiškega doma
	čolnarjenje	– čolnarne za izposojo čolnov – kajak proga na 1000 metrov	kajak center na vzhodni obali jezera, Ramna plaža
	deskanje na vodi – vejkanje	– poligon na vodi	Ramna plaža
	kolesarjenje	– krožna pot okoli jezera dolžine 6,7 km – ceste ob jezeru	celotno območje Slivniškega jezera
	piknik	območje pod drevesi z osnovno infrastrukturo	Ramna plaža
	ribolov	pomoli za ribolov	severna obala Slivniškega jezera
	adrenalinski park	poligon na višini 6 metrov	Ramna plaža
Turistična dejavnost	Kresna noč ob Slivniškem jezeru	– gostinski objekt – večnamenska prireditvena ploščad	Ramna plaža
	gostinska ponudba	– gostinski objekt	Ramna plaža, območje ribiškega doma
	apartmajsko naselje	– 7 apartmajev – igrišče za odbojko na mivki – pomoli za kopanje in sončenje	severna obala Slivniškega jezera
Izobraževalna dejavnost	opazovanje rastlin in živali, izobraževanje o ERM ukrepih, značilnostih Slivniškega jezera	– krožna učna pot dolžine 6,7 km s sedmimi informacijskimi točkami – center šolskih in obšolskih dejavnosti na območju ribiškega doma	ob obali Slivniškega jezera



Slika 41: Razmestitev predlaganih dejavnosti na območju Slivniškega jezera



Slika 42: Funkcionalna shema ureditve območja Slivniškega jezera

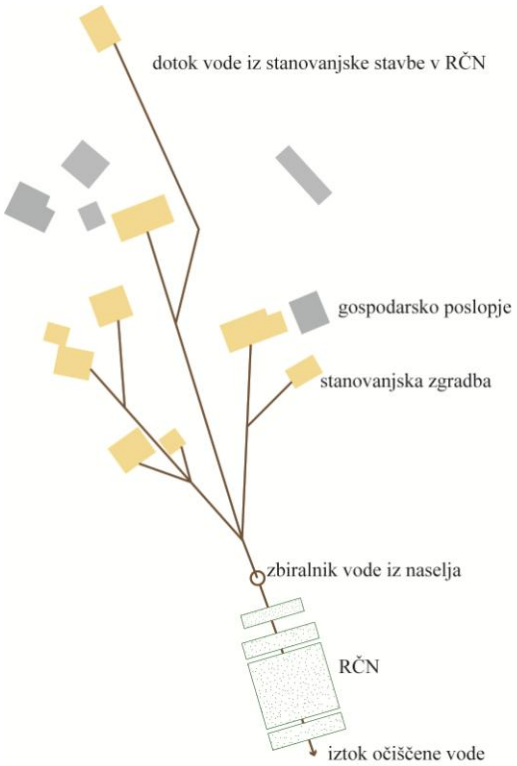
7.1 OBMOČJE JUŽNE OBALE SLIVNIŠKEGA JEZERA, RIBOGOJNIC V RAKITOVCU IN PRITOKA DROBINSKI POTOK

7.1.1 Območje južne obale Slivniškega jezera

Na območju južne obale Slivniškega jezera so z vidika novih uvedenih programov in prostorskih ureditev najbolj izražene in prisotne ekoremediacijske tehnologije. Izbrali smo rastlinske čistilne naprave in vegetacijski pas, ki najučinkoviteje pripomorejo k reševanju problematike Slivniškega jezera, to je k preprečevanju evtrofikacije jezerske vode in preprečevanje erozije prsti na nabrežjih jezera.

Pod naseljem Veliki Rakitovec, ki je tudi največje naselje v bližini obale jezera, je umeščena RČN s podpovršinskim tokom za čiščenje odpadnih voda iz naselja, saj kanalizacijski sistem na tem območju še ni popolnoma dograjen, zbiralnik za odpadne vode za čistilno napravo Šentjur pa je umeščen v bližnje urbano središče Gorica pri Slivnici in do nadaljnjega ostaja nepovezan z naselji ob jezeru. V strateškem delu dopolnjenega osnutka prostorskega načrta Občine Šentjur (Odlok o strateškem …, 2012) je v zaselkih, ob posameznih kmetijah in skupinah stanovanjskih hiš, kjer priključitev na čistilno napravo z ekonomskega vidika ni smotrna, dovoljeno uvajanje čiščenja odpadne vode z biološkimi čistilnimi napravami. Prav tako pa tudi javno podjetje za komunalne storitve v svojem obvestilu uporabnikom (Male komunalne čistilne naprave (MKČN), 2012) na območjih, kjer kanalizacijskih sistem še ni ali pa ne bo zgrajen, dovoljuje gradnjo malih komunalnih čistilnih naprav z naravnim prezračevanjem s pomočjo rastlin – RČN.

RČN s podpovršinskim tokom za čiščenje voda iz naselja Rakitovec sestavljajo značilne grede RČN, vendar njihova oblika ni geometrijsko pravilna, ampak so zaradi tipologije krajine, kjer ni izrazitih geometrijskih vzorcev, oblikovane krajinsko. Prevladujejo mehke organske linije, ki v prostoru ne predstavljajo motnje.



Slika 43: Shema postavitve RČN s podpovršinskim tokom za čiščenje onesnažene vode iz naselja

Grede so prilagojene rahlo padajočemu terenu, za doseganje dovolj velikega padca nadmorske višine med gredami pa so med njimi nasute brežine. Zaletelj (2002) navaja, da sama oblika ne vpliva na pretok vode skozi gredo, tehnološki kriterij za načrtovanje grede postane čas zadrževanja vode v gredi, ki je od tri do štiri dni. Ker pa se grede po obliki zelo razlikujejo od standardne oblike gred, to je pravokotnik, se problemi pri prehajanju vode skozi gredo vseeno lahko pojavljajo. Zaletelj (2002) predlaga, da se takšne situacije rešujejo s primernimi mešanicami substrata ali drugimi tehničnimi ukrepi, da se zagotovi ustrezno hidravlično prevodnost. Rešitev je tudi v vertikalnem načinu dovodnih cevi, ki omogoča dovajanje vode v robna območja gred.

Pri določanju velikosti RČN smo se oprli na podatke o številu prebivalcev v naselju Veliki Rakitovec in na podatke o potrebni površini RČN na PE.

Preglednica 8: Površina RČN pri določenem številu ljudi (Zaletelj, 2002: 24)

Število oseb (PE)	**Površina (m^2)***
5	12,5
100	250
200	500
500	1250
1000	2500

*Površina na PE je 2,5 m^2.

Po podatkih Statističnega urada Republike Slovenije (Prebivalstvo …, 2002) je v naselju Rakitovec 57 prebivalcev. To pomeni, da mora biti za uspešno čiščenje odpadne vode RČN velika približno 120 kvadratnih metrov.

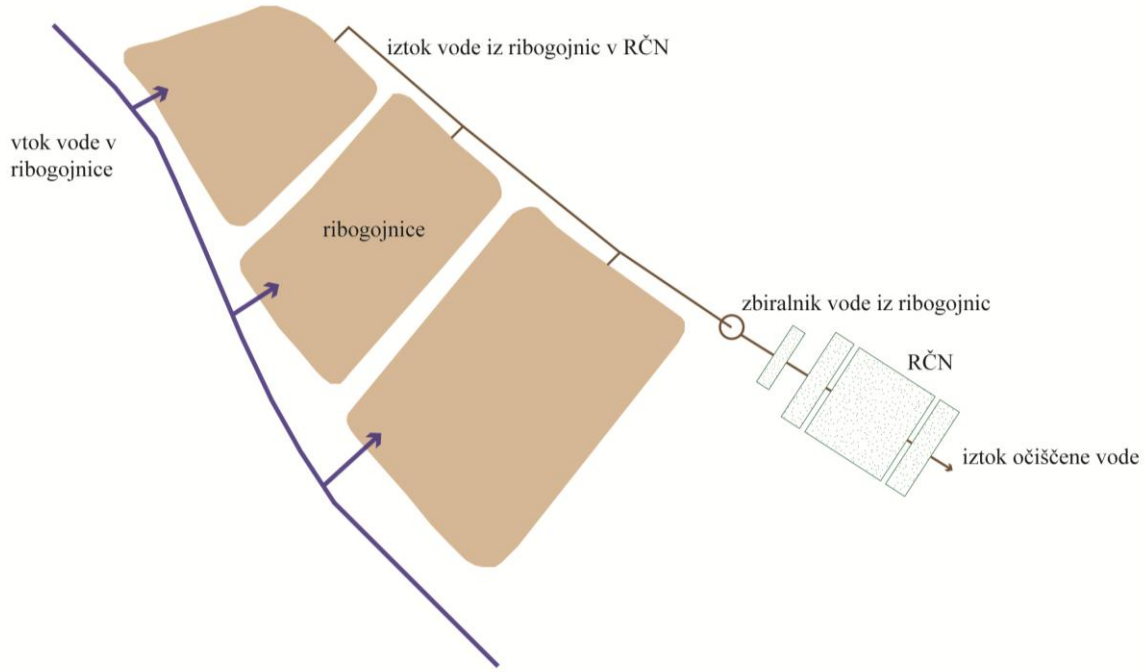
Ob RČN je predvidena postavitev informacijske table z osnovnimi značilnostmi in opisom delovanja RČN. Informacijska tabla je postavljena v sklopu krožne učne poti okoli jezera.

Slika 44: RČN za čiščenje onesnaženih voda iz naselja Veliki Rakitovec

Ker se na južni obali jezera pojavljajo kmetijske površine, ki jih večkrat letno gnojijo, smo se odločili, da na to območje umestimo vegetacijski pas za preprečevanje odtekanja onesnaženih voda v jezero. Vegetacijski pas obsega dosaditev rogoza in navadnega trsta ob obali jezera, kjer je vegetacija prekinjena, nato pas vlagoljubnega grmičevja (jelše, vrbe …), med katerim poteka tudi krožna pešpot okoli jezera, ter pas dreves. Bližje jezerski vodi so zasajena vlagoljubna drevesa, od obale bolj odmaknjeno pa drevesa, ki imajo poleg funkcije zadrževanja onesnažene vode in prsti s koreninskim spletom tudi gospodarsko funkcijo (obiranje plodov in lesna biomasa). Tudi na območju vegetacijskega pasu je umeščena informacijska tabla z osnovnimi informacijami.

7.1.2 Območje ribogojnic v Rakitovcu in pritoka Drobinski potok

Obstoječe ribogojnice v Rakitovcu obsegajo štiri bazene, namenjene dejavnosti gojenja rib. Ker povzroča intenzivna ribiška dejavnost velike obremenitve vodnega telesa s hranili in fosforjem (Remec Rekar, 2011), smo obseg bazenov omejili na tri, četrtega pa predvideli za izsušitev. Na mestu četrtega bazena je predvidena postavitev RČN s podpovršinskim tokom za čiščenje odpadnih voda iz ribogojnic, da se prepreči onesnaževanje jezera z onesnaženo vodo, ki odteka iz ribogojnic. RČN je oblikovana zelo formalno, grede so oblikovane geometrijsko z namenom, da lahko obiskovalci na učni poti, ki poteka ob ribogojnicah, vidijo osnovni videz RČN. Tako je v primeru intenzivnega gojenja rib poskrbljeno za onesnaženo vodo, ki nastane v tem procesu.



Slika 45: Shema umestitve RČN s podpovršinskim tokom za čiščenje onesnažene vode iz ribogojnic

V bližini ribogojnic, ob glavni cesti, smo umestili informacijsko-turistični objekt za obiskovalce Slivniškega jezera. Tu so urejeni tudi primerni parkirni prostori, mogoče je dobiti informacije o jezeru, o rekreacijski, turistični in izobraževalni ponudbi (zgibanke o jezeru, shema krožne učne poti).

Slika 46: Pogled na območje ribogojnic, RČN za čiščenje vod iz ribogojnic, ptičjega rezervata in otoka s pomolom za opazovanje ptic

Slivniško jezero je močno obremenjeno s hranilnimi snovmi, velik delež katerih prihaja iz prispevnega območja jezera. Zato smo v pritokih Drobinski potok in Ločnica predvideli umestitev RČN s površinskim tokom v vodotok. Oblikovane so kot razširitve struge vodotoka. V prvi razširitvi se sedimentira odvečni material, v naslednjih pa poteka čiščenje vode s pomočjo plavajočih rastlin in rastlin, zasajenih v plitvine brežin vodotoka. Razširitve so organskih oblik, da se preprečijo mrtve točke, kjer se voda ustavlja. Tako je zagotovljen nemoten pretok vode.

Pri Drobinskem potoku je v proces čiščenja smiselno uvrstiti tudi naravno močvirje ob vtoku v jezero. V novo načrtovani ureditvi pomeni zadnji člen v čistilnem procesu.

Za uspešno načrtovanje RČN s površinskim tokom bi bilo treba izvesti podrobno inventarizacijo hidroloških značilnosti prispevnega območja in inventarizacijo virov onesnaževanja. Ker teh podatkov ni bilo na voljo, sta RČN v vodotoku zgolj predlog in možnost izboljšave problematike evtrofikacije jezera.

7.2 OBMOČJE SEVERNE OBALE SLIVNIŠKEGA JEZERA

Ob severni obali Slivniškega jezera so umeščeni novi habitati za ogroženi vrsti ptic vodomca in zlatovranko, ob katerih poteka odsek krožne učne poti s ptičjimi opazovalnicami in informacijskimi tablami. Zaradi erozijskih procesov, ki se pojavljajo na tem območju, smo zasadili vegetacijski pas dreves, ki s svojim koreninskim spletom zadržuje prst pred odnašanjem. Primer takšnega drevesa je oreh, ki ima poleg funkcije zadrževanja prsti tudi gospodarsko funkcijo zaradi vsestranskih plodov in tudi lesa.

V bližini sta znanstveni center za proučevanje ptic in apartmajsko naselje za potrebe turizma, v sklopu katerega najdemo sedem apartmajev, igrišče za odbojko na mivki ter pomole za kopanje in sončenje.

V mirnem predelu Slivniškega jezera, zahodno od apartmajskega naselja, je umeščeno območje za ribolov. Vključuje pomole za ribolov in parkirišča za obiskovalce.

7.2.1 Ogroženi vrsti ptic in ukrepi za izboljšanje habitatnih razmer

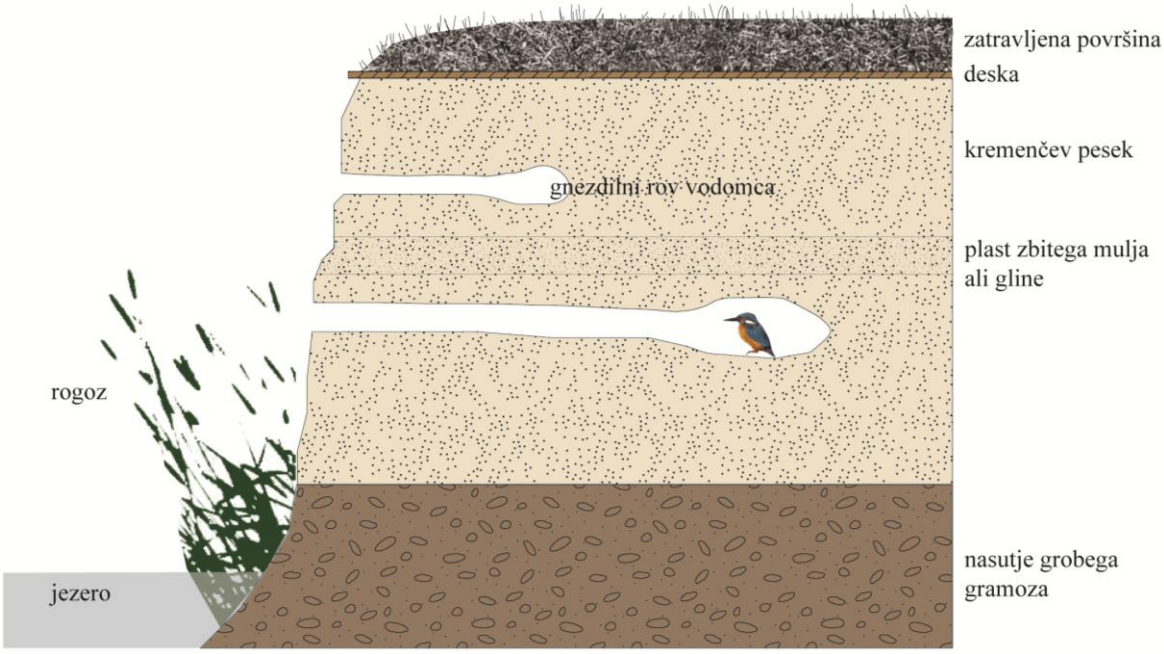
Vodomec (*Alcedo atthis*)

Vodomec je v Pravilniku o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam (Pravilnik o uvrstitvi …, 2002) uvrščen na rdeči seznam ptičev gnezdilcev, dodeljena mu je bila kategorija ogroženosti E2[6], kar pomeni, da je vrsta močno ogrožena. Gnezdi v strmih, peščenih bregovih rek, potokov in jezer, kjer si izkoplje slab meter dolg rov, ki ima na koncu odprtino (sobo), kamor samica izleže jajca. Vodomec za gnezdenje izbira zatišne lege, izogiba se izpostavljenim obalam. Gnezdišča vodomca izginjajo zaradi utrjevanja rečnih bregov in uravnavanja rek in potokov. Njegova razprostranjenost je močno razpršena, nekaj primerkov je bilo opaženih tudi ob Slivniškem jezeru.

Slika 47: Vodomec (Vodomec (*Alcedo atthis*, 2012)

[6] E2 pomeni kategorijo ogroženosti, v katero so uvrščene vrste, katerih obstanek na območju Republike Slovenije ni verjeten, če bodo še naprej delovali dejavniki ogrožanja. Vrste so močno ogrožene.

Ker vodomec gnezdi v strmih peščenih bregovih jezer, kjer si izkoplje rov in odprtino za gnezdenje na koncu rova, so na severni obali Slivniškega jezera ustvarjeni gnezdilni otoki za dodatne habitate vodomca. Na otokih so oblikovane strme peščene stene, kjer lahko vodomec izkoplje gnezdilni rov. Gnezdilne peščene stene so umeščene na zatišno stran otoka, to je proti obali jezera, lega otokov pa je na mirnem območju jezera, odmaknjena od prometnega hrupa ter rekreacijskega in turističnega vrveža.



Slika 48: Shema ureditve habitata za vodomca na gnezdilnih otokih. Gnezdilni rov si vodomec izkoplje v plast kremenčevega peska. Zatišna lega je še dodatno omogočena z zasaditvijo rogoza ob obali otoka, ki delno prekriva vhod v gnezdilne rove vodomca (Sovinc, 2007, cit. po Vrhovšek in Vovk Korže, 2008: 96)

Zlatovranka (*Coracias garrulus*)

Ptica zlatovranka živi v nižinski krajini, kjer rastejo stara visoka drevesa. Najdemo jo v visokodebelnih sadovnjakih in gozdnem robu. Gnezdi v večjih drevesnih duplih, peščenih stenah in luknjah v zidu. V Sloveniji je zlatovranka domnevno že izumrla vrsta. Kakšen par, ki gnezdi, je mogoče najti le še v severovzhodni Sloveniji. Izumiranje vrste je povezano z izsuševanjem travnikov in spreminjanjem zemljišč v intenzivna kmetijska zemljišča, pomanjkanjem ustreznih gnezdišč in kemizacije podeželja. V dolini rek Ledave in Kučnice na Goričkem so leta 2009 postavili 30 gnezdilnic za zlatovranke, vendar se ta vrsta ptic vanje ni naselila. Vzrok naj bi bilo pomanjkanje velikih žuželk na tem območju, s katerimi se je domnevno izumrla ptica v Sloveniji prehranjevala.

Slika 49: Zlatovranka (Zlatovranka, *Coracias garrulus*, 2012)

Zlatovranka je v Pravilniku o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam (Pravilnik o uvrstitvi …, 2002) uvrščena na rdeči seznam ptičev gnezdilcev, dodeljena pa ji je kategorija ogroženosti E1[7] in je kritično ogrožena vrsta.

Za izboljšanje habitatnih razmer zlatovranke na območju Slivniškega jezera so prav tako na severni strani jezera, v bližini gnezdišč vodomca, umeščena dodatna gnezdišča zlatovranke. V literaturi je navedeno, da ta vrsta ptice med drugim živi tudi v drevesnih duplih visokih dreves. Zato je med obstoječa in na novo zasajena drevesa ob severni obali jezera predvidena umestitev dupel visokih dreves ali pa preureditev starih, že skoraj posušenih debel dreves, v gnezdišča zlatovranke.

[7] E1 pomeni kategorijo ogroženosti, v katero so uvrščene vrste, katerih obstanek na območju Republike Slovenije ni verjeten, če se bodo dejavniki ogrožanja nadaljevali. Vrste, ki so uvrščene v to kategorijo, so kritično ogrožene.

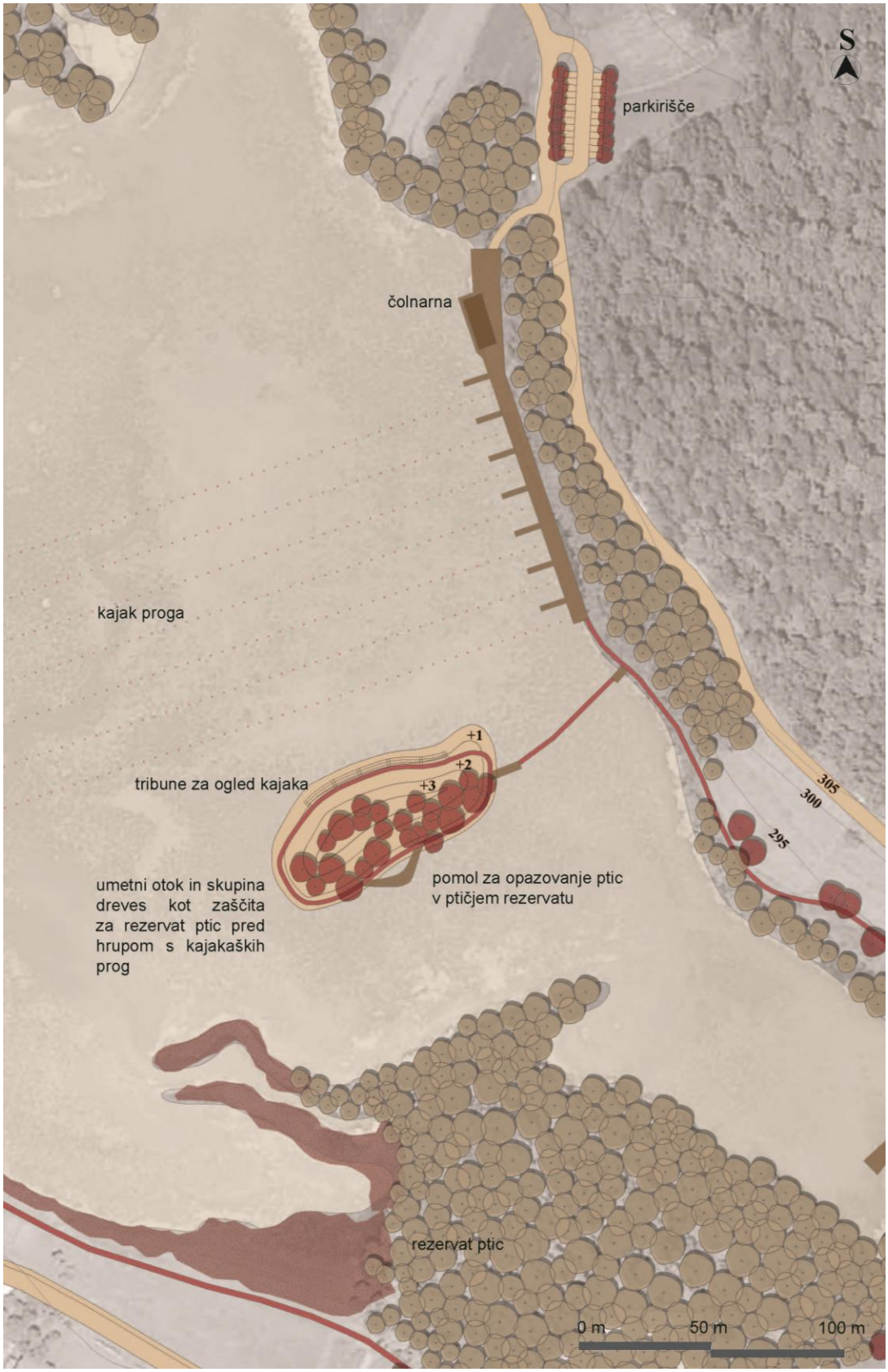
Slika 50: Primer novega habitata zlatovranke za umeščanje ob Slivniško jezero. Uporabljena debla starih dreves. Zlatovranke si ustvarijo gnezdišče v duplih (naravnih ali umetno ustvarjenih).

Slika 51: Habitati za ogroženi vrsti ptic. Na sliki levo so vidni gnezdilni otoki, s peščenimi stenami za gnezdišča vodomca. Na sliki desno pa so vidni novi habitati zlatovranke v duplih starih dreves.

7.3 KAJAKAŠKO SREDIŠČE NA VZHODNI OBALI SLIVNIŠKEGA JEZERA

Vzhodna obala jezera je namenjena ureditvi kajakaškega središča, ki obsega proge za kajak na mirnih vodah dolžine 1000 metrov, čolnarno in parkirišča za kajakaše in druge obiskovalce jezera. Proge so namenjene tekmovanju ali rekreativnemu kajakaštvu in čolnarjenju. Zanimiv člen ureditve je nov otok na jezeru, kjer se nahajajo tribune za ogled kajakaških tekem, uporabne pa so tudi za sončenje in druženje. Dostop do otoka je mogoč po plavajoči poti, ki poteka po jezerski gladini, ali pa s čolnom. Ker je otok v bližini rezervata ptic, pomeni fizično pregrado, ki zaustavlja hrup s kajakaških prog in glasove gledalcev tekem. Pred hrupom dodatno ščitijo tudi zasajena drevesa na otoku. Na južni strani je tudi pomol, namenjen opazovanju ptic v ptičjem rezervatu.

Slika 52: Lokacija novega kajakaškega središča ob vzhodni obali Slivniškega jezera



Slika 53: Prikaz ureditve umetnega otoka in proge za kajak na vzhodni obali Slivniškega jezera

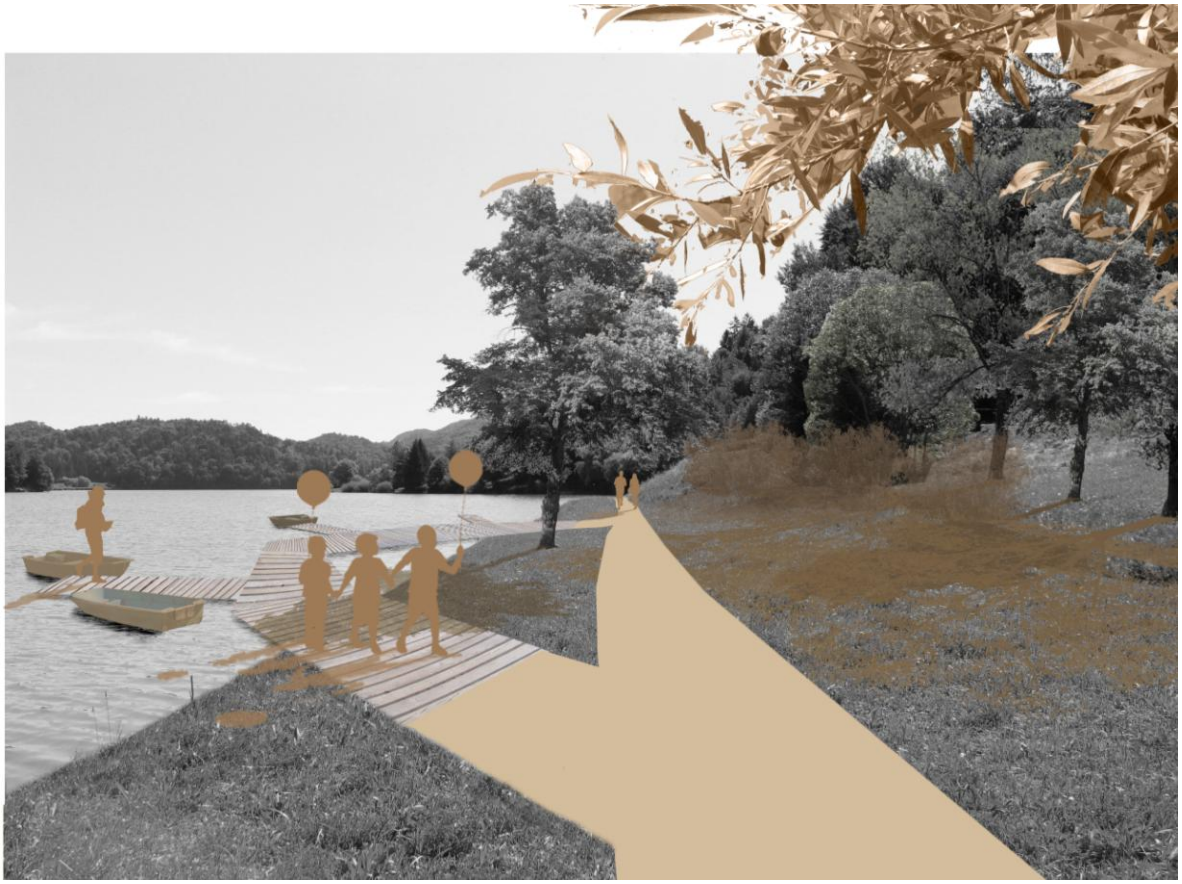
7.4 OBMOČJE RAMNE PLAŽE

Na območju Ramne plaže je predviden razvoj rekreacijsko-turističnega središča Slivniškega jezera. Zaradi ugodne lege ob glavni prometnici je to območje že zdaj dobro obiskano, vendar primanjkuje ponudbe različnih dejavnosti in ustrezne infrastrukture.

Nov program dejavnosti in infrastrukture za območje Ramne plaže obsega:
- gostinski objekt ob obali z večnamensko ploščadjo za prireditve,
- čolnarno za izposojo čolnov s ploščadjo za spust čolnov v jezero,
- pomol za privez čolnov,
- pomole za kopanje, sončenje in poležavanje,
- piknik prostore z ustrezno infrastrukturo (koši za smeti, urejena kurišča),
- povezavo s krožno učno potjo, ki poteka ob jezeru,
- urejeno parkirišče za obiskovalce,
- adrenalinski park,
- poligon za deskanje na vodi,
- večnamensko travnato površino za igre z žogo.

Uvajanje novih dejavnosti in obogatitev že obstoječih na območju Ramne plaže bi privabilo še večje število obiskovalcev, tako tistih, ki pridejo ob Slivniško jezero za kratek čas, kot tistih, ki bi tu ostali več dni. To bi pripomoglo k razvoju turizma in rekreacije tako na območju Ramne plaže in Slivniškega jezera kot tudi na širšem območju.

Slika 54: Pogled na ureditev območja Ramne plaže



Slika 55: Pogled na priveze za čolne na Ramni plaži

7.5 OBMOČJE RIBIŠKEGA DOMA

V zadnjih letih kaže ribiški dom ob Slivniškem jezeru podobo propadajočih objektov. Časi, ko je bilo tu središče dogajanja ob jezeru, so minili. Ker pa ima to območje velik potencial, je predvidena rušitev objektov in postavitev novega kompleksa z novo namembnostjo. Odločila sem se za center šolskih in obšolskih dejavnosti za osnovnošolske otroke, v času, ko tukaj ne bi bili nastanjeni otroci, pa bi bila prenočišča namenjena tudi drugim obiskovalcem jezera.

Slika 56: Fotografiji propadajočega objekta ribiškega doma ob Slivniškem jezeru

Kompleks obsega skupni servisni objekt z jedilnico, učilnicami in skupnimi prostori za učenje, igranje in druženje. Ob obali so umeščene apartmajske hišice za bivanje otrok in pomoli za kopanje, v bližini sta še nogometno igrišče in otroško igrišče pod krošnjami dreves.

Slika 57: Lokacije centra šolskih in obšolskih dejavnosti na območju nekdanjega ribiškega doma

Zanimiv člen ureditve območja ribiškega doma predstavljata obstoječa paviljona ob obali jezera. Predvidena je njuna obnova in ne rušitev, saj nista uničena v tolikšni meri kot ribiški dom. Paviljona predstavljata pomembno pridobitev za center šolskih in obšolskih dejavnosti, namenjena sta druženju otrok in tudi prireditvam za širši krog obiskovalcev.

Ribiški dom je izjemno izhodišče za raziskovanje območja Slivniškega jezera. Od tu se lahko otroci odpravijo po učni poti okoli jezera, odkrivajo rastlinstvo in živalstvo v bližini ribiškega doma ali pa se s čolni, ob spremstvu odraslih, odpeljejo po jezeru.

Problematičen pa je dostop do območja, saj je cesta v izredno slabem stanju in težko prevozna. Potrebne bi bile prenova, razširitev in preplastitev. Nekaj parkirnih mest za obiskovalce ribiškega doma je predvidenih na sami lokaciji, veliko urejeno parkirišče pa se nahaja ob pregradi Tratna.

7.6 UČNO-REKREACIJSKA POT OB SLIVNIŠKEM JEZERU

Predvidena učno-rekreacijska pot ob Slivniškem jezeru je dolga približno 6,7 kilometra. Zasnovana je tako, da ima več vstopnih točk s pripadajočimi parkirnimi prostori. Obiskovalcem tako ni treba prehoditi celotne poti, sprehodijo se lahko tudi samo po določenih odsekih, ki so zanje najzanimivejši. Pot je namenjena skupinam šolskih otrok in starejšim obiskovalcem, prav tako pa tudi tistim, ki jezero obiščejo z namenom rekreacije. Trenutno takšne sklenjene poti ob jezeru še ni, zato bi nova, primerno urejena in označena pot, pomenila veliko pridobitev.

Koncept poti temelji na krožni poti okoli jezera, ki vključuje postojanke z informacijskimi tablami, kjer so opisi posebnosti jezera (opis in nastanek akumulacijskega jezera, značilnosti grajene pregrade Tratna, mala hidroelektrarna za pridobivanje električne energije) in značilnosti rastlinstva in živalstva na tem območju ter opisi predvidenih novih prostorskih ureditev ob jezeru. Pod tem pojmujemo predvsem ekoremediacijske ukrepe za izboljšanje stanja jezerskega telesa in obvodnega prostora, kot so rastlinske čistilne naprave in vegetacijski pasovi.

Z vidika varnosti je najbolj problematičen odsek poti ob zahodni obali jezera. Najverjetneje so pot uporabljali v preteklosti, sčasoma pa se je uporaba opustila. Na nekaterih mestih so na pot podrta drevesa in jo prerašča grmičevje. Nevarna je tudi zaradi ozkosti in strmega terena, po katerem poteka. Pot bi bilo treba obnoviti, jo na nekaterih odsekih razširiti ter na strmih predelih dodati varnostno ograjo in primerne oznake smeri poti. Takšna pot bi bila pomemben člen krožne poti ob jezeru, saj je hoja po njej izredno slikovita, sprehajalcu pa ponuja izredno zanimivo izkušnjo prostora. Na poti se odstirajo in zastirajo pogledi in razgledi (pogled na ribiški dom, obale jezera, okoliške vzpetine), pot se približuje in oddaljuje vodni gladini …

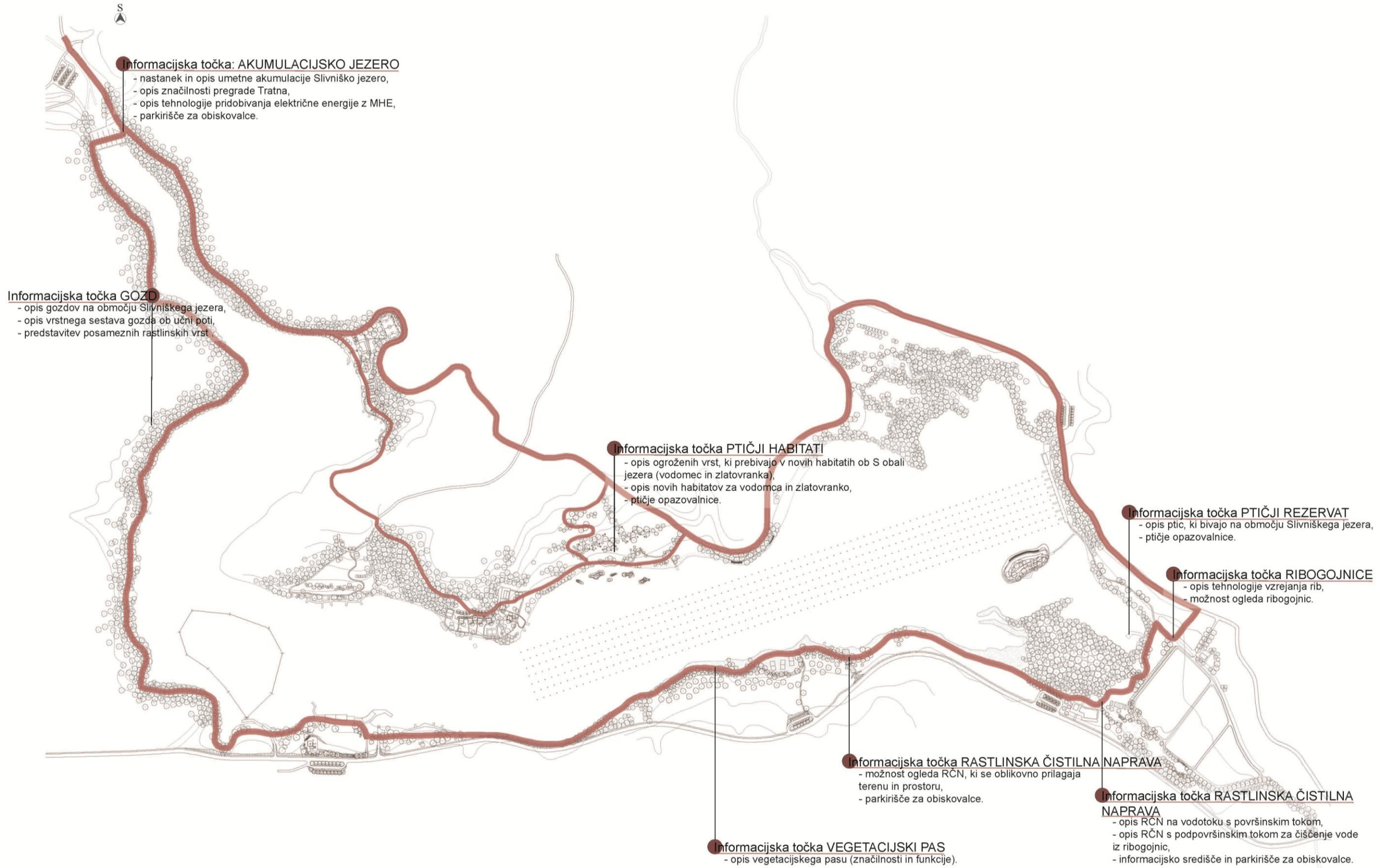
Slika 58: Pogledi s poti ob zahodni obali Slivniškega jezera na okoliško krajino. Na fotografiji levo vidimo odpiranje in zapiranje pogledov na jezero, igro senc na vodni gladini, na fotografiji desno pa je pogled na obstoječ propadajoči ribiški dom.

Na preostalih odsekih pot poteka po obstoječih makadamskih in asfaltiranih cestah ter po utrjenih poteh.

Ob poti so predvidene tudi umestitve ptičjih opazovalnic, zlasti na območju novih habitatov vodomca in zlatovranke ob severni obali jezera in pa na območju ptičjega rezervata ob delti izliva pritoka Drobinski potok. Kot primer dobre prakse navajamo opazovalnici z Ljubljanskega barja na Koščevi učni poti in primer opazovalnice v Škocjanskem zatoku. Obe opazovalnici sta narejeni iz naravnih materialov – lesa in vej grmovnic, zato se odlično stapljata z značilnostmi okoliške naravne krajine. Tudi opazovanje in proučevanje ptic in drugih živali poteka nemoteno. V ptičji opazovalnici na Ljubljanskem barju opazovalec ptice opazuje skozi odprtine v steni, spleteni iz vej grmičevja, še zanimivejša in skrivnostnejša pa je izkušnja opazovanja živali iz opazovalnice v Škocjanskem zatoku. Tam opazovalec odpira lesene lopute v steni. Odpre se mu pogled na Škocjanski zatok, ki pa je ob pomikanju ob leseni steni in odpiranju loput vedno znova drugačen in izredno zanimiv.

Slika 59: Opazovalnica za ptice na Koščevi učni poti (Stupar, 2009)

Slika 60: Opazovalnica v Škocjanskem zatoku (slika levo: Škocjanski zatok, 2009)



Slika 61: Shema krožne učno-rekreacijske poti ob Slivniškem jezeru z opisom posameznih informacijskih točk

8 RAZPRAVA IN SKLEP

Umetna akumulacijska jezera postajajo z vidika rekreacijske, turistične, ekološke in izobraževalne vloge vedno pomembnejša. Z videzom, ki se skozi čas povsem približa naravnemu, in pestrim rastlinstvom in živalstvom postajajo ta območja vse privlačnejša za obiskovalce. Kljub temu da so umetna jezera dobro obiskana, pa evtrofikacija jezerske vode predstavlja velik problem, ki onemogoča izvajanje marsikatere dejavnosti.

ERM nudijo v primeru preprečevanja čezmernega onesnaževanja jezerskih voda primerne tehnologije za preprečevanje te problematike. So cenovno ugodne, primerne za umeščanje na zelo različna območja in, kar je prav tako zelo pomembno, zaradi preproste tehnologije delovanja so sprejemljive s strani ljudi.

V diplomskem delu so kot najustreznejše metode preprečevanja evtrofikacije jezerske vode in erozije prsti na nabrežjih jezera uporabljeni RČN in vegetacijski pasovi.

RČN v primerjavi z navadnimi komunalnimi čistilnimi napravami predstavljajo precej bolj ekološki način čiščenja onesnaženih voda iz prispevnega območja jezera, čiščenja komunalnih voda iz naselij ob jezeru in onesnaženih voda, ki nastanejo pri izvajanju drugih dejavnosti. V proces čiščenja so vključene rastline, katerih rastišče lahko pogosto najdemo v bližini lokacije umeščanja RČN, tako da novo zgrajena naprava v prostoru ne predstavlja motnje, skrb pred tem, da zasajene rastline ne bi uspevale, pa je odveč.

Problem se pojavi ob določanju velikosti RČN, da bi bilo čiščenje odpadnih voda kar najbolj optimalno in uspešno. Da bi dobili natančne podatke o vrsti in količini onesnaženih voda npr. v prispevnem območju jezera, bi bilo treba izvesti podrobno inventarizacijo hidroloških značilnosti prispevnega območja jezera (izviri vode, površinski odtok, pretok potoka/reke) in tudi inventarizacijo vseh virov onesnaženja. To pomeni, da se popišejo viri onesnaženja in količina onesnažene vode, ki s pritoki nato priteče v jezero, ter koncentracija preseženih hranljivih snovi. Vse to je potrebno za uspešno načrtovanje in izvedbo gradnje RČN, vendar so takšne raziskave obsežne in zahtevne, trajajo dlje časa, kar pa je najpomembneje, povezane so z večjimi denarnimi vložki. Brez takšnih raziskav je uspešnost čiščenja najverjetneje precej manjša, stroški gradnje pa se s precej nizkih lahko zelo povišajo. Na območjih, kakršno je tudi območje Slivniškega jezera in njegovo prispevno območje, kjer se pojavlja razpršena poselitev in predvsem gričevnata krajina, je inventarizacija onesnaževanja še težje izvedljiva kot v gosto poseljeni urbani krajini, kjer se onesnaževanje voda spremlja natančneje in pogosteje. Tako predlogi umeščanja RČN v

prostor zaradi neopravljenih raziskav pogosto ostanejo zgolj nerealizirani predlogi na papirju.

Precej velik problem se pojavi tudi, ko za umestitev nove RČN ni na voljo dovolj velikega in primernega zemljišča. Z naraščanjem velikosti gred RČN namreč narašča tudi uspešnost čiščenja, kar pa je lahko zaradi majhnega zemljišča povsem neizvedljivo. Zemljišča so pogosto ali prestrma ali preveč položna. Pri prestrmem terenu je za optimalno delovanje RČN potrebna gradnja položnih teras, torej z manjšim naklonom, kar predstavlja že kar precejšen poseg v prostor.

Kljub vsemu je ideja o umeščanju ekoremediacijskih metod na območje Slivniškega jezera precej smiselna. RČN in vegetacijski pasovi naj bi izboljšali ekološko stanje jezera in objezerskega območja. Če se ideja uresniči vsaj v manjši meri, je to ključno za ohranitev in nadaljnji razvoj dejavnosti ter celotnega območja jezera in krajev v njegovi bližnji okolici.

9 POVZETEK

Umetna akumulacija Slivniško jezero je nastala leta 1975 za nasuto pregrado Tratna na zoženem delu reke Voglajne. Namenjena je bila preprečevanju poplav reke Voglajne in kot vir tehnološke vode za Železarno Štore, kar ni bilo realizirano. Zaradi sukcesije jezerskega sistema je videz jezera kmalu postal povsem naraven, v močvirnem delu ob pritokih so se razvili habitati ptic, večina vrst je uvrščena na rdeči seznam ogroženosti.

Jezero je postalo pomemben del krajine in velika pridobitev za občino Šentjur, saj se je ob jezeru začela razvijati turistična in rekreacijska dejavnost. Zaradi sprememb v lastniških strukturah parcel ob jezeru se je spremenila intenziteta rabe vodnega in obvodnega prostora, razvoj območja pa je začel stagnirati in nazadovati.

Ključna problematika Slivniškega jezera je evtrofnost jezerske vode in čezmerno zasipavanje jezerske kotanje zaradi erozije prsti na brežinah ob jezeru. Jezersko kotanjo zasipavajo tudi pritoki, ki v jezero prinašajo velike količine materiala, ki se odlaga v jezeru. Problem predstavljata tudi neurejen in ne v celoti zgrajen kanalizacijski sistem v vaseh ob jezeru in odvajanje komunalnih voda. Takšna problematika onemogoča večnamensko rabo jezera in obvodnega prostora.

V diplomskem delu so kot predlog rešitve te problematike Slivniškega jezera obravnavane ekoremediacijske tehnologije. Predlagana sta izbor ekoremediacijskih ukrepov in njihova umestitev na problematična območja jezera. Izbor obsega različne tipe rastlinskih čistilnih naprav za čiščenje onesnaženih voda iz naselij in prispevnega območja, vegetacijske pasove za prestrezanje onesnažil s kmetijskih površin in preprečevanje erozije na izpostavljenih mestih ter nove habitate za ogroženi vrsti ptic.

Diplomsko delo predstavlja tudi nove prostorske ureditve za rekreacijsko in turistično dejavnost ob jezeru. Na območju Ramne plaže je predvideno središče rekreacijsko-turistične ponudbe z gostinskim objektom in večnamensko prireditveno ploščadjo, izposojevalnico čolnov, pomoli za kopanje, adrenalinskim parkom in poligonom za deskanje na vodi. Na območju ribiškega doma je umeščen nov center šolskih in obšolskih dejavnosti za mladino s pripadajočimi apartmajskimi objekti, nogometnim igriščem, otroškim igriščem in pomoli za kopanje. Na severni obali jezera je predvideno novo apartmajsko naselje s pripadajočim igriščem za odbojko na mivki in urejeno plažo za kopanje, na vzhodni obali jezera pa kajakaško središče s progami dolžine 1000 metrov, čolnarno in parkirišči.

Predvidene ureditve ob Slivniškem jezeru povezuje krožna učno-rekreacijska učna pot dolžine 6,7 kilometra z več informacijskimi točkami na območjih, kjer so posebne značilnosti umetnega jezera (grajena pregrada Tratna, mala hidroelektrarna za pridobivanje

električne energije) in na novo umeščeni ekoremediacijski ukrepi ter posebne rastlinske in živalske vrste jezera.

Z doseženim dobrim ekološkim stanjem Slivniškega jezera in posledično njegovo večnamensko rabo je mogoč razvoj območja v največje turistično, rekreacijsko in izobraževalno območje Občine Šentjur.

10 VIRI

10.1 CITIRANI VIRI

Bela štorklja (*Ciconia ciconia*). Društvo za opazovanje in proučevanje ptic Slovenije. http://www.ptice.si/index.php?option=com_wines&func=detail&Itemid=45&id=12 (18. jul. 2012)

Berginc M., Kremesec-Jevšenak J., Vidic J. 2007. Sistem varstva narave v Sloveniji. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor: 128 str.

Cenčič D. Rastline na Ljubljanskem barju. 2010. Društvo za Ljubljansko barje. http://www.dzlb.si/galerija-slik/rastline-na-ljubljanskem-barju.html (13. dec. 2011)

Common Reed (*Phragmites australis*). 2011. Lorenz's OK seeds, LLC. http://www.lorenzsokseedsllc.com/es-common-reed-phragmitaustralis/ (17. jan. 2012)

Constructed Wetlands Treatments of Municipal Wastewaters. 2000. United States Environmental Protection Agency. http://www.epa.gov/owow/wetlands/pdf/Design_Manual2000.pdf (1. feb. 2012)

Digitalni ortofoto posnetek območja Slivniškega jezera. 2010. Šentjur, Občina Šentjur. Oddelek za prostorsko načrtovanje in varstvo okolja (interno gradivo)

Ekološko pomembno območje Voglajna in Slivniško jezero. 2007. Atlas okolja. Agencija RS za okolje. http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso (2. apr. 2011)

Firbas P. 2001. Vsa slovenska jezera, Leksikon slovenskih stoječih voda. Ljubljana, DZS: 368 str.

France R. L. 2003. Wetland design. Principles and practices for landscape architects and land-use planners. New York, W. W. Norton: 160 str.

Globevnik L. 2006. Izvajanje vodne direktive v Sloveniji: predstavitev prvih ocen možnosti doseganja okoljskih ciljev za vodna telesa v Sloveniji po načelih Vodne direktive. 1. izdaja. Ljubljana, Inštitut za vode Republike Slovenije: 47 str.

Griessler Bulc T. 2008. Vloga rastlinskih čistilnih naprav v prihodnosti. V: Ekoremediacije v državah Zahodnega Balkana in Osrednji Evropi za izboljšanje kvalitete življenja. Maribor, Filozofska fakulteta, Mednarodni center za ekoremediacije: 31–39

Hladnik J. 1998. Vodni in obvodni prostor kot del integralnega prostorskega urejanja. Pogled na probleme prostorskega urejanja vodnega in obvodnega prostora. V: Voda – raba, varovanje, oblikovanje. Zbornik 5. letnega strokovnega srečanja Društva krajinskih arhitektov. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Urad RS za prostorsko planiranje: 40–45

Hłuszyk H., Stankiewicz A. 1998. Slovar ekologije. Ljubljana, DZS: 166 str.

Hodoško jezero. Lutra inštitut za ohranjanje naravne dediščine. 2009. http://lutra.si/index.php?option=com_content&view=article&id=32%3Ahodoko-jezero&catid=2%3Aizvedeni&Itemid=6&lang=sl (22. nov. 2011)

Hodoško jezero – vodna oaza. http://www.goricko.net/article.php?story=20040502162953670 (22. nov. 2011)

Hönigsfeld Adamič M., Šajn Slak A., Kosi G., Perovšek D. 2004. Hodoško jezero habitatni vozel za evrazijsko vidro (*Lutra lutra*). Geografski obzornik, 51, 1: 12–17

Jeršič M. 1999. Prostorsko planiranje rekreacije na prostem. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor. Urad za prostorsko planiranje: 135 str.

Kakovost jezer v Sloveniji v letu 2010. Kratko poročilo. 2011. Agencija Republike Slovenije za okolje: 8 str. http://www.arso.gov.si/vode/jezera/JEZERA_kratko_2010_MDT.pdf (25. jan. 2012)

Knauer N., 1991. Kako kmetijstvo obremenjuje okolje – možnosti za ekološko ustrezno gospodarjenje. V: Sodobno kmetijstvo. Strokovna revija za kmetijstvo, živilstvo in gozdarstvo, 10/91: 419–426

Konvencija o biološki raznovrstnosti. Preambula. 1992. Ministrstvo za okolje in prostor. http://www.konvencije.mop.gov.si/bioloska_raznovrstnost.pdf (13. dec. 2011)

Krajevna skupnost Slivnica pri Celju. Občina Šentjur. http://www.sentjur.si/Predstavitev-Krajevnih-skupnosti/Krajevna-skupnost-Slivnica-pri-Celju.html (12. apr. 2012)

Labod grbec (*Cygnus olor*) Društvo za opazovanje in proučevanje ptic Slovenije. http://www.ptice.si/index.php?option=com_wines&func=detail&Itemid=45&id=36 (18. jul. 2012)

Lokalna razvojna strategija lokalne akcijske skupine »od Pohorja do Bohorja« za obdobje 2007–2013, 11. 2008. Lokalna akcijska skupina – LAS od »Pohorja do Bohorja«. http://las.ra-kozjansko.si/f/docs/Dokumenti/LRS_LAS_od_Pohorja_do_Bohorja.pdf (5. jan. 2011)

Macarol B. 2003. Ekoremediacije neznane znanke pri zaščiti in obnovi okolja. Geografski obzornik, 50, 3/4: 20–25

Male komunalne čistilne naprave (MKČN). 2012. Javno podjetje za komunalne storitve Rogaška Slatina, d. o. o. Obvestila uporabnikom (junij, 2012)

Marušič J. 1998. Voda v pojavnosti krajine. V: Voda – raba, varovanje, oblikovanje. Zbornik 5. letnega strokovnega srečanja Društva krajinskih arhitektov. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Urad RS za prostorsko planiranje: 5–9

Nature, Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats. Council of Europe. http://www.coe.int/t/dg4/cultureheritage/nature/bern/default_en.asp (13. dec. 2011)

Odlok o strateškem prostorskem načrtu Občine Šentjur. 2012. Občina Šentjur. (10. jul. 2012). http://www.sentjur.si/Novice/Javna-razgrnitev-in-javna-obravnava-Obcinskega-prostorskega-nacrta-obcine-Sentjur-z-okoljskim-porocilom.html (3. sept. 2012)

Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam. 2002. Uradni list RS, št. 82/2002 z dne 24. 9. Uradni list. http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?stevilka=4055&urlid=200282 (21. jul. 2012)

Prebivalstvo, naselja, Slovenija, Popis 2002. Statistični urad Republike Slovenije. http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/varval.asp?ma=NAS-011&ti=&path=../Database/Popis2002/Naselja/Prebivalstvo/Demografske_znacilnosti/&lang=2 (22. maj 2012)

Predstavimo Slovenijo svetu. http://www.erepublik.com/en/article/predstavimo-slovenijo-svetu-let-039-s-start-to-present-slovenia-world-wide-vol-1-1760754/1/20 (22. nov. 2011)

Ptičji rezervat ob Slivniškem jezeru. Turistični portal občine Šentjur. http://www.turizem-sentjur.com/Naravna-dediscina/Pticji-rezervat-ob-Slivniskem-jezeru.html (18. jul. 2012)

Rastlinska čistilna naprava (RČN) za odpadne vode. Ekoremediacijski tehnološki center. http://ertc.si/index.php?option=com_content&task=view&id=16&Itemid=34 (9. nov. 2011)

Remec Rekar Š. 2011. Fosfor v jezerih. Agencija Republike Slovenije za okolje. http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=379 (5. jan. 2012)

Remec Rekar Š., Bat M. 2003. Jezera. V: Vodno bogastvo Slovenije. Uhan J. in Bat M. (ur.). Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje: 39–45

Ribji orel. Wikipedija. Prosta enciklopedija. 14. jun. 2012. http://sl.wikipedia.org/wiki/Ribji_orel (18. jul. 2012)

Seidel D. 2005. Slikovni rastlinski ključ. Ljubljana, DZS: 287 str.

Siva čaplja (*Ardea cinerea*). Društvo za opazovanje in proučevanje ptic Slovenije. http://www.ptice.si/index.php?option=com_wines&func=detail&Itemid=45&id=35 (18. jul. 2012)

Strokovne podlage za območje Slivniškega jezera. 2005. RRD, Regijska razvojna družba, d. o. o., Domžale. 91 str.

Stupar D., Stupar T. 2009. Koščeva učna pot in opazovalnica za ptice v naravnem rezervatu Iški morost. Portal Korak. http://www.korak.ws/clanki/kosceva-ucna-pot-in-opazovalnica-za-ptice-v-naravnem-rezervatu-i.html (10. avg. 2012)

Škocjanski zatok. 2009. Vremensko društvo Zevs. http://forum.zevs.si/index.php?topic=2069.0 (11. avg. 2012)

Tarman K. 1992. Osnove ekologije in ekologija živali. 1. izdaja. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 547 str.

Tavzes M., Adlešič G. 2002. Veliki slovar tujk. 1. izdaja. 1. natis. Ljubljana, Cankarjeva založba: 1303 str.

Toman M. J. 2009. Varstvo in urejanje voda. Jezerski ekosistemi. Ljubljana (osebni vir, maj 2012)

Tome D. 2006. Ekologija: organizmi v prostoru in času. 1. izdaja. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 344 str.

TTN5. Temeljni topografski načrt v merilu 1 : 5000. 2010. Šentjur, Občina Šentjur. Oddelek za prostorsko načrtovanje in varstvo okolja. Izpis iz baze podatkov (dec., 2010).

Uredba o ekološko pomembnih območjih. 2004. Vlada Republike Slovenije. Ur. l. RS št. 48/2004/6356.
http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200448&stevilka=2261 (2. apr. 2011)

Vodomec (*Alcedo atthis*). Društvo za opazovanje in proučevanje ptic Slovenije. http://www.ptice.si/index.php?option=com_wines&func=detail&Itemid=45&id=100 (18. jul. 2012)

Vovk Korže A., Vrhovšek D. 2008. Celoviti pristopi varovanja in sanacije okolja z ekoremediacijami. V: Ekoremediacije v državah Zahodnega Balkana in Osrednji Evropi za izboljšanje kvalitete življenja. Maribor, Filozofska fakulteta, Mednarodni center za ekoremediacije: 9–21

Vovk Korže A., Vrhovšek D. 2009. Ekoremediacije za učinkovito varovanje okolja. Maribor, Univerza v Mariboru, Filozofska fakulteta: 56 str.

Vovk Korže A. 2008. Trajnostni razvoj z ekoremediacijami V: EKOREMEDIACIJE: sredstvo za doseganje okoljskih ciljev in trajnostnega razvoja. Ljubljana, Založba KATR: 17–31

Vovk Korže A., Vrhovšek D. 2009. Ekoremediacije kot priložnost za inovativni regionalni razvoj, Pomurje trajnostni regionalni razvoj ob reki Muri, 172–187
http://www.drustvo-geografov-pomurja.si/projekti/zborovanje/Zbornik_geografov_POMURJE_2009.pdf (9. nov. 2011)

Vrhovšek D. 1983. Evtrofizacija jezer. Življenje in tehnika, 34, 5: 39–43

Vrhovšek D. 1996. Strokovne podlage za sanacijo Slivniškega jezera za večnamensko uporabo njegovega obvodnega in vodnega prostora. Ljubljana, podjetje LIMNOS, d. o. o.: 61 str. (izpis iz baze podatkov podjetja, feb. 2011)

Vrhovšek D., Vovk Korže A. 2007. Ekoremediacije. Maribor, Filozofska fakulteta, Mednarodni center za ekoremediacije: 128 str.

Vrhovšek D., Vovk Korže A. 2008. Ekoremediacije kanaliziranih vodotokov. Ljubljana, LIMNOS: 219 str.

Vrhovšek D., Kroflič B., Sajovic A. 2008. Implementacija ekoremediacij v Savinjski regiji. V: Ekoremediacije v državah Zahodnega Balkana in Osrednji Evropi za izboljšanje kvalitete življenja. Maribor, Filozofska fakulteta, Mednarodni center za ekoremediacije: 195–201

Vrhovšek D., Kroflič B. 2007. Ekološka in ekonomska upravičenost rastlinskih čistilnih naprav. Geografski obzornik, 54, 3/4: 13–16

Vymazal, J. 2007. Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. http://wldb.ilec.or.jp/data/ilec/wlc12/H-%20Constructed%20Wetlands/H-1.pdf (13. feb. 2012)

Zaletelj I. 2002. Krajinsko oblikovanje rastlinskih čistilnih naprav. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta. Oddelek za krajinsko arhitekturo: 74 str.

Zlatovranka, *Coracias garrulous*. 2012. Gnezdilnice. http://gnezdilnice.si/index.php?path=zlatovranka (18. jul. 2012)

10.2 DRUGI VIRI

Adrenalinski park. Perfect adventure choice. http://www.pac-sports.com/si/adrenalinski_park.htm (4. jul. 2012)

Catalogue of tree and shrubs. 2006. Bruns-pflanzen-export GmbH& Co. KG.

Convention on biological diversity. 1992. Convention on biological diversity. http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf (13. nov. 2011)

Ekoremediacije v celostnem upravljanju z vodami. Ljubljana, Limnos, d. o. o. (zgibanka)

Išče se zlatovranka. 2009. Krajinski park Goričko. http://www.park-goricko.org/sl/informacije.asp?id_informacija=3412&id_jezik=0&id_tip1=1&id_tip2=9&id_tip3=2 (8. maj 2012)

Neufert E. 2008. Projektiranje v stavbarstvu. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 550 str.

Projekt Šentjur. Čiste vode povodja Savinje. Za danes in jutri. http://www.povodje-savinje.si/?p=2&id=23&a=2 (12. apr. 2012)

Ptičji rezervat ob Slivniškem jezeru. Turistični portal občine Šentjur. http://www.turizem-sentjur.com/Naravna-dediscina/Pticji-rezervat-ob-Slivniskem-jezeru.html (22. mar. 2012)

Rekonstrukcija lokalne ceste LC 396080 Gorica pri Slivnici–Loka pri Žusmu, odsek Gorica pri Slivnici–Drobinsko. 2010. Občina Šentjur. (29. mar. 2010). http://www.sentjur.si/Investicije-in-projekti/Rekonstrukcija-lokalne-ceste-LC-396080-Gorica-pri-Slivnici---Loka-pri-Zusmu-odsek-Gorica-pri-Slivnici---Drobinsko.html (28. mar. 2012)

Ribogojnica Rakitovec. http://maps.google.com/maps/ms?ie=UTF8&t=h&oe=UTF8&msa=0&msid=115704259476595551166.0004864f219dc18aeb995 (20. mar. 2012)

Sonja Berce in sod. 2006. Sodobni priročni angleško-slovenski in slovensko-angleški slovar. Maribor, Založba Pivec: 732 str.

Slivnica pri Celju. Turistični portal občine Šentjur. http://www.turizem-sentjur.com/Znamenitosti-krajevnih-skupnosti/Slivnica-pri-Celju.html (20. mar. 2012)

Tavzes M., Adlešič G. 2002. Veliki slovar tujk. 1. izdaja. 1. natis. Ljubljana, Cankarjeva založba: 1303 str.

Varstveni režimi kulturne dediščine. Vlada Republike Slovenije. Ministrstvo za kulturo. http://giskds.situla.org/evrd/ (21. mar. 2012)

Vodomec. 2012. Wikipedija. Prosta enciklopedija (7. jul. 2012). http://sl.wikipedia.org/wiki/Vodomec (8. maj 2012)

Zlatovranka, *Coracias garrulus*, Linnaeus 1758. 2012. Gnezdilnice. http://gnezdilnice.si/index.php?path=zlatovranka (8. maj 2012)

ZAHVALA

Zahvaljujem se prof. dr. Davorinu Gazvodi za koristne nasvete in podporo pri pisanju diplomskega dela ter za izkazano razumevanje. Hvala tudi recenzentu prof. dr. Mihaelu J. Tomanu in prof. dr. Mojci Golobič za popravke in predloge. Prof. Danijelu Vrhovšku se zahvaljujem za pomoč pri snovanju teme diplomske naloge in vse nasvete.

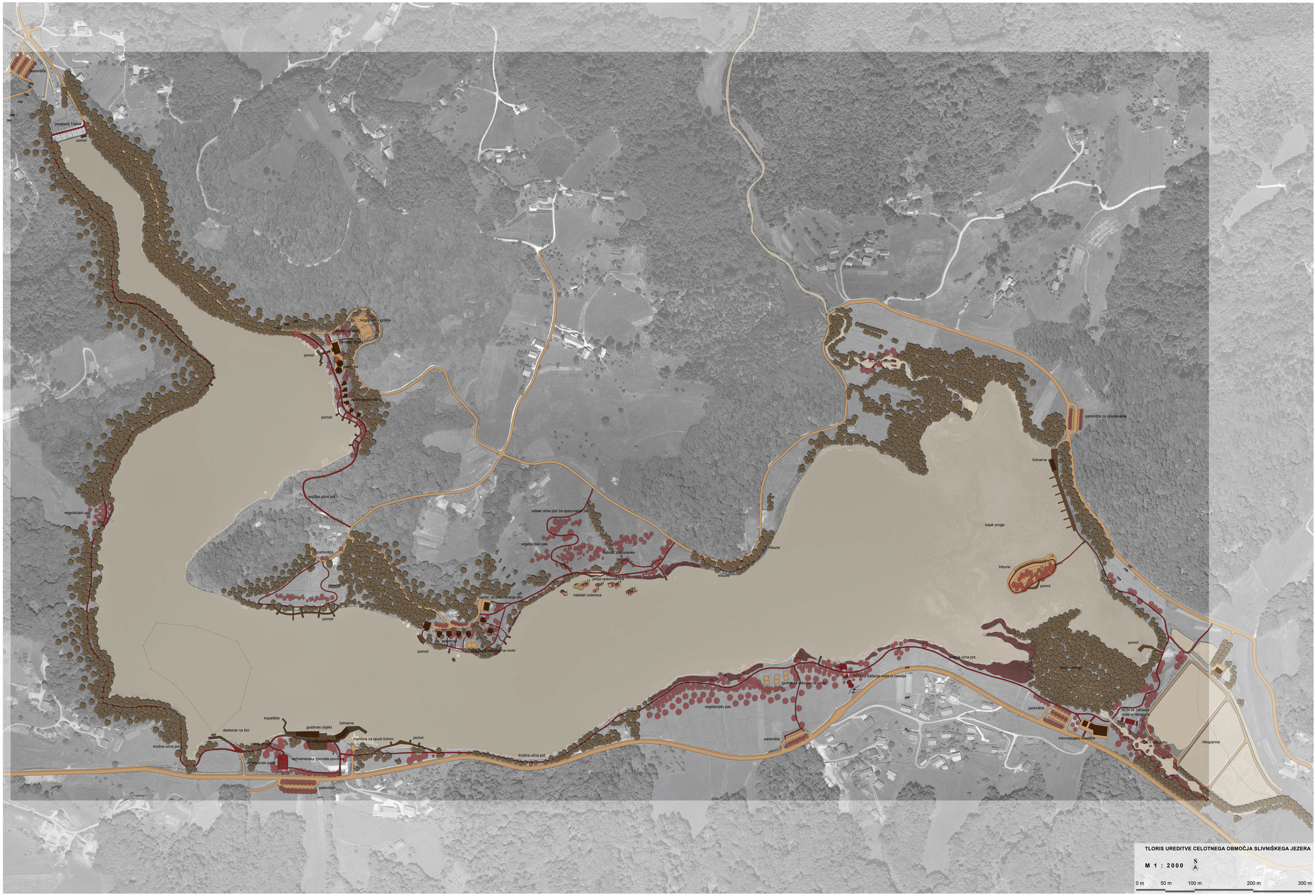
Hvala Tjaši za branje diplome, Manci za lektoriranje, Srečku za vso pomoč ter Tini, Niki in Martini za spodbudo, ko se je pri pisanju diplome zataknilo.

Barbara, Katarina in Diana, hvala za nepozabna študentska leta.

Hvala moji družini za vso podporo in pomoč v času študija.

PRILOGA

Tloris ureditve celotnega območja Slivniškega jezera v merilu 1 : 2000



TLORIS UREDITVE CELOTNEGA OBMOČJA SLIVNIŠKEGA JEZERA

M 1 : 2000

S

0 m 50 m 100 m 200 m 300 m

Herman A. Večnamenska ureditev Slivniškega jezera z upoštevanjem ekoremediacijskih ukrepov
Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za krajinsko arhitekturo, 2012