

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Miran RENČELJ

**MAKROFITI IN OKOLJSKA OCENA VODOTOKOV
ZAHODNEGA DELA DRAVSKEGA POLJA**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Miran RENČELJ

**MAKROFITI IN OKOLJSKA OCENA VODOTOKOV
ZAHODNEGA DELA DRAVSKEGA POLJA**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**MACROPHYTES AND ENVIRONMENTAL ASSESMENT
OF THE STREAMS
OF WESTERN PART OF DRAVSKO POLJE**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2016

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija biologije. Naloga je bila opravljena na Katedri za ekologijo in varstvo okolja Oddelka za biologijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Komisija za dodiplomski študij Oddelka za biologijo je 17. 11. 2004 potrdila temo in naslov diplomskega dela ter za mentorico imenovala prof. dr. Alenko Gaberščik in za recenzenta prof. dr. Mihaela J. Tomana.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Marina DERMASTIA
Nacionalni inštitut za biologijo, Oddelek za biotehnologijo in sistemsko biologijo

Član: prof. dr. Alenka GABERŠČIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

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

Datum zagovora:

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

Miran Renčelj

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn
DK UDK 574.5(043.2)
KG makrofiti/okoljska ocena/Hočki potok/Framski potok/Reka/Polskava/Dravsko polje/vodotoki
AV RENČELJ, Miran
SA GABERŠČIK, Alenka (mentor)/TOMAN, Mihael Jožef (recenzent)
KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
LI 2016
IN MAKROFITI IN OKOLJSKA OCENA VODOTOKOV ZAHODNEGA DELA DRAVSKEGA POLJA
TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP XI, 70 str., 4 pregl., 24 sl., 47 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI Popis taksonov vodnih rastlin, ocena njihove zastopanosti in ocena ekomorfološkega stanja so bili opravljeni v vseh večjih vodotokih (Hočki potok, Framski potok, Reka, Polskava) zahodnega dela Dravskega polja. To je ravninska intenzivno obdelana kmetijska krajina, ki jo je zaznamovala večstoletna uporaba vodotokov za namakanje in zato nosi ime izgonska pokrajina. Vodotoki so v veliki meri spremenjeni (regulirani). Ekomorfološko stanje vodotokov je slabo. Ocenjevanje po metodi RCE je večino (3/4) odsekov umestilo v četrti RCE kakovostni razred na petstopenjski lestvici. Vodotoki so floristično bogati in močno zarasli. Popisali smo 48 taksonov makrofitov. 22 od teh je submerznih. Najštevilnejši rod je *Potamogeton* s šestimi vrstami. Množično je zastopanih malo taksonov. Štirje taksoni (nitaste alge, *Sparganium* spp., *Myriophyllum spicatum* in *Phalaris arundinacea*) predstavljajo polovico vse relativne rastlinske zastopanosti makrofitov in 8 taksonov (poleg naštetih še vrste *Potamogeton nodosus*, *P. pectinatus*, *P. crispus* in *P. berchtoldii*) predstavlja 70% vse relativne rastlinske zastopanosti makrofitov v vodotokih. Ti taksoni so evrivalentni in značilni za evtrofne razmere. To jim omogoča pojavljanje v spremenjenih, evtrofnih vodotokih. Z ekološkega stališča je množično pojavljanje makrofitov v obravnavanih vodotokih dobrodošlo, saj makrofiti bistveno izboljšajo ekološko stanje vodotoka.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC UDC 574.5(043.2)
CX macrophytes/environmental assesment/Hočki potok/Framski potok/Reka/
Polskava/Dravsko polje/streams
AU RENČELJ, Miran
AA GABERŠČIK, Alenka (supervisor)/TOMAN, Mihael Jožef (reviewer)
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, department of Biology
PY 2016
TI MACROPHYTES AND ENVIRONMENTAL ASSESMENT OF THE STREAMS
OF WESTERN PART OF DRAVSKO POLJE
DT Graduation Thesis (University studies)
NO XI, 70 p., 4 tab., 24 fig., 47 ref.
LA sl
AL sl/en
AB Distribution and abundance of macrophyte species and ecomorfological condition of streams have been studied in mayor streams (Hočki potok, Framski potok, Reka, Polskava) flowing through the western part of Dravsko polje in SE Slovenia. This is flat intensively used agricultural landscape, marked by hundred's of years of water use for irrigation. Streams are strongly modified (regulated). Ecomorfological condition of streams is bad. Evaluation by RCE method ranged them in the fourth class within the five level scale. Streams support a rich macrophyte community. We have found 48 taxa of macrophytes. 22 of these are submersed. Most numerous genus is *Potamogeton* represented with 6 species. 4 taxa (filamentous algae, *Sparganium* spp., *Myriophyllum spicatum* and *Phalaris arundinacea*) represent half of all relative plant abundance and 8 taxa (along these also species *Potamogeton nodosus*, *P. pectinatus*, *P. crispus* and *P. berchtoldii*) represent 70% of all relative plant abundance. These taxa are eurivalent and indicative for eutrophic conditions. Therefore they can colonise these modified, eutrophic streams. From ecological point of view rich macrophyte community is beneficial, because it significantly improve the ecological status of surveyes streams.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key Words Documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
Kazalo prilog	IX
Okrajšave in simboli	X
Slovarček	XI
1 UVOD	1
1.2 HIPOTEZE.....	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 ZNAČILNOSTI VODOTOKOV.....	3
2.2 ZNAČILNOSTI MAKROFITOV.....	4
2.3 PRILAGODITVE MAKROFITOV NA RAZMERE V VODNEM OKOLJU.....	6
2.3.1 Morfološke in anatomske prilagoditve.....	6
2.3.2 Fiziološke prilagoditve makrofitov.....	7
2.4 ZNAČILNOSTI VODNEGA OKOLJA, KI VPLIVAJO NA MAKROFITE.....	8
2.4.1 Gibanje vode.....	8
2.4.2 Globina vode.....	10
2.4.3 Širina struge.....	11
2.4.4 Substrat.....	11
2.4.5 Svetlobne razmere – motnost oz. prosojnost vode.....	12
2.4.6 Suspendirane snovi.....	12
2.4.7 Kemizem vode.....	13
2.4.8 Temperatura.....	13
2.5 POMEN MAKROFITOV V VODNEM OKOLJU.....	14
2.6 MAKROFITI IN KAKOVOST VODE.....	15
3 MESTO RAZISKAVE	16
3.1 GEOLOŠKE ZNAČILNOSTI OBMOČJA.....	16
3.2 LEGA IN GEOGRAFSKE ZNAČILNOSTI OBMOČJA.....	18
3.3 ZNAČILNOSTI VODNEGA OMREŽJA.....	19
3.3.1 Vodotoki.....	19
3.3.2 Stojee vode.....	21
3.4 POSEBNOSTI IZGONSKE POKRAJINE NA SZ DRAVSKEGA POLJA.....	23
4 MATERIAL IN METODE	27
4.1 TERENSKO DELO.....	27
4.1.1 Popis makrofitov.....	28
4.1.2 Okoljska ocena vodotokov.....	28
4.2 OBDELAVA PODATKOV.....	29

4.2.1	Pojavljanje in pogostost makrofitov	29
4.2.2	Širša okoljska ocena vodotokov	32
4.2.3	Kanonična korespondenčna analiza - CCA	32
5	REZULTATI	33
5.1	POJAVLJANJE IN RAZPOREDITEV MAKROFITOV	33
5.1.1	Vrstna sestava makrofitov	33
5.1.2	Prisotnost in pogostost makrofitov na posameznih odsekih	37
5.2	ŠIRŠA OKOLJSKA OCENA VODOTOKOV	42
5.3	VPLIV OKOLJSKIH DEJAVNIKOV NA RAZPOREDITEV MAKROFITOV	45
6	RAZPRAVA IN SKLEPI	49
6.1	RAZPRAVA	49
6.1.1	Vrstna sestava in pogostost makrofitov	49
6.1.2	Vpliv okoljskih dejavnikov na makrofite	61
6.2	SKLEPI	62
7	POVZETEK	64
8	VIRI	66

ZAHVALA

PRILOGE

KAZALO PREGLEDNIC

str.

Preglednica 1: Pet stopenjska lestvica za oceno zastopanosti vrste in povezanost masnega indeksa ter dejanske biomase (povzeto po Pall in Janauer, 1995)	30
Preglednica 2: Seznam makrofitov, popisanih v vodotokih	34
Preglednica 3: Seznam makrofitov, popisanih v obeh stoječih vodah	36
Preglednica 4: Lastne vrednosti, korelacijski koeficienti za relacijo takson – okolje in kumulativni pojasnjeni odstotki varianc taksonov ter relacije takson – okolje	45

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Framski potok, odsek 22; v vodi so vrste <i>Potamogeton crispus</i> , <i>P. berchtoldii</i> in <i>P. pectinatus</i> , ob robu je predvsem vrsta <i>Phalaris arundinacea</i> .	4
Slika 2: Nitaste alge; Framski potok, odsek 18	5
Slika 3: Reka nad vodnim zadrževalnikom Požeg, odsek 31; nekaj dni po visoki vodi poleti; dno je povsem spremenjeno, spodjedanje brega, poleženo obrežno rastlinje	9
Slika 4: Zaplato rastline vrste <i>Potamogeton crispus</i> so visoke vode delno izruvale	10
Slika 5: Severni krak Hočkega potoka, odsek 6	12
Slika 6: Reka Polskava tik pod sotočjem Reke (priteče z leve) in Polskave (desno)	20
Slika 7: Veliki Turnov ribnik ali Turntajht je bil leta 2016 skoraj prazen zaradi popravila pregrade; dno so prerasli emerzni makrofiti, ki sicer rastejo ob robu vode	22
Slika 8: Prisotnost in pogostost (MI) makrofitov v potokih.	37
Slika 9: Relativna zastopanost makrofitov v potokih	38
Slika 10: Povprečni masni indeks za posamezne vrste makrofitov v vodotokih	39
Slika 11: Delež odsekov vodotokov (d), kjer se je določena vrsta pojavljala	40
Slika 12: Pogostost makrofitov v Turnovem ribniku na preseku z zahoda	41
Slika 13: Pogostost makrofitov v Turnovem ribniku na preseku z juga	42
Slika 14: Grafikon s prikazom RCE ocen za posamezne odseke Hočkega in Framskega potoka	43
Slika 15: Grafikon s prikazom RCE ocen za posamezne odseke Reke in Polskave	44
Slika 16: CCA ordinacijski diagram razporeditve odsekov glede na stanje nekaterih ocenjenih okoljskih dejavnikov	47
Slika 17: CCA ordinacijski diagram s šestimi najvplivnejšimi dejavniki okolja in razporeditvijo taksonov makrofitov glede na njihovo stanje	48
Slika 18: Framski potok nad (levo, odsek 15) in pod zadrževalnikom (desno, odsek 18)	50
Slika 19: Reka v Sp. Jablanah, odsek 41	51
Slika 20: Reka, odsek 37; v strugi vrsti <i>Potamogeton nodosus</i> , desno <i>Phalaris arundinacea</i>	52
Slika 21: Reka, odsek 35; strugi je <i>M. spicatum</i>	53
Slika 22: Framski potok v Spodnji Gorici, odsek 24; strugi raste vrsta <i>Potamogeton pectinatus</i>	54
Slika 23: Framski potok, odsek 21. Štiri vrste rodu <i>Potamogeton</i> , ki so bile v raziskavi najbolj zastopane v rodu, rastejo skupaj	55
Slika 24: <i>Ludwigia palustris</i> v ribniku Grajevnik	59

KAZALO PRILOG

PRILOGA A

Zemljevid obravnavanega območja območja

PRILOGA B

Slovenska različica RCE metode (Petersen, 1992)

PRILOGA C

Ocenitev odsekov po RCE metodi in ustrezajoči kakovostni razred odseka

PRILOGA D

Koordinate in dolžine odsekov vodotokov

PRILOGA D1

Tabela GK koordinat in dolžin odsekov Hočkega in Framskega potoka

PRILOGA D2

Tabela GK koordinat in dolžin odsekov Reke

PRILOGA D3

Tabela GK koordinat in dolžin odsekov Polskave

PRILOGA E

Tabele pogostosti makrofitov v vodotokih

PRILOGA E1

Tabela pogostosti makrofitov v severnem kraku Hočkega potoka

PRILOGA E2

Tabela pogostosti makrofitov v južnem kraku Hočkega potoka

PRILOGA E3

Tabela pogostosti makrofitov v Hočkem potoku

PRILOGA E4

Tabela pogostosti makrofitov v Framskem potoku

PRILOGA E5

Tabela pogostosti makrofitov v Reki, nad sotočjem s Framskim potokom

PRILOGA E6

Tabela pogostosti makrofitov v Reki, pod sotočjem s Framskim potokom

PRILOGA E6

Tabela pogostosti makrofitov v Reki, pod sotočjem s Framskim potokom

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

F – Framski potok oz. severna veja (krak) Framskega potoka, glej zemljevid v Prilogi A

H – Hočki potok

HJ – južna veja oz. krak Hočkega potoka

HS – severna veja oz. krak Hočkega potoka

P – reka Polskava

R – Reka; nad sotočjem s severno vejo Framskega potoka je to južna veja Framskega potoka

TR – Veliki Turnov ribnik ali Turntajht

ZP – vodni zadrževalnik Požeg

SLOVARČEK

CCA - kanonična korespondenčna analiza

Čreta – po SSKJ: ženski spol, množina črete; močviren nižinski svet, porasel s travo in nizkim grmičjem; na zadevanem območju se pogosto uporablja oblika v moškem spolu: ednina čret, v množini čreti

Izgon - nad okoliško pokrajino dvignjen vodotok, nastal z izmetavanjem materiala z dna vodotoka na njegove bregove; v osnovi pomeni pot, po kateri so vodili (gonili) živino iz vasi na gmajno (skupno vaško pašno zemljišče)

Kleč – peščena sipina ob robu vodotoka

Makrofit – avtotrofni organizem takšne velikosti, da je opazen s prostim očesom. Razrašča se v vodi oz. vodnem telesu in ima potopljen vsaj koreninski sistem

Regulacija – kanaliziranje in uravnava vodotoka z namenom čim hitrejšega odtoka vode iz krajine, predvsem z namenom preprečevanja poplav ali osuševanja krajine

1 UVOD

Makrofiti so del biodiverzitete vodnih teles in so bistveni za strukturo in funkcioniranje vodnih ekosistemov, saj ustvarjajo življenjski prostor za različne organizme, od mikroorganizmov dalje. Neposredno opravljajo in posredno omogočajo potek številnih procesov (Kuhar in sod., 2007, Gaberščik, 1997). Prisotnost in pogostost različnih vrst makrofitov odseva kakovost ekosistema kot celote. So eden od bioloških elementov, ki so v Vodni direktivi Evropske skupnosti (Vodna direktiva, 2000/60/ES) opredeljeni kot uporabni za vrednotenje ekološkega stanja vodotokov (Kuhar in sod., 2012).

Poleg ostalih organizmov vodo potrebuje tudi človek. Človeški družbi in ekosistemom ob njej na splošno, njena uporaba omogoča veliko večjo produktivnost. Krajina ob vodotokih je tako zaradi svoje plodnosti postala osnova človekovega bivalnega okolja, prostor najgostejše poseljenosti in najintenzivnejših aktivnosti (Haslam, 2008). Zaradi naraščajočih potreb po obdelovalnih površinah je človek poselil tudi poplavne ravnice večine evropskih rek. Neposredno je začel spreminjati vodno omrežje, največkrat zaradi izsuševalnih ali namakalnih projektov, izkoriščanja potencialne energije vode za pogon naprav, predvsem mlinov, in spreminjati struge zaradi zagotavljanja poplavne varnosti (Haslam, 1987). Prvotne gozdove in močvirja, ki imajo blažilni vpliv na spremembe pretokov in vnos snovi v vodotok, so nadomestila naselja in obdelovalne površine. Voda s teh površin hitreje odteka, kar povzroči večje spremembe pretokov. Poveča se spiranje in s tem vnos kamninskih delcev (sedimenta), organskih snovi, gnojil, hranil in biocidov, kar prav tako vpliva na sestavo združbe vodotoka. Tako so vodotoki in krajina ob njih okolja, ki so med najbolj spreminjanimi, obremenjenimi in njihove združbe med najbolj ogroženimi zaradi človeških vplivov. Največji vpliv na vodotoke ima sprememba same krajine oz. njene rabe (Kuhar in sod., 2007). Ob dolgoročni spremembi krajine porečja, se ekosistem vodotoka spremeni, četudi je ohranjen naravni obrežni pas. Ta sprememba je zelo temeljita in ob morebitni vzpostavitvi prvotnega stanja porečja so za povrnitev prvotnega ekološkega stanja vodotoka potrebna desetletja (Harding in sod., 1998).

Sprememba morfologije struge zaradi regulacije zmanjša pestrost življenjskih okolij za vse organizme (tudi makrofite) in vpliva na kakovost vode. Osiromašenje fizične strukture vodotokov (zaradi regulacij), spremembe zalednih površin in eutrofikacija spremenijo sestavo združb vodnih organizmov. Spremeni se tudi sestava združbe makrofitov, zmanjša se število prisotnih makrofitov in poveča se zastopanost prilagodljivejših oz. strpnnejših vrst makrofitov (Kuhar in sod., 2007).

V pričujoči diplomski nalogi smo raziskovali Hočki potok, Framski potok, Reko in Polskavo. To so vsi večji vodotoki na zahodnem delu Dravskega polja, ki je gosto poseljena kmetijska krajina. Izvirajo na Pohorju. Vodotoki niso več v naravnem stanju, ampak so bili

več stoletij spremenjeni v izgone, razcepljeni v manjše struge in kanale, ki so omogočali namakanje krajine in uporabo vode v druge namene. Intenzivnost te rabe vode je edinstvena v slovenskem merilu in je dala ime celotni krajini severozahodnega dela Dravskega polja, ki se zato imenuje Izgonska pokrajina (Baš, 1937, Pak, 1964). V zadnjih desetletjih je bila večina strug ponovno reguliranih z namenom hitrejšega odvajanja vode za zmanjšanje nevarnosti poplav in osuševanja kmetijskih površin, saj so prej namakane travnike so želeli spremeniti v orne površine. Večina vodotokov je še danes, vsaj v delu toka, razcepljenih v več strug, da se visoke vode razporedijo in se zmanjša verjetnost poplav v naseljih. Raziskali smo struge, po katerih se pretaka največja količina vode, saj je v njih prisotnost makrofitov največja.

V raziskavi smo opravili popis makrofitov v vodotokih in dveh stoječih vodah na obravnavanem območju. Ocenili smo pogostosti taksonov makrofitov, prisotnih na posameznih odsekih vodotokov. Izvedli smo ocenitev nekaterih okoljskih dejavnikov in ekomorfološkega stanja vodotokov. Skušali smo ugotoviti vpliv okoljskih dejavnikov na pojavljanje makrofitov.

1.2 HIPOTEZE

Predvidevali smo, da se v vodotokih nahaja veliko število vrst makrofitov in da so najbolj zastopane najbolj prilagodljive in na širšem območju najpogostejše vrste. Pričakovali smo, da je ekomorfološko stanje vodotokov slabo ter da okoljske razmere vplivajo na prisotnost in zastopanost vrst makrofitov.

2 PREGLED OBJAV

2.1 ZNAČILNOSTI VODOTOKOV

Voda je vir življenja in najmočnejša sila, ki povzroča spremembe krajine, okolij in življenja. Vodni sistemi, ki jih označuje prisotnost velike količina proste vode oz. vodnih teles, so v vseh pogledih, tudi biološko, eni najpestrejših, najbogatejših in najhitreje spreminjajočih se okolij. Zaradi tega je vodotoke težko opredeliti. Pri tem je bistveno stališče, zakaj se vodni sistem ocenjuje oz. proučuje. Med sabo primerljivi so le pogledi z istega zornega kota, sicer hitro pride do zmešnjave (Haslam, 2008).

Vodotoki so del vodnega kroga. V njih se viški padavinske vode stekajo z višjih v nižje dele krajine. Lega vodotoka v krajini je v osnovi določena s krajino samo, vodotok pa sooblikuje krajino. Vodotoki so v vseh pogledih prepleteni oz. povezani s krajino (Haslam, 1987). Vodotoki so kljub svoji relativno majhni površini glede na celotno kopno, bistveni člen ekosistemov in krajine. So v vseh pogledih, tudi biološko, med najbolj raznolikimi sistemi, ki močno obogatijo tudi biodiverziteto krajine (Kuhar in sod., 2007).

Vodotoke določajo nekatere skupne lastnosti (npr. enosmerni tok vode), vendar je njihova raznolikost tolikšna, da niti dva potoka nimata enakih fizikalnih in kemijskih razmer ter enake vrstne sestave in zastopanosti organizmov (Cummins in sod., 1984, cit. po Urbanič, 2004). Kljub temu lahko rečemo, da se v vodotokih okoljske značilnosti in združbe pojavljajo v značilnih kombinacijah oz. vzorcih. Te kombinacije se vzdolž vodotoka (dolvodno) spreminjajo (npr. pretok se večja, velikost delcev substrata se manjša). Tako so si npr. običajno vodotoki med seboj podobni v isti krajini. Znotraj odseka ali mesta vodotoka z značilno kombinacijo dejavnikov pa se pojavljajo zaplate območij, na katerih se dejavniki toliko razlikujejo, da se razvijejo različne združbe. Makrofiti se običajno pojavljajo v podolgovatih zaplatah (v velikostnem redu nekaj dm do nekaj m), ki v vodotoku tvorijo mozaik (slika 1). Zaplate makrofitov se razvijejo v navidez enakomernih razmerah, makrofiti pa ta proces še pospešijo, saj vsaka vrsta, ko se enkrat ukorenini, podpira razvoj nekoliko različnega mikrohabitata in združbe organizmov (Haslam, 2008).

Vsako poseljeno porečje postane preplet ljudi in narave. Naravni krajini (na površje) pečat vtisnejo še ljudje (Williams, 1970, cit. po Haslam, 2008). Že dolgo poseljene rečne krajine so se razvijale stoletja, in to v skladu z naravnimi danostmi, od katerih so bile odvisne. To so bile »dobre« vodne krajine. Dandanes je odvisnost od naravnih virov manjša ali je ni, urejanje krajine pa običajno vodijo kratkoročni in pogosto pohlepni ter enostranski interesi, brez načrtovanja. Kultura, to je skupek vrednot in ravnanja človeške družbe, je nevidna roka upravljanja krajine (Haslam, 2008). Kot velja za upravljanje družbe, imajo prebivalci takšno okolje (in vodotoke), kot so ga vredni (Edwards, 1962, cit. po Haslam, 2008).



Slika 1: Framski potok, odsek 22; v vodi so vrste *Potamogeton crispus*, *P. berchtoldii* in *P. pectinatus*, ob robu je predvsem vrsta *Phalaris arundinacea*

2.2 ZNAČILNOSTI MAKROFITOV

Pojem makrofitov oz. vodnih rastlin ni nedvoumno določen. Potopljene in plavajoče višje rastline lahko vedno imenujemo makrofite. Med makrofitsko vegetacijo prištevamo tudi mahove in različne vrste alg, če se razraščajo v vodi v takšnem obsegu, da tvorijo preproge, vidne s prostim očesom (slika 2). V tekočih vodah gre najpogosteje za vrste iz rodu *Cladophora* sp., v mirnejših vodah tudi za vrste iz rodu *Vaucheria* sp. in *Spirogyra* sp. (Haslam, 2008).



Slika 2: Nitaste alge, Framski potok, odsek 18

Meja med emergentnimi vodnimi rastlinami in kopenskimi rastlinami, ki rastejo ob vodi, pa je določena predvsem z namenom raziskave. Ko raziskava zajema širšo rečno združbo, je ta meja postavljena širše in zajema tudi rastline, ki rastejo višje na rečnem bregu. Če pa se osredotoča na rastlinstvo, ki je neposredno pod vplivom dejavnikov v sami reki, pa je meja postavljena ožje (Haslam, 1987). Slednje velja tudi za našo raziskavo, v kateri smo upoštevali rastline, ki so imele popolnoma potopljen vsaj koreninski sistem – to je tudi najobičajnejša značilnost, ki takson opredeli kot makrofita.

Glede na rastno obliko, način ukoreninjenja in položaj v vodnem stolpcu, makrofite razvrščamo v pet različnih skupin (Hutchinson, 1975, cit. po Golob, 2011):

- emerzni makrofiti ali helofiti (he), so rastline, ki razvijejo asimilacijske površine in večji del stebela nad vodno gladino (*Typha latifolia*, *Phragmites australis*),
- plavajoči, ukoreninjeni makrofiti (fl) imajo značilne plavajoče liste, lahko pa tudi nekaj potopljenih listov (*Trapa natans*, *Nymphaea alba*),
- plavajoči, neukoreninjeni makrofiti (ap) prosto plavajo na vodni površini, saj niso ukoreninjeni v substrat (*Lemna minor*, *Eichhornia crassipes*),
- potopljeni, ukoreninjeni makrofiti (sa) imajo večino asimilacijskih površin pod vodno gladino in so ukoreninjeni v substrat (*Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton pectinatus*),
- potopljeni, neukoreninjeni makrofiti (sp) imajo značilne potopljene liste in prosto plavajo v vodnem stolpcu (*Lemna trisulca*).

Vsi organizmi imajo sposobnost razvoja lastnosti habitusa v nekem razponu, kar smatramo kot del prilagodljivosti organizma na okolje, saj je pojav različic lastnosti odziv na različne

razmere v okolju. Nekateri makrofiti pa imajo to sposobnost razvoja različnih rastnih oblik zelo izraženo in je zato izgled različnih oblik organizma iste vrste lahko zelo različen. Takšnim vodnim rastlinam pravimo amfibijske rastline. Različna oblika iste amfibijske rastline se razvije tekom ontogenetskega razvoja kot odziv na količino vode. Najpogostejša pojavnost amfibijskih rastlin je sposobnost razvoja ali v potopljeno obliko (z vsemi morfološkimi, anatomskimi in fiziološkimi prilagoditvami, značilnimi za potopljene vrste rastlin) ali v kopensko obliko (z vsemi značilnostmi na kopnem rastočih rastlin). Za vodne rastline je značilna tudi heterofilija. To pomeni, da se lahko tudi na isti rastlini razvijejo morfološko različni listi (potopljeni, plavajoči ali običajni zračni), glede na njihov položaj v vodi (Trošt-Sedej, 2005).

Rečni sistemi so ločeni drug od drugega, zato je prenos rastlinskih razmnoževalnih struktur precej težaven, poteka npr. s pticami. Zato je značilno, da se v različnih rečnih sistemih pojavljajo različni ekobiotipi vrst ali celo hibridi. V sosednjih in glede abiotičnih dejavnikov precej podobnih vodotokih se lahko razvijejo precej različne združbe vodnih rastlin. Nasprotno ima podnebje manjši vpliv na pojavljanje vodnih rastlin, saj vodno okolje zmanjša vpliv temperatur in padavinskega režima. Tako je za vodne rastline značilna širša geografska razširjenost, kot za kopenske rastline (Haslam, 1987).

2.3 PRILAGODITVE MAKROFITOV NA RAZMERE V VODNEM OKOLJU

Za makrofite so značilne mnoge prilagoditve, ki jim omogočajo življenje v vodnem habitatu. Prilagoditve so razvite na morfološki, anatomski in fiziološki ravni. Voda je precej gostejša od zraka, kar potopljenim rastlinam omogoča vzgon in manjšo potrebo po opornih tkivih za prenašanje pritiska. Večja gostota in viskoznost povzroča večjo silo upora v gibajoči vodi, zato je v tem primeru pomembna hidrodinamična oblika rasti in prisotnost vlaknastih opornih tkiv, odpornih na vlek. Difuzija plinov je v vodi mnogo slabša kot v zraku, poleg tega večja viskoznost ustvarja izrazitejšo mejno plast ob listih. To otežuje izmenjavo plinov (Truelson, Warrington, 1994). Količina svetlobe v vodi je običajno zmanjšana in z globino hitro pada (Hoyer in sod. 2004).

2.3.1 Morfološke in anatomske prilagoditve

Morfološke in anatomske prilagoditve makrofitov na življenje v vodnem mediju imenujemo hidromorfoze (Trošt-Sedej, 2005).

Listi potopljenih rastlin so spremenjeni tako, da se poveča razmerje med površino in volumnom ter s tem izboljša izmenjava plinov ter vode in sprejemanje hranil. Zato so razcepljeni ter tanki, včasih so robovi listov valoviti. Povrhnjica je tanka ali celo manjka, tanka je tudi kutikula. Listne reže so nefunkcionalne, običajno jih sploh ni. Razvite so hidatode in hidropote. Prve omogočajo izločanje vode in s tem transpiracijo. Hidropote pa

omogočajo sprejem ionov iz vode. Zaradi manjše količine svetlobe in za boljše prehajanje plinov je mezofil tanjši in ni organiziran v stebričasto in gobasto tkivo. Veliko kloroplastov je tudi v celicah povrhnjice (Trošt-Sedej, 2005). Za zmanjšanje vodnega upora so listi nitasto razcepljeni in/ali podolgovati, so tudi zelo elastični in vsebujejo vlaknato oporno tkivo za prenašanje napetostnih sil (Truelson, Warrington, 1994).

Plavajoči listi so debelejši, enostavne oblike (okrogle ali ovalne) in imajo običajno organizirano asimilacijsko tkivo. Povrhnjica je običajno pokrita z debelo kutikulo in voski, ki omogočajo hitro odtekanje vode in z njo nečistoč z lista. Na zgornji površini lista so listne reže prisotne. Plovnost listom omogoča aerenhim. Aerenhim je tkivo, značilno za vodne rastline. To je sistem povezanih zračnih prostorov, ki prepreča vso rastlino. Omogoča jim vzgon in s tem primerno nameščenost rastline v vodnem telesu ter transport plinov po rastlini. V aerenhimu se izloča izdihan CO_2 in se lahko po njem prenaša do mest fotosinteze. Pogosto so korenine zasidrane v anaerobnem substratu in se s kisikom oskrbujejo preko aerenhima, po njem pa se odvaja CO_2 in metan. Steblo ima manj opornih in prevajalnih tkiv, običajno pa vsebuje aerenhim (Trošt-Sedej, 2005).

2.3.2 Fiziološke prilagoditve makrofitov

Fotosinteza, najznačilnejši biokemični proces avtotrofnih organizmov, je pri vodnih rastlinah bistveno omejena predvsem z zmanjšano jakostjo svetlobe in pomanjkanjem CO_2 zaradi slabe topnosti in difuzije ter velike viskoznosti vode. Voda že sicer svetlobo slabše prenaša kot zrak, senčenje pa povzročajo še sediment, obrežna vegetacija, planktonski organizmi, onesnaženje itd. Potopljene vodne rastline imajo zato nizko stopnjo fotosinteze in nizko produktivnost. Imajo nizko saturacijsko točko za svetlobo, kot senčne rastline. Imajo visoko saturacijsko točko za CO_2 , ki se kljub pomanjkanju občasno v vodi in aerenhimu pojavlja v visokih koncentracijah. Ponoči je v vodi povečana koncentracija CO_2 , to pa izkoriščajo maloštevilne vrste s CAM mehanizmom in ga skladiščijo za fotosintezo podnevi (Trošt-Sedej, 2005). Nekatere vrste lahko uporabljajo CO_2 iz substrata, ki se po aerenhimu prenaša do fotosinteznih organov (Chambers in sod., 2008, cit. po Golob, 2011).

Večina vrst emerznih in plavajočih makrofitov spada med C_3 rastline (kot večina vrst rastlin nasploh) in CO_2 fiksirajo z encimom ribuloza bifosfat (RuBP) karboksilaza oz. RuBisCO. Ta encim pa je tudi oksigenaza, ki ob preintenzivni fotosintezi (in posledično visoki koncentraciji O_2 , ki tekmuje za vezavno mesto z CO_2) izvaja fotorespiracijo in rastline obvaruje pred poškodbami s prostimi radikali. Tudi pri potopljenih C_3 rastlinah se pojavi težava, če je koncentracija O_2 povečana zaradi drugih vzrokov, npr. mešanja vode (posledično je zasičena s kisikom) ali preraščenosti makrofita z epifitskimi algami, ki proizvajajo kisik v fotosintezi. V tem primeru RuBisCO izvaja fotorespiracijo in učinkovitost fotosinteze je zmanjšana. To težavo nekaj vrst makrofitov obide s C_4

mehanizmom. Pri tem se CO₂ veže z encimom fosfoenol piruvat (PEP) karboksilazo, ki ni oksigenaza. Prisoten CO₂ se lahko povsem izrabi, saj O₂ ne tekmuje za vezavno na encimu in ne prihaja do fotorespiracije ter izgub pri fotosintezi. Ker ima PEP karboksilaza višjo aktivacijsko energijo kot RuBisCO, je večina C₄ vrst vodnih rastlin razširjena v tropskih predelih, C₃ rastline pa imajo prednost v hladnejših območjih in so razširjene v zmernih podnebnih območjih (Truelson, Warrington, 1994). Številne submerzne vrste so poleg sprejemanja CO₂ z difuzijo sposobne aktivno privzemati bikarbonatni ion, za kar pa je potrebna energija (Trošt-Sedej, 2005).

2.4 ZNAČILNOSTI VODNEGA OKOLJA, KI VPLIVAJO NA MAKROFITE

Če želimo razumeti autokologijo neke vrste moramo poznati njen odziv na posamezne okoljske dejavnike in na njihov skupni učinek (Haslam, 1987). Glede vpliva na makrofite lahko določimo lestvico, ki prikazuje pomembnost vpliva nanje: največji vpliv ima krajina (z določanjem fizikalnih parametrov toka), sledi kamninska podlaga, nato spreminjanje vodotoka tekom dolvodnosti (večanje količine vode, globine in širine, manjšanje padca, počasnejši tok, finejši substrat) in na zadnjem mestu človeške dejavnosti (Tonolli, 1976, cit. po Haslam, 1987). Fizično geografske značilnosti oz. fizični tip krajine ima na vodno vegetacijo še večji vpliv kot na kopensko. S fizično-geografskimi značilnostmi je neposredno določen značaj vodotoka oz. njegove fizikalne karakteristike, te pa so najpomembnejši omejitveni dejavnik za vodno vegetacijo. Fizikalne spremenljivke, ki so povezane s pojavljanjem vodnih rastlin na geografskem območju, so: tok vode, substrat, globina, širina in čistost vode. Pojavljanje rastlin na določenem delu vodotoka pa je odvisno od kombinacije teh parametrov (in mnogih drugih). Ker je torej v vodnih ekosistemih vključenih veliko dejavnikov, ki vplivajo na rastline, je pri odkrivanju povezav potrebna previdnost, da se vpliv ne pripiše napačnemu dejavniku (Haslam, 1987).

2.4.1 Gibanje vode

Gibanje vode oz. vodni tok je za rast makrofitov najpomembnejši dejavnik. Na makrofite vpliva neposredno, s silo vode in posredno, saj vpliva na tip substrata, ta pa je tudi zelo pomemben dejavnik za pojavljanje (Westlake, 1975, cit. po Truelson, Warrington, 1994). Sila vode oz. sila vodnega toka, ki jo povzroča kinetična energija premikajoče vode je za prisotnost večine vrst makrofitov v vodotoku najvplivnejši dejavnik. Omejujoč dejavnik je običajno največja sila vode, ki se v vodotoku pojavlja, in ne povprečni pretok. V vodotokih na odpornih kamninah in hribovitem terenu, kamor spada tudi zbirno območje vodotokov v raziskavi, voda po padavinah hitro odteka. Posledica je vodni režim z velikim razmerjem med največjimi in najmanjšimi pretoki, kar ustvarja nestabilno vodno okolje in s tem neugodne razmere za uspevanje makrofitov. Hudourniški tokovi v skrajnem primeru

spremenijo strugo za več let, saj postrgajo ali zasipajo cele odseke in pustijo za sabo prazno neporaščeno peščeno ali skalnato dno. V njih ni vodnih rastlin, revna pa je tudi obrežna vegetacija (slika 3).



Slika 3: Reka nad vodnim zadrževalnikom Požeg, odsek 31; nekaj dni po visoki vodi poleti; dno je povsem spremenjeno, spodjedanje brega, poleženo obrežno rastlinje

Za vodne rastline je vsakršen hudourniški pretok škodljiv, saj lahko potrga stebila, razcefra liste, potopi cvetoče dele ali izruva cele rastline, če so zakoreninjene le v zgornjih slojih (slika 4). Večina hudournih dogodkov se zgodi pozimi, saj predvsem odsotnost olistane vegetacije na kopnem in zmrznjenost tal močno povečata hitrost odtoka vode s površja. Zato mnoge vodne rastline preživijo zimsko obdobje v mirujočem oz. dormantnem stanju, da jih visoke vode ne prizadenejo. Zaradi tega lahko izjemno visoke vode poleti povzročijo največjo škodo vodnim rastlinam in so lahko zanje pogubne (Haslam, 1987).

Vodni tok torej vpliva na rastline s silo vode, saj jih ta lahko poškoduje ali izruva (slika 4). Prav tako pa fizični stres zaradi sile vode neposredno povzroči manjšo stopnjo fotosinteze in ostalih metabolnih procesov (Truelson, Warrington, 1994). Glede obeh dejavnikov se vrste razlikujejo v tem, pri kakšni hitrosti toka najbolj uspevajo oz. pri kakšni hitrosti se pojavijo negativni učinki (Haslam, 1987). Vodni tok ima tudi posredne učinke na vrstno prisotnost makrofitov, saj pogojuje tudi tip oz. velikost delcev substrata. Makrofiti različnih vrst pa imajo različne zahteve glede tipa substrata in so tudi zaradi tega pogostejše prisotni v toku določene hitrosti (Trošt-Sedej, 2005).



Slika 4: Rastlino vrste *Potamogeton crispus* so visoke vode delno izruvale

Najugodnejši učinek vodnega toka za potopljene makrofite je mešanje vode oz. hitrejša menjavanje mejne vodne plasti ob površini listov. S tem se poveča hitrost izmenjave plinov, katerih difuzija je v vodi veliko slabša kot v zraku. Zmeren vodni tok s povečanjem hitrosti izmenjave CO₂ zelo (nekajkrat) poveča stopnjo fotosinteze ter s tem prirastek. Hitrost vodnega toka, ki izniči negativne učinke slabe difuzije plinov, je v območju 5-10 cm/s (Truelson, Warrington, 1994). Največja pestrost makrofitov, torej ravnotežje med pozitivnimi in negativnimi učinki vodnega toka, je pri hitrosti od 0,3 do 0,5 m/s (Nilsson, 1987, cit.po Truelson, Warrington, 1994).

2.4.2 Globina vode

Globina vode je eden od pomembnejših dejavnikov (vendar za hitrostjo toka), ki določa vzorec razporeditve makrofitov v strugi. Z naraščanjem globine upada jakost svetlobe, še posebej v motni vodi, kar je v rekah pogosto, in pogoji za uspevanje potopljenih makrofitov se slabšajo. V rekah je na globini en meter običajno meja uspešne rasti makrofitov, tudi v čisti vodi pa je obsežna poraščenost v več kot 2 m globoki vodi redka (Haslam, 1987).

2.4.3 Širina struge

Vodotoke z majhno širino lahko hitreje kot širše zasenči obrežna vegetacija. Lesna vegetacija jih lahko zasenči do takšne mere, da je svetlobe za rast makrofitov premalo. V zelo ozkih vodotokih lahko tudi emerzne rastline strugo tako zasenčijo, da je onemogočena rast plavajočih in potopljenih makrofitov (slika 5). V širših vodotokih je učinek senčenja omejen na robove vodotoka. Razen opisanega, je neposredni učinek širine struge na vodno rastlinje majhen (Haslam, 1987).



Slika 5: Severni krak Hočkega potoka, odsek 6

2.4.4 Substrat

Substrat oz. usedline v strugi rastlinam nudijo hranilne snovi in možnost pritrditve. Največ hranil vsebuje muljast substrat, mulj pa je, razen v hudourniških vodotokih, primešan tudi v substrat iz večjih delcev. Praviloma so mesta z muljem vrstno pestrejša in bolj poraščena kot mesta s peščenim substratom (Truelson, Warrington, 1994). Ta povezava pa ni pretirano izrazita in jo hitro preglasijo drugi okoljski dejavniki. Tako je bolj kot optimalnost samega

substrata za določene vrste za prisotnost pomembna njegova dolgoročna (tekem več let) stabilnost (Haslam, 1987).

2.4.5 Svetlobne razmere – motnost oz. prosojnost vode

Prosojnost vode vpliva na vrstno sestavo in količino biomase potopljenih makrofitov vodotoka. Če dno doseže manj kot 10% svetlobe, potopljenih makrofitov ni, ali pa jih je zelo malo (Hoyer in sod., 2004). Motnost povzročajo predvsem sedimenti v vodi. Motnost vode zmanjša količino svetlobe in s tem upočasni rast rastlin in količino biomase, ne vpliva pa na pokritost z makrofiti in pestrost, dokler je rast zadostna za uspešno rast korenin. V vodotokih je motnost pogosto povezana z obremenjevanjem vode, ki ima za posledico zmanjšanje deleža pokritosti z makrofiti in pestrosti prisotnih vrst. Polutanti pa bolj vplivajo na makrofite neposredno, kot pa samo posredno zaradi zmanjšanja jakosti svetlobe (Haslam, 1987).

2.4.6 Suspendirane snovi

Vsebnost suspendiranih snovi v vodi vpliva na vodne rastline predvsem s tem, da potopljene rastline prejmejo manj svetlobe zaradi njenega slabšega prehajanja skozi vodo. Plast snovi, odloženih na listih zmanjša fotosintezo tudi v času, ko se je vsebnost suspendiranih snovi v vodi že zmanjšala in prosojnost same vode povečala. Na to se vrste različno odzivajo. Če se snovi intenzivno odlagajo okoli skupkov rastlin in ostalih ovir v strugi, lahko to bistveno doprinese k spreminjanju vodnega okolja (Haslam, 1987). Suspendirani delci delujejo tudi abrazivno, saj brusijo in s tem uničujejo dele rastlin (Truelson, Warrington, 1994).

Neorganske suspendirane snovi oz. majhni delci kamenine nastanejo s preperevanjem same kamninske podlage. Koliko te podlage se s površja porečja spere v vodotoke, je odvisno od mnogih spremenljivk, v prvi vrsti same geološke podlage. V prepustni podlagi voda prihaja na dan v večjih ali manjših izvirih, pri tem pa je erozija snovi s površja običajno relativno majhna. Če je kamninska podlaga neprepustna, pa se padavinska voda steka v večje tokove po površju in pri tem pobira oz. erodira preperele delce kamnine. Koliko materiala se spere, je odvisno npr. od intenzivnosti padavin in nagiba pobočij. Poleg tega je zelo pomemben dejavnik zaraščenost površja, saj ta omili intenzivnost odtoka s prestreganjem padavin in povečanjem sposobnosti zadrževanja vode v podlagi; gozd je pri tem procesu najučinkovitejši. Če vegetacije iz kateregakoli vzroka ni in so tla izpostavljena, se spiranje močno poveča (Haslam, 1987).

2.4.7 Kemizem vode

Kemizem vode je v osnovi določen z geološko podlago, ki ustvarja značilen vzorec vsebnosti raztopljenih hranil ter mikroelementov in ta ustreza značilnim združbam makrofitov. To pa je razvidno le v nespremenjenih vodotokih. Mnogo makrofitov je evrivalentnih in tolerirajo širok razpon kemičnih lastnosti vode. V spremenjenih vodotokih ti prevladajo nad združbami, značilnimi za geološko podlago, saj je za zastopanost bistvenejša splošna prilagodljivost in hitro razraščanje evrivalentnih vrst. Tudi različna raba zemlje lahko vpliva na značilen kemični vzorec in ga spremeni (Haslam, 1987).

Nižinski vodotoki na splošno vsebujejo dovolj hranil za uspevanje vseh makrofitov in ta ne predstavljajo omejitvenega dejavnika za uspevanje (Westlake, 1975, cit. po Truelson Warrington, 1994). V primerjavi z drugimi glavnimi hranili (ogljik, vodik, dušik, kisik in žveplo), je fosfor najmanj razširjen in je najpogostejše omejujoč dejavnik primarne produkcije v vodnih telesih (Wetzel, 2001, cit. po Golob, 2011). V vodi je fosfor redko prisoten v večjih koncentracijah, predvsem zaradi aktivnega privzemanja s strani primarnih producentov. Velike koncentracije v vodnih telesih kažejo na prisotnost onesnaženja, kar pospešuje produktivnost alg in evtrofikacijske procese. Zvišanje koncentracije fosforja kot posledica človeške aktivnosti velja za osnovni vzrok evtrofikacije vodnih teles (Urbanič, Toman, 2003).

Na potopljene makrofite vpliva tudi pH vode. Vpliv je predvsem posreden zaradi vpliva na obliko, v kateri se anorganski ogljik pojavlja v vodi. V kislem je pretežno v obliki CO_2 , v alkalnem pa je HCO_3^- . Pri pH vrednosti 8,3 v vodi ni več CO_2 , ves anorganski ogljik pa je v obliki HCO_3^- . Nad pH vrednostjo 8,3 se začne manjšati koncentracija HCO_3^- in naraščati koncentracija karbonatnega iona (CO_3^{2-}), ki je edina oblika ogljika nad pH vrednostjo 12. Nekatere rastline lahko sprejemajo hidrogenkarbonatni ion (HCO_3^-) in ga pretvarjajo v CO_2 . Za ta proces pa je potrebna energija. Oblika ogljika, ki so ga rastline sposobne sprejemati, pomembno vpliva na sposobnost uspevanja v določenem okolju. V pH nevtralnih vodah uspeva največ makrofitov, kislem okolju (pH pod 4) raste le malo rastlin, več jih uspeva v bazičnem okolju (pH med 10 in 11). CO_2 v reakciji z vodo tvori ogljikovo kislino, zato lahko fotosintezna aktivnost povzroči dnevno-nočna nihanja vrednosti pH. Čez dan vrednost pH naraste (manj CO_2), čez noč pa pade (več CO_2) (Urbanič, Toman, 2003, Trošt-Sedej, 2005).

2.4.8 Temperatura

Temperatura vode se spreminja počasneje ter v manjšem razponu kot na kopnem in ima manjši vpliv na pojavljanje vrst kot na kopnem. Temperatura vpliva na številne fiziološke procese, na primer na dormanco, kalitev semen in razvoj rastline, fotosintezo in dihanje (Trošt-Sedej, 2005, Haslam, 1987). Makrofiti rastejo hitreje pri višjih temperaturah. Z

naraščanjem temperature pa se manjša topnost nekaterih plinov (pomemben vpliv imajo predvsem CO₂, O₂), kar lahko upočasnjuje fotosintezo in dihanje (Urbanič, Toman, 2003).

2.5 POMEN MAKROFITOV V VODNEM OKOLJU

Vodne rastline so del naravne dediščine, zato so same po sebi vredne varstva. So pomemben del mineralnih ciklov, geokemičnih, in geomorfoloških ciklov in procesov v vodotoku in krajini. Čistijo vodo in tla in so najpomembnejši način čiščenja celinskih voda (Haslam, 2008).

Makrofiti močno povečajo površino, ki je v vodnem telesu na razpolago za naselitev mikroorganizmov oz. za razvoj biofilmov. So mesto najintenzivnejših biokemičnih procesov, ki jih izvajajo mikroorganizmi. Na njihovi osnovi se gradijo različne prehranjevalne verige. Ta učinek makrofitov je še posebej pomemben v visoko trofičnih vodnih sistemih, kjer je hitra pretvorba organskih snovi nujna za zdravje oz. stabilnost ekosistema. Makrofiti so tudi najpomembnejši naravni način za zbistritev vode (Haslam, 2008). Organski in mineralni delci koloidnih velikosti se aktivno vežejo na biofilme zaradi njihovega elektrostatskega privlaka in mrežaste strukture.

Makrofiti v vodnem okolju povečajo biodiverzitetu, saj pomagajo vzpostavljati razmere, ki naredijo habitat primeren za poselitev z drugimi organizmi (epifiti, nevretenčarji, vretenčarji). Pri tem niso toliko pomembni kot vir hrane oz. primarni producenti. Pomembnejši je njihov prispevek k povečanju površin in mikrolokacij v vodnem ekosistemu, ki nudijo življenjski prostor npr. nevretenčarjem (Cronin in sod., 2006). Zato so makrofiti primeren pokazatelj splošnega stanja vodnega okolja in njegove potencialne biotske strukture in pestrosti. Ker na makrofite vpliva veliko okoljskih dejavnikov, od fizikalnih lastnosti struge do stanja zaledja, poznavanje združbe makrofitov na nekem mestu veliko pove o tamkajšnjem okolju, prav tako pa lahko iz njenega poznavanja ocenimo še nepoznane okoljske dejavnike (Haslam, 1987, Gaberščik, 1997).

Makrofiti imajo v vodotokih tudi estetsko funkcijo oz. vrednost. Pestra združba vodnih rastlin v čistem vodotoku (ali stoječi vodi) lahko tvori estetsko dovršeno podobo različnih barv, oblik, vzorcev, tekstur ipd., h kakršni v svojem delovanju teži npr. okrasno vrtnarstvo ali krajinska arhitektura. Težnja k takšnim vizualno uravnoveženim združbam rastlin ni sama sebi namen, saj imajo dokazano pozitiven, pomirjujoč, torej zdravilen vpliv na ljudi. Prav tako je znan pozitiven in pomirjujoč vpliv, ki ga imajo na ljudi bogato zasajeni akvariji. Lahko tudi rečemo, da je vizualno oz. estetsko lep, pestro zaraščen vodotok s čisto vodo zdrav oz. stabilen in biološko bogat. V nasprotju s tem pa nižinski vodotok brez rastlin ali z malo prekomerno razširjenimi vrstami že na pogled ne deluje lepo in je tudi biološko revnejši

in manj stabilen. Tako se tudi na primeru voda potrjuje prastara resnica – kar je (izgleda) lepo, je zdravo (uravnoteženo) (Haslam, 2008).

2.6 MAKROFITI IN KAKOVOST VODE

Prisotnost in pogostost različnih vrst makrofitov odseva kakovost ekosistema kot celote (Kuhar in sod., 2012). Če so makrofiti prisotni v vodotoku, lahko iz vrstne sestave makrofitov razberemo okoljske dejavnike okolja na mestu vzorčenja. Količina hranil v vodi oz. trofično stanje vodnega telesa je eden od dejavnikov, ki določajo prisotnost vrst rastlin. Vrsta se lahko pojavlja le v okolju, v katerem so trofične razmere zanjo sprejemljive in so zanjo sprejemljivi tudi drugi dejavniki (npr. vodni tok, globina, svetlobne razmere). Vrste lahko tako razvrstimo glede na pojavljanje v okolju z različno stopnjo trofičnosti (Haslam, 1987). Evtrofikacija ima lahko za posledico povečanje biomase, spremembo v vrstni sestavi makrofitov in sčasoma vodi v zmanjšanje vrstne diverzitete. Spremembe v strukturi združbe in abundanci posameznih vrst nam lahko povedo zakaj in kako se ekosistem spreminja. Večje, ko je število vrst ali pogostejše, ko se pojavljajo, bolj natančna je diagnoza (Haslam, 2006; Gücker in sod., 2006, Scott in sod., 2000, cit. po Mehle 2010).

Združbe vodnih rastlin so uporabne za oceno prizadetosti okolja zaradi onesnaženja, saj se odzivajo nanj kot druge skupine organizmov (npr. nevretenčarji), kar se odraža v spremembi združbe. Prisotnost, pogostost in vzorec pojavljanja posredno odražajo tip obremenjevanja oziroma prisotnost različnih polutantov. Število običajnejših makrofitov, ki rastejo pri nas oz. v Evropi, je v primerjavi s kopenskimi rastlinami relativno nizko in znaša do okoli 100 vrst. Takšno število vrst si lahko zapomnimo v kratkem času, njihova velikost in opaznost pa prepoznavo še olajša, zato so še posebej primerni bioindikatorji za oceno stanja okolja (Haslam, 1987, Gabersčik, 1997).

Onesnaženje je pojav, ki v različnem obsegu, glede na intenziteto onesnaženja, povzroči spremembo združbe vodnih rastlin (Descy, 1976). Običajno je onesnaženje kemične narave - najpogostejše gre za nepredelane gospodinjske, kmetijske ali industrijske odplake ali iztoke čistilnih naprav. Kot onesnaženje se smatrajo tudi spremembe temperature ali prosojnosti vode (npr. ribniki - organsko onesnaženje). Če poslabšanje nima očitnega fizičnega vzroka, je verjetno prisotno onesnaženje. Onesnaženje zmanjša pogostost potopljenih ukoreninjenih vodnih rastlin. Tako ob določeni stopnji onesnaženja rastline rastejo ob robu vodotoka, kjer je moč/hitrost toka manjša, v sredini pa ne morejo (Haslam, 1987).

3 MESTO RAZISKAVE

Predmet raziskave so bili določeni vodotoki in dve jezери v severovzhodni Sloveniji, na zahodnem robu Dravskega polja, med Pohorjem na zahodu in osrednjim prodnatim delom Dravskega polja na vzhodu, med Bohovo na severu in Pragerskim na jugu. Območje je geografsko dokaj dobro definirano in opredeljeno kot Izgonska pokrajina (Melik, 1957; cit. po Zupančič, 2009), posebna podenota Dravskega polja. Manjši del pregledanih odsekov se nahaja nekoliko izven tega območja, na reki Polskavi na J delu Dravskega polja (glej zemljevid, priloga A). Vodotoki izvirajo na jugovzhodnem delu Pohorja in z njega pritečejo v smeri vzhoda, nato pa tečejo v smeri vzhoda in/ali juga, čez zahodni del Dravskega polja proti Dravi, v katero se posredno ali neposredno tudi iztekajo.

Del ozemlja je zaradi izjemnega, v Slovenskem in širšem prostoru pomembnega bogastva vodnih habitatov, rastlinstva in živalstva ter zaradi tega velikega pomena za varstvo narave, zavarovan kot Krajinski park Rački ribniki – Požeg. Opisovati pestrost lokacij in življa Krajinskega parka je težka in obsežna naloga, park je treba obiskati in doživeti, v vseh letnih časih (Vogrin, 1999). To bi tudi presegalo namen te raziskave, zato bomo opisovali le tiste elemente Krajinskega parka, ki se je neposredno tičejo. V Krajinskem parku ležita obe obravnavani jezera, skozenj pa teče del Framskega potoka in del Reke.

3.1 GEOLOŠKE ZNAČILNOSTI OBMOČJA

Območje raziskave leži na meji oz. stiku dveh geoloških enot, in sicer Vzhodnih Alp (Pohorje) na zahodu in panonske kotline na vzhodu. Pohorje je tektonski blok, ki je del Vzhodnih Alp in je paleozojske starosti. V osnovi magmatske kamnine so se tekom časa dvigale in spuščale ter se metamorfozirale v več stopnjah, nastali pa so predvsem skrilavi gnajsi, filiti in blestniki. V Alpidski orogenezi se je blok začel dvigati in je razpokal, vanj pa so prodrle magmatske kamnine (predvsem diorit in granodiorit), ki tvorijo osrednji, najvišji del Pohorja, saj je pokrov osnovnih metamorfnih kamnin erodiral. Te pa tvorijo obrobje Pohorja in s tem tudi porečja vodotokov raziskave. Tu je najpogostejša kamnina muskovitno-biotitov gnajs. Tako muskovit (imenovan tudi svetla sljuda) kot biotit (temna sljuda) sta sljudasta plastovita minerala in kamnine z njuno vsebnostjo so plastovite – to so skrilavci. Oba, še posebej biotit, sta neobstojna in kamnine z njuno vsebnostjo hitro preperevajo v drobnozrnato preperino, katere velik del predstavlja glina (Gregorič, 1979). Ta se s površja spira v vodotoke in ravno prisotnost velikih količin predvsem glinastih sedimentov je eden od ključnih dejavnikov, ki je sooblikovalo pokrajino in s tem vodotoke naše raziskave. Poleg tega so metamorfne kamnine obravnavanega območja pestre kemične sestave in je iz njih nastala preperina razmeroma bogata z za rastline pomembnimi hranili oz. mikro in makroelementi, npr. K, Fe, Mg, Na, Ca.

Na vzhodu Pohorja poteka tektonski prelom – Framski prelom, in vzhodno od njega se je ozemlje v zgornjem pliocenu izraziteje spustilo, nastala pa je kotlina Dravskega polja, ki je tako ena od tektonskih udorin na vzhodu Slovenije (druge so še Ptujsko polje, Mursko polje in Apaško polje). To kotlino je nato reka Drava v pleistocenu, v času ledenih dob, zapolnila s prodrom in peskom, ki sta v tem času predstavljala veliko večino obilnih rečnih sedimentov. Drava je tekla v več rokavih, kot je bilo značilno za evropske reke v času ledenih dob (Gibbard, 1988). Na satelitskih in ortofoto posnetkih so ti rokavi še vidni na njivah na osrednjem, prodnem delu Dravskega polja. Tako je sčasoma v kotlini bodočega Dravskega polja nastal vršaj, ki pada proti JV. Vršaj je, kot je za vršaje značilno, napet oz. na sredini dvignjen, ob robovih pa nižji. Tako je Dravsko polje do več 10 m debel prodnati vršaj oz. nanos, ki ne more zadržati površinskih voda in je brez vodnega omrežja (priloga A). Zato pa je eden največjih rezervoarjev podtalnice v Sloveniji (Žiberna, 1999).

Ob robovih Dravskega vršaja je teren nižji, kot na sredini. V uleknini na V strani si je strugo vrezala Drava, saj so v medledenih dobah reke začele teči po eni strugi, sedimenti pa so postali drobnejši in manj obilni (Gibbard, 1988). V uleknino na Z strani pa so vodotoki s Pohorja začeli prinašati glinasto peščeni sediment in postopoma gradili neprepustno površje, po katerem so tekli vedno dalje od Pohorja na ravnino. Na Z delu, pod Pohorjem, se na več mestih dviga višji teren, vršaji potokov (Žiberna, 1999). Uleknine med Pohorjem in Dravskim vršajem vodotoki niso nikoli povsem zasuli do višine vršaja in obstaja še danes kot vrsta zaporednih plitvih dolin, po katerih so se struge potokov obrnile proti J (Baš, 1937). Poteka od Sp. Radvanja na severu, preko Betnave, se tu obrne proti J in teče V od Razvanja, Z od Bohove, V od Sp. Hoč, Orehove vasi, Hotinje vasi in Rač, nato Z od Brezule in Podove, preko Zg. in Sp. Gorice, med Stražgonjco in Šikolami pa se izteče v široko čretno pokrajino, ki jo je izoblikovala predvsem Polskava (Pak, 1964). Baš (1937) na nekaterih mestih navaja višinsko razliko do 2-3 m med nižjim neprepustnim delom in prodnim vršajem. V času največjih voda je še danes v veliki meri poplavljen in se po njej voda pomika proti J, proti Polskavi, in ne steče naravnost na V, na Dravsko polje (Baš, 1937). Na njenem mestu, približno od Hotinje vasi na S, teče struga, t. i. Zakriženska voda, ki v suši hitro presahne, v bolj mokrem času pa teče še skozi Podovo različno daleč na J. Prav poplavne vode nam dajo slutiti, kako se je razvila neprepustna podlaga tega območja – v času visokih voda je bilo poplavljenno celotno območje te uleknine, ki je že bilo neprepustno, do višjega prepustnega proda na V, in odložilo novo plast gline. Višje kot so bile poplavne vode, dalje in višje na vršaj so segle vode in s tem glina. Tako so si potoki sčasoma zgradili neprepustno podlago, po kateri so lahko tekli po površju (glej slika 4, str. 11: pod zaplato makrofita je matična glinasta podlaga). Ko je tekom toka vodotoku strmec vršajev potokov s Pohorja (od Z proti V) popuščal ter je pritekel bližje V robu svoje naplavine in se približeval višjemu prodnemu vršaju, je začel prevladovati naklon Dravskega vršaja, to je celotnega Dravskega polja (od S proti J), in potoki so se začeli obračati proti J. Tako je nastala osnova Izgonske pokrajine (njene posebnosti so opisane v enem naslednjih poglavij), ki je le malo razgibana – v njej so plitve dolinice, nizke terase in bregovi ter kleči (kleč je peščena sipina ob vodotoku). To so

geomorfološke tvorbe, ki nam povedo, da so to krajino izoblikovali meandrirajoči vodotoki, katere je kasneje človek napeljal po svoje in ustvaril izgonsko pokrajino (Baš, 1937, Pak, 1964). Na jugu se naklon še zmanjša in razvila se je še bolj uravnana čretna krajina, ki še danes prevladuje na JZ delu Dravskega polja, J od Pragerskega. Na J omejuje Izgonsko pokrajino na SZ delu Dravskega polja. To je krajina neprepustne glinaste podlage, pogostih poplav, v osnovi dobovih gozdov. Kasneje so jih nekoliko izkrčili v travno in grmovno pokrajino z redkim drevjem, ki so jo uporabljali za pašo vseh vrst živine, tudi npr. prašičev (zelod) – to so bile vaške gmajne, zemljišča, namenjena za pašo (Belec, 1999).

Vodna vegetacija se na različnih tipih odpornih/magmatskih kamenin razlikuje, vendar razlike niso tako velike, kot npr. na različnih tipih peščenjakov. Večji del razlik gre na račun različne erodibilnosti magmatskih kamnin. Tako se, npr., v skrilavcu oblikujejo strmejše pobočja kot v granitu. Posledica je večji strmec potokov in s tem hitrost vodnega toka, ki je najvplivnejši dejavnik za uspevanje vodnih rastlin (Haslam, 1987). Tak primer je tudi Pohorje. Pokrov Pohorja oz. vršna območja so predvsem iz odpornejšega granodiorita in tu so doline, sicer še majhnih potokov precej široke. Ko pa pritečejo na skrilavec, ki na vzhodnem delu Pohorja leži pod plastmi granodiorita in tvori spodnja pobočja, postanejo doline strmejše, z mnogo strmejšimi bregovi. Tako lahko v potokih na vrhu Pohorja najdemo obilico vodnih mahov ter ponekod še žabji las in glicerijo (*Callitriche* sp., *Glyceria* sp.), v delih na skrilavih kamninah pa so zaradi večje sile vode redki še mahovi.

3.2 LEGA IN GEOGRAFSKE ZNAČILNOSTI OBMOČJA

Območje raziskave leži na stiku dveh geografskih enot, alpskega (oz. predalpskega) sveta na Z (Pohorje) in panonskega na V (Dravsko polje, Slovenske gorice). Čeprav območje v širšem smislu leži na Dravskem polju, ki mu topografsko določa značaj ravninske krajine, mu njegove bistvene značilnosti s svojimi vplivi, predvsem geološkimi in hidrološkimi, kroji Pohorje. Z glino bogate pohorske vode so namreč ustvarile pokrajino čret in izgonov, ki je geografsko ena od podenot Dravskega polja in po kateri tečejo obravnavani vodotoki. Od prodnatega Dravskega polja brez površinskih vodotokov se loči po neprepustni podlagi in številnih tekočih in stoječih vodah.

Podnebje pa že kaže značilnosti panonskega podnebja, za katero so značilne relativno velike temperaturne razlike med poletjem in zimo ter med dnevom in nočjo. Za padavinski režim pa je značilen poletni višek padavin (julij in avgust), manjši jesenski višek (novembra) in zimski minimum (februarja) (Žiberna, 1999). Poletne padavine padejo v obliki nalivov in neviht, zato razmeroma slabo namočijo zemljo. Ker so poletja vroča in spada Dravsko polje tudi med najbolj osončene predele v Sloveniji, so pogoste poletne suše, katerih učinek je na peščenih in prodnatih tleh še poudarjen. V Framu znaša povprečna letna količina padavin 1093 mm. Količina padavin pada od zahoda proti vzhodu, še posebej pa je večja na Pohorju,

saj se tu predvsem poleti pojavljajo še orografske padavine. Tako je v zgornjem delu porečja Framskega potoka in Polskave že 1400 do 1500 mm padavin letno (Atlas okolja, 2007). To dejstvo omili poletni sekundarni minimum pretokov vodotokov. Zanje je značilen snežno-dežni režim letnih pretokov (Kolbezen, Pristov, 1998). Primarni minimum pretokov je pozimi zaradi zadržanja vode v snegu, ob njegovem taljenju spomladi nastopi primarni maksimum, jeseni pa se ob frontalnih padavinah pojavi še sekundarni maksimum pretokov.

3.3 ZNAČILNOSTI VODNEGA OMREŽJA

3.3.1 Vodotoki

Vodotoki, ki so bili del naše raziskave, so v celoti regulirani ali pa (v manjši meri) še tečejo po starejših izgonskih strugah (predvsem skozi naselja). Regulacije v tem oziru pomenijo določitev in izpeljavo nove ravnejše (to je, brez meandriranja) struge v pokrajini in njena izgradnja z vnaprej določenim in izračunanim (glede na pretok) profilom struge, torej kanaliziranje vodotoka (slike 1, 5, 18, 19). Regulacije so bile izvedene v drugi polovici prejšnjega stoletja, namen pa je bila čim hitrejša odstranitev vode iz krajine - zmanjšanje nevarnosti poplav in znižanje nivoja talne vode za ustvarjanja ornih površin. Pomemben del regulacij je bilo tako poglobljanje strug vodotokov (Vogrin, 1999).

Že pred obdobjem regulacij pa so bile struge vodotokov na tem območju umetne (zgradil in določil jih je človek, glej naslednje poglavje), vendar pa je bila v tem primeru paradigma za poseganje v naravno stanje ravno nasprotna, vodo so namreč želeli čim dalje zadržati v pokrajini, jo izpeljati na območja, kjer je je primanjkovalo, in jo uporabiti za različne namene, predvsem namakanje travnikov in njiv, za pitno vodo živine in ljudi, za pogon mlinov, gojenje rib, kot vir vode za primer gašenja požarov itd. (Baš, 1937, Pak, 1964). Ponekod (manjši del dolžine) potoki še vedno tečejo po teh starih strugah, predvsem tam, kjer tečejo skozi vasi (slika 22). Del urejanja je in je bila tudi njihova bolj ali manj intenzivna večkratna cepitev v več tokov oz. strug, ki se spreminja tudi skozi čas. S tem se je vsakič »cepilo« tudi poimenovanje vodotoka, rezultat pa je popolna zmeda v poimenovanju vodotokov na tem območju, ki traja še danes (Zupančič, 2009). Znotraj neke skupine (npr. prebivalcev ene vasi, vodnogospodarske stroke, ribiškega društva, geografske stroke) in v nekem obdobju je tako poimenovanje lahko dokaj usklajeno, splošne usklajenosti pa ni. Najpogostejše poimenovanje potoka je po naselju, iz katerega priteče. Ker pa poimenovanje vodotokov ni eden od dejavnikov, ki bi vplivali na zastopanost makrofitov, se s to problematiko ne bomo pretirano ukvarjali. Za namene te raziskave naj bodo merodajne koordinate (priloga D) in zemljevidi območja (priloga A). V raziskavi so bile pregledane struge, po katerih teče največ vode, saj je v teh pojavljanje makrofitov največje. Vodotoki raziskave so namreč majhnih dimenzij in je količina vode v njih že eden pomembnejših

omejitvenih dejavnikov za uspevanje makrofitov. Sledi opis pregledanih potokov z njihovimi najpogosteje uporabljanimi in v raziskavi uporabljenimi imeni ter kraticami. Velikost potokov oz. njihovih pretokov narašča od S proti J.

Najsevernejši je Hočki potok (slika 4), ki se v Hočah dvakrat cepi, večina vode teče po dveh strugah (v naši raziskavi imenovani severni oz. južni krak Hočkega potoka oz. HS in HJ), ki se kasneje spet združita (Hočki potok oz. H) in se izlivata v kanal HE Zlatoličje.

Naslednji potok je Framski potok, ki se v Framu razcepi. Južni krak se običajno imenuje Reka, v spodnjem delu tudi Črnc (Reka oz. R v raziskavi). Reka se na koncu odseka 29 izliva v zadrževalnik Požeg, iztok iz jezera pa predstavlja začetek odseka 30 (slike 3, 21). Severni krak Framskega potoka pa se imenuje Rački potok, Rakitovec ali Framski potok (Zupančič, 2009) (v raziskavi Framski potok oz. F). Framski potok se na koncu odseka 16 izliva v Framske ribnike, začetek odseka 17 pa je iztok Framskega potoka iz ribnikov. Nato teče še skozi obsežne Račke ribnike (vanje se izliva po odseku 19), kar močno ublaži pretok (slike 1, 4, 18, 22, 23). Oba kraka se v Stražgonjci združita, vodotok se imenuje Reka (kratica R v raziskavi; slike 3, 19, 20) in se izliva v Polskavo.

Najjužneje se nahaja vodotok Polskava (P v raziskavi, slika 6), ki se zaradi velikosti že kiti z nazivom reka. Ves čas ohrani večino vode v eni strugi, teče čez cel J del Dravskega polja in se v njegovem skrajnem JV vogalu izliva v reko Dravinjo.



Slika 6: Reka Polskava tik pod sotočjem Reke (priteče z leve) in Polskave (desno)

Za vodotoke sta glede sedimenta oz. prenašanja neorganskega sedimenta značilni dve fazi, in sicer faza erozije in faza odlaganja materiala. Tekom celotnega vodotoka se ti fazi lahko večkrat zamenjata (Haslam, 1987). Zgornji tok obravnavanih potokov spada v prvo fazo, saj poteka po dokaj strmih hribovitih vzhodnem obronku Pohorja, ki se spušča na Dravsko polje. Tukaj potoki nabirajo in prenašajo velike količine sedimenta. Obravnavani vodotoki oz. njihovo vodozbirno območje so pod vplivom več dejavnikov, ki povzročijo veliko vsebnost suspendiranih snovi v vodi vsaj v času močnejših padavin. Ti dejavniki so nepropustna geološka podlaga, ki hitro prepereva (skrilavi gnajs, filit, blestnik), strma pobočja ter velik vpliv človek. Tukaj je sila vode zaradi strmca uporabljena za pogon raznih naprav. Včasih so to bile žage in mlinci, danes pa predvsem male hidroelektrarne.

Ko se nagib terena in strmec potokov zmanjša, potoki preidejo v drugo fazo in začne se usedanje suspendiranih snovi oz. sedimenta. Na tem območju se na Dravskem polju pojavi krajina izgonov in čret. Tukaj so vodotoki včasih meandrirali, kar je danes opazno le v nizkih neravninah v izgonški pokrajini (plitve dolinice, nizki bregovi in terase ter kleči). Vodotoki že tako dolgo ne tečejo po naravnih strugah, da so se zarastle in zapolnile tudi vse mrtvice. Morda so njihov ostanek maloštevilne mlake v gozdovih krajinskega parka, bivših gmajnah. Danes zapolnjeni meandri pa so še vidni na satelitskih in ortofoto posnetkih njivskih površin v čretni pokrajini ob spodnjem toku Reke in Polskave.

3.3.2 Stoječe vode

V izgonški pokrajini je v spletu okoliščin istočasno z vedno večjo izrabo in spreminjanjem vodotokov začelo nastajati vedno večje število različno velikih stoječih voda. Z neprepustno glinasto podlago, ravninskim značajem krajine in razmeroma velikimi količinami vode, ki priteka na območje s Pohorja, so ustvarjeni idealni pogoji za obstoj stoječih voda. Danes je na območju več deset večjih ali manjših jezer in ribnikov. Prve stoječe vode na območju so bile zagotovo mrtvice, ki jih dandanes ni več. Večina stoječih voda se je razvila v opuščenih glinokopnih jamah. Ob obilnih virih gline se je namreč močno razvilo lončarstvo, ki je danes ohranjeno le še na Pragerskem, kjer glino kopljejo še danes, s tem pa nastajajo vedno nova vodna telesa (Zupančič, 2009). Ta jezera pogosto niso imela dotoka površinske vode, ležala so v kotanjah in jih niso mogli izpraznjevati. Zato niso bila primerna za intenzivno ribogojstvo, ampak so bila prepuščena naravni sukcesiji in so izjemni habitati za vse skupine organizmov, vezanih na vodo. Tako se je v pragerskih glinokopnih jezerih pred približno dvema desetletjema pojavila nova populacija marsilke *Marsilea quadrifolia*, ki je na klasični lokaciji, Turnovih ribnikih, zaradi nepremišljene prenove ribnikov izginila (Vreš, Kaligarič, 1999). Na srečo začasno, danes je tukaj spet prisotna, kot smo ugotovili tudi v našem popisu.

V času fevdalnega gospodarstva so začeli graditi vodne zadrževalnike, ki so na območju raziskave običajno poimenovani ribniki. Kultura urejanja in izrabe voda je bila v fevdalnih

časih na zelo visokem nivoju. Ribniki oz. vodni zadrževalniki so imeli različne funkcije, ena od pomembnejših je bilo ribogojstvo, ki je bilo zelo domišljena gospodarska panoga. Tako so, po urbarju iz 1695, samo ob graščini Radvanje (ki leži na skrajnem severu izgonske pokrajine) imeli tri ribogojne ribnike, ribe pa so gojili tudi v grajskem obrambnem jarku. Vodo iz enega ribnika so uporabljali tudi za pogon mlina, vendar je moral mlinar paziti, da je gladina ostala dovolj visoka za ribe. Ribe so sistematično vlagali in izlavljali, omenjeno je gojenje krapov, linjev in ščuk (Mlinarič, 1978). Že za leto 1542 je ob graščini v Račah omenjenih 8 ribnikov (Kropec, 1975, cit po Vogrin, 1999).

V novejšem času so se nova jezera na območju razvila v gramoznicah – odprtih kopih gramoza na Dravskem polju, ki jih sproti zaliva podtalnica Dravskega polja. Te so izredno slikovit primer postopnega razvoja vodnega telesa od oligotrofnega stanja do eutrofnega, ki se tu običajno zgodi v nekaj desetletjih. Največji dve vodni telesi na območju, vodni zadrževalnik Požeg in vodni zadrževalnik Medvedce, pa sta nastali v 70. letih, predvsem za zagotavljanje poplavne varnosti. Dandanes se uporabljata tudi kot ribogojnici.

V raziskavi smo v dveh izmed stoječih voda območja, obe ležita (priloga A) v Krajinskem parku Rački ribniki – Požeg, opravili popis makrofitov in na eni od njih tudi oceno prisotnosti in pogostosti makrofitov na dveh presekih vodnega telesa.



Slika 7: Veliki Turnov ribnik ali Turntajht je bil leta 2016 skoraj prazen zaradi popravila pregrade; dno so prerasli emerzni makrofiti, ki sicer rastejo ob robu vode

Prva od dveh je Veliki turnov ribnik, imenovan tudi Turntajht (kratica TR v nadaljevanju; slika 7). Površina ribnika je 3 ha. Največja globina je približno 2,5 m, dno pa do največje globine prehaja postopoma (razen ob pregradi), zato je površina relativno plitve vode velika,

kar je ugodno za rast makrofitov. To je največji v skupini treh ribnikov, ki veljajo za daleč najstarejše ribnike v tem delu Slovenije in so najbrž eni izmed 8 ribnikov, omenjeni leta 1542 v bližini gradu Rače (Vogrin, 1999). Ležijo eden za drugim v eni od plitvih dolinic izgonske pokrajine, po kateri je najbrž nekdanji teklen in jo ustvaril Framski potok. Danes po njej teče in ribnike napaja majhen občasni potoček (skoraj vsako poletje presahne), ki se izceja iz njiv in gozdov JV od naselja Ješenca. Vsakega od njih na spodnji strani omejuje pregrada (z izpustnim objektom), ki je toliko visoka, kolikor je ribnik globok – poglobitve osnovnega površja, ki je značilno za glinokope, tukaj ni. To je tipično za ribogojne ribnike, da je mogoča izpraznitev ribnika zaradi izlova rib.

Drugo jezero, ki smo ga preučili, se imenuje vodni zadrževalnik Požeg (kratica ZP v nadaljevanju), zgrajen je na Reki. Površina meri 35 ha (ob visokih vodah lahko tudi več), pri tem je globina 3,5 m. Jezero je ena od mlajših stoječih voda na območju raziskave, nastalo je v 70. letih 20. stoletja. Osnovni namen je bil zadrževanje visokih voda in ta cilj je izpolnjen. Že od nastanka so želeli zadrževalniku nameniti tudi druge funkcije: bogatenje sušnih pretokov Reke, naravni (ob)vodni habitat, zaplavni prostor, namakanje, rekreacija, lov, ribolov, gojenje rib. Nekatere se tudi izključujejo. Skozi leta je bilo več poskusov usklajevanja morebitnih dodatnih dejavnosti in koriščenja, do konsenza in končne določitve prioritet pa vse do danes ni prišlo (Sovinc, 1997). Izvaja se le intenzivna ribogojna dejavnost. Prostoživeče vrste pa si v, na in ob zadrževalniku najdejo svoj prostor, kakor vejo in znajo, upoštevajoč dejansko stanje, ne pa plane. In to precej uspešno, saj je zadrževalnik zelo bogat z različnimi skupinami na vodna okolja vezanih organizmov (Vogrin, 1999).

3.4 POSEBNOSTI IZGONSKE POKRAJINE NA SZ DRAVSKEGA POLJA

Izgonska pokrajina Dravskega polja je v osnovi definirana z naravnogeografskimi značilnostmi. Še izraziteje pa je definirana z večstoletno, do nedavnega prisotno kulturo rabe voda, ki je bila do takšne mere razvita malokje, čeprav je bilo namakanje kmetijskih površin običajna praksa na slovenskem v preteklih stoletjih. Ta je omogočila intenzivnejše kmetijstvo, gostejšo poselitev kot drugod na Dravskem polju in krajini vtisnila neizbrisni pečat. Vsi vodotoki, ki na tem delu pritečejo s Pohorja, so umetno spremenjeni z glavnim namenom namakanja travniških in njivskih površin v poletni suši ter osuševanju v mokrem času leta (Baš, 1937). Najvidnejša značilnost krajine, po kateri nosi tudi ime, so izgoni. To so umetno zgrajene struge, ki imajo dno dvignjeno nad nivo krajine, nastanejo pa z premeščanjem glinasto-peščenih naplavin z dna struge na njene bregove. Izgoni so tako vodni kanali na nasipih, ki učinkovito in hitro odvajajo vodo v ravninsko krajino. Poznali so jih tudi v drugih delih Slovenije, npr. na Ljubljanskem polju (Komac, Zorn, 2007), v prekmurski pokrajini Dolenjsko, v Savinjski dolini (Baš, 1937), na Ptujskem polju in na JZ Dravskega polja (Pak, 1964).

Izgoni so le najbolj značilna morfološka oblika, ki kaže na kulturo izrabe vode. Dejanskih načinov uporabe vode je bilo veliko. Tudi sama Izgonska pokrajina ni povsem enotna, ampak se v njej pojavljajo različne kombinacije značilnosti, ki se postopoma spreminjajo in prehajajo med seboj. Vasi so pomaknjene na V do roba prodnega vršaja, saj so do sem lahko speljali potoke, ki so na produ hitro poniknili. V smeri S-J meri 18-20 km, od Zg. Radvanja na S do Sp. Polskave in Pragerskega na J. V smeri Z-V meri do 5-6 km, in sicer na J, kjer je najširša, na S pa je ožja (Pak, 1964, Baš, 1937).

Umetno speljano vodno omrežje je tvorilo osnovo za intenzivnejšo poselitev krajine. Naselitveni vzorec se je ravnal po strugah izgonov (in ne glavnih prometnicah), ob njih so nastala naselja in ceste. Izgoni so se cepili v več strug, te pa so se spet cepile dalje, da so lahko vodo napeljali po vsej krajini. Tako je nastala mreža kanalov, ki je prepredala vso krajino in je voda lahko dosegla vse obdelovalne površine. Običajno je bil en krak napeljan skozi vas in po njem je stalno tekla voda, ki so jo uporabljali za vsakdanje potrebe – gospodinjstvo, napajanje živine ter tudi za pogon mlinov. V mnogih vaseh se je voda stekala v ribnik sredi vasi, ki je prav tako služil kot zaloga vode za vsakdanje potrebe. Struge za namakanje so običajno tekle nekoliko izven vasi, med travniki. Takoj pod Pohorjem so bili zadrževalniki za zadržanje preobilnih debelejših frakcij naplavin. Na južnejšem delu so pogosto za namakanje uporabljali tudi vodo iz temu namenjenih ribnikov.

Kjer so bili izgoni zaradi bližine Pohorja lahko dvignjeni višje nad pokrajino, to je na severnem delu izgonske pokrajine (Razvanje, Hoče, Rogoza, Slivnica), je omrežje kanalov redkejše. Tu je sama pokrajina ožja (v smeri Z – V), saj so vodotoki manjši in so zasuli ožji pas polja. Zato so tla ostala bolj prodnata. Tu so vodo enostavno spustili skozi odprtine v nasipu in se je razlivala iz izгона navzdol po kmetijskih površinah, ki so se zaradi prepustnosti hitro prepojila, voda pa je hitro poniknila. Ti potoki so nekoč v celoti poniknili na polju (Baš, 1937).

Proti jugu postajajo potoki bolj vodnati, Izgonska pokrajina širša in bolj glinasta. Dalje kot so izgoni potekali, bolj so se nižali in se bližali nivoju terena ter se prelevili v struge, ki bi jih bolj primerno imenovali kanale. Ti so po potrebi služili tudi za hitrejši odtok vode po poplavih. Kjer je bila višina izgonov že bližje terenu, so vodo v strugi morali zaježiti, da je gladina narastla in je voda stekla v stranske kanale in na travnike. Tu so imeli travniki par dm visok rob, ki je zadržal vodo, da je počasi prepojila izsušena glinasta tla. Robove med travniki in tudi robove strug so zasadili z jelšami, ki vežejo dušik in odmetavajo še zeleno listje, to pa je učinkovito zeleno gnojenje. Jelšev les je dobra kurjava. Ta vzorec travnikov in jelševja je še en značilni obraz izgonske pokrajine, ki je ponekod ohranjen še danes (Vogrin, 1999).

Na strmejših skrilavih pobočjih je spiranje preperine in organskih snovi, torej tal, razmeroma veliko. Voda s takšnih območij zato v času intenzivnih padavin vsebuje veliko hranilnih

snovi (organskih in anorganskih) in je zato še posebej ugodna za namakanje kulturnih rastlin, saj učinkuje kot gnojilo (Haslam, 1987). Takšne razmere so tudi na obravnavanem območju. Tega so se domačini zavedali in to danost s pridom izkoriščali, saj so travnike najraje zalivali oz. napajali, ko je bila voda blatna (Baš, 1937). Ljudje so poznali gnojilno vrednost blatne vode tako dobro, da je to vedenje prešlo v bajko (Komac, Zorn, 2007). Namakanje prodnih površin, katerih tla so zračna in topla, je še posebej donosno. Manjka pa jim voda (jo slabo zadržujejo), glina in organske snovi – to pa jim priskrbi namakanje z blatno vodo. Ravno tak splet dejavnikov združuje hidroponično gojenje rastlin, ki se danes zaradi učinkovitosti uporablja pri intenzivnem gojenju zelenjave v rastlinjakih.

Glavna gospodarska panoga Izgonske pokrajine je bilo travništvo in na njej temelječa živinoreja. Čeprav velja območje za mokrotno, se poleti toliko izsuši, da nastopi suša. Ta traja običajno od konca junija do začetka septembra. Če niso namakali, ni bilo otave. Namakanje je bistveno povečalo količino pridelka. To velja tako za območje z glinasto podlago, še bolj pa za prodnati del Dravskega polja, kamor so poskušali napeljati čimveč vode (Baš, 1937). Krma z glinastih travnikov je slabše kakovosti in se je uporabljala za konje, s prodnatih območij je boljša in primerna tudi za govedo. Količina travne krme je bila tolikšna, da so travnike imeli v lasti tudi kmetje iz vasi na V prodnem delu Dravskega polja, kjer so do nedavna gojili veliko konj, in kmetje s Pohorja.

Za njive je teren na glini preveč mokrotan, predvsem jeseni in spomladi, kar oteži delo na njivi. Tla so tudi težka za oranje, hladna in slabo zračna. Drugače je na prodnatem območju in tukaj so njive, ki so jih tudi namakali. Ohranilo se je le izročilo o gojenju in namakanju travne vrste srakonoge (tudi kravja srakonja, jesenka ali podlep), *Digitaria sanguinalis*, in sicer v Hotinji vasi. Uporabljali so jo za svinjerejo, dokler je nista nadomestila koruza in krompir. Namakali so jo v začetni fazi rasti (Baš, 1937). V vaseh na J Dravskem polju so jo še do pred nekaj desetletji gojili (brez namakanja) na najslabši zemlji (na koncu kolobarja), zrnje krmili perjadi, zelnate dele pa drugi živini (Pak, 1964). To je trpežna, hranljiva (tudi zelnati del) in zelo rodna trava, ki dobro prenaša vročino in sušo, danes pa velja za trdovraten plevel. V preteklih stoletjih so jo v srednji Evropi gojili tudi kot žitarico, predvsem v Nemčiji in na Poljskem, in se jo zato imenuje tudi poljsko proso. Pri nas so jo razen na Dravskem polju gojili vsaj še na Ptujskem polju (Kocjan Ačko, 1999).

Izraba vode v Izgonški pokrajini se je začela že v antiki. Rimljani so zgradili pokrit, vkopan vodovod od Zlatega studenca v Framu do mesta Poetovio. Natančneje do dela mesta na desnem bregu Drave, na mestu današnje Sp. Hajdine (Lubšina, 2004). V zgodovinskih virih ni izpričano, kdaj je bilo vzpostavljeno stanje vodnega omrežja, spremenjenega v omrežje izgonov in kanalov. Vsa dejstva nastanek umeščajo v čas fevdalnega gospodarstva, natančnejša določitev žal ni znana. Tudi ustno izročilo v teh krajih pripisuje tvorbo umetnega vodnega omrežja grajskim gosposčinam. Izgoni so med drugim napajali ali se celo končali v ribnikih ob graščinah (Baš 1937, Pak, 1964). V urbarju iz 1695 so omenjeni »trije mlini na

Polskavi v Šikolah in Zg. Jablanah« (Mlinarič, 1978). To je do 4 kilometre severneje od današnjega reguliranega toka Polskave, ki teče po območju nekdanje naravne struge. Vsaj takrat je torej vodno omrežje že bilo zelo spremenjeno. Za takšno napeljavo in izrabo vode je potrebno usklajeno in skrbno delovanje na celotnem področju vodotoka, sicer hitro pride do preobilice ali pomanjkanja vode na določenih mestih. To usklajenost je omogočala centralizirana uprava fevdalnih posesti, ki so obsegale več vasi in celotne vodotoke. S takšnim vodnim gospodarstvom so fevdalni zemljiški lastniki ustvarili pogoje za kmetovanje na zemljiščih, ki so bila pred tem za to neprimerna, saj so bila del leta premokra, del leta pa presuha. S tem se je lahko ozemlje gosteje naselilo in prihodki fevdalnih lastnikov so se povečali. Kmalu po zemljiški odvezi oz. koncu fevdalne uprave so začeli celostno, usklajeno in skupno upravljanje z izgoni zanemarjati. Z dodatnimi spremembami, kot je prihod železnice, industrializacija in s tem pojav novih virov dohodka za prebivalstvo, se je pomen upravljanja voda za kmetovanje manjšal in po drugi svetovni vojni je kultura rabe vode v izgonski pokrajini zamrla (Baš 1937, Pak, 1964).

4 MATERIAL IN METODE

4.1 TERENSKO DELO

Popis makrofitov in ocenjevanje okoljskih dejavnikov smo izvajali julija in avgusta 2004. Proučevane potoke smo razdelili na odseke. Meje odsekov smo poskušali določiti tako, da je za vsak odsek značilna določena kombinacija okoljskih dejavnikov in vrstna sestava makrofitov. Meje med odseki so tako mesta, kjer se okoljski dejavniki in/ali vrstna sestava spremenijo izraziteje kot znotraj odsekov. Meje med odseki smo določili s pomočjo GPS (priloga D). Povprečna dolžina odseka je 573 metrov.

4.1.1 Popis makrofitov

Popis smo opravljali z vizualnim prepoznavanjem in ocenjevanjem vrst. Po potrebi smo rastline tudi nabrali za kasnejše določevanje. Nabrane rastlinske vrste smo določili z določevalnimi ključi: Martinčič in sodelavci (2007), Holmes N. (2005) in Preston (1995). Pri nabiranju rastlin smo si v globoki vodi pomagali tudi s palico s kavljí. Ko so bile pojavljajoče se vrste enkrat prepoznane, nabiranje večinoma ni bilo več potrebno, saj so makrofiti relativno enostavni za prepoznavo jih je mogoče prepoznati z razdalje nekaj decimetrov ali metrov.

Pogostost oz. zastopanost prisotnih makrofitov smo ocenili po 5-stopenjski lestvici (1 - posamična vrsta, 2 - redka, 3- pogosta, 4 - množična in 5 – prevladujoča; glej tudi preglednica 1), vrednost pa smo poimenovali masni index (MI), saj smo z njim želeli oceniti relativno količino (maso) vrste v vodotoku (Kohler, 1978, cit po Golob A.). Pri tem smo umeščanje v stopnje oz. razrede izvajali po občutku, okvirno pa naj bi bili različnost količine (oz. volumna, mase) makrofitov med razredi v velikostnem razredu potence na tretjo, kar je pomembno za nadaljnjo obdelavo podatkov (glej obdelava podatkov, 4.2.1). To je sicer težko doseči, vendar nima bistvenega vpliva na kvaliteto rezultatov, saj so za interpretacijo rezultatov pomembna predvsem razmerja med pogostostjo makrofitov. Za točnost rezultatov je najpomembnejše za različne vrste zagotoviti ista merila ocenjevanja oz. razviti dober občutek za sorazmerno ocenitev povečanja zastopanosti različnih vrst. To je lahko zahtevno predvsem zaradi potrebe po primerjanju količine oz. mase makrofitov, ki so različnih rastnih oblik (helofiti, plavajoči, potopljeni) in rastejo v različnih delih vodotoka, kjer so različno opazni. Potopljene makrofite se tako pri ocenjevanju biomase običajno podceni, emerzne pa preceni (Haslam, 1987).

Popisovanje smo opravili julija in avgusta 2003, v času, ko je bila voda dovolj bistra in vodostaj dovolj nizek, da so bili vidni vsi makrofiti. Takšne razmere so običajne večino

poletja, ko so tudi makrofiti najbolj razrasli in najopaznejši, zato je to najprimernejši čas za popisovanje makrofitov.

4.1.1.1 Popis makrofitov v potokih

Za popisovanje makrofitov se je kot najprimernejša metoda izkazala hoja po strugi potoka navzgor. Kjer je vodni tok najhitrejši, je podlaga najčvrstejša in hoja najlažja. Globina in hitrost toka velike večine proučevanih vodotokov to dopušča. Globlja območja v potokih so le v tolmunih pod pragovi ter deli struge v spodnjem delu Polskave. Ker pa globlja voda ne sega čez vso širino struge, se da takšna mesta obiti po robu struge. Obrežja so večinoma težko prehodna zaradi strmine brežine in goste poraščenosti, tudi s koprivami in robidami. Rob struge je večinoma tako gosto poraščen, da je pogled v strugo z brežine oviran ali nemogoč. Približanje strugi z brežine pa je težavno zaradi strmine, poraščenosti roba struge ali zamuljenosti, ki močno oteži gibanje. Zato je opazovanje struge z obrežja veliko manj učinkovito in natančno kot ob hoji po strugi. Pri tej metodi je treba omeniti tudi negativen vpliv te metode. Hoja po strugi nedvomno destruktivno deluje na strugo in ekosistem/živelj vodotoka. Na primer, tudi prisotnost velikih rastlinojedov (domačimi ali divjimi) na obrežju in plitvinah voda ima zelo lahko negativen vpliv na obraščenost in s tem na ekološko stanje voda (Haslam, 2008). V kolikšni meri, je odvisno od tipa vodotoka, načina in pogostosti hoje itd. Pri naši raziskavi smo ocenili, da ta vpliv ni velik. Zato je bila ta metoda uporabljena v raziskavi.

4.1.1.2 Popis makrofitov v stoječih vodah

V obeh vodnih telesih smo popisali prisotnost makrofitov z obhodom brežine, torej po bregu ali plitvi vodi ob bregu. S tem smo zajeli rastline (večinoma emerzne rastline oz. helofite), ki rastejo ob bregu, v plitvi vodi. V Turnovem ribniku smo za nadaljnjo natančnejšo raziskavo v ribniku določili dva preseka, od roba ribnika proti sredini, ki sta segala vsaj tako daleč v globoko vodo, dokler so bile prisotne potopljene ukoreninjene rastline. Pri pregledu smo v globlji vodi uporabili čoln, pomagali smo si tudi s palico s kavlji. Na teh dveh presekih smo s pomočjo čolna vsakih nekaj metrov opravili popis in ocenili pogostost makrofitov. V zadrževalniku Požeg smo poleg popisa makrofitov z obrežja opravili tudi pregled jezera s čolnom.

4.1.2 Okoljska ocena vodotokov

V vsakem odseku vodotoka smo opravili tudi širšo okoljsko oceno z ovrednotenjem 12 okoljskih spremenljivk, in sicer: raba zemljišča za obrežnim pasom, nekatere značilnosti obrežnega pasu (širina, sklenjenost in tip zarasti) in nekatere značilnosti struge (zadrževalne

strukture v strugi, oblika struge, sediment v njej, struktura brega, njegovo spodjedanje, tip substrata dna, prisotnost detrita in vijuganje vodnega toka). Uporabili smo metodo RCE (Riparian, Channel, and Environmental inventory – popis brežine, struge in okolice), ki jo je uvedel Petersen (1992) in je bila razvita za primerjavo ekomorfološkega stanja majhnih vodotokov na kmetijskih območjih s potencialnim naravnim stanjem vodotoka. Stanje vsake spremenljivke smo umestili v enega od štirih vrednostnih razredov, ki mu pripada določeno število točk – največ točk dobi čimbolj naravno stanje, najmanj pa najbolj osiromašeno stanje. Seštevek točk omogoča umestitev stanja vodotoka v enega od 5 kakovostnih razredov, ki opisujejo ekomorfološko stanje vodotoka (Urbanič, Toman, 2003). Obrazec za ocenjevanje okoljskih spremenljivk in opis ugotovljenih kakovostnih razredov je v prilogi B.

4.2 OBDELAVA PODATKOV

4.2.1 Pojavljanje in pogostost makrofitov

Podatke o prisotnosti in pogostosti makrofitov (priloga E) smo vnesli v preglednico programa MS Excel in jih obdelali s pomočjo računalniškega programa, ki ga je po metodologiji, povzeti po Pall in Janauer (1995), priredil Milijan Šiško. Iz podatkov o prisotnosti in pogostosti makrofitov, merjeno po petstopenjski lestvici, smo izračunali vrednosti RPA (Relative Plant Abundance; sorazmerna zastopanost rastlinske vrste; sorazmerni delež mase rastlinske vrste; delež izračunane mase določene vrste makrofita glede na izračunano maso vseh rastlin), MMI (Median Mass Index; povprečni MI vrste), MMT (Median Mass index in Total area; povprečni MI vrste na vseh pregledanih odsekih), MMO (Median Mass index where Occured; povprečni MI vrste samo na odsekih, kjer se je pojavljala) in d (razmerje med MMT in MMO; pove nam delež odsekov, v katerih se je vrsta pojavljala).

Pri obdelavi smo po petstopenjski lestvici ocenjene vrednosti za pogostost, pripisane vrstam, torej uporabili kot merilo za maso oz. zastopanost rastlin neke vrste v pregledanem odseku. Pogostost makrofitov smo v izračunih uporabili kot masni indeks (MI), ki je z dejansko biomaso (PM) povezan s funkcijo $f(x) = X^3$ (Melzer in sod., 1986, Janauer, 1993) (preglednica 1).

Preglednica 1: Pet stopenjska lestvica za oceno zastopanosti vrste in povezanost masnega indeksa ter dejanske biomase (povzeto po Pall in Janauer, 1995)

Ocena zastopanosti vrste	Masni indeks (MI)	Dejanska biomasa (PM)
Posamična	1	1
Redka	2	8
Pogosta	3	27
Množična	4	64
Prevladujoča	5	125

Za računanje kvantitativne pomembnosti določene vrste v odseku smo uporabili relativno rastlinsko abundanco (RPA, enačba 1) (Pall, Janauer, 1995). Ta nam predstavi podatke o dejanskih razmerjih biomas različnih vrst makrofitov.

$$RPA_x[\%] = \frac{\sum_{i=1}^n (PA_{xi} \cdot L_i) \cdot 100}{\sum_{j=1}^k (\sum_{i=1}^n (PA_{ji} \cdot L_i))} \quad \dots(1)$$

RPA_x = relativna zastopanost vrste x

PA_{xi} = zastopanost vrste x v odseku i

L_i = dolžina odseka i

x = posamezna vrsta

i = posamezen odsek

j = posamezna vrsta

Vrednosti MMI, MMT, MMO in d, ki smo jih izračunali po naslednjih enačbah, nam dajejo podatke o vzorcu razporeditve vrst.

$$MMT = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^n MI_i^3 \cdot AL_i}{GL}} \quad \dots(2)$$

$$MMO = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^n MI_i^3 \cdot AL_i}{\sum_{i=x}^n AL_i}} \quad \dots(3)$$

$$d = \frac{MMT^3}{MMO^3} \quad \dots(4)$$

MI_i = masni indeks vrste v odseku i

AL_i = dolžina odseka i, v katerem je bila vrsta prisotna

GL = skupna dolžina vseh odsekov

Rastlinske vrste so lahko razporejene relativno homogeno in se pojavljajo v vseh pregledanih odsekih, ali pa nezvezno, gručasto in se pojavljajo le v manjšem številu odsekov. Velik MMT pomeni, da je določena vrsta pogosta in/ali prisotna na večji dolžini litorala. MMO pa nam pove, kako pogosta je bila vrsta v samo tistih odsekih, kjer se je pojavljala. Vrednost d je razmerje med MMT in MMO in nam pove vzorec pojavljanja vrste na pregledanem območju oz. pomeni delež odsekov, v katerih je bila vrsta prisotna. Bolj kot sta vrednosti podobnih velikosti, po večjem delu pregledanega območja je vrsta prisotna in večja je

vrednost d. Večja kot pa je razlika med MMO in MMT, bolj se kaže drugi vzorec razporeditve in vrsta je prisotna v manjšem delu odsekov pregledanega območja.

4.2.2 Širša okoljska ocena vodotokov

Z metodo RCE (Riparian, Channel, and Environmental inventory – popis brežine, struge in okolice), ki jo je uvedel Petersen (1992), smo na vsakem odseku ocenili 12 okoljskih spremenljivk oz. dejavnikov okolja. Vsako smo umestili v enega od štirih razredov, ki mu pripada določeno število točk. Seštevek točk vseh 12 spremenljivk umesti okoljsko oz. ekomorfološko stanje odseka vodotoka v enega od 5 kakovostnih razredov. Večje kot je število točk, boljše je stanje vodotoka (Urbanič in Toman, 2003). Število točk za vsak okoljski dejavnik za vsakega od odsekov, seštevek točk za vsak odsek in temu številu točk ustrezajoč kakovostni razred odseka vodotoka smo vnesli v tabelo v programu Excel (priloga C). Na podlagi te tabele smo v programu Excel izdelali tudi stolpični grafikoni (sliki 14 in 15). Tako so ocene za vsak okoljski dejavnik in njihov seštevek oz. kakovostni razred odseka lažje predstavljeni.

4.2.3 Kanonična korespondenčna analiza - CCA

S kanonično korespondenčno analizo smo poskušali ugotoviti povezavo med okoljskimi spremenljivkami in prisotnostjo in pogostostjo vrst. Pri tej analizi se predpostavlja, da prisotnost in pogostost vrst vzdolž okoljskega gradienta sledi Shelfordovem zakonu tolerance, po katerem vsaka vrsta najbolje uspeva pri določeni vrednosti opazovane okoljske spremenljivke, kjer je optimum te vrste. Tako vrsta najbolje uspeva in je najpogostejša pri zanj optimalni vrednosti določenega dejavnika, pri oddaljevanju od optimalne vrednosti pa se pogoji za vrsto slabšajo in se njena pogostost manjša (Odum, 1971).

Rezultati CCA so predstavljeni z ordinacijskimi diagrami, kjer je velikost vpliva določenega okoljskega dejavnika ponazorjena z dolžino vektorja. Določen dejavnik najbolj vpliva na tiste makrofite, ki se nahajajo vzdolž vektorja, ki ta dejavnik ponazarja. Mesto pojavljanja vrste na vektorju prikazuje za to vrsto optimalno vrednost dejavnika oz. nišo vrste vzdolž gradienta. S kombinacijo več okoljskih dejavnikov dobimo diagram, ki predstavlja sestavljen okoljski gradient, vrste pa so umeščene v diagram glede na njihove optimume uspevanja za različne dejavnike (Urbanič, 2004).

Za analizo smo uporabili program CANOCO 4.5 (Software for Canonical Community Ordination, verzija 4.5) (Ter Braak, Verdonschot, 1995).

5 REZULTATI

5.1 POJAVLJANJE IN RAZPOREDITEV MAKROFITOV

5.1.1 Vrstna sestava makrofitov

5.1.1.1 Vrstna sestava makrofitov v vodotokih

Pri popisu rastlin v vodotokih smo našli 52 taksonov višjih rastlin, mahove in tri taksone (rodove oz. višje skupine) alg (preglednica 2). Vse skupaj smo torej našli 56 taksonov. Preproge nitastih zelenih alg so označene s kratico "Alg fil". Mahovi so združeni v takson *Bryophyta* (Bry). Izmed višjih rastlin so štiri določene samo do nivoja rodu. Pri rodu *Sparganium* gre za vrsti *S. erectum* in *S. emersum*, ki se ju da enostavno ločiti le ob cvetenju. Večina rastlin pa ni cvetela in sta zato obe vrsti združeni v eno kategorijo. Pri rodu *Polygonum* gre za *P. mite* in *P. hydropiper*, ki pa ju je prav tako težavno razlikovati v necvetoči fazi, ki se je pojavljala. Vsaj 12 taksonov lahko prištevamo med amfibijske rastline (*Alisma plantago-aquatica*, *Callitriche* sp, *Lysimachia vulgaris*, *Lythrum salicaria*, *Mentha aquatica*, *Nymphaea alba*, *Polygonum* spp., *Potamogeton natans*, *Potamogeton nodosus*, *Ranunculus circinatus*, *Sparganium* spp., *Veronica anagalis-aquatica*). Pri osmih od teh taksonov pa smo tudi našli razvite morfološko različne tipe listov (na isti rastlini ali na različnih rastlinah), in sicer potopljene in nadvodne (*L. vulgaris*, *Polygonum* spp., in *V. anagalis-aquatica*), potopljene in plavajoče (*Callitriche* sp, *P. natans* in *P. nodosus*) ali potopljene, plavajoče in nadvodne (*A. plantago-aquatica*, *Sparganium* spp.). Najpogostejši rod rastlin je *Potamogeton* s šestimi vrstami. To je primerljivo s podatki raziskave Kuhar in sod. (2012), opravljene v 40 slovenskih vodotokih, kjer je bilo popisanih 8 vrst iz rodu *Potamogeton*.

Osem vrst oz. rodov višjih rastlin nismo vključili v obdelavo podatkov, saj jih običajno ne prištevamo med makrofite. Vrednost RPA oz. zastopanost teh vrst je bila nizka in zato tudi nimajo velike vloge v ekologiji vodotokov. Tako je bilo v obdelavo podatkov in izračun statističnih vrednosti vključenih 48 taksonov.

Preglednica 2: Seznam makrofitov, popisanih v vodotokih

Latinsko ime	Slovensko ime	Okrajšava	Oblika	Vodotok
<i>Agrostis stolonifera</i> L.	plazeča šopolja	Agr sto	he	H, F, R, P
<i>Algae filamentose</i>	nitaste alge	Alg fil	sp	H, F, R, P
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	trpotčasti porečnik	Ali pla-aqu	he, fl, sa	H, F, R, P
<i>Armoracia rusticana</i> G. M. Sch.*	navadni hren	Arm rus	he	H, F, R, P
<i>Bryophyta</i>	mahovi	Bry	sa	F, R, P ?
<i>Callitriche</i> sp.	žabji las	Cal pal	sa, fl	F, R, P
<i>Caltha palustris</i> L.	navadna kalužnica	Calt pa	he	H, F
<i>Carex</i> sp.*	šaš	Car sp.	he	H, F, R, P
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	navadni rogolist	Cer dem	sp	H
<i>Characeae</i>	parožnice	Cha sp.	sa	H, F, P
<i>Cirsium oleraceum</i> (L.) Scop.*	mehki osat	Cir ole	he	F
<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem et Schult	močvirska sita	Ele pal	he	H,
<i>Elodea canadensis</i> Michx.	vodna kuga	Elo can	sa	H,
<i>Epilobium hirsutum</i> L.	dlakavi vrbovec	Epi hir	he	H, P
<i>Hemerocallis</i> sp.*	maslenica	Hem sp.	he	H
<i>Hydrodictyon</i> sp.	hidrodiktion	Hyd sp.	sp	H
<i>Glyceria maxima</i> (Hartm.) Holmb.	velika sladika	Gly max	he	F, P
<i>Iris pseudacorus</i> L.	vodna perunika	Iri pse	he	H, F, R, P
<i>Juncus articulatus</i> L.	bleščečeploidno ločje	Jun art	he	R
<i>Juncus effusus</i> L.	navadno ločje	Jun eff	he	H, F, R, P
<i>Juncus inflexus</i> L.	sivozeleno ločje	Jun inf	he	F
<i>Leersia oryzoides</i> (L.) Sw.	navadna rižolica	Lee ory	he	H, F, R, P
<i>Lemna minor</i> L.	mala vodna leča	Lem min	ap	H, R
<i>Lycopus europaeus</i> L.	navadni regelj	Lyc eur	he	H, F, R, P
<i>Lysimachia vulgaris</i> L.*	<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	Lys vul	he, sa	H, F, R
<i>Lythrum salicaria</i> L.	navadna krvenka	Lyt sal	he	H, F, R, P
<i>Mentha aquatica</i> L.	vodna meta	Men aqu	he	R
<i>Mentha longifolia</i> (L.) Huds.	dolgolistna meta	Men lon	he	F, R, P
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	klasasti rmanec	Myr spi	sa	H, F, R, P
<i>Najas marina</i> L.	velika povodnica	Naj mar	sa	F, R, P
<i>Najas minor</i> All.	mala povodnica	Naj min	sa	R
<i>Nasturtium officinale</i> R.Br.	navadna vodna kreša	Nas off	he	H, F, R, P
<i>Nymphaea alba</i> L.	beli lokvanj	Nym sp.	fl	F
<i>Phalaris arundinacea</i> L.	pisana čužka, pisanka	Pha aru	he	H, F, R, P
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	navadni trst	Phr aus	he	H, R
<i>Polygonum</i> spp.	dresen	Pol spp.	he, sa	H, F, R, P
<i>Potamogeton berchtoldii</i> Fieber	Berchtoldov dristavec	Pot ber	sa	H, F, R, P
<i>Potamogeton crispus</i> L.	kodrasti dristavec	Pot cri	sa	H, F, R, P
<i>Potamogeton natans</i> L.	plavajoči dristavec	Pot nat	fl, sa	F
<i>Potamogeton nodosus</i> Poir.	kolenčasti dristavec	Pot nod	fl, sa	H, F, R, P
<i>Potamogeton pectinatus</i> (L.) Börner	češljasti dristavec	Pot pec	sa	F, R, P

se nadaljuje

nadaljevanje preglednice 2

Preglednica 2: Seznam makrofitov, popisanih v vodotokih

Latinsko ime	Slovensko ime	Okrajšava	Oblika	Vodotok
<i>Potamogeton trichoides</i> Cham. & Schldl.	lasasti dristavec	Pot tri	sa	F, R
<i>Ranunculus circinatus</i> Sibth	razkrečeno listna vodna zlatica	Ran sp.	sa	F, R, P
<i>Rumex hydrolapathum</i> Huds.	konjska kislica	Rum hyd	he	H, R
<i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla	jezerski biček	Sch lac	he	H
<i>Scrophularia umbrosa</i> Dumort.	krilata črnobina	Scr umb	he	H, F, R
<i>Solanum dulcamara</i> L.*	grenkoslad	Sol dul	he	H, F, R, P
<i>Sparganium</i> spp.	ježek	Spa spp.	he, fl, sa	H, F, R, P
<i>Spirodela polyrhiza</i> (L.) Schleid.	navadna žabja leča	Spi pol	ap	F, R
<i>Stachys palustris</i> L.*	močvirski čišljak	Sta pal	he	H
<i>Symphitum officinale</i> L.*	navadni gabez	Sym off	he	H, F, R, P
<i>Trapa natans</i> L.	vodni orešek	Tra nat	fl	H, R
<i>Typha latifolia</i> L.	širokolistni rogoz	Typ lat	he	H
<i>Utricularia vulgaris</i> L.	navadna mešinka	Utr vul	sp	F, R
<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L.	vodni jetičnik	Ver ana-aqu	he	H
<i>Veronica beccabunga</i> L.	studenčni jetičnik, bobovnik	Ver bec	he, sa	H, F, R

he - emerzni makrofiti, fl- plavajoči, ukoreninjeni makrofiti, ap - plavajoči neukoreninjeni makrofiti, sa - potopljeni, ukoreninjeni makrofiti, sp - potopljeni, neukoreninjeni makrofiti ; na prvem mestu je pogostejša oblika

* - vrsta ni vključena v obdelane podatke

H - Hočki potok, F - Framski potok, R - Reka, P - Polskava

Od 56 popisanih taksonov jih je bilo 22 potopljeno rastočih. 7 prisotnih vrst je imelo razvite plavajoče liste. Večina je bila nad vodo rastočih, 34 taksonov. Pri 8 taksonih so se pojavljale različne rastne oblike osebkov ali pa so bili na isti rastlini razviti različni tipi listov. Samo v enem od vodotokov se je pojavljalo 16 taksonov, ostali so se pojavljali v več vodotokih.

5.1.1.2 Vrstna sestava makrofitov v Velikem Turnovem ribniku in Zadrževalniku Požeg

V TR smo popisali 27 vrst rastlin (preglednica 3), večina od teh je helofitov, so pa v TR bili prisotni tudi makrofiti drugih rastnih oblik (potopljene in plavajoče, oboje pritrjene in nepritrjene) razen emerzne rastne oblike.. Vrst makrofitov s plavajočimi listi je bilo 7, dve vrsti s potopljenimi in plavajočimi listi.

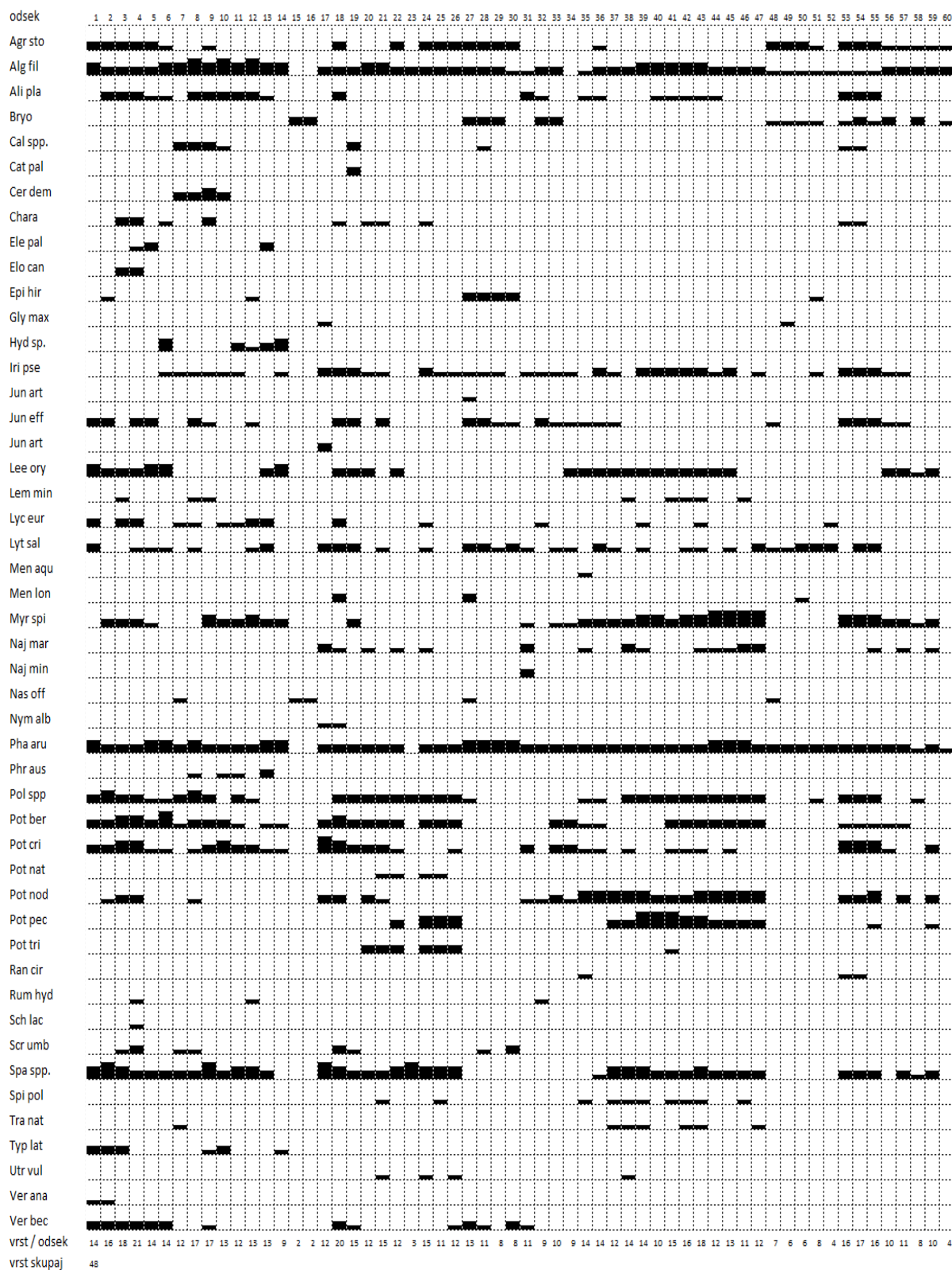
Pri popisu rastlin v ZP smo našli 14 vrst makrofitov (preglednica 3), vsi so bili emerzne rastne oblike in so rasli ob bregu. Pri tem smo ugotovili, da so na bregu rastoče emerzne rastline edine vodne rastline v ZP. Plavajoče in potopljene rastline so bile v času raziskave povsem odsotne.

Preglednica 3: Seznam makrofitov, popisanih v obeh stoječih vodah

Latinsko ime	Slovensko ime	Okrajšava	Oblika	Ribnik
<i>Acorus calamus</i> L.	pravi kolmež	Aco cal	he	T
<i>Algae filamentose</i>	nitaste alge	Alg fil	sp	T
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	trpotčasti porečnik	Ali pla-aqu	he	T
<i>Bidens tripartita</i> L.	tridelni mrkač	Bid tri	he	T
<i>Carex</i> sp.	šaš	Car sp.	he	T, P
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	navadni rogolist	Cer dem	sp	T
<i>Cyanophyceae</i>	modrozelenke	Cya	ap	T
<i>Epilobium hirsutum</i> L.	dlakavi vrbovec	Epi hir	he	P
<i>Glyceria maxima</i> (Hartm.) Holmb.	velika sladika	Gly max	he	T
<i>Iris pseudacorus</i> L.	vodna perunika	Iri pse	he	T, P
<i>Juncus effusus</i> L.	navadno ločje	Jun eff	he	T, P
<i>Lemna minor</i> L.	mala vodna leča	Lem min	ap	T
<i>Leersia oryzoides</i> (L.) Sw.	navadna rižolica	Lee ory	he	P
<i>Ludwigia palustris</i> (L.) Elliott	močvirska ludvigija	Lud pal	he, sa	T
<i>Lycopus europaeus</i> L.	navadni regelj	Lyc eur	he	T, P
<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	Lys vul	he	T
<i>Lythrum salicaria</i> L.	navadna krvenka	Lyt sal	he	P
<i>Marsilea quadrifolia</i> L.	štiriperesna marzilka	Mar qua	fl	T
<i>Najas marina</i> L.	velika povodnica	Naj mar	sa	T
<i>Najas minor</i> L.	Mala povodnica	Naj min	sa	T
<i>Peucedanum palustre</i> (L.) Moench	močvirski silj	Peu pal	he	T
<i>Phalaris arundinacea</i> L.	pisana čužka, pisanka	Pha aru	he	P
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	navadni trst	Phr aus	he	P
<i>Polygonum</i> spp.	dresen	Pol spp.	he	T, P
<i>Potamogeton natans</i> L.	plavajoči dristavec	Pot nat	fl	T
<i>Potamogeton nodosus</i> Poir.	kolenčasti dristavec	Pot nod	fl	T
<i>Potamogeton trichoides</i> Cham. & Schldtl.	lasasti dristavec	Pot tri	sa	T
<i>Riccia</i> sp.	ričija	Ric sp.	fl	T
<i>Rorripa amphibia</i> (L.) Bess.	prava potočarka	Ror amp	he	P
<i>Scrophularia umbrosa</i> Dumort.	krilata črnobina	Scr umb	he	P
<i>Sparganium</i> spp.	ježek	Spa spp.	he	T, P
<i>Spirodela polyrrhiza</i> (L.) Schleid.	navadna žabja leča	Spi pol	ap	T
<i>Trapa natans</i> L.	vodni orešek	Tra nat	fl	T
<i>Typha latifolia</i> L.	širokolistni rogoz	Typ lat	he	T, P

he - emerzni makrofiti, fl- plavajoči, ukoreninjeni makrofiti, ap - plavajoči neukoreninjeni makrofiti, sa - potopljeni, ukoreninjeni makrofiti, sp - potopljeni, neukoreninjeni makrofiti

T - Turnov ribnik, P - zadrževalnik Požeg



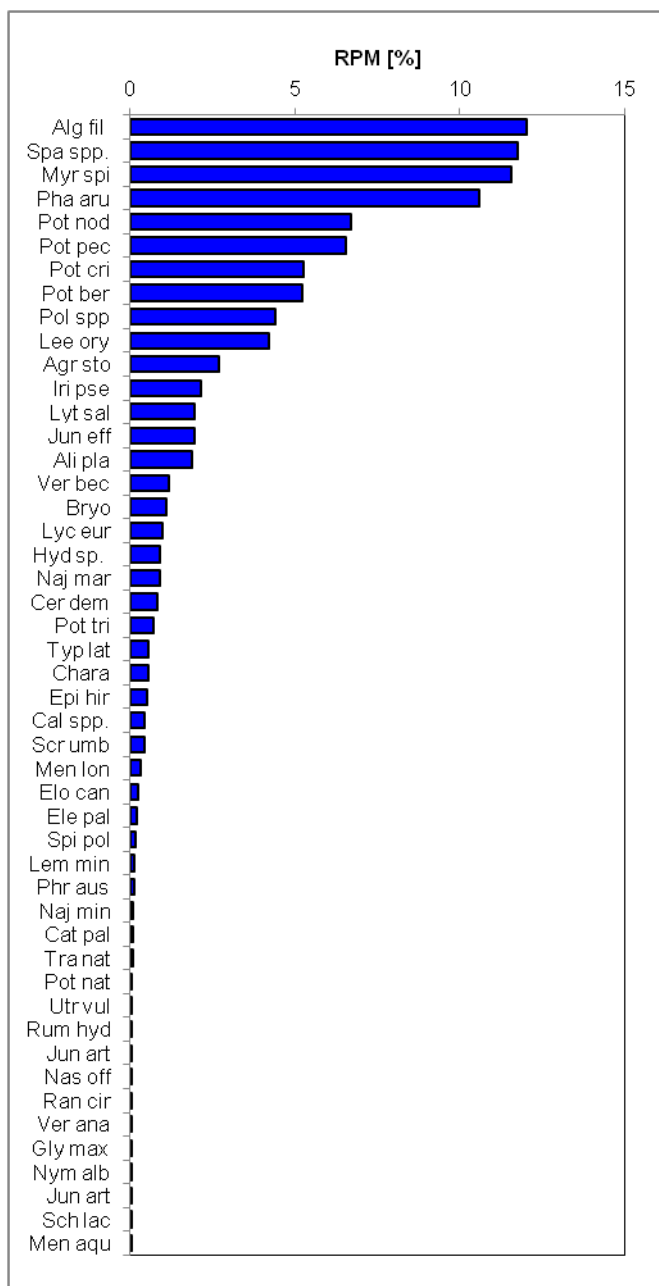
Slika 8: Prisotnost in pogostost (MI) makrofitov v potokih; številke odsekov pomenijo: 1-6 HS, 7-10 HJ, 11-14 H, 15-16 F nad Framskimi ribniki, 17-19 F med Framskimi ribniki in Račkimi ribniki, 20-26 F pod Račkimi ribniki, 27-30 R nad ZP, 31-36 R pod ZP, 37-47 R, 48-52 prvi del P, 53-55 drugi del P, 56-60 tretji del P

5.1.2 Prisotnost in pogostost makrofitov na posameznih odsekih

5.1.2.1 Prisotnost in pogostost makrofitov na posameznih odsekih potokov

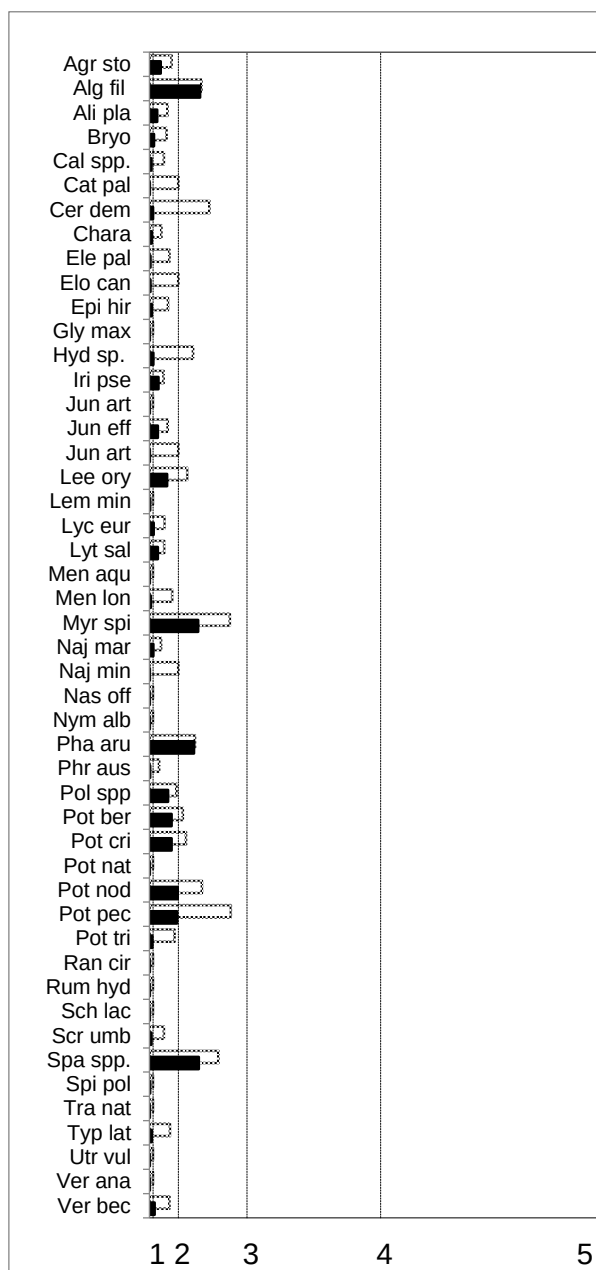
Prisotnost in pogostost makrofitov (prikazana s petstopenjsko lestvico, glej 4.1.1.1) na posameznih odsekih prikazuje slika 8. Za oštevilčenje odsekov glej zemljevid v prilogi A.

Tabele masnih indeksov vrst v odsekih so v prilogi E. Za boljšo predstavitev lege odsekov glej zemljevid v prilogi A. Razporeditev makrofitov je dokaj enakomerna in se znotraj nekega pregledanega dela potoka (ki vsebuje več odsekov) le malo spreminja, spremembe pa so dokaj zvezne. Tako lahko rečemo, da ima vsak posamezen potok oz. del potoka neko značilno sestavo in razmerje makrofitov. Tako lahko že s pogledom na sliko 8 določimo, kateri odseki predstavljajo nek potok ali sklenjen del potoka. Razlika v razporeditvi makrofitov pa je med posameznimi potoki oz. deli potokov. precejšnja in dobro opazna. V enem odseku se je pojavljalo največ 20 vrst.



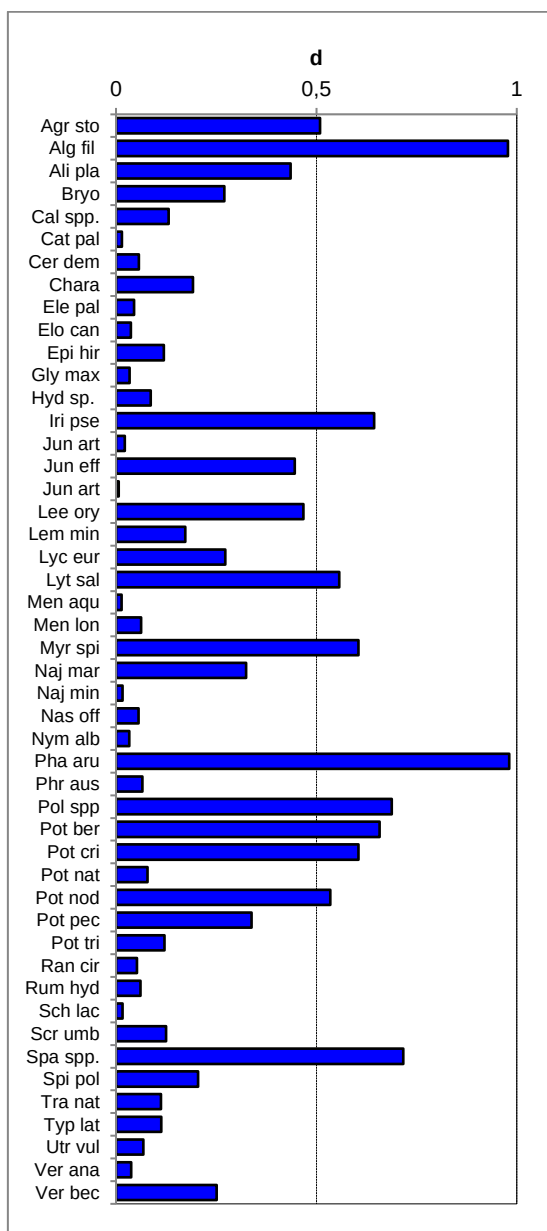
Slika 9: Relativna zastopanost makrofitov v potokih; kratica RPM ustreza sicer uporabljeni kratici RPA

Slika 9 prikazuje relativno rastlinsko zastopanost (RPA) oz. masni delež posameznih taksonov rastlin, popisanih v raziskavi potokov. Taksoni imajo zelo različno RPA. Nekaj jih dosega vrednosti čez 10%, polovica pa jih ne dosega niti 1% RPA. Tako vidimo, da je v potokih prisotno relativno veliko vrst oz. taksonov makrofitov, v večjem obsegu pa se jih pojavlja le majhen del.



Slika 10: Povprečni masni indeks za posamezne vrste makrofitov v vodotokih; črna barva – MMT, povprečni masni indeks vrste na celotnem vodotoku; bela barva – MMO, povprečni masni indeks samo v odsekih, kjer se je vrsta pojavljala

Slika 10 prikazuje povprečne masne indekse, ki so jih dosegli makrofiti. Štirje taksoni so dosegli MMT nad 2, ostale imajo MMT manj kot 2. To so isti štirje taksoni, ki izstopajo tudi glede RPM. Vrednosti MMO kažejo, da so se tudi nekateri drugi taksoni pojavljali v velikem obsegu in dosegli MMO med 2 in 3, seveda le v odsekih, kjer so se pojavljali. Takšna taksona sta npr. *Ceratophyllum demersum* in *Hydrodictyon* sp.

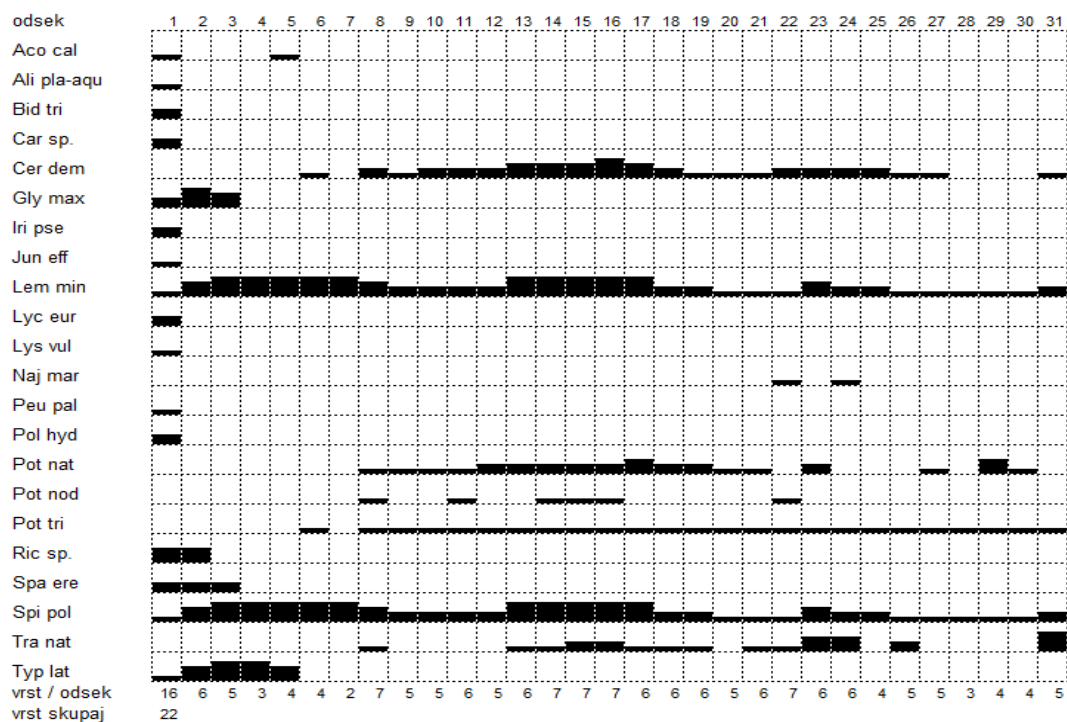


Slika 11: Delež odsekov vodotokov (d), kjer se je določena vrsta pojavljala

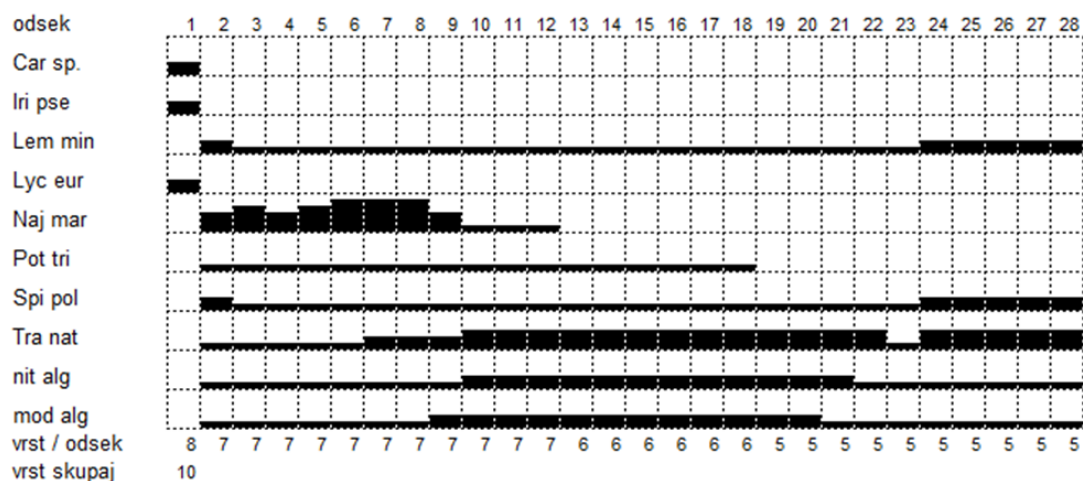
Slika 11 prikazuje vrednosti d, ki so razmerje med MMT in MMO in dejansko prikazujejo delež odsekov vodotokov od vseh pregledanih odsekov, na katerih je bil takson prisoten. Tako je razvidno, kateri se pojavljajo le občasno in kateri so splošno razširjeni na območju. 11 taksonov, to je samo približno petina (20%) vseh popisanih, se pojavlja na vsaj polovici odsekov. Torej je le petina razširjenih na več kot polovici pregledanega območja, ostali pa se pojavljajo le ponekod, lahko pa se tu pojavljajo precej pogosto (glej razlike med MMT in MMO, slika 4).

5.1.2.2 Prisotnost in pogostost makrofitov v stoječih vodah

Pri obeh presekih v TR (sliki 12 in 13) dno enakomerno pada od roba proti sredini. Odseki so enakih dolžin.



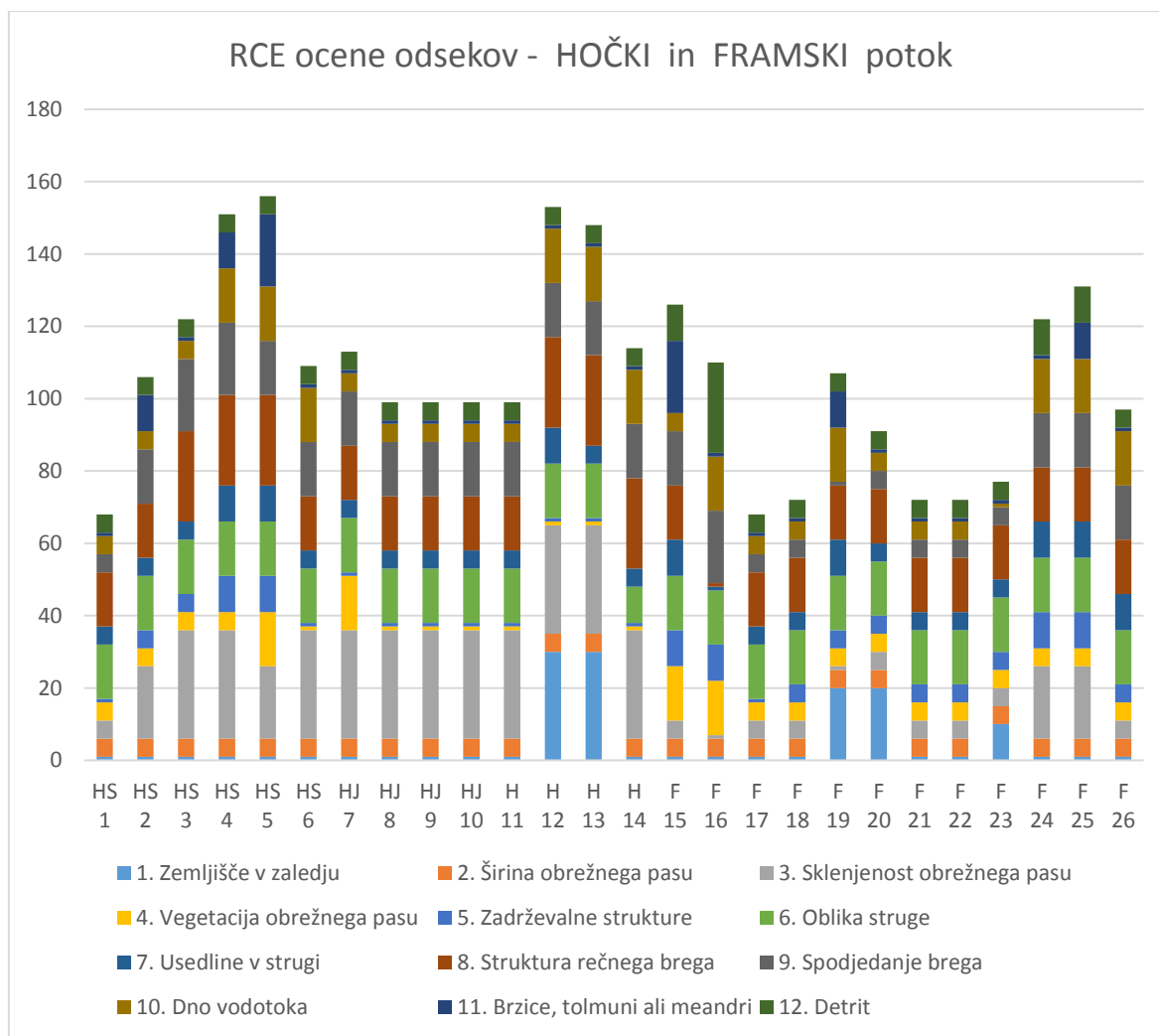
Slika 12: Pogostost makrofitov v Turnovem ribniku na preseku z zahoda; dolžina posameznega odseka je 3 m; skupna dolžina preseka je 93 m; globina na koncu preseka je 90 cm



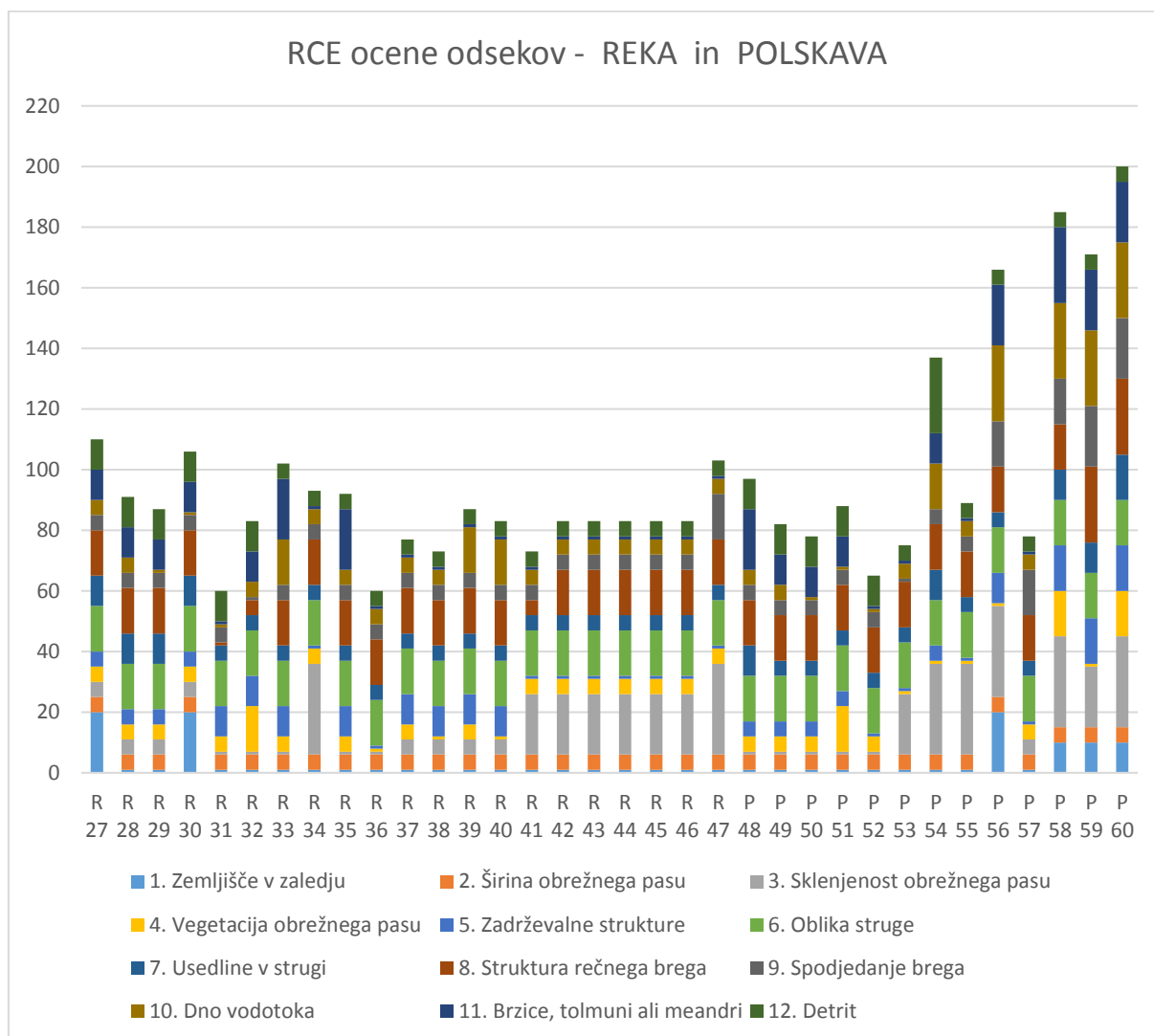
Slika 13: Pogostost makrofitov v Turnovem ribniku na preseku z juga; dolžina posameznega odseka je 2 m; skupna dolžina preseka je 56 m; globina na koncu preseka je 140 cm

5.2 ŠIRŠA OKOLJSKA OCENA VODOTOKOV

V prilogi C je tabela s točkami za 12 okoljskih dejavnikov za vsak odsek, ocenjeno po slovenski različici RCE metode. Za vsak odsek je naveden ekomorfološki kakovostni razred, v katerega se uvrsti odsek, glede na seštevek točk (Urbanič, Toman, 2003).



Slika 14: Grafikon s prikazom RCE ocen za posamezne odseke Hočkega in Framskega potoka; višina stolpca predstavlja skupno št. točk odseka: 12-64 točk = peti kakovostni razred; 65-118 točk = četrti razred; 119-172 točk = tretji razred



Slika 15: Grafikon s prikazom RCE ocen za posamezne odseke Reke in Polskave; višina stolpca predstavlja skupno oceno odseka: 12-64 točk = peti kakovostni razred; 65-118 točk = četrti razred; 119-172 točk = tretji razred; 173-226 točk = drugi razred

Na podlagi pridobljenih podatkov sta bila v programu Excel izdelana grafikona, ki prikazujeta oceno okoljskih dejavnikov. Grafikona sta na slikah 14 in 15. Iz višine stolpca lahko razberemo skupno število točk odseka in iz njih kakovostni razred odseka. 45 odsekov (75%) se je uvrstilo v četrti kakovostni razred, 11 odsekov (18%) v tretji kakovostni razred, po dva odseka (3%) pa v drugi oz. peti kakovostni razred. Povprečna ocena odseka je 95 točk, kar predstavlja sredino četrtega razreda. Pregledane vodotoke lahko tako zanesljivo umestimo v četrti kakovostni razred.

5.3 VPLIV OKOLJSKIH DEJAVNIKOV NA RAZPOREDITEV MAKROFITOV

Z metodo CCA smo ugotavljali povezanost pojavljanja taksonov makrofitov in določenega stanja okoljskih dejavnikov. Ugotavljali smo tudi povezanost določenih odsekov vodotokov s stanjem okoljskih dejavnikov. Za CCA analizo smo združili podatke vseh vodotokov, ker je pogoj, da je število vzorčnih mest večje od števila spremenljivk, kar pa pri posameznih vodotokih nebi bilo doseženo. Od dvanajstih ocenjevanih dejavnikov okolja smo jih šest vključili v analizo, preostalih šest pa ne, ker njihov vpliv na prisotnost in pogostost makrofitov ni bil statistično značilen. V izračun vključeni dejavniki so: zadrževalne strukture v strugi (Zdr str), oblika oz. struktura struge (Str ST), spodjedanje brega (Spo RB), dno vodotoka oz. substrat (Dno), pojavljanje brzic, tolmunov in meandrov oz. dinamika rečnega toka (Dinami) ter pojavljanje detrita (Detrit). Preostalih šest ne vključenih dejavnikov je v prilogi B.

Preglednica 4: : Lastne vrednosti, korelacijski koeficienti za relacijo takson – okolje in kumulativni pojasnjeni odstotki varianc taksonov ter relacije takson - okolje

KANONIČNA OS	1	2	3	4	Skupna variabilnost
Lastne vrednosti	0.223	0.136	0.099	0.078	2.854
Korelacijski koeficient taksoni – okoljske spremenljivke	0,815	0,737	0,771	0.625	
Kumulativni pojasnjeni odstotek variance taksonov	7,8	12,9	16,0	18,8	
Kumulativni pojasnjen odstotek variance relacije takson - okolje	35,3	56,9	72,5	84,9	

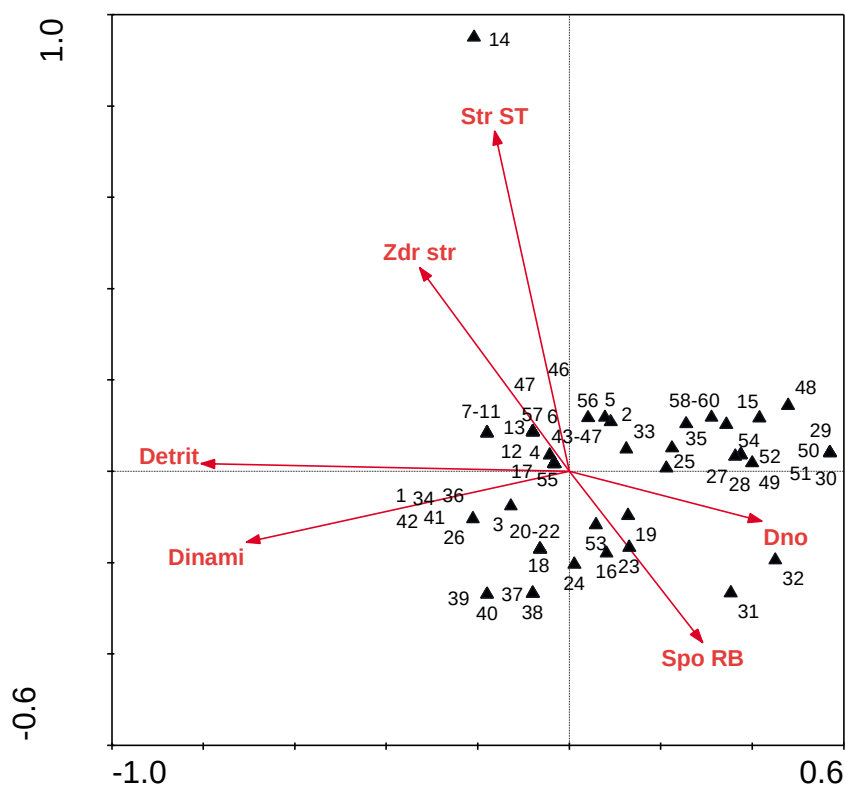
V preglednici 4 so prikazane lastne vrednosti kanoničnih osi, količnik povezanosti med pojavljanjem taksonov in vrednostjo okoljskih spremenljivk in skupni pojasnjeni odstotki varianc taksonov ter varianc povezanosti pojavljanja taksonov in vrednostjo okoljskih spremenljivk. Največjo lastno vrednost in s tem največji gradient v svoji smeri ima prva kanonična os (0,223), najmanjšo pa četrta os (0,078). S prvo kanonično osjo smo pojasnili 7,8% variance, z dvema 12,9%, s tremi 16% in z vsemi štirimi osmi 18,8% celotne variance pojavljanja taksonov. Z vsemi štirimi kanoničnimi osmi skupaj smo pojasnili 84,9% variance povezanosti pojavljanja taksonov in okoljskih dejavnikov, s prvo osjo 35,3%, z drugo 21,6%, s tretjo 15,6% in s četrto osjo 12,4% variance odnosa taksoni-okolje.

Okoljske spremenljivke oz. dejavniki okolja so v CCA diagramu ponazorjeni z vektorji. Dolžina vektorja predstavlja velikost vpliva določenega dejavnika na pojavljanje taksonov. Podobna usmerjenost vektorjev pomeni povezanost okoljskih spremenljivk oz. njihovo

hkratno pojavljanje. Vrh vektorja običajno (odvisno od naše določitve) pomeni najmanj kakovostno stanje dejavnika okolja, preslikava vrha vektorja preko središča diagrama pa najbolj kakovostno stanje dejavnika. Vzdolž vektorja je ustvarjen gradient stanja dejavnika. Pojavljanje taksonov, ki ležijo na oz. v bližini nekega vektorja, je v največji meri povezano z dejavnikom, ki ga vektor predstavlja. Taksoni, ki se nahajajo v sredini diagrama, so z vsemi upoštevanimi dejavniki približno enako močno povezani. Njihovo optimalno območje uspevanja ni pogojeno z določenim stanjem dejavnikov okolja, ampak lahko uspevajo pri vseh stanjih oz. vrednostih okoljskih dejavnikov.

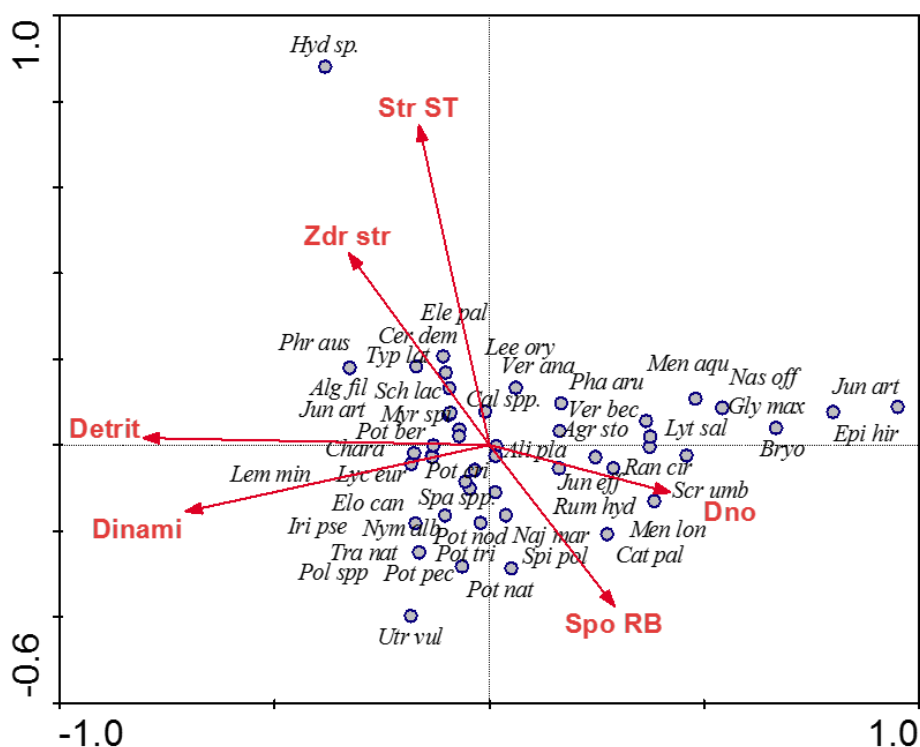
Iz ordinacijskih diagramov na slikah 16 in 17 je razvidno, kateri okoljski dejavniki imajo največji vpliv na pojavljanje makrofitov in razmere v odsekih. Ti so tudi najbolj vplivni dejavniki okolja, ki v posameznih odsekih ustvarijo edinstvene pogoje. Ti pogoji so kombinacija dejanskih vrednosti oz. stanj okoljskih dejavnikov. Najvplivnejši dejavniki okolja v naši raziskavi so stanje detrita (Detrit), dinamika vodnega toka oz. pojavljanje brzic, tolmunov in meandrov (Dinam) in zgradba oz. struktura struge (Str ST). Za manj vplivne so se izkazali dejavniki prisotnost zadrževalnih struktur (Zdr ST), spodjedanje brega vodotoka (Spo RB) in stanje dna vodotoka oz. substrat na dnu vodotoka (Dno). Še manj vpliva pri ustvarjanju ekomorfoloških pogojev v vodotokih je imelo preostalih šest okoljskih dejavnikov (glej prilogo B), za katere je CCA analiza pokazala, da niso značilne.

S prvo (vodoravno) osjo so povezani oz. vzporedni dejavniki, ki kažejo gradient detrita, dinamike toka in substrata. Na levi strani diagrama so tako pogoji oz. odseki z drobnejšim detritom, ravno strugo in bolj grobim substratom. Na desni pa so pogoji oz. odseki z grobim detritom, bolj dinamičnim tokom in drobnejšim substratom. Z navpično (drugo) osjo so vzporedni ostali trije dejavniki – zgradba struge, prisotnost zadrževalnih struktur in spodjedanje brega. Odseke oz. pogoje na zgornjem delu označuje kanalizirana struga, odsotnost zadrževalnih struktur in čvrste brežine. Na spodnji strani diagrama pa je bolj naravna (globlja) struga s pogostim spodjedanjem in več zadrževalnimi strukturami. Opazno je, da je so tako taksoni makrofitov kot odseki umeščeni večinoma okoli središča in nekoliko v desno stran diagrama.



Slika 16: CCA ordinacijski diagram razporeditve odsekov glede na stanje nekaterih ocenjenih okoljskih dejavnikov

Na sliki 16 je diagram, ki prikazuje pogoje oz. kombinacijo šestih okoljskih dejavnikov na posameznih odsekih. Večina odsekov se nahaja blizu središča diagrama, kar kaže na prisotnost srednjih vrednosti okoljskih dejavnikov. Edino opazno odstopanje je v desno smer, kar pomeni, da se v teh odsekih pojavlja nekoliko bolj grob detrit, bolj dinamičen vodni tok in bolj fin oz. muljast substrat.



Slika 17: CCA ordinacijski diagram s šestimi najvplivnejšimi dejavniki okolja in razporeditvijo taksonov makrofitov glede na njihovo stanje

Iz ordinacijskega diagrama na sliki 17, ki prikazuje pojavljanje vrst v povezavi z okoljskimi dejavniki, je opazna porazdelitev večine vrst blizu sredine diagrama. To pomeni, da na pojavljanje večine vrst noben dejavnik ni imel večjega vpliva in se večinoma pojavljajo v pogojih/okolju srednjih vrednosti okoljskih dejavnikov. Edino opazno odstopanje je nekoliko večje pojavljanje vrst makrofitov na desni strani diagrama. To pomeni, da se te vrste pojavljajo v delih vodotokov z detritom, bolj dinamičnim tokom in finejšim sedimentom.

6 RAZPRAVA IN SKLEPI

6.1 RAZPRAVA

6.1.1 Vrstna sestava in pogostost makrofitov

6.1.1.1 Vrstna sestava in pogostost makrofitov v vodotokih

Vodotoki so v celoti poraščeni z makrofiti, kar kaže na ugodne razmere za njihovo rast in odsotnost dejavnikov, ki bi njihovo rast povsem preprečevali. Rezultati kažejo, da so si v prisotnosti in pogostosti makrofitov sosednji odseki istega vodotoka precej podobni, razlike med vodotoki pa so večje (slika 8). Pregledani odseki H tečejo po že uravnanem terenu (slika 5) in tudi visoke vode nimajo toliko moči, kot v drugih vodotokih (predvsem v prvih odsekih). Dejavniki, povezani s strmcem potoka (hitrost toka, struktura dna, sediment) se tako ne spreminjajo. To se odraža tudi na razporeditvi makrofitov. Ta je dokaj enakomerna tekom celotnih pregledanih delov H. Pregledani deli F, R in P pa se v nasprotju s H začnejo nekoliko višje, kjer je strmec potokov večji. Tok vode je na tistih odsekih hitrejši, prav to pa je okoljski dejavnik z najmočnejšim vplivom na uspevanje vodnih rastlin v tekočih vodah (Haslam, 1987, Jannauer, 2012). Zaraščenost potokov je na začetku majhna, nato pa se dolvodno povečuje. Za začetne odseke je značilno pojavljanje mahov, ki potrebujejo kamnit nezamuljen substrat, prenesejo pa hitrejši vodni tok kot večina drugih makrofitov. Postopno naraščanje zaraščenosti dolvodno je lepo vidno na primeru Polskave. Tu je sprememba postopna in se zgodi tekom toka. Tako lahko rečemo, da razporeditev makrofitov v pregledanih potokih skladna z značilnostmi vodotoka. Zaraščenost je manjša v zgornjih delih vodotokov, kjer je še čutiti hudourniški značaj. Ko se strmec zmanjšuje in pridobivajo značaj nižinskega vijugajočega vodotoka, pa se zaraščenost struge povečuje.

Velika sprememba v razporeditvi makrofitov med odseki pa se pojavi, ko je na potoku zgrajen vodni zadrževalnik (slika 8 - primerjava odsekov 16-17 na F ter 30-31 na R). Razlika med odseki nad in pod zadrževalnikom je zelo velika (slika 18; primerjava slike 3 ter slik 20 in 21). Pod zadrževalnikom so potoki veliko bolj zaraščeni kot nad njim. Vodni zadrževalnik na vodotoku bistveno spremeni dejavnike, ki vplivajo na uspevanje makrofitov (Truelson, Warrington, 1994). Sprememba v vegetaciji pa je v splošnem podobna kot pri P, le da se zgodi nenadno.

Eden od dejavnikov je znižanje ekstremnih pretokov in z veliko gotovostjo lahko trdimo, da ima najpomembnejši vpliv na povečanje zaraščenosti pod zadrževalniki zmanjšanje vodne sile, ki je najpomembnejši dejavnik za uspevanje makrofitov v vodotokih (Haslam, 1987, Truelson, Warrington, 1994). Vodna sila upade zaradi zmanjšanja največjih pretokov, kar je posledica zadržanja vode v zadrževalniku ter porazdelitev njenega pretoka na daljše časovno

obdobje, in zmanjšanja strmca, ki se zgodi ravno na območju zadrževalnikov. Na manjše uspevanje makrofitov najbrž precej vpliva tudi večja količina prenesenega materiala (gramoz, pesek, mivka), ki se nato usede v zadrževalniku. Prenašani material na vodne rastline deluje erozivno (jih fizično poškoduje) in zato zmanjša njihovo uspevanje (Truelson, Warrington, 1994). Večje količine materiala in večja nihanja pretokov pomenijo tudi manjšo stabilnost usedlin oz. substrata, kar neugodno vpliva na rast (Haslam, 1987).



Slika 18: Framski potok nad (levo, odsek 15) in pod zadrževalnikom (desno, odsek 18)

Poleg tega pa z makrofiti naseljeno vodno telo predstavlja velik vir razmnoževalnih struktur makrofitov (semena, turioni, deli rastlin), ki se izplavljajo iz zadrževalnika in dolvodno povečajo naseljenost z makrofiti (Truelson, Warrington, 1994). Ta vpliv je prisoten tudi pri P, čeprav ne teče skozi zadrževalnik. Teče pa tik ob velikem vodnem zadrževalniku Sestrže in iztok iz zadrževalnika se izliva v P. Morda na ta vpliv kaže prisotnost velike podvodnice, *Najas marina*. Ta vrsta je veliko bolj kot za tekoče vode značilna za stoječe vode. Je namreč krhke strukture in jo tekoča voda sorazmerno lahko poškoduje (Haslam 1987). Tudi v stoječih vodah raste v obliki goste preproge nad dnom, kjer je voda najmirnejša. Vodni tok je namreč najvplivnejši omejujoči dejavnik za uspevanje vodnih rastlin v tekoči vodi, podoben vpliv pa ima tudi valovanje v stoječih vodah (Janauer, 2012). Našli smo jo v F, R in P - v potokih, ki imajo stik z večjimi stoječimi vodami. V H pa je ni, čeprav je hitrost vodnega toka v tem delu kvečjemu manjša kot v ostalih treh potokih in ne more biti vzrok za odsotnost velike podvodnice.

Iz grafa, ki kaže deleže oz. relativno zastopanost popisanih makrofitov oz. RPA (slika 9), lahko razberemo, da se vrste glede deleža zastopanosti zelo razlikujejo. Izstopajo štiri taksoni, ki vsak dosega nad 10% in skupaj tvorijo skoraj polovico skupne mase vseh 48 taksonov makrofitov na potokih. To so nitaste alge, *Sparganium* spp., *Myriophyllum spicatum* in *Phalaris arundinacea*. Ti taksoni se večinoma pojavljajo skupaj in nam tako ponujajo najznačilnejšo podobo raziskanih potokov (slika 19).



Slika 19: Reka v Sp. Jablanah, odsek 41; ob strugi rasteta taksona *Phalaris arundinacea* (desno spodaj) in *Sparganium* spp., v strugi pa vrsti *Myriophyllum spicatum* in *Potamogeton pectinatus* ter nitaste alge

To je ravninski reguliran potok s počasnim tokom in povprečnim pretokom nekaj deset litrov na sekundo, ki teče skozi intenzivno poljedelsko in precej gosto naseljeno krajino. Brežine so strme, pogosto spodjedene in poraščene s travami in zelmi, z malo lesne vegetacije. Muljast breg prerašča na višjih legah vrsta *P. arundinacea*, na nižjih, večinoma potopljenih delih pa vrsti rodu *Sparganium* spp. Dno je peščeno in muljasto, z malo zadrževalnimi strukturami. Najpogostejša potopljena rastlina je *M. spicatum*. Podvodne strukture, npr. naštete rastline, pa prekrivajo preproge nitastih alg (slika 2). Vsi ti štiri taksoni so povezani

z bolj ali manj evtrofnimi razmerami, najbolj pa to velja za nitaste alge (Haslam, 1987).

Rod *Sparganium* spp. je glede na RPA graf drugi takson po zastopanosti (slika 19). V raziskavi Haslam, 1987, je vrsta *Sparganium erectum* glede fizikalnih dejavnikov najtesneje povezana s tipom substrata, saj je najpogostejša na finem, muljastem substratu, podobno pa velja tudi za *Sparganium emersum*. V naši raziskavi je rod *Sparganium* prisoten skoraj povsod, odsoten je le v zgornjem delu R, prvih dveh odsekih FS in prvem pregledanem odseku Polskave. To pa so odseki z največjim strmcem in s tem z najmanjšim odlaganjem mulja. Tako lahko tudi z našo raziskavo potrdimo povezanost obeh vrst z muljastim substratom. Tipično je pojavljanje ob robu struge, kjer je tok počasnejši in se usedajo finejši sedimenti.

Vse prve štiri najpogostejše vrste potopljenih rastlin, *M. spicatum*, *Potamogeton nodosus*, *Potamogeton pectinatus* in *Potamogeton crispus* pa so povezane z bolj grobim substratom (Haslam, 1975, Preston, 1995). Takšen tip substrata pa se v vodotokih nahaja na sredini struge, kjer je tok vode najhitrejši in tu so ukoreninjeni potopljeno rastoči makrofiti. Za regulirane vodotoke je namreč značilno povečanje hitrosti toka, predvsem na sredini struge, v primerjavi z nereguliranimi vodotoki (Haslam, 1987). Čeprav je substrat tu iz večjih delcev kot ob robu, je med večjimi delci še vedno veliko mulja in je takšna podlaga prav tako s hranili bogata (Truelson, Warrington, 1994).



Slika 20: Reka, odsek 37; strugi vrsta *Potamogeton nodosus*, desno *Phalaris arundinacea*

Počasnejši tok in globlja voda ustrezata vrsti *P. nodosus* (Haslam, 1987) (slika 20). V takšnih razmerah pogosto prevlada in prekrije celo strugo. Takšno stanje je pogosto predvsem v

spodnjem toku Reke. Najbrž plavajoči listi precej povečajo produktivnost, kar omogoči veliko hitrost razraščanja.



Slika 21: Reka, odsek 35; v strugi je *Myriophyllum spicatum*.

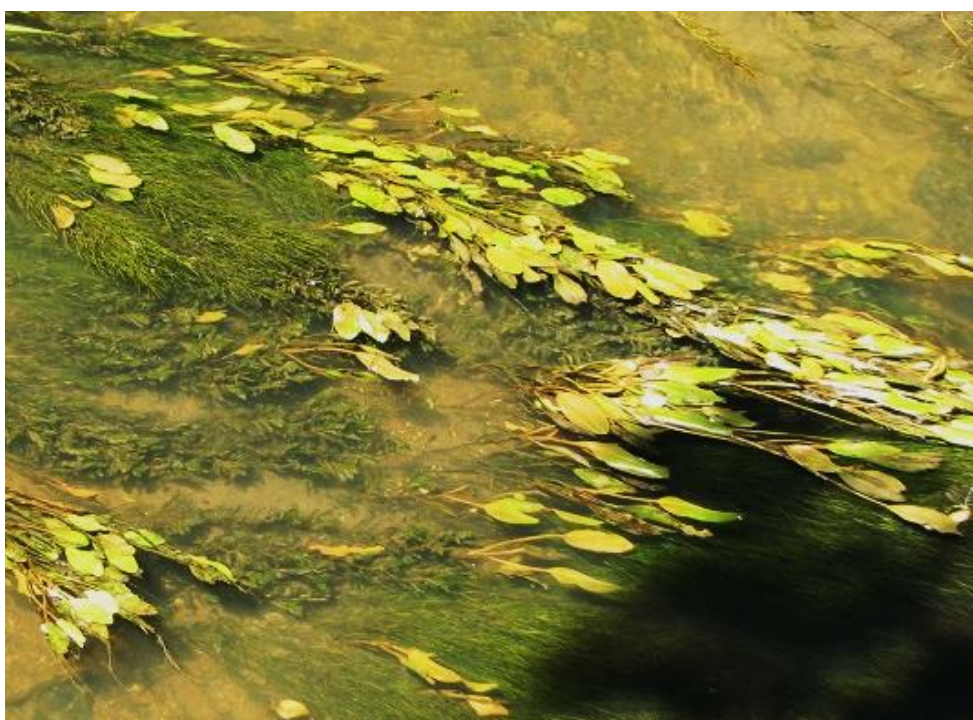
Vrsta *M. spicatum* je najpogostejša vrsta potopljenega makrofita, najbrž zato, ker ni občutljiva na kalnost vode, ki je v obravnavanih vodotokih pogosta (slika 21). Izogiba se močnejšemu vodnemu toku. S tem bi najbrž lahko vsaj delno razložili njegovo naraščanje pogostosti v R, kjer dolvodno narašča globina vode in počasnost toka. Zmanjšuje pa se (v R) pogostost vrste *P. pectinatus*, ki ima raje plitvejšo vodo (Lehmann in sod., 1997) in dobro prenaša hitrejši vodni tok, saj ima njegova rastna oblika (dolgi nitasti listi) razmeroma majhen vodni upor (Truelson, Warrington, 1994).



Slika 22: Framski potok v Spodnji Gorici, odsek 24; v strugi raste vrsta *Potamogeton pectinatus*

Za najbolj onesnažena oz. evtrofna območja je značilna velika prisotnost vrste *P. pectinatus* (predvsem Reka; slika 22) in pa preprog nitastih alg, ki se pojavljajo v vseh vodotokih (Haslam, 1987, Haslam, 2008). Vrsta *P. pectinatus* se pogosto pojavlja v substratu z velikim deležem organskih snovi (Lehmann in sod., 1997). Značilno je njeno pogosto pojavljanje v vodotokih pod vodnimi zadrževalniki (Truelson, Warrington, 1994). Poleg tega dobro prenaša evtrofne razmere (Egertson in sod., 2004, cit po Kuhar in sod, 2007). Najbrž je to eden od vplivnejših dejavnikov za njeno veliko prisotnost v R in spodnjem delu F. Vzdolž teh delov je veliko virov organskega obremenjevanja. V zgornjem toku R teče skozi ZP, kjer se izvaja intenzivno ribogojstvo, ki je zelo velik saprobn vir. FS pa teče skozi ribogojne Račke ribnike. Vanj se izteka tudi iztok iz slabo delujoče čistilne naprave Rače, nato pa teče še skozi vasi (Sp. in Zg. Gorica) z veliko živinoreje, ki tudi prispeva k organskemu obremenjevanju. Spodnji del R pred izlivom v P (odseki od 39 do 47) teče čez polja v enakomerni monotoni strugi. V teh odsekih se zastopanost vrste *P. pectinatus* zmanjša, prav tako pa se nekoliko zmanjša zastopanost preprog nitastih alg. Poveča pa se zastopanost vrste *M. spicatum*, za katero je bilo in vitro dokazano slabše uspevanje v substratu, bogatem z organskimi snovmi (Barko, 1983). Lahko rečemo, da se v spodnjem toku Reke dolvodno saprobnost zmanjšuje, kar se odraža v spremembi zastopanosti različnih vrst makrofitov. Velika prisotnost makrofitov, ne glede na vrsto, ustvari razmere za veliko hitrost procesov razgradnje organskih snovi (Haslam, 2008). Vzdolž omenjenih odsekov je opazno tudi povečanje bistrosti vode, kar je znak razbremenitve oz. očiščenja vode (Haslam, 1987).

Onesnaženje zmanjša pogostost ukoreninjenih vodnih rastlin. Tako ob določeni stopnji onesnaženja rastline lahko rastejo ob robu vodotoka, v sredini pa ne morejo. To je najbolj opazno pod ZP, ki se uporablja kot ribogojnica in je zaradi intenzivnega krmljenja rib njegov iztok (R) zelo obremenjen z organskimi snovmi. Tudi na pogled je voda kalna, kar je znak onesnaženja (Haslam, 1987). V prvem odseku R pod ZP (odsek 30) je zelo malo potopljenih makrofitov, nato pa se njihova pogostost povečuje in tudi voda postane na pogled čistejša. Takšne razmere so tudi pod iztokom (odsek 20) iz čistilne naprave Rače.



Slika 22: Framski potok, odsek 21; štiri vrste rodu *Potamogeton*, ki so bile v raziskavi najbolj zastopane v rodu, rastejo skupaj; levo zgoraj *P. berchtoldi*, v sredini *P. nodusus* in *P. crispus*, desno spodaj *P. pectinatus*

Za prvimi štirimi makrofiti, glede na graf RPA, sledijo štiri vrste iz rodu *Potamogeton*, ki velja za rod cvetnic, ki je najbolj prilagojen potopljenemu načinu življenja (slika 23). To so vrste *P. nodusus*, *P. pectinatus*, *P. crispus* in *P. berchtoldi*, ki dosegajo od 7 do 5% RPM. To je za ekološko stanje potokov pozitivno, saj imajo potopljeni makrofiti zelo pozitiven vpliv na kakovost voda (Haslam, 2008, Gabersčik, 1997). Tudi zastopanost vrst iz rodu *Potamogeton* priča o evtrofnem stanju v vodotokih. Obe najbolj zastopani vrsti, *P. pectinatus* in *P. nodusus*, sta značilni za onesnažene oz. evtrofne habitate (Haslam, 1987, Preston, 1994, Kuhar in sod., 2012).

Pojavljanje vrst iz rodu *Potamogeton* je primerljivo z raziskavo Kuhar in sod. (2012), v kateri je bilo v 40 slovenskih rekah najdenih 8 vrst rodu *Potamogeton* in trije hibridi s skupno RPA skoraj 20%. Skupna RPA v naši raziskavi je bila večja (skoraj 25%), število vrst pa

manjše (6 vrst). V obeh raziskavah je bila najpogostejša vrsta *P. nodosus* in na drugem mestu vrsta *P. pectinatus*.

Teh 8 taksonov (ena šestina ali 16% vseh) makrofitov predstavlja 70% RPA vseh rastlin. Vseh ostalih pet šestin (84%) makrofitov predstavlja le 30 % mase vseh makrofitov. Vsi taksoni na prvih sedmih mestih po RPA so povezane z eutrofnimi razmerami (Haslam, 1987, Preston, 1995). Tako lahko z veliko gotovostjo sklepamo, da so razmere v vodotokih eutrofne, saj so makrofiti dober pokazatelj stanja okolja (Kuhar in sod., 2012).

Kot ugotavlja S.M.Haslam (1987) v monografiji o vodnih rastlinah Zahodne Evrope, so človekove dejavnosti, kot so kanaliziranja oz. spremembe potekov struge, ukrepi za omejevanje poplav in v zadnjem času predvsem obremenjevanje voda vplivali na mnoge združbe vodnih rastlin. To lahko zagotovo trdimo tudi za območje pričujoče raziskave. V spremenjenih oz. reguliranih vodotokih je ekomorfološko stanje porušeno in je ustvarjeno bolj enolično osiromašeno stanje vodotoka. To je v prid maloštevilnim robustnim, hitrorastočim taksonom z veliko sposobnostjo razširjanja in kolonizacije (Henry & Amoros 1996; Henry in sod., 1996; Barrat-Segretain in sod., 1998, cit. po Sand-Jensen, 2000). Tako bi lahko opredelili tudi v raziskavi najbolj zastopane taksone, in sicer *Sparganium* spp., *P. arundinacea*, nitaste alge, *M. spicatum*, *P. nodosus*, *P. pectinatus*, *P. crispus* in *P. berchtoldi*.

Rastline, ki so značilne za primerljive nespremenjene in/ali manj obremenjene vodotoke, se sicer pojavljajo, vendar le sporadično. Takšni taksoni so npr. *Callitriche* spp., *Caltha palustris*, *Eleocharis palustris*, *Juncus articulatus*, *Nasturtium officinale*, *Ranunculus circinatus*, *Rumex hydrolapathum*, *Typha latifolia* in *Veronica beccabunga*. Lahko rečemo, da so potoki floristično bogati in raznoliki, ekološko pa precej enolični. To je v skladu z raziskavo Nilssona in Janssona (1995), ki primerjata obrežja reguliranih in nereguliranih vodotokov in ugotavljata primerljivo veliko število taksonov v obeh tipih vodotokov. Primerjava krajših odsekov (200 m) pa pokaže, da je na brežinah reguliranih vodotokov pestrost vrst veliko manjša, ker je reguliran vodotok geomorfološko osiromašen in nima toliko primernih rastišč oz. mikrolokacij za rast makrofitov kot nereguliran vodotok.

Štiri vrste z največjo vrednostjo MMT (edine nad 2; slika 10) imajo tudi največjo RPA, kar pa je razumljivo, saj obe spremenljivki prikazujeta pogostost vrst na celem pregledanem območju in so zato vrednosti obeh sorazmerne za vsako vrsto oz. so na lestvici RPA in MMT vrste razporejene v enakem vrstnem redu. Vrednosti MMO so prav tako najvišje pri rastlinah z največjo RPA, poleg tega pa še pri nekaterih drugih taksonih, npr. *Hydrodictyon* sp., *Ceratophyllum demersum* in *Leersia oryzoides* – MMO pri teh je večji od 2. To nam pove, da so te vrste prav tako precej pogoste, vendar le v nekaterih odsekih.

Vrednost d (slika 11) pove, da se enajst vrst pojavlja na več kot polovici odsekov, kar predstavlja le slabo četrtino vrst, ki so bile vključene v obdelavo podatkov. Tako lahko tudi

iz vrednosti d ugotovimo, kot iz vrednosti RPA, da se izmed velikega števila na območju prisotnih vrst le manjši del (petina do četrtna) pojavlja v večjem obsegu. Iz slike 1 je razvidno, da se 14 taksonov pojavlja v največ treh odsekih. 6 taksonov se je pojavilo le na enem mestu.

Zelo zgovorna je primerjava vrednosti RPA in d, ki so jih dosegle vrste. Če bi bile vse vrste enakomerno razporejene oz. bi bila na celotnem območju prisotna količina vrste enakomerno razporejena čez vse odseke, bi bile vrednosti RPA in d sorazmerne oz. bi bile glede obeh vrste v lestvici vrednosti razporejene enako (kot to velja za vrednosti RPA in MMT). Tako pa se zaradi neenakomerne prisotnosti pojavijo razlike v obeh lestvicah. Različen položaj makrofitov v obeh lestvicah si tako lahko razlagamo na dva načina: če je vrsta višje na lestvici RPA kot na lestvici d, je še posebej pogosta na odsekih, kjer se je pojavljala; če pa je vrsta višje na lestvici d kot na lestvici RPA, je razširjena na veliko odsekih, vendar se ne pojavlja v velikih količinah. V drugo skupino izrazito sodijo taksoni *Polygonum* spp., *Iris pseudacorus* in *Lythrum salicaria*. Njihovo široko razširjenost lahko pripišemo njihovu prenašanju širokega razpona razmer oz. evrivalentnosti, kar velja tudi za vrste z največjo zastopanostjo (vrednostjo RPA). Njihovo majhno RPA pa lahko zagotovo razložimo z velikimi pretoki, ki se pojavljajo v vodotokih, vsakih nekaj let tudi v obdobjih največje vegetacije. Vse tri vrste so namreč precej dovzetne za uničujoče vplive vodne sile oz. so slabo odporne na močan tok vode. Rastlina vrste *Iris pseudacorus* je visoka, toga, neupogljiva rastlina, ki tekoči vodi nudi veliko upora, ko je ob visokih vodah potopljena. Zato je pogosto izruvana, pogostejše kot npr. sestoji taksona *Sparganium* spp. ali vrste *Phalaris arundinacea*, ki ju visoka voda poleže in se jima tako vodni upor močno zmanjša, s tem pa se pred erozijo zaščiti tudi substrat pod njima. Šopasta razrast vrste *Iris pseudacorus* pa velik del vodnega toka usmeri podse in s tem pospeši erozijo substrata, v katerega je rastlina pritrjena. Tudi vrsta *Lythrum salicaria* ima habitus (zelo togo steblo, visoka razvejana rast), ki ob visokih vodah nudi zelo veliko upora in je hitro izruvana. Tako ne doseže velikih RPA, čeprav gre za vrsto, ki se v podobnih okoljih (evtrofna okolja z veliko mulja v substratu) z manj ekstremnimi pretoki pojavlja množično. Tako je npr. na Bresteriškem jezeru (zajezitveno jezero HE Mariborski otok), zanesljivo najpogostejša pionirska rastlina na muljastih plitvinah, ki nastajajo ob zapolnjevanju jezera s finim sedimentom. Vrsta *Lythrum salicaria* torej nima morfoloških prilagoditev za uspevanje v vodotokih, vendar pa je zelo prilagodljiva, dobro prenaša premočena tla in je hitro rastoča v evtrofnih razmerah. To bi lahko trdili tudi za takson *Polygonum* spp, ki ima čvrste, toge liste in stebelca, ki se na členkih hitro prelomijo – ko je ob povečanih pretokih potopljena, jo vodna sila hitro raztrga. Močnejše se ta vrsta razraste v letih z nižjimi pretoki, njeno pojavljanje pa je značilno za vodotoke v sredozemskem podnebju, ki imajo poleti nizke pretoke ali se izsušijo (Haslam, 1987). Tako je vzorec pojavljanja teh treh taksonov pokazatelj, kako velik pomen imajo morfološke prilagoditve makrofitov za njihovo uspešno pojavljanje v vodotokih.

Zanimiva je primerjava prisotnih vodnih rastlin z naborom rastlin, popisanih v potokih Studenčnica in Struga (Kuhar in sod., 2007). Nekaj vrst se pojavlja v vseh vodotokih, nekaj pa samo v Studenčnici in Strugi ali pa samo v vodotokih pričujoče raziskave. To bi najbrž lahko pripisali nekaterim fizikalnim dejavnikom, ki se pri vodotokih razlikujejo: hitrost toka ter vodni režim, temperatura vode, globina struge, količina sedimenta v vodi oz. prosojnost in najbrž tudi različni kemični sestavi vode. Struga in Studenčnica se namreč v osnovi napajata oz. izvirata iz prodnih nanosov Dravskega polja. Ti delujejo kot velik podzemni zadrževalnik vode in imajo večstranski učinek na vodni režim, ki postane bolj stabilen, z manjšim razmerjem med najnižjimi in najvišjimi pretoki (Haslam, 1987). Poleg tega prodni nanosi na Dravskem polju izvirajo tudi iz apneniških delov Vzhodnih Alp, te karbonatne kamnine pa bistveno spremenijo kemično sestavo vode, predvsem pH (ga zvišajo), karbonatno trdoto (jo bistveno zvečajo), vsebnost organskih snovi (se zmanjša) in vsebnost Ca (jo povišajo) – to pa so za vodni pomembni kemični dejavniki. Voda s Pohorja ima namreč nizek pH, nizko koncentracijo Ca in zelo nizko karbonatno trdoto (okoli 0,5 kH). Ta različna kemična slika je za vodno življenje zelo pomembna, v tem primeru pa je najbrž njena najopaznejša posledica različnost v pojavljanju rodu *Myriophyllum*. V vodotokih te raziskave se pojavlja le vrsta *M. spicatum*, v Strugi in Studenčnici pa le vrsta *M. verticilatum* (Kuhar in sod., 2007). Ti vrsti se razlikujeta tudi glede substrata, saj je vrsta *M. verticilatum* povezana s finim substratom, vrsta *M. spicatum* pa z bolj grobim (Haslam in sod., 1975, cit. po Kuhar in sod., 2007). Znano pa je, da imajo vrste rodu *Myriophyllum* različno razširjenost v povezavi s prav temi tremi kemičnimi dejavniki, torej vrednostjo pH, vsebnostjo Ca in vsebnostjo bikarbonatnega iona (oz. karbonatno trdoto) (Hutchinson, 1970). Razlike so še v tem, da sedimenta v vodi skoraj ni, čeprav ga nato tekom toka prinašajo površinski pritoki, stabilnejša pa je tudi temperatura. Stabilizacija teh fizikalnih dejavnikov na splošno izboljša razmere za uspevanje makrofitov. Tako raziskave (Haslam, 1987) kažejo močno povezanost vrst *Mentha aquatica*, *Berula erecta* in *Myosotis scorpioides* s čisto vodo brez sedimenta in mezotrofnimi do mezo-eutrofnimi razmerami. Vse tri so v Strugi in Studenčnici prisotne, v vodotokih zahodnega dela Dravskega polja pa jih ni (le *Mentha aquatica* na enem mestu).

6.1.1.2 Vrsta sestava in pogostost makrofitov v stoječih vodah

V obeh stoječih vodah po številu vrst prevladujejo emerzni makrofiti (preglednica 3). Po skupnem številu taksonov sta pregledani stoječi vodi vrstno precej revnejši (skupno 34 taksonov) kot vodotoki (skupno 48 taksonov). Še posebej nizko (4) je število potopljenih makrofitov. Večina vrst rastlin je enakih kot v vodotokih, nekaj (7) pa se jih v vodotokih ne pojavlja. To so taksoni *Acorus calamus*, *Bidens tripartita*, *Ludwigia palustris*, *Marsilea quadrifolia*, *Peucedanum palustre*, *Riccia* sp. in *Rorripa amphibia*. Za vse te vrste je značilno pojavljanje predvsem v stoječih vodah.

Pri ocenjevanju pogostosti makrofitov na dveh odsekih v TR se je v večjem obsegu

pojavaljalo le malo vrst rastlin (sliki 12 in 13). Popolnoma potopljeno rastoče so bile le 4 vrste, in sicer *Najas marina*, *Najas minor*, *Ceratophyllum demersum* in *Potamogeton trichoides*, kar je precej manj kot v vodotokih. Pri vrsti *Potamogeton trichoides* smo našli skoraj samo turione (zarodne brstiče). Ta vrsta se v vodi razraste v začetku vegetacijske sezone, ko je voda bistrejša in še ni veliko plavajočih makrofitov. V času, ko smo opravljali raziskavo (avgusta), rastline te vrste že propadejo, na dnu pa ostane samo veliko turionov. Med vrstami sta tudi dve v slovenskem merilu redki vrsti – *Marsillaea quadrifolia* in *Ludwigia palustris* (slika 24).



Slika 23: *Ludwigia palustris* v ribniku Grajevnik (nahaja se med Turnovimi ribniki in zadrževalnikom Požeg)

Velika je prisotnost nitastih in modrozelenih alg. Po pogostosti prevladujejo makrofiti s plavajočimi listi (*Trapa natans*, *Potamogeton natans*, *P. nodosus*, *Lemna minor*, *Spirodela polyrrhiza*, *Riccia* sp.). Prosojnost vode je majhna, Secchijeva globina je nekoliko manj kot 1m.

Veliki Turnov ribnik oz. Turntajht je očitno zelo obremenjen ekosistem, na kar kaže veliko znakov – majhna zastopanost potopljenih in velika plavajočih makrofitov, velika prisotnost nitastih in modrozelenih alg ter slaba prosojnost vode (manjša od 2m), vse to pa so značilnosti evtrofnih vodnih ekosistemov (Haslam, 1987, Sand-Jensen in sod., 2000). Zbirno območje potoka, ki napaja Turnove ribnike, je namreč več deset hektarjev intenzivno obdelanih poljedelskih njivskih površin, izvaja pa se tudi hranjenje rib.

V letih 1996/97 so bili vsi Turnovi ribniki prenovljeni, naravovarstvena stroka pa v prenovo ni bila vključena. Pred obnovo so ribniki sloveli kot rastišče številnih, tudi redkih vrst vodnih rastlin. V letih po obnovi jih skoraj ni bilo opaziti, razraščale so se le vrste vodnih leč (Vreš, Kaligarič, 1999). Kot smo ugotovili v naši raziskavi, pa se vodne rastline vračajo, čeprav so ribniki zelo obremenjeni. To je v skladu z vedenjem, da so za vodni ekosistem neposredni enkratni katastrofalni dogodki, čeprav kratkoročno močno zmanjšajo prisotnost in pogostost

vrst, manj vplivni in pomembni od sprememb v upravljanju zaledja vodotokov. Te imajo za posledico dolgoročno osiromašenje vodnih ekosistemov (Harding in sod., 1998).

V zadrževalniku Požeg potopljenih makrofitov sploh nismo našli. V preteklosti je bil ZP precej zaraščen s potopljenimi makrofiti. Prisotne so bile vsaj najpogostejše vrste, ki rastejo tudi v okolici, npr. *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton crispus*, *Potamogeton natans*, *Najas marina*, *Najas minor*, *Utricularia vulgaris* (osebni vir avtor; Vreš, Kaligarič, 1999). Dejstvo je, da so stoječe vode podobnega tipa kot ZP v okolici precej zaraščene. Najpomembnejši dejavnik, ki zmanjšuje zaraščenost, pa je (pre)velika prisotnost rastlinojedih rib (Vogrin, 2006). Zato lahko rečemo, da je vzrok za odsotnost rastlin v velikem številu rastlinojedih rib (predvsem amurja, *Ctenopharyngodon idella* in krapa, *Carpio carpio*) v zadrževalniku, ki se uporablja tudi kot ribogojnica. V času raziskave je bil s temi ribami očitno tako gosto naseljen, da so iztrebile vse potopljene vodne rastline. Vpliv amurja smo ugotovili tudi pri popisu rastlin z obhodom zadrževalnika, saj so rastline ob robu vode (deli, ki visijo proti vodi) očitno objedene oz. odgriznjene nekaj centimetrov nad vodno gladino. Za amurja je namreč značilno, da lahko zgrabi rastline nad vodno gladino, nato pa jih z vrtenjem telesa okoli vzdolžne osi odtrga (kot npr. krokodil, jegulja, glenavice in druge živali s kačastim telesom trgajo plen). Amur celo koplje v brežine voda, da se dokoplje do korenin obrežnih rastlin (Cudmore, Mandrak, 2004).

Pojav vrste v nekem okolju je omogočen, če so vsi za organizem pomembni dejavniki takšnih vrednosti, da jih je sposoben prenašati oz. v teh pogojih uspevati. Pomen različnih dejavnikov za organizem je različno velik in običajno kombinacija vplivov različnih dejavnikov določi, kako ugodni so v tem okolju pogoji za uspevanje. Včasih pa en sam dejavnik preglasi vse druge in odločilno vpliva na pojavljanje organizma (Haslam, 1987), v tem primeru povsem onemogoči uspevanje makrofitov. Čeprav se tudi TR uporablja za vzrejo rib, vpliv rastlinojedih rib očitno vseeno ni tako velik, kot v ZP. Tako je ZP žal zelo očiten primer, ko en sam dejavnik (v tem primeru velika prisotnost rastlinojedih rib) popolnoma prekrije vse ostale dejavnike, ki imajo običajno, v manj skrajnih primerih, vpliv na prisotnost in pogostost makrofitov in sooblikujejo ekosistem vodnega telesa. Prav tako pa je zgled in svarilo, da je upravljanje okolja naša dolžnost in odgovornost. Nepripravljenost vpletenih za delovanje in sodelovanje ter sledenje le lastnim interesom hitro ustvari razmere, v katerih prevladajo enostranski interesi. To povzroči enostransko izkoriščanje okolja, preobremenjenost in osiromašenje. To pa na koncu škoduje vsemu živemu s človekom na čelu.

6.1.2 Vpliv okoljskih dejavnikov na makrofite

6.1.2.1 Ocenitev ekomorfološkega stanja po metodi RCE

Tri četrtine pregledanih odsekov vodotokov smo z vrednotenjem ekomorfološkega stanja po RCE metodi (sliki 14 in 15) umestili v četrti kakovostni razred, kar je slabo stanje vodotoka. Umeščenost vodotokov v poseljeno in kmetijsko krajino ter reguliranost bolj ali manj poslabšata vse ekomorfološke dejavnike, ki smo jih ocenjevali. Za vodotoke takšne kakovosti so za izboljšanje ekološkega stanja potrebne večje spremembe struge in blaženje učinkov iz zaledja (Urbanič, Toman, 2003). Za pričujoče vodotoke, ki tečejo po reguliranih strugah v intenzivno poljedelski krajini, je to precej razumljivo ukrepanje. Najbrž je za vodotoke še najbolj pozitivna okoliščina dejstvo, da se v same vodotoke in brežine fizično skoraj ne posega (npr. vožnja, živina, ribolov, brežine se kosijo le v naseljih). Tako je obrežna vegetacija večinoma sklenjena, spodjedanje brega pa je manjše. Sčasoma se ponekod na brežini razvije lesna vegetacija, kar izboljšuje stabilnost bregov in splošno ekomorfološko stanje vodotoka (zadrževalne strukture, dinamika toka). Glede na stanje vodotokov je velika prisotnost makrofitov še posebej dobrodošla, saj to zelo izboljša ekološko stanje vodotoka in okolice.

6.1.2.2 CCA analiza

Iz CCA analize stanja okoljskih dejavnikov v odsekih vodotokov je razvidno, da so okoljski dejavniki v vodotokih precej neizstopajoči oz. blizu povprečja ocenjenih vrednosti, saj se večina odsekov nahaja v sredini diagrama (slika 16). Odseki v diagramu so razporejeni precej skupaj, kar priča o podobnih razmerah v odsekih. Še največ odsekov izstopa glede stanja dna in usedlin oz. substrata. V njih se pojavljajo nestabilne usedline oz. substrat, ki se razmeroma hitro (pogosto) premešča. V teh odsekih je tudi več detrita in bolj dinamičen tok.

CCA izračun vpliva stanja 12 okoljskih dejavnikov na razporeditev in pogostost taksonov makrofitov (slika 17) je dal precej nejasne rezultate. Velika večina vrst makrofitov se pojavlja na sredini ordinacijskega CCA diagrama, kar pomeni, da noben od dejavnikov nima večjega vpliva na njihovo pojavljanje. Vrste, ki se nahajajo sredi diagrama, glede nobenega dejavnika nimajo ozko določene vrednosti, pri kateri bi bil optimum uspevanja vrste, ampak tolerirajo širši razpon vrednosti upoštevanih dejavnikov. To še posebej velja za najbolj zastopane taksone (*M. spicatum*, *Sparganium* spp., nitaste alge, *P. arundinacea*, *P. crispus*, *P. berchtoldi*, *P. nodosus*, *P. pectinatus*), ki so v veliki večini razporejeni še bližje središču diagrama.

S CCA analizo poskušamo ugotoviti vrednosti okoljskih dejavnikov, pri katerih je optimum uspevanja določene vrste in s tem določiti optimalne pogoje za uspevanje vrste. V našem primeru pa smo z njo pokazali, da so v raziskanih vodotokih najbolj zastopane nespecializirane oz. evrivalentne vrste, ki uspevajo v širokem razponu vrednosti okoljskih dejavnikov. Njihova velika prilagodljivost je tudi glavni razlog za veliko zastopanost v vodotokih s slabimi ekomorfološkimi in evtrofnimi razmerami. Za obremenjene ekosisteme je namreč značilna nadomestitev stenekih vrst z evriekimi (evrivalentnimi) (Tarman, 1992). Te vrste so zaradi svoje evrivalentnosti lahko invazivne. V vodotokih s slabimi ekomorfološkimi in evtrofnimi razmerami pa je njihova evrivalentnost dobrodošla, saj omogoči zaraščanje voda, ki bi bile sicer neporasle. Prisotnost makrofitov, ne glede na vrsto, pa bistveno izboljša ekološko stanje vodotoka (Kuhar in sod. 2007, Cronin in sod. 2006, Haslam, 2008)

6.2 SKLEPI

Predvidevali smo:

- *da se v vodotokih nahaja veliko število vrst makrofitov.*

Vodotoki so v skladu s pričakovanji floristično dokaj bogati in v veliki meri poraščeni z makrofiti. Popisali smo 48 taksonov makrofitov. To je glede na slabo ekomorfološko stanje vodotokov ugodno, saj prisotnost makrofitov z vplivom na habitate izboljša ekološko stanje vodotoka. Zastopanost makrofitov v posameznih vodotokih se znatno razlikuje. Samo v enem od vodotokov se je pojavljalo 16 taksonov, ostali so se pojavljali v več vodotokih. Od 48 popisanih taksonov jih je bilo 22 submerznih, 7 prisotnih vrst je imelo razvite plavajoče liste. Večina je bila emerznih, 34 taksonov. Pri 8 taksonih so se pojavljale različne rastne oblike osebkov ali pa so bili na isti rastlini razviti različni tipi listov.

- *da so najbolj zastopane najbolj prilagodljive in na širšem območju najpogostejše vrste*

Opazovanja so potrdila domnevo, da so najbolj zastopani taksoni, ki so najbolj prilagodljivi (evrivalentni) in najbolj razširjeni na širšem območju. Ti so tudi hitro rastoče vrste, ki imajo veliko sposobnost razširjanja. To so prednosti v spremenjenih in obremenjenih vodotokih. Med vrstami obstaja velika razlika v zastopanosti. 4 taksoni dosegaajo nad 10% relativne zastopanosti taksona (RPA), skupaj skoraj 50%. 8 najbolj zastopanih taksonov (to je $\frac{1}{6}$ ali 16% vseh popisanih) skupaj predstavlja 70% RPA. Ostalih $\frac{5}{6}$ (83%) taksonov pa le 30% RPA. Ugotovili smo, da so vodotoki sicer floristično bogati, v večjem obsegu pa se pojavlja le nekaj vrst.

- *da je ekomorfološko stanje vodotokov slabo*

Ugotovitve so potrdile domnevo, da je ekomorfološko stanje vodotokov slabo. Pri vrednotenju okoljskih dejavnikov smo vodotoke umestili v četrti kakovostni razred. To je pričakovano, glede na reguliranost vodotokov, ki ekomorfološko zelo poslabša stanje vodotoka. Poleg tega se nahajajo v precej poseljeni kmetijski krajini. V takšnih okoljih je praviloma obremenjevanje vodotokov veliko, naravni blažilni učinki okolice vodotoka pa zmanjšani.

- *da okoljske razmere vplivajo na prisotnost in zastopanost vrst makrofitov*

V raziskavi nismo ugotovili povezanosti prisotnih taksonov z opazovanimi okoljskimi dejavniki. To še posebej velja za najbolj zastopane taksone, kar lahko najbrž pripišemo njihovi prilagodljivosti oz. evrivalentnosti. To jim omogoča poselitev vodotokov, katerih ekomorfološko stanje je zelo spremenjeno.

7 POVZETEK

V pričujoči diplomski nalogi smo raziskovali Hočki potok, Framski potok, Reko in Polskavo. To so vsi večji vodotoki na zahodnem delu Dravskega polja, ki je ravninska gosto poseljena kmetijska krajina. Vodotoki niso več v naravnem stanju, saj so bili skoraj v celoti regulirani v 20. stoletju. Že pred več stoletji pa so bili spremenjeni v izgone, razcepljeni v več strug in kanale, ki so omogočali namakanje krajine in uporabo vode v druge namene. V manjši meri še vedno tečejo po teh strugah. Intenzivnost te rabe vode je edinstvena v slovenskem merilu in je dala ime celotni krajini severozahodnega dela Dravskega polja, ki se zato imenuje Izgonska pokrajina. Vsi izvirajo na Pohorju, ki z geološkimi in geografskimi značilnostmi znatno vpliva na značaj vodotokov. Na tem območju je tudi veliko stoječih voda.

V vodotokih smo popisali prisotne taksone makrofitov in s petstopenjsko lestvico ocenili njihovo pogostost oz. zastopanost. Iz ocen zastopanosti smo izračunali relativno rastlinsko zastopanost (RPA) taksonov makrofitov. Z metodo RCE smo ocenili ekomorfološko stanje vodotokov in njihove okolice ter vodotoke umestili v ustrezeni kakovostni razred. Ocenjevali smo 12 okoljskih dejavnikov. S podatki ekomorfološkega vrednotenja smo z metodo CCA ugotavljali povezanost taksonov makrofitov ter odsekov vodotokov z določenimi okoljskimi dejavniki. Popis makrofitov smo opravili tudi v dveh stoječih vodah na območju, v Velikem Turnovem ribniku in v vodnem zadrževalniku Požeg.

Vodotoki so floristično bogati in močno zarasli. Z ekološkega stališča je množično pojavljanje makrofitov v obravnavanih vodotokih dobrodošlo, saj makrofiti bistveno izboljšajo ekološko stanje vodotoka. Popisali smo 48 taksonov makrofitov. 22 od teh je bilo submerznih, 7 prisotnih vrst je imelo razvite plavajoče liste. Večina je bila emerznih, 34 taksonov. Pri 8 taksonih so se pojavljale različne rastne oblike osebkov ali pa so bili na isti rastlini razviti različni tipi listov. Najštevilnejši rod je *Potamogeton* s šestimi vrstami. Množično je zastopanih malo taksonov. Štirje taksoni (nitaste alge, *Sparganium* spp., *Myriophyllum spicatum* in *Phalaris arundinacea*) predstavljajo skoraj polovico (46%) vse relativne rastlinske zastopanosti makrofitov in 8 taksonov (poleg naštetih še vrste *Potamogeton nodosus*, *P. pectinatus*, *P. crispus* in *P. berchtoldii*) predstavlja 70% vse relativne rastlinske zastopanosti makrofitov v vodotokih. Ti taksoni so najbolj prilagodljivi (evrivalentni) in značilni za evtrofne razmere. So tudi hitro rastoči in imajo veliko sposobnost obnavljanja in razširjanja. To so prednosti, ki jim omogočajo pojavljanje v spremenjenih in obremenjenih vodotokih z občasnimi zelo povečanimi pretoki.

V stoječih vodah smo našli vsega skupaj 34 taksonov makrofitov. To je manj kot v vodotokih. Še posebej to velja za potopljeno rastoče makrofite. Našli smo le 4 vrste v Velikem Turnovem ribniku, v zadrževalniku Požeg pa jih sploh ni bilo, saj je bila številčnost

rastlinojedih rib prevelika. Vsi znaki kažejo, da sta obe stoječi vodi zelo evtrofni, kar je predvsem posledica preveč intenzivne ribogojne dejavnosti

Ekomorfološko stanje vodotokov je slabo. Ocenjevanje po metodi RCE je večino (3/4) odsekov umestilo v četrti RCE kakovostni razred na petstopenjski lestvici. Vodotoki so tudi močno obremenjeni. To kaže zastopanost taksonov makrofitov, saj so najbolj zastopani taksoni makrofitov značilni za evtrofne razmere. Ugotavljanje povezanosti taksonov makrofitov z določenimi okoljskimi dejavniki z metodo CCA je potrdilo evrivalentnost najbolj zastopanih taksonov.

8 VIRI

Atlas okolja. 2007. Agencija Republike Slovenije za okolje.

URL: http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso
(junij, 2016)

Barko J.W. 1983. The growth of *Myriophyllum spicatum* in relation to selected characteristics of sediment and solution. *Aquatic Botany*, 15, 1: 91-103

Baš F., 1937. Izgoni na Dravskem polju. *Časopis za zgodovino in narodopisje*, 32: 325-340
URL: <http://www.sistory.si/SISTORY:ID:6758> (maj, 2016)

Belec Z. 1999. Gozdovi. V: *Krajinski park Rački ribniki – Požeg*. Vogrin M. (ur.). Rače, Društvo za proučevanje ptic in varstvo narave: 46-56

Cronin G., Lewis W.M. Jr., Schienser M.A. 2006. Influence of freshwater macrophytes on the littoral ecosystem structure and function of young Colorado reservoir. *Aquatic botany*, 85: 37-43

Cudmore B., Mandrak N.E. 2004. Biological synopsis of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences* 2705: 44 str.
URL: <http://www.dfo-mpo.gc.ca/Library/286222.pdf> (maj, 2016)

Gaberščik A. 1997. Makrofiti in kvaliteta voda. *Acta Biologica Slovenica*, 41, 2/3: 141–148

Geopedia. 2013. Interaktivni spletni atlas in zemljevid Slovenije

URL: http://www.geopedia.si/#T105_x557139_y138559.25_s16_b2 (maj, 2016)

Gibbard P.L. 1988. The history of the great northwest European rivers during the past three million years. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, 318: 559-602

Golob A. 2011. Makrofiti Slivniškega jezera. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 56 str.

Gregorič V. 1979. Gozdni raziskovalno-študijski objekt na liniji Črni vrh - Kapunarjev vrh: geološke razmere. Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo pri Biotehniški fakulteti v Ljubljani: 13 str.

URL: http://eprints.gozdis.si/1348/1/E_0140.pdf (maj, 2016)

- Haslam S. M. 1987. River plants of Western Europe. The macrophytic vegetation of watercourses of the European Economic Community. New York, Cambridge University Press: 511 str.
- Harding J.S., Benfield E.F., Bolstad P.V., Helfman G.S., Jones E.B.D.III. 1998. Stream biodiversity: The ghost of land use past. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95: 14843–14847
URL: <http://www.pnas.org/content/95/25/14843.full> (maj, 2016)
- Haslam S.M., Sinker C.A., Wolseley P.A., 1975. British water plants. *Field Studies*, 4: 243–351
- Haslam S. M. 2008. The riverscape and the river. New York, Cambridge university press: 403 str.
- Holmes N. 2005. A guide to identifying British river plants. Huntingdon, Warboys: 134 str.
- Hoyer M.V., Frazer T.K., Notestein S.K., Canfield D.E. 2004. Vegetative characteristic of three low-lying Florida coastal rivers in relation to flow, light, salinity and nutrients. *Hydrobiologia*, 528: 31–43
- Hutchinson G. E., 1970. The chemical ecology of three species of *Myriophyllum* (Angiospermae, Haloragaceae). *Limnology and oceanography*. 15, 1: 5 str.
URL: http://www.avto.aslo.info/lo/toc/vol_15/issue_1/0001.pdf (maj, 2016)
- Jannauer G. 2012. Macrophytes of the Danube River: aquatic plant ecology - and some outreach into "real world" policies. V: *Proceedings book, 39th IAD Conference Living Danube*. 21-24 avg. 2012, Szentendre, Hungary. Berczik A., Dinka M., Kiss A. (ur.): 11-18
URL: http://www.iad.gs/docs/IAD39_Proceeding_Book_lores.pdf (april, 2016)
- Kocja Ačko D. 1999. Proso. V: *pozabljene poljščine*. Ljubljana, Kmečki glas: 67-82
- Kohler A. 1978. Methoden der Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotopen. *Landschaft + Stadt*, 10, 2: 73-85
- Kolbezen M., Pristov J. 1998. Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije: 29 str.
URL: http://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/vodotoki_bilanca.html (maj, 2016)

- Komac B., Zorn M. 2007. Pobočni procesi in človek. Geografija Slovenije 15. Ljubljana, Založba ZRC: 217 str.
- Kuhar U., Gregorc T., Renčelj M., Šraj-Kržič N., Gaberščik A. 2007. Distribution of macrophytes and condition of the physical environment of streams flowing through agricultural landscape in north-eastern Slovenia. *Limnologica - Ecology and Management of Inland Waters*, 37, 2: 146–154
- Kuhar U., Germ M., Gaberščik A. 2012. The distribution and abundance of genus *Potamogeton* in Slovenian rivers. V: Proceedings book, 39th IAD Conference Living Danube. 21-24 avg. 2012, Szentendre, Hungary. Berczik A., Dinka M., Kiss A. (ed.): 33-37
URL: http://www.iad.gs/docs/IAD39_Proceeding_Book_lores.pdf (april, 2016)
- Lehmann A., Castella E., Lachavanne J.B. 1997. Morphological traits and spatial heterogeneity of aquatic plants along sediment and depth gradients, Lake Geneva, Switzerland. *Aquatic botany*, 55: 281-299
- Lubšina M., 2004. Arheološke raziskave na trasi rimskega vodovoda Fram - Poetovio v Kungoti pri Ptuj. *Časopis za zgodovino in narodopisje*, 75, 40/1: 29-40
- Martinčič A., Wraber T., Jogan N., Podobnik A., Turk B., Vreš B., Ravnik V., Frajman B., Strgulc Krajšek S., Trčak B., Bačič T., Fischer M.A., Eler K., Surina B. 2007. Mala flora Slovenije. Ključ za določanje praprotnic in semenk. Četrta, dopolnjena in spremenjena izdaja. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 967 str.
- Mehle A. 2010. Makrofiti in bakterijske združbe sedimentov v potokih Grosupeljščica in Podlomščica. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 93 str.
- Mlinarič J. 1978. Gosposočina Zgornje Radvanje po urbarju iz leta 1695. *Časopis za zgodovino in narodopisje*, 49, 14: 187—203
URL: <http://sistory.si/publikacije/prenos/?urn=SISTORY:ID:7006> (maj, 2016)
- Nilsson C., Jansson R. 1995. Floristic differences between riparian corridors of regulated and free-flowing boreal rivers. *Regulated Rivers: Research & Management*, 11: 55–66
- Odum E.P. 1971. *Fundamentals of ecology*. 3rd edition. Philadelphia, W.B. Saunders: 574 str.

- Pak, M., 1964. Današnji gospodarski razvoj izgonov na Dravskem polju. *Geografski vestnik*, 36: 75-79
- Preston C.D. 1995. *Pondweeds of Great Britain and Ireland*. London, Botanical Society of the British Isles: 352 str.
- Sand-Jensen K., Riis T., Vestergaard O., Larsen S.E. 2000. Macrophyte decline in Danish lakes and streams over the past 100 years. *Journal of Ecology*, 88: 1030–1040
- Sovinc, A. 1997. Smernice za sonaravno ureditev oziroma dokončanje akumulacije Požeg. Večnamenska raba vodnih akumulacij. Mišičev vodarski dan, Maribor, 5. dec. 1997: 53-58
- Tarman K. 1992. *Osnove ekologije in ekologija živali*. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 547 str.
- Ter Braak C.J.F., Verdonschot P.F.M. 1995. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Sciences*, 57, 3: 153-187
- Trošt-Sedej T. 2005. *Ekologija rastlin: priročnik za vaje*. Ljubljana, Študentska založba: 81 str.
- Truelson R.L., Warrington P.D. 1994. *Effects of Water Storage Reservoirs on Downstream Water Quality and Aquatic Vegetation*. Revised edition. Water Quality Branch, Environmental Protection Department, Ministry of Environment, Lands and Parks of British Columbia: 34 str.
- Urbanič G., Toman, M.J. 2003. *Varstvo celinskih voda*. Ljubljana, Študentska založba: 94 str.
- Urbanič G. 2004. *Ekologija in razširjenost mladoletnic (Insecta: Trichoptera) v nekaterih vodotokih v Sloveniji*. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 188 str.
- Vogrin, M. 1999. *Krajinski park Rački ribniki – Požeg. Rače, Društvo za proučevanje ptic in varstvo narave*: 152 str.
- Vogrin, M. 2006. *Oaza miru in življenja: krajinski park Rački ribniki-Požeg: vodnik po Poteh. Rače, Občina Rače-Fram*: 22 str.

- Vreš B., Kaligarič M. 1999. Rastlinski svet. V: Krajinski park Rački ribniki – Požeg. Vogrin M. (ur.). Rače, Društvo za proučevanje ptic in varstvo narave: 30-45
- Zupančič M. 2009. Geografski oris občine Rače – Fram. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Filozofska Fakulteta, Oddelek za geografijo: 85 str.
- Žibera I. 1999. Geografske značilnosti. V: Krajinski park Rački ribniki – Požeg. Vogrin M. (ur.). Rače, Društvo za proučevanje ptic in varstvo narave: 17-30

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici prof. dr. Alenki Gaberščik za predlagano temo naloge - saj nebi mogel izbrati boljše - ter za zaupanje, prijaznost in potrpežljivost v dolgotrajnem ukvarjanju z diplomsko nalogo.

Zahvaljujem se profesorjem, asistentom in ostalim zaposlenim na Biotehniški fakulteti in Univerzi v Ljubljani, s katerimi mi je bilo dano sodelovati, za pomoč in prijaznost v vsem času študija.

Prav tako se zahvaljujem sošolcem in drugim študentom biologije, ki so mi tekom študija pomagali z zapiski ali kakorkoli drugače.

Še posebej se zahvaljujem staršem in ostalim domačim, ki so me tekom študija podpirali, me prenašali in pomagali na vse načine, še posebej v času zadnjega dela študija in pisanja diplomske naloge. Brez njihove podpore študija nebi mogel dokončati.

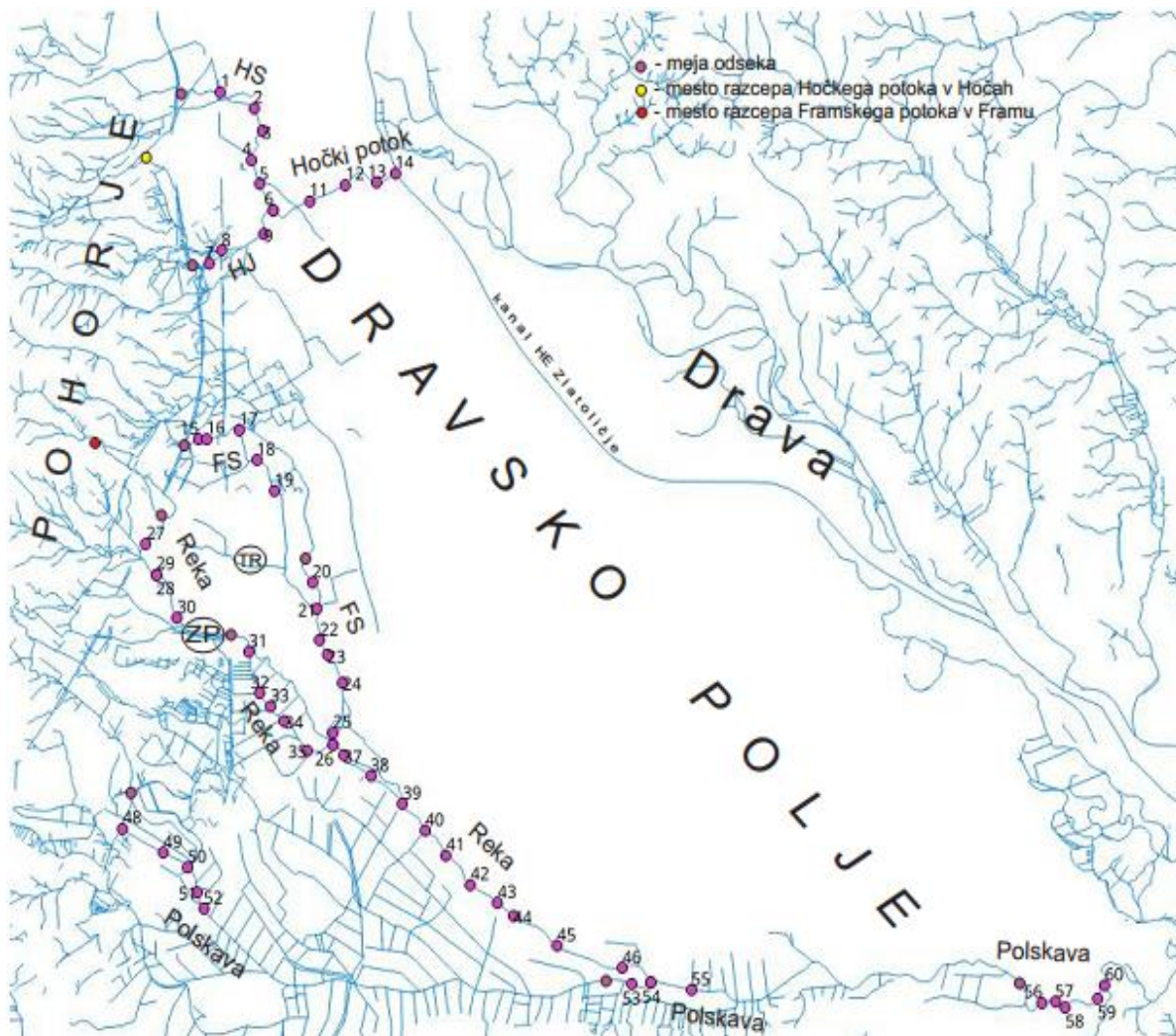
Hvala tudi vsem drugim, od sorodnikov, prijateljev do znancev, ki so mi tekom študija kakorkoli pomagali, me podpirali, spodbujali in mi zaupali. Veliko preveč vas je, da bi lahko omenil vse.

Iskrena hvala vsem! Naj vam bo povrnjeno!

PRILOGE

PRILOGA A

Zemljevid obravnavanega območja



Razlaga kratic: HS – severni krak Hočkega potoka; HJ – južni krak Hočkega potoka; FS – severni krak Framskega potoka oz. Framski potok; TR – Turnovi ribniki; ZP – vodni zadrževalnik Požeg

PRILOGA B

Slovenska različica RCE metode (Petersen, 1992)

1. Izraba tal za obrežnim pasom (v zaledju struge)	
Zaledje poraslo z gozdom in / ali močvirji	30
Mozaik košenih travnikov / pašnikov, gozdov / močvirij ter malo obdelovalnih površin	20
Obdelovalne površine, košeni travniki / pašniki, posamezne hiše	10
Prevladujejo obdelovalne površine ali strnjeno urbano območje (hiše, tovarne)	1
2. Širina obrežnega (blažilnega) ¹ pasu (od roba vodotoka do kmetijskih površin ali naselja)	
Močviren ali z lesnatimi rastlinami porasel pas širok več kot 30 m	30
Močviren ali z lesnatimi rastlinami porasel pas širok od 5 do 30 m	20
Močviren ali z lesnatimi rastlinami porasel pas širok od 1 do 5 m	5
Močvirnih ali lesnatih rastlin ni	1
3. Sklenjenost vegetacije v obrežnem pasu	
Vegetacija obrežnega pasu brez prekinitev	30
Prekinitve vegetacije se pojavljajo v intervalih, večjih od 50 m	20
Prekinitve vegetacije se pojavljajo vsakih 50 m	5
Prekinitve pogoste, vzdolž celotne struge / obrežnega pasu ni	1
4. Vegetacija pasu 0-10 m od struge	
Več kot 90% poraščeno z nepionirskimi lesnatimi vrstami ali močvirskimi rastlinami	25
Vegetacijo sestavljajo pionirske vrste ² dreves in grmov	15
Vegetacijo sestavljajo trave in posamezna drevesa ali grmi	5
Večinoma trave, posamezni grmi/tujerodne vrste ³ / urbane površine/vodotok kanaliziran	1
5. Zadrževalne strukture v strugi	
Skale in stara debla, trdno zasidrani v dno, ni usedlin	15
Skale in debla za katerimi se odlagajo usedline	10
Zadrževalne strukture rahlo zasidrane; ob poplavih se premikajo	5
Peščene naplavine, zadrževalnih struktur malo	1
6. Oblika struge	
Zadošča za najvišje letne pretoke, razmerje širina / globina manj kot 7	15
Redko preplavljeni bregovi, razmerje širina / globina 8 do 15	10
Poplave ob zmerni količini vode, razmerje širina/globina 15 do 25	5
Poplave pogoste, razmerje širina / globina več kot 25 / vodotok kanaliziran	1
7. Usedline v strugi	
Odlaganje usedlin majhno, na povečanje struge nima vpliva	15
Nekaj ovir iz robatih skal in prodnikov ter malo mulja	10
Ovire iz skal, peska ali muljastih naplavin pogoste	5
Struga deljena v preplete ⁴ / vodotok kanaliziran	1
8. Struktura rečnega brega	
Breg stabilen, kamnit ali čvrsto utrjen s koreninami trav, grmovja in dreves	25
Breg trden, korenine trav, grmovja in dreves ga le delno utrjujejo	15
Breg iz rahle prsti, nekoliko utrjen z redkim slojem rastlin	5
Breg nestabilen, iz rahle prsti ali peska, tok ga spodjeda / breg je umetno utrjen	1
9. Spodjedanje brega	
Ni vidno ali pa je omejeno na območja, kjer so korenine dreves	20
Samo na rečnih zavojih in zožitvah	15
Spodjedanje pogosto	5
Močno spodjedanje vzdolž struge, breg se ruši / breg je umetno utrjen	1

10. Dno vodotoka

Kamnito dno, sestavljeno iz delcev različnih velikosti z očitnimi intersticielnimi prostori	25
Lahkogibljivo kamnito dno z malo mulja	15
Dno iz mulja, peska in gramoza; stabilno na nekaterih mestih	5
Dno iz rahlo sprijetega peska in mulja, kamnitega substrata ni	1

11. Pojavljanje brzic, tolmunov in meandrov

Jasno vidni, prisotni na razdaljah od 5-7 kratne širine vodotoka	25
Nepravilno razporejeni	20
Dolge tolmane ločujejo kratke brzice, meandrov ni	10
Brzic, tolmunov in meandrov ni / vodotok kanaliziran	1

12. Detrit

Prevladujeta listje in les, sedimenta ni	25
Nekaj listja in lesa ter nekaj drobnega organskega materiala, sedimenta ni	10
Listja in lesa ni, prisotni grobi in fini organski delci, pomešani s sedimentom	5
Fin, anaeroben sediment, brez grobih delcev	1

Vrednotenje rezultatov:

Razred	Št. točk	Ocena	Barva	Priporočena dejavnost
I	227-280	odlično	modra	Biomonitoring in zaščita obstoječega stanja -referenčna lokacija
II	173-226	zelo dobro	zelena	Potrebne so spremembe na posameznih odsekih
III	119-172	dobro	rumena	Potrebne so manjše spremembe vzdolž večjega dela struge
IV	65-118	slabo	rjava	Potrebne so večje spremembe struge in blaženje učinkov iz zaledja
V	12-64	Zelo slabo	rdeča	Potrebna je reorganizacija struge in blaženje učinkov iz zaledja

Opombe:

¹ obrežni pas: pas močvirske ali lesnate vegetacije, ki tvori prehod med vodnim in kopenskim ekosistemom; vodotok ščiti pred vplivi iz zaledja (zadržuje snovi, ki se sperejo s kopnega - hranila, različni polutanti, ...) ter pripomore k stabilnosti bregov

² pionirske vrste: vrba, jelša, topol

³ če so prisotne tujerodne vrste, si zapiši, katere

⁴ prepleti: v strugi se pojavljajo otočki naplavin, na katerih je lahko prisotna vegetacija (vrbe, ...)

PRILOGA C

Ocenitev odsekov po RCE metodi in ustrezajoči kakovostni razred odseka

HS = severni krak Hočkega potoka; HJ = južni krak Hočkega potoka; H = Hočki potok;

F = Framski potok; R = Reka; P = Polskava

Vodotok in št. odseka	Dožina odseka v metrih	1. Zemljišče v zaledju	2. Širina obrežnega pasu	3. Sklenjenost obrežnega pasu	4. Vegetacija obrežnega pasu	5. Zadrževalne strukture	6. Oblika struge	7. Usedline v strugi	8. Struktura rečnega brega	9. Spodjedanje brega	10. Dno vodotoka	11. Brzice, tolmuni ali meandri	12. Derit	Vsota točk	KAKOVOSTNI RAZRED
HS 1	840	1	5	5	5	1	15	5	15	5	5	1	5	68	IV.
HS 2	510	1	5	20	5	5	15	5	15	15	5	10	5	106	IV.
HS 3	720	1	5	30	5	5	15	5	25	20	5	1	5	122	III.
HS 4	580	1	5	30	5	10	15	10	25	20	15	10	5	151	III.
HS 5	480	1	5	20	15	10	15	10	25	15	15	20	5	156	III.
HS 6	520	1	5	30	1	1	15	5	15	15	15	1	5	109	IV.
HJ 7	155	1	5	30	15	1	15	5	15	15	5	1	5	113	IV.
HJ 8	370	1	5	30	1	1	15	5	15	15	5	1	5	99	IV.
HJ 9	910	1	5	30	1	1	15	5	15	15	5	1	5	99	IV.
HJ 10	580	1	5	30	1	1	15	5	15	15	5	1	5	99	IV.
H 11	830	1	5	30	1	1	15	5	15	15	5	1	5	99	IV.
H 12	765	30	5	30	1	1	15	10	25	15	15	1	5	153	III.
H 13	540	30	5	30	1	1	15	5	25	15	15	1	5	148	III.
H 14	410	1	5	30	1	1	10	5	25	15	15	1	5	114	IV.
F 15	270	1	5	5	15	10	15	10	15	15	5	20	10	126	III.
F 16	90	1	5	1	15	10	15	1	1	20	15	1	25	110	IV.
F 17	260	1	5	5	5	1	15	5	15	5	5	1	5	68	IV.
F 18	915	1	5	5	5	5	15	5	15	5	5	1	5	72	IV.
F 19	520	20	5	1	5	5	15	10	15	1	15	10	5	107	IV.
F 20	480	20	5	5	5	5	15	5	15	5	5	1	5	91	IV.
F 21	615	1	5	5	5	5	15	5	15	5	5	1	5	72	IV.
F 22	585	1	5	5	5	5	15	5	15	5	5	1	5	72	IV.
F 23	325	10	5	5	5	5	15	5	15	5	1	1	5	77	IV.
F 24	700	1	5	20	5	10	15	10	15	15	15	1	10	122	III.
F 25	875	1	5	20	5	10	15	10	15	15	15	10	10	131	III.
F 26	370	1	5	5	5	5	15	10	15	15	15	1	5	97	IV.
R 27	765	20	5	5	5	5	15	10	15	5	5	10	10	110	IV.
R 28	755	1	5	5	5	5	15	10	15	5	5	10	10	91	IV.
R 29	540	1	5	5	5	5	15	10	15	5	1	10	10	87	IV.
R 30	405	20	5	5	5	5	15	10	15	5	1	10	10	106	IV.
R 31	570	1	5	1	5	10	15	5	1	5	1	1	10	60	V.
R 32	810	1	5	1	15	10	15	5	5	1	5	10	10	83	IV.
R 33	500	1	5	1	5	10	15	5	15	5	15	20	5	102	IV.
R 34	410	1	5	30	5	1	15	5	15	5	5	1	5	93	IV.
R 35	505	1	5	1	5	10	15	5	15	5	5	20	5	92	IV.
R 36	570	1	5	1	1	1	15	5	15	5	5	1	5	60	V.
R 37	270	1	5	5	5	10	15	5	15	5	5	1	5	77	IV.
R 38	710	1	5	5	1	10	15	5	15	5	5	1	5	73	IV.
R 39	865	1	5	5	5	10	15	5	15	5	15	1	5	87	IV.
R 40	640	1	5	5	1	10	15	5	15	5	15	1	5	83	IV.
R 41	660	1	5	20	5	1	15	5	5	5	5	1	5	73	IV.
R 42	700	1	5	20	5	1	15	5	15	5	5	1	5	83	IV.
R 43	625	1	5	20	5	1	15	5	15	5	5	1	5	83	IV.
R 44	580	1	5	20	5	1	15	5	15	5	5	1	5	83	IV.
R 45	860	1	5	20	5	1	15	5	15	5	5	1	5	83	IV.
R 46	1410	1	5	20	5	1	15	5	15	5	5	1	5	83	IV.
R 47	635	1	5	30	5	1	15	5	15	15	5	1	5	103	IV.
P 48	695	1	5	1	5	5	15	10	15	5	5	20	10	97	IV.
P 49	950	1	5	1	5	5	15	5	15	5	5	10	10	82	IV.
P 50	550	1	5	1	5	5	15	5	15	5	1	10	10	78	IV.
P 51	455	1	5	1	15	5	15	5	15	5	1	10	10	88	IV.
P 52	340	1	5	1	5	1	15	5	15	5	1	1	10	65	IV.
P 53	915	1	5	20	1	1	15	5	15	1	5	1	5	75	IV.
P 54	420	1	5	30	1	5	15	10	15	5	15	10	25	137	III.
P 55	660	1	5	30	1	1	15	5	15	5	5	1	5	89	IV.
P 56	660	20	5	30	1	10	15	5	15	15	25	20	5	166	III.
P 57	340	1	5	5	5	1	15	5	15	15	5	1	5	78	IV.
P 58	220	10	5	30	15	15	15	10	15	15	25	25	5	185	II.
P 59	780	10	5	20	1	15	15	10	25	20	25	20	5	171	III.
P 60	285	10	5	30	15	15	15	15	25	20	25	20	5	200	II.

PRILOGA D

Koordinate in dolžine odsekov vodotokov

PRILOGA D1

Tabela GK koordinat in dolžin odsekov Hočkega in Framskega potoka; za vsak odsek sta navedeni koordinati na začetku in na koncu odseka

Vodotok	Št. odseka	GK koordinate		Dolžina odseka v m
		GKY	GKX	
HS	1	550.475,52	152.155,65	840
		551.266,23	152.157,64	
HS	2	551.266,23	152.157,64	510
		551.903,48	151.870,17	
HS	3	551.903,48	151.870,17	720
		552.067,16	151.460,61	
HS	4	552.067,16	151.460,61	580
		551.861,69	150.942,64	
HS	5	551.861,69	150.942,64	480
		552.013,87	150.501,55	
HS	6	552.013,87	150.501,55	520
		552.292,35	150.046,73	
HJ	7	550.935,36	148.993,40	155
		551.047,32	149.084,05	
HJ	8	551.047,32	149.084,05	370
		551.280,15	149.310,66	
HJ	9	551.280,15	149.310,66	910
		552.098,67	149.610,96	
HJ	10	552.098,67	149.610,96	580
		552.292,35	150.046,73	
H	11	552.292,35	150.046,73	830
		551.047,32	149.084,05	
H	12	551.047,32	149.084,05	765
		551.280,15	149.310,66	
H	13	551.280,15	149.310,66	540
		552.098,67	149.610,96	
H	14	552.098,67	149.610,96	410
		552.292,35	150.046,73	
F	15	550.564,96	145.827,77	270
		550.836,42	145.932,55	
F	16	550.836,42	145.932,55	90
		550.983,66	145.948,42	
F	17	551.378,95	146.008,48	260
		551.626,73	146.105,19	
F	18	551.626,73	146.105,19	915
		551.959,18	145.564,12	
F	19	551.959,18	145.564,12	520
		552.320,46	145.012,11	
F	20	552.882,49	143.800,64	480
		553.048,07	143.371,35	
F	21	553.048,07	143.371,35	615
		553.129,16	142.899,20	
F	22	553.129,16	142.899,20	585
		553.192,22	142.329,90	
F	23	553.192,22	142.329,90	325
		553.334,83	142.064,25	
F	24	553.334,83	142.064,25	700
		553.639,06	141.579,43	
F	25	553.639,06	141.579,43	875
		553.452,00	140.677,86	
F	26	553.452,00	140.677,86	370
		553.463,12	140.458,91	

HS = severni krak Hočkega potoka; HJ = južni krak Hočkega potoka; H = Hočki potok;
F = Framski potok

PRILOGA D2

Tabela GK koordinat in dolžin odsekov Reke; za vsak odsek sta navedeni koordinati na začetku in na koncu odseka

Vodotok	Št. odseka	GK koordinate		Dolžina odseka v metrih
		GKY	GKX	
Reka	27	550.028,58	144.621,01	765
		549.812,94	144.053,75	
Reka	28	549.812,94	144.053,75	755
		550.012,44	143.514,00	
Reka	29	550.012,44	143.514,00	540
		550.298,19	143.112,36	
Reka	30	550.298,19	143.112,36	405
		550.416,19	142.734,01	
Reka	31	551.452,38	142.460,99	570
		551.809,80	142.125,12	
Reka	32	551.809,80	142.125,12	810
		552.024,91	141.380,05	
Reka	33	552.024,91	141.380,05	500
		552.233,77	141.146,83	
Reka	34	552.233,77	141.146,83	410
		552.509,06	140.887,67	
Reka	35	552.509,06	140.887,67	505
		552.938,60	140.362,15	
Reka	36	552.938,60	140.362,15	570
		553.463,12	140.458,91	
Reka	37	553.463,12	140.458,91	270
		553.653,79	140.273,17	
Reka	38	553.653,79	140.273,17	710
		554.180,18	139.900,51	
Reka	39	554.180,18	139.900,51	865
		554.807,77	139.398,73	
Reka	40	554.807,77	139.398,73	640
		555.248,96	138.921,17	
Reka	41	555.248,96	138.921,17	660
		555.657,24	138.478,36	
Reka	42	555.657,24	138.478,36	700
		556.131,38	137.951,86	
Reka	43	556.131,38	137.951,86	625
		556.660,27	137.627,21	
Reka	44	556.660,27	137.627,21	580
		556.963,39	137.394,93	
Reka	45	556.963,39	137.394,93	860
		557.817,62	136.855,64	
Reka	46	557.817,62	136.855,64	1410
		559.088,31	136.455,15	
Reka	47	559.088,31	136.455,15	635
		559.655,12	136.201,47	

PRILOGA D3

Tabela GK koordinat in dolžin odsekov Polskave; za vsak odsek sta navedeni koordinati na začetku in na koncu odseka

Vodotok	Št. odseka	GK koordinate		Dolžina odseka v metrih
		GKY	GKX	
Polskava	48	549.496,69	139.627,35	695
		549.356,99	138.963,31	
Polskava	49	549.356,99	138.963,31	950
		550.144,13	138.520,93	
Polskava	50	550.144,13	138.520,93	550
		550.624,62	138.261,01	
Polskava	51	550.624,62	138.261,01	455
		550.802,15	137.823,62	
Polskava	52	550.802,15	137.823,62	340
		550.933,32	137.521,23	
Polskava	53	558.369,74	136.172,61	915
		559.263,30	136.169,66	
Polskava	54	559.263,30	136.169,66	420
		559.655,12	136.201,47	
Polskava	55	559.655,12	136.201,47	660
		560.434,96	136.066,93	
Polskava	56	566.860,49	136.189,17	660
		567.272,35	135.837,86	
Polskava	57	567.272,35	135.837,86	340
		567.516,62	135.850,18	
Polskava	58	567.516,62	135.850,18	220
		567.719,29	135.759,16	
Polskava	59	567.719,29	135.759,16	780
		568.340,70	135.918,38	
Polskava	60	568.340,70	135.918,38	285
		568.490,19	136.152,80	

PRILOGA E

Tabele pogostosti makrofitov v vodotokih

PRILOGA E1

Tabela pogostosti makrofitov v severnem kraku Hočkega potoka

V drugem stolpcu je rastna oblika, ki se je pojavljala. Razlaga je v poglavju 2.2. Pomen kratic makrofitov je v preglednici 2 (str.40)

Vodotok		severna veja Hočkega potoka					
št. odseka		1	2	3	4	5	6
Agr sto	e	2	2	2	2	2	1
Alg fil	sa	3	2	2	2	2	3
Ali pla-aqu	sa	0	2	2	2	1	1
Ali pla-aqu	e	0	0	1	1	0	0
Arm rus	e	0	0	0	0	2	2
Car sp.	e	0	0	0	0	0	1
Cha sp.	sa	0	0	2	2	0	1
Ele pal	e	0	0	0	1	2	0
Elo can	sa	0	0	2	2	0	0
Epi hir	e	0	1	0	0	0	0
Hyd sp.	sf	0	0	0	0	0	3
Iri pse	e	0	0	0	0	0	1
Jun eff	e	2	2	0	2	2	0
Lee ory	e	3	2	2	2	3	3
Lem min	nf	0	0	1	0	0	0
Lyc eur	e	2	0	2	2	0	0
Lys num	e	0	0	0	0	1	0
Lyt sal	e	2	0	0	1	1	1
Myr spi	sa	0	2	2	2	1	0
Pha aru	e	3	2	2	2	3	3
Pol spp.	sa	0	3	2	2	1	1
Pol spp.	e	2	2	2	1	0	0
Pot ber	sa	2	2	3	3	2	4
Pot cri	sa	2	2	3	3	1	1
Pot nod	sa	0	1	2	2	0	0
Rum hyd	e	0	0	0	1	0	0
Sch lac	e	0	0	0	1	0	0
Scr umb	e	0	0	1	2	0	0
Sol dul	e	2	2	2	2	0	1
Spa spp.	sa	2	3	2	2	1	2
Spa spp.	e	3	4	3	2	2	2
Typ lat	e	2	2	2	0	0	0
Ver ana-aqu	e	1	1	0	0	0	0
Ver bec	sa	2	2	2	2	2	2
Ver bec	e	1	2	0	0	1	0

PRILOGA E2

Tabela pogostosti makrofitov v južnem kraku Hočkega potoka

V drugem stolpcu je rastna oblika, ki se je pojavljala. Razlaga je v poglavju 2.2 Pomen kratic makrofitov je v preglednici 2 (str.40)

Vodotok	južna veja Hočkega potoka				
št. odseka		5	6	7	8
Agr sto	e	0	0	1	0
Alg fil	sa	3	4	3	4
Ali pla-aqu	sa	0	2	2	2
Arm rus	e	1	0	0	0
Cal pal	sa	2	2	2	1
Car sp.	e	0	2	2	1
Cer dem	sf	2	2	3	2
Cha sp.	sa	0	0	2	0
Hem sp.	e	1	0	0	0
Iri pse	e	1	1	1	1
Jun eff	e	0	2	1	0
Lee ory	e	0	0	0	0
Lem min	nf	0	1	1	0
Lyc eur	e	1	1	0	1
Lys num	e	1	0	1	0
Lys num	sa	0	0	1	0
Lyt sal	e	0	1	0	0
Myr spi	sa	0	0	3	2
Nas off	e	1	0	0	0
Pha aru	e	2	3	2	2
Phr aus	e	0	1	0	1
Pol spp.	sa	2	3	2	0
Pol spp.	e	0	1	1	0
Pot ber	sa	1	2	2	2
Pot cri	sa	0	1	2	3
Pot nod	sa	0	1	0	0
Scr umb	e	1	1	0	0
Sol dul	e	1	1	1	1
Spa spp.	sa	2	2	2	2
Spa spp.	e	0	1	4	2
Tra nat	na	1	0	0	0
Typ lat	e	0	0	1	2
Ver bec	e	0	0	1	0

PRILOGA E3

Tabela pogostosti makrofitov v Hočkem potoku

V drugem stolpcu je rastna oblika, ki se je pojavljala. Razlaga je v poglavju 2.2. Pomen kratic makrofitov je v preglednici 2 (str.40)

Vodotok		Hočki potok			
št. odseka		11	12	13	14
Alg fil	sa	3	4	3	3
Ali pla-aqu	sa	2	1	0	0
Ali pla-aqu	e	0	2	1	0
Arm rus	e	1	1	1	0
Car sp.	e	0	1	0	0
Ele pal	e	0	0	2	0
Epi hir	e	0	1	0	0
Hyd sp.	sf	2	1	2	3
Iri pse	e	1	0	0	1
Jun eff	e	0	1	0	0
Lee ory	e	0	0	2	3
Lyc eur	e	1	2	2	0
Lyt sal	e	0	1	2	0
Myr spi	sa	2	3	2	2
Pha aru	e	2	2	3	3
Phr aus	e	1	0	2	0
Pol spp.	sa	2	1	0	0
Pol spp.	e	0	1	0	0
Pot ber	sa	1	0	1	1
Pot cri	sa	2	2	1	1
Rum hyd	e	0	1	0	0
Sol dul	e	1	2	1	0
Spa spp.	sa	2	2	0	0
Spa spp.	e	3	3	2	0
Sta pal	e	0	0	1	0
Sym off	e	1	0	0	0
Typ lat	e	0	0	0	1

PRILOGA E4

Tabela pogostosti makrofitov v Framskem potoku

V drugem stolpcu je rastna oblika, ki se je pojavljala. Razlaga je v poglavju 2.2. Pomen kratic makrofitov je v preglednici 2 (str.40)

Vodotok		Framski potok											
št. odseka		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Agr sto	e	0	0	0	2	0	0	0	2	0	2	2	2
Alg fil	sa	0	0	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2
Ali pla-aqu	sa	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Arm rus	e	0	0	0	0	2	1	0	0	0	1	1	2
Cal pal	sa	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Calt pa	e	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Car sp.	e	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
Cha sp.	sa	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0
Cir ole	e	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Gly max	e	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Iri pse	e	0	0	2	2	2	1	1	0	0	2	1	1
Jun eff	e	0	0	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0
Jun inf	e	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jun sp.	sa	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Lee ory	e	0	0	0	2	2	2	0	2	0	0	0	0
Lyc eur	e	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0
Lys num	e	0	0	0	2	1	0	0	0	0	2	0	2
Lyt sal	e	0	0	2	2	2	0	1	0	0	1	0	0
Men lon	e	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Myr spi	sa	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Naj mar	sa	0	0	2	1	0	1	0	1	0	1	0	0
Nas off	e	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nym sp.	na	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Pha aru	e	0	0	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2
Pol spp.	sa	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	2	2
Pol spp.	e	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Pot ber	sa	0	0	2	3	2	2	2	2	0	2	2	2
Pot cri	sa	0	0	4	3	2	2	2	1	0	0	0	1
Pot nat	na	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0
Pot nod	sa	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0
Pot nod	na	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Pot pec	sa	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	3	3
Pot tri	sa	0	0	0	0	0	2	2	2	0	2	2	2
Scr umb	e	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
Sol dul	e	0	0	0	2	2	0	1	0	0	0	0	0
Spa spp.	sa	0	0	0	2	1	2	2	1	0	2	2	2
Spa spp.	e	0	0	4	3	2	2	2	3	4	3	3	3
Spi pol	nf	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
Sym off	e	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	1
Utr sp.	sf	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1
Ver bec	e	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	1

PRILOGA E5

Tabela pogostosti makrofitov v Reki, nad sotočjem s Framskim potokom

V drugem stolpcu je rastna oblika, ki se je pojavljala. Razlaga je v poglavju 2.2. Pomen kratic makrofitov je v preglednici 2 (str.40)

Vodotok		Reka									
št. odseka		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Agr sto	e	2	2	2	2	0	0	0	0	0	1
Alg fil	sa	2	2	2	1	1	2	2	0	1	2
Ali pla-aqu	sa	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Ali pla-aqu	e	0	0	0	0	2	1	0	0	1	1
Cal pal	sa	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Car sp.	e	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Epi hir	e	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0
Iri pse	e	1	1	1	0	1	1	1	1	0	2
Jun eff	e	2	2	1	1	0	2	1	1	1	1
Jun art	e	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lee ory	e	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
Lyc eur	e	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Lys num	e	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lyt sal	e	2	2	1	2	1	0	1	1	0	2
Men aqu	e	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Men lon	e	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Myr spi	sa	0	0	0	0	1	0	1	1	2	2
Naj mar	sa	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0
Naj min	sa	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Nas off	e	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pha aru	e	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2
Pol spp.	sa	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Pol spp.	e	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Pot ber	sa	0	0	0	0	0	0	2	2	1	1
Pot cri	sa	0	0	0	0	2	0	2	2	1	1
Pot nod	sa	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0
Pot nod	na	0	0	0	0	1	0	0	0	3	3
Ran sp.	sa	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Rum hyd	e	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Scr umb	e	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0
Sol dul	e	0	1	0	0	2	2	2	1	1	1
Spa spp.	sa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Spi pol	nf	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Sym off	e	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
Ver bec	e	2	1	0	2	1	0	0	0	0	0

PRILOGA E6

PRILOGA E7

Tabela pogostosti makrofitov v Polskavi

V drugem stolpcu je rastna oblika, ki se je pojavljala. Razlaga je v poglavju 2.2. Pomen kratic makrofitov je v preglednici 2 (str.40)

Vodotok		Polskava												
št. odseka		48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Agr sto	e	2	2	2	1	0	2	2	2	1	1	1	1	1
Alg fil	sa	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Ali pla-aqu	sa	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0
Arm rus	e	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Cal pal	sa	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Car sp.	e	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	2	0
Cha sp.	sa	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Epi hir	e	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gly max	e	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Iri pse	e	0	0	0	1	0	2	2	2	1	1	0	0	0
Jun eff	e	1	0	0	0	0	2	2	2	1	1	0	0	0
Lee ory	e	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	2	0
Lyc eur	e	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Lyt sal	e	1	1	2	2	2	0	2	2	0	0	0	0	0
Men lon	e	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Myr spi	sa	0	0	0	0	0	3	3	3	2	2	1	2	0
Naj mar	sa	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
Nas off	e	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pha aru	e	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1
Pol spp.	sa	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0
Pol spp.	e	0	0	0	1	0	2	2	2	0	0	1	0	0
Pot ber	sa	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
Pot cri	sa	0	0	0	0	0	3	3	3	1	0	0	2	0
Pot nod	sa	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	2	0
Pot nod	na	0	0	0	0	0	2	2	3	0	2	0	1	0
Pot pec	sa	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
Ran sp.	sa	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Sol dul	e	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Spa spp.	sa	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0
Spa spp.	e	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	2	0