»56. srečanje mladih raziskovalcev Slovenije 2022 «

KEMIJSKA ANALIZA VOD IZ RIBNIKOV, KI SO NAMENJENI ŠPORTNEMU RIBOLOVU IN NJIHOV POTENCIALNO ŠKODLJIV VPLIV NA POVRŠINSKE VODOTOKE

Raziskovalno področje: ekologija z varstvom okolja

Raziskovalna naloga

Avtorici: Lia Žunec in Živa Žurga
Mentorici: Senka Husar in Tamara Šiško
Šola: II. gimnazija Maribor

Maribor, 2022

KAZALO

POVZETEK 6
ZAHVALA 7
UVOD 1
NAMEN IN CILJI RAZISKOVALNE NALOGE 2
HIPOTEZE 2
RIBNIK 3
UREDBE 5
OECD KRITERIJI TROFIČNOSTI JEZER 6
EKOLOŠKI STATUS 7
ABIOTSKI DEJAVNIKI 9
SVETLOBA 9
TEMPERATURNE RAZMERE 9
NUTRIENTI 9
FOSFOR 10
OGLJIK 11
DUŠIK 11
KISIK 12
VPLIV RIB 13
RIBE 14
Družina krapovci *(Cyprindae)* 14
Družina pravi somi *(Siluriade)* 15
Družina ščuke *(Esocidae)* *16*
Družina pravi ostriži *(Percidae)* 16
VRSTA IN KOLIČINA RIB KI SE NAHAJA V POSAMEZNEM RIBNIKU 17
VPLIV ONESNAŽENJA 18
- Antropogeni 18
- Naravni 19
CVETENJE RIBNIKOV – EVTROFIKACIJA 20
ŠPORTNI RIBOLOV 22
VRSTE 22
Muharjenje 22
Ekipni (tekmovalni) ribolov 22
Sladkovodni ribolov 22
Morski ribolov 22
MATERIAL IN METODE 23

OPIS METOD 23
Spektrofotometrija 23
VREDNOTENJE EKOLOŠKEGA STANJA POVRŠINSKIH VODA S SPLOŠNIMI FIZIKALNO-KEMIJSKIMI ELEMENTI 24
1.1 FIZIKALNO KEMIJSKA ANALIZA 24
1.1.1 Vzorčna mesta 24
1.1.2 Način vzorčenja 31
1.1.3 Fizikalna analiza vzorcev vode 32
1.1.4. Kemijska analiza vzorcev vode 33
REZULTATI 39
1. FIZIKALNA ANALIZA VODE 39
2. KEMIJSKA ANALIZA VODE 41
A) REZULTATI ANALIZE V RIBNIKIH 41
B) REZULTATI ANALIZE V PRITOKIH 43
C) REZULTATI ANALIZE V IZTOKIH 45
3. UVRSTITEV RIBNIKOV V TROFIČNO KATEGORIJO PO OECD KRITERIJIH 47
HIPOTEZA 1 48
HIPOTEZA 2 49
HIPOTEZA 4 51
HIPOTEZA 5 53
ZAKLJUČEK 54
DRUŽBENA ODGOVORNOST 57
VIRI IN LITERATURA 58
VIRI SLIK 61

KAZALO SLIK

Slika 1: Ekosistem ribnika (Kumari, b. d.) 4
Slika 2: Črni amur (Mylopharyngodon piceus) 14
Slika 3: Rdečeoka (Rutilus rutilus) 14
Slika 4: Srebrni koreselj (Carrasius gabelio) 14
Slika 5: Krap (Cyprinus caprio) 14
Slika 6: Zelenika (Alburnus alburnus) 14
Slika 7: Klen (Squalius cephalus) 14
Slika 8: Rdečeperka (Scardinius erythrophthalamus) 15
Slika 9: Ploščič (Abramis brama) 15
Slika 10: Srebrni ali beli tolstolobik (Hypophthalamichtys molitrix) 15
Slika 11: Som (Silurus glanis) 15
Slika 12: Rjavi somič (Ameiurus nebulosus) 15
Slika 13: Črni somič (Ameiurus melas) 15
Slika 14: Ščuka (Esox lucius) 16
Slika 15: Smuč (Sander lucioperca) 16
Slika 16: Evtrofikacija ribnika (prirejeno po Arpa Umbria, 2009) 21
Slika 17: Ribnik Radvanje (lasten vir) 25
Slika 18: Pritok ribnika Radvanje (lasten vir) 25
Slika 19: Ribnik Betnava (lasten vir) 26
Slika 20: Iztok ribnika Betnava (lasten vir) 26
Slika 21: Ribnik Razvanje (lasten vir) 27
Slika 22: Iztok ribnika Razvanje (lasten vir) 27
Slika 23: Pritok ribnika Razvanje 28
Slika 24: Ribnik Pivola (lasten vir) 29
Slika 25: Pritok ribnika Pivola (lasten vir) 29
Slika 26: Ribnik Slivnica (lasten vir) 30
Slika 27:cev za vzorčenje (lasten vir) 31
Slika 28: vzorčne posode (lasten vir) 31
Slika 29: Secchijeva plošča (lasten vir) 33
Slika 30: multimeter Hach HQ40d (lasten vir) 33
Slika 31: Spektrometer NANOCOLOR VIS II (lasten vir) 35
Slika 32: Testne kivete za analizo amonija (lasten vir) 36
Slika 33: Testne kivete za analizo nitrita (lasten vir) 37
Slika 34: Termoblok NANOCOLOR VARIO C2 (lasten vir) 38

KAZALO TABEL

Tabela 1: Splošni fizikalno-kemijski elementi kakovosti (povzeto po Uredba o stanju površinskih voda (2009) Priloga 4) 5
Tabela 2:OECD kriteriji za ocenjevanje trofičnega stanja jezer (OECD, 1982) 6
Tabela 3: Standardne metode 34
Tabela 4: Vrednosti fizikalnih parametrov v ribnikih 39
Tabela 5: Vrednosti nutrientov v ribnikih 41
Tabela 6: Vrednosti nutrientov v pritokih posameznih ribnikov 43
Tabela 7: Vrednosti nutrientov v iztokih posameznih ribnikov 45
Tabela 8: Vrednosti anorganskega dušika in celotnega fosforja v ribnikih µg/L (povprečje) 47
Tabela 9: Ocena trofičnega stanja po OECD kriterijih 47

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Koncentracija kisika v odvisnosti od temperature (Fondriest Environmental, 2013) . 12
Graf 2: Primerjava koncentracije O_2 (mg/L) v ribnikih 40
Graf 3: Primerjava skupnega dušika v ribnikih (mg/L) 42
Graf 4: Primerjava N-NH_4 v ribnikih (mg/L) 42
Graf 5: Primerjava skupnega dušika v pritokih (mg/L) 44
Graf 6: Primerjava N-NH_4 v pritokih (mg/L) 44
Graf 7: Primerjava skupnega dušika v iztokih (mg/L) 46
Graf 8: Primerjava N-NH_4 v iztokih (mg/L) 46

POVZETEK

V ribnike s spiranjem in s pritoki, prihajajo različne snovi (tudi nevarne), ki se zaradi intenzivnih bioloških procesov tam razgradijo ali spremenijo, kar vpliva na celovito življenjsko združbo in uravnoteženost procesov v ribnikih. Vsebnost kisika, amonijaka, nitrata in nitrita, pH vrednost in zasičenost z dušikom in ogljikovim dioksidom so najpomembnejši parametri, s katerimi se presoja primernost kakovosti vode za akvakulturne dejavnosti. Izvedli smo fizikalno – kemijsko analizo pri čemer smo v ribnikih merili Secchijevo globino, temperaturo, koncentracijo v vodi raztopljenega kisika, električno prevodnost, pH, redoks potencial ter koncentracije hranilnih snovi. Primerjava pritokov in iztokov posameznih ribnikov in ocena trofičnega stanja po OECD kriterijih je pokazala visoke vrednosti nutrientov v nekaterih ribnikih. Ribnik Radvanje spada med najčistejše, ribnik Razvanje pa med najbolj onesnažene. Med potencialne vire onesnaževanja spada zagotovo tudi športni ribolov.

ZAHVALA

Radi bi se zahvalili mentoricama za vso pomoč pri opravljanju eksperimentalnega dela in omogočenega dostopa do laboratorijske opreme, za razlago in smernice pri interpretaciji in izdelavi raziskovalne naloge.

UVOD

Številni ljudje še danes mislijo, da je športni ribolov le neškodljivo preživljanje prostega časa in okolju varna rekreacijska dejavnost. Na žalost pa ima negativne okoljske posledice in je v mnogih primerih glavni vzrok propada ekosistemov. Možnost izvajanja športnega ribolova je v različnih vodnih telesih, najpogosteje uporabljen pa je prav ribnik. Je pomemben naravni habitat za mnoge vodne organizme. Poleg vodnih vrst ribnike obiskujejo tudi kopenske divje živali. Bogata tapiserija ribnikov po intenzivni kmetijski pokrajini nudi prepotrebno zatočišče za ptice, sesalce, dvoživke (ki bodo prečkale celo velika polja, da pridejo do ribnika), plazilce in leteče žuželke. Prav tako imajo tudi pomembno socialno vlogo, saj za ljudi predstavljajo prostor za sprostitev, lahko pa služijo tudi za izobraževalne namene. Imajo tudi podporno vlogo, saj uravnavajo okoljske razmere na nekem območju, tj. blažijo temperaturna nihanja in povečujejo vlažnost zraka. Vodni ekosistemi so med najbolj edinstvenimi, biološko raznovrstnimi in občutljivimi sistemi na svetu, z njihovo izgubo pa se učinek valovanja čuti v tako rekoč vseh drugih ekosistemih, vključno s svetom ljudi.

Kljub njihovi pomembnosti je bilo o ribnikih in njihovi ekološki vrednosti opravljenih zelo malo raziskav, večina naravovarstvenih pristopov pa je v veliki meri neznana. Zato je ključnega pomena, da se tovrstne raziskave opravljajo čim bolj pogosto hkrati z ozaveščanjem javnosti o pomenu takšnih vodnih teles v urbanih okoljih.

NAMEN IN CILJI RAZISKOVALNE NALOGE

V raziskovalni nalogi smo se odločili, da preverimo onesnaženost ribnikov v Mariboru in ugotovimo možne vplive na onesnaženost omenjenih vodnih ekosistemov. Na petih različnih lokacijah v okolici Maribora smo izvedli analizo voda ribnikov in, kjer je bilo možno, preverili še njihove pritoke.

HIPOTEZE

1. Izbrane ribnike bomo lahko glede na OECD kriterije razvrstili v mezotrofna ali evtrofna območja.

2. Ribnik Razvanje bo glede na vidno oceno stanja vode najbolj onesnažen z nutrienti.

3. Ribnik, ki je v veliki meri poseljen z družino krapovcev (*Cypriniformes*), bo kazal največjo onesnaženost z nutrienti.

4. Največ raztopljenega kisika v vodi bo vseboval ribnik umeščen v okolje z najmanjšim antropogenim vplivom.

5. V izmerjenih parametrih med pritoki in iztoki ribnikov bodo vidne spremembe.

RIBNIK

»Ribnik je večja, umetno narejena kotanja z zajezeno vodo, zlasti za gojenje rib.« (SSKJ) Ločimo naravne in umetne ribnike.

Izraz naravni ribnik je mogoče opredeliti na več ravneh. Na zelo osnovni ravni je naravni ribnik tisti, ki obstaja v naravi – tisti, ki ga ni ustvaril človek. Naravni ribniki so lahko tudi umetni, v tem primeru obstajajo brez uporabe črpalk, filtrov ali kemikalij. Ribnik ima lahko podlogo za zadrževanje vode ali pa tudi ne, razen tega vse ostalo v ribniku nadzoruje in upravlja narava.

Ribniki so plitvi ekosistemi, 3-6 metrov globine, v katerih lahko sončna svetloba prodre do dna, kar omogoči rast rastlin, ki tam rastejo. Med organizme, ki živijo v sladkovodnih ekosistemih, prištevamo alge, glive, razne mikroorganizme, rastline in ribe. Te organizme lahko razdelimo na proizvajalce, potrošnike in razkrojevalce glede na način pridobivanja hrane. Energija v ekosistemu teče od proizvajalcev do potrošnikov, razkrojevalci pa pridobivajo hranila iz mrtvih organizmov z njihovo razgradnjo.

Proizvajalci:

Glavni proizvajalci v omenjenih ekosistemih so alge in druge vodne rastline kot so rodovi *Azolla*, *Hydrilla*, *Potamogeton*, *Pistia*, *Wolffia*, *Lemna*, *Eichhornia*, *Nymphaea*, *Jussiaea* itd. te so bodisi plavajoče bodisi ukoreninjene na dno. Zelene rastline pretvarjajo sončno energijo v kemično s pomočjo fotosinteze. Kemično energijo, shranjeno v obliki hrane, porabljajo vsi organizmi. Kisik pa, kot produkt fotosinteze, uporabljajo pri dihanju.

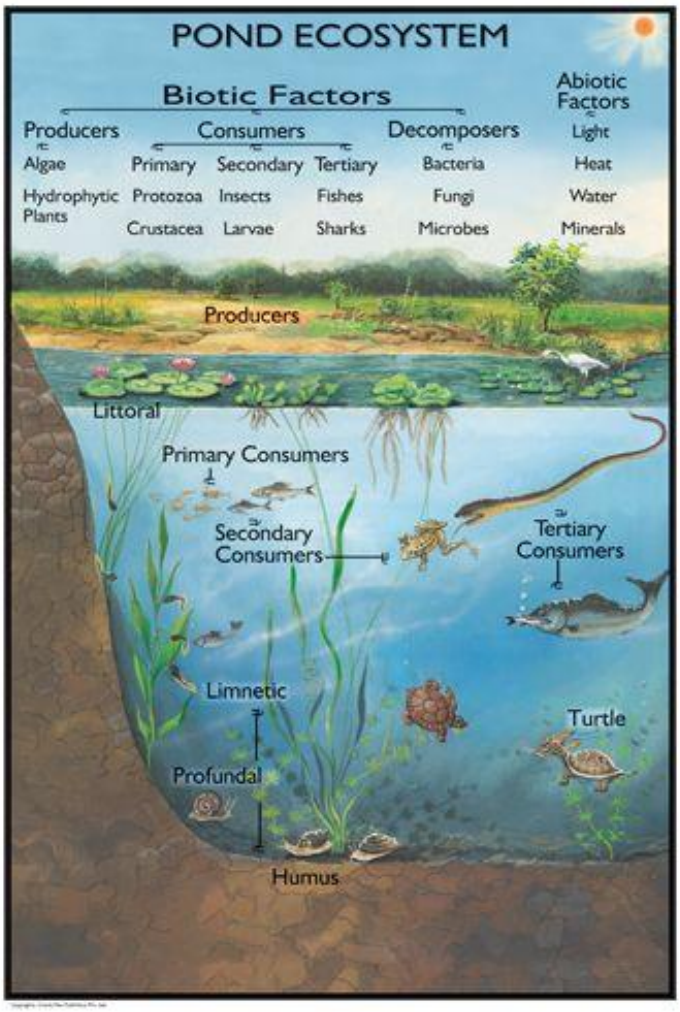
Potrošniki:

Med primarne potrošnike sodijo paglavci žab, mladice rib in drugi vodni organizmi, ki kot hrano uživajo alge in rastline. Rastlinojede vodne živali so tako hrana sekundarnim potrošnikom, med katere sodijo žabe, ribe, vodne kače in raki. Poleg teh pa obstajajo tudi potrošniki najvišjega reda, to so vodne ptice, želve in drugi.

Razkrojevalci:

Ko vodne rastline in živali odmrejo, se v vodi namnoži veliko število bakterij in alg, in pretvorijo kompleksne organske snovi v enostavnejše anorganske spojine in elemente. Nekatere

bakterije v vodi vežejo nevarne spojine. Le-te zelene rastline spet uporabijo za svojo prehrano. (Kumari, b. d.)



Slika 1: Ekosistem ribnika (Kumari, b. d.)

UREDBE

Splošni fizikalno-kemijski parametri v skladu s predpisi o stanju površinskih voda predstavljajo enega od podpornih elementov kakovosti za vrednotenje ekološkega stanja. Po Uredbi o stanju površinskih voda (Uradni list RS, št. 14/09, 98/10, 96/13 in 24/16) Priloga 3, sem sodijo naslednji parametri:

1. splošni fizikalno-kemijski elementi: prosojnost, toplotne razmere, kisikove razmere, slanost, zakisanost, stanje hranil in

2. posebna onesnaževala: sintetična ali nesintetična onesnaževala, za katera se ugotovi, da se v pomembnih količinah odvajajo v to vodno telo.

Tabela 1: Splošni fizikalno-kemijski elementi kakovosti (povzeto po Uredbi o stanju površinskih voda (2009) Priloga 4)

Element kakovost	Parameter	Enota
prosojnost	Secchi-jeva globina	m
toplotne razmere	temperatura	°C
kisikove razmere	koncentracija v vodi v raztopljenega kisika (O_2)	mg/L
	koncentracija v vodi v raztopljenega kisika – hipolimnij (O_2)	mg/L
	nasičenost vode s kisikom (%)	%
celotni organski ogljik	celotni organski ogljik (TOC)	mg/L
slanost	električna prevodnost (25°C)	mg/L
zakisanost	m-alkaliteta	m-ekv/L
	pH	mg/L
stanje hranil	amonij	mg/L
	nitrat	mg/L
	celotni dušik	mg/L
	celotni fosfor	mg/L
	ortofosfat	mg/L
Posebna onesnaževala	Posebna sintetična onesnaževala	
	Posebna nesintetična onesnaževala	

OECD KRITERIJI TROFIČNOSTI JEZER

OECD kriteriji jezera razvrščajo v 5 trofičnih kategorij na osnovi povprečne letne vsebnosti celotnega fosforja, povprečne letne vsebnosti dušika, povprečne letne in minimalne globine prosojnosti ter povprečne letne in maksimalne vsebnosti klorofila a.

Tabela 2:OECD kriteriji za ocenjevanje trofičnega stanja jezer (OECD, 1982)

Trofična stopnja	**Celotni fosfor** (povprečje) µg P/L	**Dušik anorganski** (povprečje) µg N/L	**Prosojnost** (povprečje) (m)	(minimum) (m)	**Klorofil *a*** (povprečje) (m)	(minimum) (m)
u-oligotrofno	< 4	< 200	> 12	> 6	< 1	< 2,5
oligotrofno	< 10	200 - 400	> 6	> 3	< 2,5	< 8
mezotrofno	10 - 35	300 - 650	6 - 3	3 - 1,5	2,5 - 8	8 - 25
evtrofno	35 - 100	500 - 1500	3 - 1,5	1,5 - 0,7	8 - 25	25 -75
hiperevtrofno	> 100	> 1500	< 1,5	< 0,7	> 25	> 75

EKOLOŠKI STATUS

Status je splošen izraz za status vodnega telesa površinskih voda, ki je določen z ekološkim in kemijskim statusom vodnega telesa. Dober status površinske vode pomeni status vodnega telesa površinskih vod, ko sta tako ekološki kot kemijski status vodnega telesa vsaj zadovoljiva. Ekološki status površinske vode pa je izraz za kvaliteto zgradbe in delovanja vodnega ekosistema površinskih vod. (Direktiva 2000/60/ES)

Splošne definicije klasifikacij ekološkega statusa:

Visok status – na vrednosti fizikalno–kemijskih hidromorfoloških elementov pri vodnih telesih površinskih vod človek ne vpliva, oziroma je njegov vpliv le neznaten.

Dober status – vrednosti bioloških elementov vodnih teles površinskih vod so pod vplivom manjših motenj, ki so posledica aktivnosti človeka. Vendar pa se te vrednosti le malo razlikujejo od vrednosti pri normalnem stanju površinske vode, ki ni pod vplivom motenj.

Srednji status – vrednosti bioloških elementov vodnih teles površinskih vod nekoliko odstopajo od vrednosti pri normalnem stanju površinske vode, ki ni pod vplivom motenj. Gre za srednje velike motnje, ki so posledica aktivnosti človeka.

Slabši status – pri vrednostih bioloških elementov vodnih teles površinskih vod pride do večjih sprememb, združbe se precej razlikujejo od tistih pri normalnem stanju površinske vode, ki ni pod vplivom motenj.

Slab status - pri vrednostih bioloških elementov vodnih teles površinskih vod pride do velikih sprememb, velik delež združb v primerjavi z normalnim stanjem površinske vode, ki ni pod vplivom motenj, manjka.

Elementi kakovosti za klasifikacijo ekološkega statusa ribnika:

Biološki elementi: sestava, abundanca in biomasa fitoplanktona; sestava in abundanca druge vodne vegetacije; sestava in abundanca bentoških nevretenčarjev; sestava, abundanca in starostna struktura rib.

Hidromorfološki elementi: hidrološki režim (pretok vode in njegova dinamika, zadrževalni čas, povezava s podzemnimi vodnimi telesi); morfološke razmere (spremembe globine jezera, sestava in količina usedlin, sestava obale jezera).

Kemični in fizikalno – kemični elementi: prosojnost, temperaturne razmere, razmere kisika, slanost, pH, nutrienti, specifični onesnaževalci. (Direktiva 2000/60/ES)

ABIOTSKI DEJAVNIKI

Abiotski dejavniki so neživi dejavniki, ki imajo vpliv na ekosistem. Glavni dejavniki ribnikov so kakovost vode, temperatura, svetloba, tla in sezonske spremembe.

SVETLOBA

Svetloba, ki prispe v vodo se deloma razprši in razširja po notranjosti vodnega telesa, deloma se absorbira. Absorbirani in razpršeni del označimo kot svetlobno ekstinkcijo, velikost le te pa je odvisna od raztopljenih snovi in suspendiranih delcev. V večini primerov se v metru zgornjega sloja absorbira okoli 40 % svetlobe, ponekod pa le 2 %. Prepustnost v vodah pa se spreminja tudi s produkcijo fitoplanktona in zooplanktona, s čimer narašča delež v vodi suspendiranih delcev. Razpoložljivost svetlobe v vodi pogosto uravnava produktivnost fotosinteze in rast organizmov (Wetzel, 2001).

TEMPERATURNE RAZMERE

Vode v naravi se segrevajo neposredno s sončnimi žarki in absorpcijo infrardeče svetlobe. Voda toploto sprejema tudi prek toplejšega zraka in od bolj segrete kamninske podlage. Iz vode pa se toplota izgublja z izparevanjem, s sevanjem iz površinskih plasti in kondukcijo v ozračje. V poletnem času se zaradi presežka sprejemanja nad oddajanjem toplote, toplota kopiči, v hladnejši polovici leta pa izhaja v okolico in tako vpliva na takratno temperaturno stanje. (Tarman, 1992)

NUTRIENTI

V vodah, ki so plitvejše, je breme nutrientov večje, kot v globokih, količine nutrientov skladiščene v usedlinah so manjše, recikliranje pa je hitrejše v primerjavi z bolj globokimi. Velika količina nutrientov pospešuje evtrofikacijske procese. Dokaz tega je porast biomase primarnih producentov.

Povečana razpoložljivost nutrientov pospešuje razvoj specifičnega fitoplanktona, potek pa lahko opišemo tako:

1. Porast nutrientov spodbuja razvoj primarnih producentov.

2. Ta razvoj je na začetku predstavljen z majhnimi, hitro rastočimi algami.

3. Majhne vrste so vir hrane za filtratorski zooplankton in povzročijo povečanje biomase.

4. Zooplankton s prehranjevanjem odbira večje alge in prispeva k hitrejšemu recikliranju nutrientov v predelu mešanja.

5. Porast biomase fitoplanktona spremeni svetlobne razmere v vodi in zmanjša evtrofični sloj.

6. Večje vrste, prilagojene na cikel svetlobe/teme dominirajo. (Flores, Barone, 1998)

FOSFOR

Fosfor je esencialen element in limitira primarno redukcijo. Če ga je dovolj, jo pospešuje, prisoten pa je v vseh organizmih. Fosfor in evtrofnost sta med seboj močno povezana pojma.

V vodi najdemo tri oblike fosforja in sicer raztopljen anorganski fosfor, ortofosfat (PO_4^{3-}), ki je zelo reaktiven, pride od zunaj in ga težko detektiramo; sledi partikularno vezan fosfor, ki nastane z vezavo ortofosfata na organizme (mikrobi, alge, druge rastline in živali), in tretja oblika - raztopljen organski fosfor. Trofičnost lahko merimo le z vsemi oblikami fosforja oz. skupnim fosforjem. (Soballe, Kimmel, 1987)

Kroženje fosforja poteka z biološkimi in geokemičnimi procesi. Anorganski vezan fosfor vežejo primarni producenti, ki so hrana organizmom. Zaradi avtolitskih procesov, ki se začnejo takoj po smrti organizmov, je vračanje fosforja zelo hitro, ta se že v nekaj urah ponovno veže v telesa drugih organizmov. Geokemijsko kroženje pa je povezano s pretvorbo železa. V zgornjem delu usedlin se topna oblika železa Fe^{2+} oksidira v netopno obliko Fe^{3+}. Oksidacija poteka kemično ali biološko s kemolitoavtotrofnimi železovimi bakterijami. S strjevanjem teh sedimentov nastaja železova ruda. PO_4^{3-} se nato veže s Fe^{3+} v $FePO_4$ ali pa adsorbira na $CaCO_3$ ali druge minerale. (Tarman, 1992)

Človek je z onesnaževanjem povečal količino fosforja v vodah, kar povečuje primarno produkcijo alg, njihovo razgrajevanje pa sekundarno onesnaženje. Vir fosforja lahko

zmanjšamo, vendar je postopek dolgotrajen, traja do deset let, da se evtrofni potencial zmanjša. Nizke koncentracije v vodnem okolju pospešujejo razvoj nekaterih organizmov, več le-tega pa potrebujejo predvsem zelene alge in cianobakterije. (Wetzel, 2001)

OGLJIK

Ogljik se nahaja v organskem in anorganskem detritu (*drobir*) in živih organizmih. Sinteza ogljikovih spojin poteka predvsem preko ogljikovega dioksida, lahko pa tudi preko hidrogenkarbonata. Anorganski ogljik je za organizme esencialnega pomena. Količina ogljikovega dioksida je v vodi odvisna od temperature in količine le-tega v ozračju. Ta se v vodi dobro raztaplja in reagira z vodo, pri tem pa nastane ogljikova kislina, ki je šibka in disociira na ione H^+ , HCO^{3-} in CO_3^{2-}, razmerje med temi pa določa ph vrednost. (Wetzel, 2001)

DUŠIK

Dušik je vezan v organskih in anorganskih spojinah in je esencialen element biosfere. Poznamo štiri anorganske oblike dušika, in to so: raztopljen elementaren dušik, ki pride v vodo pogosto iz atmosfere ali pa je rezultat enega izmed mikrobioloških procesov. Sledi amonijev dušik, ki je prva stopnja razgradnje spojin dušika in je najbolj reducirana oblika. Poznamo pa še nitritni – NO^{2-} in nitratni NO^{3-} dušik, ki velja za najbolj oksidirano izmed oblik.

Vnos dušika v vodno okolje je vezan na cianobakterije s heterocistami, ki imajo sposobnost izrabljanja elementarnega dušika. Ostali primarni producenti so sposobni asimilirati le nitratni dušik, ki ga lahko v določenem obdobju zmanjka. V večini primerov je porast koncentracije organskega dušika močno povezana s porastom vsebnosti klorofila a. V primeru, ko je zadrževalni čas najdaljši in vsebnost klorofila a najvišja, je koncentracija skupnega amonijaka močno zmanjšana in sočasno s tem pride do naraščanja v koncentraciji nitrita in nitrata. (Wetzel, 2001)

Nitrat je hranilna snov predvsem za primarne producente. Denitrifikacija je proces vključevanja elementarnega dušika v krog v skrajno anoksičnem okolju. Končni produkt je elementaren dušik. Jezerske rastline so potrošniki nitratov in amonijevih soli, nitrit pa se pojavlja le kot vmesni produkt pri bakterijski presnovi. Organsko vezan dušik neposredno

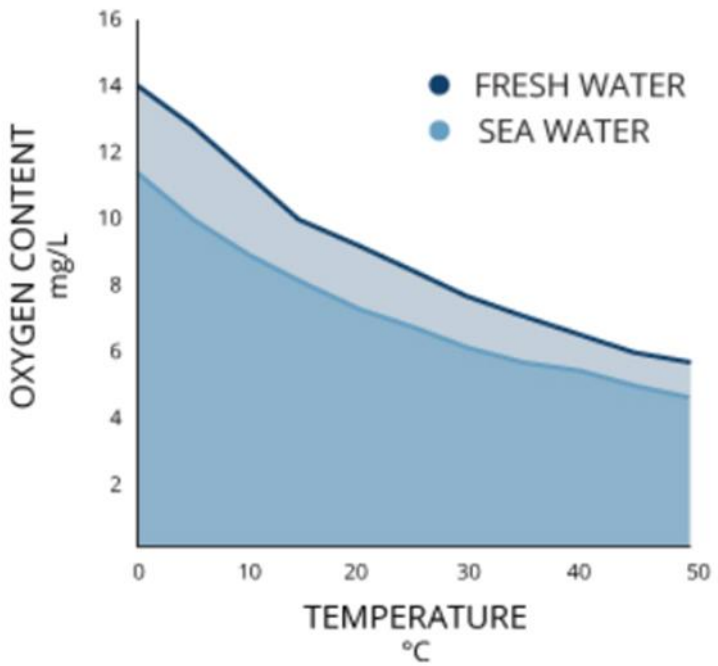
izkoriščajo praživali, amonij pa kot obliko dušika najbolj izkoristijo fitoplanktoni. Dušikove soli vstopajo v vode s pritoki, naplavljanjem, organskim onesnaževanjem, deževnico, izstopajo pa z odtoki. (Ferrara, Avci, 1982)

KISIK

Vodotopnost kisika pada z naraščanjem temperature in zniževanjem zračnega tlaka. V vodo vstopa z difuzijo iz ozračja, v vodnem okolju pa nastaja s fotosintezo. Le-ta se porablja z dihanjem organizmov, del pa potroši v neživih oksidativnih reakcijah. V primerih intenzivne fotosinteze, ko prihaja do kisikove prenasičenosti, ta plin prehaja v ozračje. Zaradi poteka fotosinteze le na svetlobi, prihaja do porasta kisika čez dan in njegovega upada čez noč.

Na območjih, kjer se na dnu nabira velika količina organskih odpadkov in je bakterijska potrošnja kisika velika, pogosto kisika zmanjkuje in tako zavladajo občasne anaerobne razmere. Nepričakovano zmanjšanje koncentracije kisika v vodah povzroča predvsem prekomerna rast makrofitov v katero vodi prav evtrofikacija. (Tarman, 1992)

Graf 1: Koncentracija kisika v odvisnosti od temperature (Fondriest Environmental, 2013)



VPLIV RIB

Ribe so bistven del večine sladkovodnih ekosistemov ter nanj s svojimi aktivnostmi tudi vplivajo. Povzročajo spremembe v sestavi, številu vodnih združb, zasedenosti habitatov, pri obnašanju plena, kvaliteti vode ipd. S prehranjevanjem in obnašanjem lahko tudi posredno vplivajo na trofično strukturo in produktivnost jezer ter tako posledično na kroženje snovi v jezeru. (Wetzel, 2001)

Tak primer ribe, ki ima negativne vplive na kvaliteto vode v celinskih vodah je krap. Le-ta zmanjšuje kvaliteto vode, zaradi svojega načina prehranjevanja. Z nabiranjem detrita med iskanjem hrane premešča večje delce usedlin, kar povzroča dvig trdnih delcev, ter nutrientov, predvsem fosforja in njihov porast v vodi. (Williams idr., 2002) Zaradi porasta koncentracije skupnih suspendiranih snovi se zmanjša prosojnost vode, narašča populacija alg ter s tem tudi klorofil a. Herbivorne ribe (tj. ribe, ki se prehranjujejo pretežno s hrano rastlinskega izvora npr. algami in makrofiti) imajo neposreden vpliv na populacije zakoreninjenih makrofitov, v plitvih vodah lahko rastline povsem odstranijo, kar povzroči velik porast biomase fitoplanktona. Makrofiti vršijo kontrolo nad biomaso alg, omogočajo prostorsko heterogenost, prav tako pa predstavljajo zaščito za zooplankton, pred ribjo predacijo. (Richard idr., 1984)

Ribe imajo tudi lastne plenilce, mesojede ribe pa vplivajo tudi na populacijo rib v nekem vodnem okolju, ob njihovi prisotnosti majhne vrste rib ne morejo obstati ali pa se njihovo število močno zmanjša. Tak primer je npr. vnos smuča, ki je plenilec, v jezero na Norveškem, kjer je povzročil zmanjšanje populacije tam živeče rdečeoke iz 12.000 – 15.000 rib na hektar na 250 rib na hektar (Moos, 1998). S spremembo trofičnega stanja jezera se spremeni tudi sestava ribjih družb. Velike potrebe po kisiku in nizkih temperaturah imajo salmonidne (*Salmonidae*) in koregonidne (*Coregonidae*) vrste. Na evtrofne razmere pa so prilagojene toplovodne vrste - *Ciprinidi*, ki lahko preživijo v razmerah z nizkimi koncentracijami raztopljenega kisika in visoko razpoložljivostjo organskih snovi. Ciprinidi (*Cyprinidae*) se prehranjujejo z zooplanktonom in imajo zato negativen vpliv na njihovo gostoto. (Wetzel, 2001)

RIBE

V izbranih ribnikih se najpogosteje pojavlja družina krapovcev.

Družina krapovci *(Cyprindae)*

Slika 2: Črni amur (Mylopharyngodon piceus)

Slika 3: Rdečeoka (Rutilus rutilus)

Slika 4: Srebrni koreselj (Carrasius gabelio)

Slika 5: Krap (Cyprinus caprio)

Slika 6: Zelenika (Alburnus alburnus)

Slika 7: Klen (Squalius cephalus)

Slika 8: Rdečeperka (Scardinius erythrophthalamus)

Slika 9: Ploščič (Abramis brama)

Slika 10: Srebrni ali beli tolstolobik (Hypophthalamichtys molitrix)

Poleg krapovcev lahko v ribniku najdemo tudi naslednje družine rib:

Družina pravi somi *(Siluriade)*

Slika 11: Som (Silurus glanis)

Slika 12: Rjavi somič (Ameiurus nebulosus)

Slika 13: Črni somič (Ameiurus melas)

Družina ščuke *(Esocidae)*

Slika 14: Ščuka (Esox lucius)

Družina pravi ostriži *(Percidae)*

Slika 15: Smuč (Sander lucioperca)

Vir slik (Froese, Pauly, 2022)

VRSTA IN KOLIČINA RIB KI SE NAHAJA V POSAMEZNEM RIBNIKU

Tabela 3: Količina rib v posameznem ribniku (prirejeno po izjavi Mirana Midlila, gospodarja Ribiške družine Maribor, 14.1.2022)

KOLIČINA POSAMEZNE VRSTE RIB (kg)	Ribnik Betnava	Razvanje	Radvanje	Pivola	Slivnica
krap	2000	3000 - 6000	2000	4000	2000
ščuka	200	200	/	100	150 - 200
smuč	200	200	40 - 50	300 - 400	150 - 200
črni amur	/	/	50 - 100	200	200
rdečeoka, rdečeperka, zelenika	500 - 800	3000	200 - 300	1500 - 2000	1500 - 2000
klen	<100	/	/	/	/
ameriški somič	<100	/	/	/	2000 - 3000
babuška	<50	1000	300 - 400	1000	2000
tolstolbik	/	100	<50	/	/
som	/	20-30	/	/	/
ploščič	/	1000	/	1000	/

VPLIV ONESNAŽENJA

Onesnaženje vode pomeni vsaka sprememba na biološki, kemični ali fizični ravni, ki zmanjša njeno kakovost in posledično škoduje živim bitjem. Vzroki za onesnaževanje so različni, lahko jih delimo na antropogene in naravne. Najpogostejši so antropogeni, ki imajo tudi največji vpliv na naravna okolja.

- Antropogeni

1. Odpadne vode

Kmetijske odplake onesnažujejo vodna telesa kot so jezera, reke in ribniki, s vnosom gnojil, pesticidov, herbicidov in drugih onesnaževal v vodo. S tem se poveča vsebnost nitratov in fosfatov v vodi, kar lahko povzroča hitrejšo rast alg v prizadetih okoljih. Prav tako pa je zaradi številnih drugih kemikalij v pesticidnih sredstvih ogroženo zdravje rib in drugih organizmov. (Water pollution causes, b. d.)

Tudi gospodinjske odplake so pomemben vir nutrientov, predvsem fosforja in nitrata, kar spodbuja rast alg, lahko tudi do takšne mere da govorimo o cvetenju alg. Posledično se zmanjša koncentracija kisika v vodi, kar ogroža ribe, ki za preživetje potrebujejo visoke vsebnosti kisika. Tako prihaja do evtrofikacije, ki jo pospeši človekova dejavnost. Vključno z kanalizacijskimi odplakami, so vir patogenih mikroorganizmov, ki se izločajo z blatom, in neposredno ogrožajo tudi zdravje človeka ob stiku s podtalnico in drugimi vodnimi viri. Kanalizacijski izpusti lahko vsebujejo tudi druge strupene snovi kot so klorirana topila ipd. (Nathanson, 2022)

Industrijske odplake so vir strupenih kemikalij, ki se vnašajo v vodna okolja z neurejenimi izpusti iz industrijskih objektov in prizadenejo celoten ekosistem, predvsem pa vplivajo na sestavo ribje populacije. Z odtokom iz industrij se v vodo vnašajo tudi težke kovine (Pb, Cu, Hg…), ki so toksične, se kopičijo v vodnih tleh in se z bioakumulacijo transportirajo v vodne organizme ter vplivajo na celotno prehranjevalno verigo. Vodo onesnažujejo tudi toksični odpadki, ki se zbirajo na odlagališčih blizu vodnih virov ali podtalnice ter livarne, rudarstvo, gradbeništvo in druge dejavnosti. (Nathanson, 2022)

2. Fosilna goriva

Predvsem morsko vodo onesnažujejo velika razlitja nafte, pa tudi drugi kopenski viri nafte kot so cestni promet, industrija, mesta in ladjedelska industrija. Naftna razlitja uničujejo morska življenjska okolja, povzročajo umiranje rib, preprečujejo letenje morskih ptic in onemogočajo dostop svetlobe morskim rastlinam. Z gorenjem fosilih goriv se v ozračje spušča veliko strupenih plinov, ki se zaradi kroženja vode v obliki padavin vrnejo na površje. (Denchak, 2018)

3. Onesnaževanje s plastiko

Velik problem predstavlja tudi onesnaževanje vode s plastiko. Večino odpadne plastike najdemo v morjih, prav tako pa jo prenašajo velike reke. Tam se tvorijo veliki otoki plastike, ta pa škoduje morskim živalim, ki jo zaužijejo - povzroča smrt. Mikroplastika pa škoduje notranjim organom in celicam organizmov prav tako pa reproduktivnemu sistemu. Le ta je razširjena po celotnem vodnem stolpcu, nahaja se v večini vodnih organizmov, kar predstavlja tudi velik problem za človeka. (Parker, 2019)

- Naravni

Kot naravni vzrok lahko štejemo temperaturo, oz. povišanje temperature kot posledico naravnih procesov. Lahko je tudi antropogen vzrok, če na povišanje temperature vode vplivajo človekove dejavnosti (npr. izpust toplejše vode iz elektrarn). Toplota zmanjšuje sposobnost vode, da zadrži raztopljen kisik in poveča hitrost presnove rib. Tako nekatere ribe v takšnih vodnih okoljih ne morejo preživeti, saj potrebujejo visoke koncentracije raztopljenega kisika (npr. postrv). Sem sodijo tudi biološki procesi, odpadki živalske presnove, saj prav tako vplivajo na sestavo vode ter kontaminacijo s sedimenti, zaradi nalaganja ali zemeljskih plazov ter poplavami. (Nathanson, 2022)

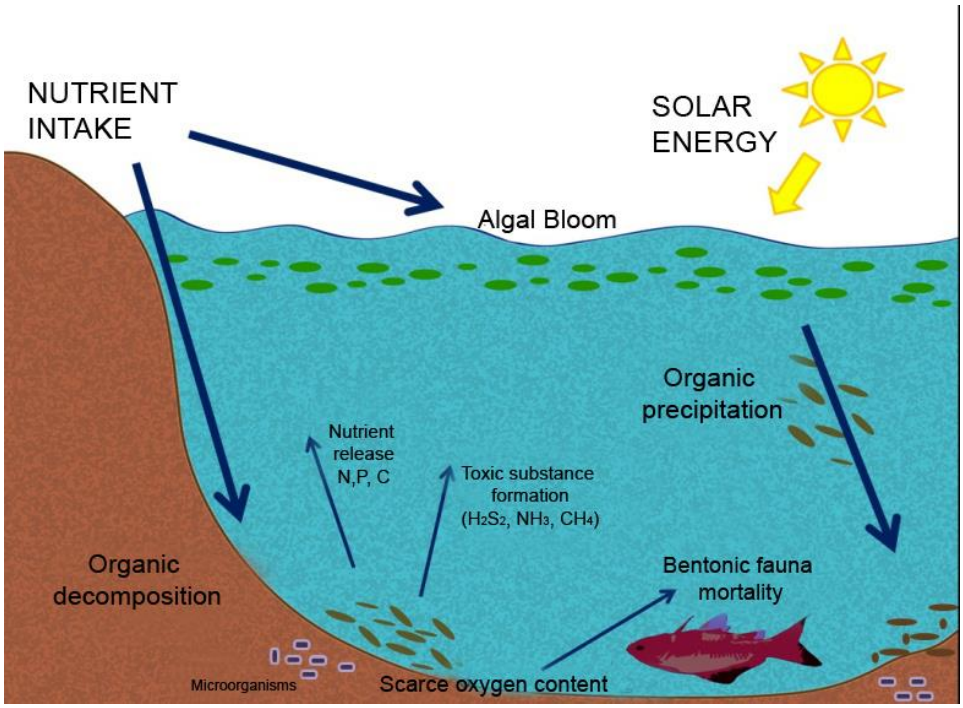
CVETENJE RIBNIKOV – EVTROFIKACIJA

Evtrofikacija je postopno povečevanje koncentracije fosforja, dušika in drugih rastlinskih hranil v starajočem se vodnem ekosistemu, kot npr. jezero ali ribnik. Produktivnost ali rodovitnost takega ekosistema se seveda poveča, ko se poveča količina organskega materiala, ki se lahko razgradi v hranila. Ta material v ekosistem vstopa z odtoki iz prsti, ki nosi ostanke in produkte razmnoževanja in odmrle dele kopenskih organizmov. Na površini se pogosto razvijejo »cvetovi« vode oz. velike koncentracije alg in mikroskopskih organizmov, ki preprečujejo prodiranje svetlobe in absorpcijo kisika, ki sta potrebna za življenje pod vodo. Evtrofne vode so zato pogosto motne in posledično podpirajo manj večjih živali kot so ribe ali ptice.

Kulturna evtrofikacija se pojavi, ko onesnaževanje vode ljudi pospeši proces staranja z vnosi odplak, kemičnih snovi, gnojil in drugih virov v ekosistem. Ta je velikokrat vzrok za ogromne posledice za sladkovodne vire, ribištvo, rekreacijo in je eden izmed vodilnih vzrokov za degradacijo vodnega ekosistema.

Za evtrofikacijo je značilna znatna količina povečanja alg, zaradi povečane količine enega ali več rastnih faktorjev, potrebnih za fotosintezo, kot so sončna energija, ogljikov dioksid in hranila (fosfor, dušik). Ko pričnejo alge nenadzorovano rasti, se poveča biomasa, ki se razgradi. V globoki vodi se kopiči velika količina organskih snovi, večinoma alge, ki so dosegle konec svojega življenjskega cikla. Za uničenje vseh odmrlih alg je potrebna prekomerna poraba kisika, v nekaterih primerih skoraj popolna, s strani mikroorganizmov. Tako na dnu vodnega telesa nastane anoksično okolje (brez kisika), z rastjo organizmov, ki so sposobni živeti v odsotnosti kisika – anaerobno, ki so odgovorni za razgradnjo biomase. Mikroorganizmi razgradijo organsko snov v odsotnosti kisika, nastanejo proste spojine, ki so strupene kot npr. amonijak in vodikov sulfid. Pomankanje kisika zmanjšuje biotsko raznovrstnost, kar v nekaterih primerih lahko povzroči tudi smrt živalskih in rastlinskih vrst. To se zgodi, ko je stopnja razgradnje alg z mikroorganizmi večja od stopnje regeneracije kisika, ki je poleti že prisoten v nizkih koncentracijah. (Scannoe, 2016)

Velik del fosforja v potokih, jezerih, ribnikih se prinese iz kmetijstva, tako z erozijo tal kot z odtokom gnojil. Dušik iz komunalnih čistilnih naprav in neposredni odtok iz krmišč za živali sta marsikje resna problema. Nadzor onesnaževanja in izboljšane komunalne, industrijske in kmetijske prakse bi lahko veliko pripomogle k zajezitvi kulturne evtrofikacije celinskih in obalnih voda. (Britannica, 2019)



Slika 16: Evtrofikacija ribnika (prirejeno po Arpa Umbria, 2009)

ŠPORTNI RIBOLOV

Športni ribolov je vodni šport, pri katerem ribiči med seboj tekmujejo v lovu različnih rib. Ta šport izvira iz rekreacijskega ribolova. Ta se razlikuje od komercialnega in samooskrbnega ribolova, saj ni namenjen zaslužku ali hrani. Oprema zajema ribiške palice, kolute, trnke, vabe in vrvice. Pri tej vrsti ribolova lahko ribiči ulovljene ribe hranijo, lahko pa vadijo ulov in izpust, medtem ko pri prej omenjenih vrstah ribe hranijo za namen uživanja ali prodaje.

VRSTE

Muharjenje

Velja za eno izmed najbolj pogostih vrst ribarjenja. Gre za ribolov, kjer za vabe uporabljajo umetne muhe. Te so pogostokrat narejene ročno in morajo biti čimbolj podobne resničnim žuželkam.

Ekipni (tekmovalni) ribolov

Na tekmovanjih se točke podelijo za vsako ujeto ribo. Točke, dodeljene za vsak ulov, se razlikujejo glede na težo rib in njihove vrste. Za zmagovalca se razglasi ekipa, ki zbere največ točk.

Sladkovodni ribolov

Vrsta ribolova v sladkovodnih vodah. Sem sodijo predvsem ribniki, reke in posamezna jezera. Največji ulov predstavljajo brancini, ščuke, jesetri, somi in mnoge druge.

Morski ribolov

Vrsta ribolova v morskih vodah. Sem sodijo morja in oceani. Ribiči se lahko na ribolov odpravijo z ribiškimi ladjami ali čolni, lahko pa lovijo iz kopnega na obalah in v zalivih.
(Desmarais, b. d.)

MATERIAL IN METODE

OPIS METOD

Spektrofotometrija

Spektrofotometrija je metoda, ki jo uvrščamo med molekulsko absorpcijsko spektrometrijo. Svetloba je elektromagnetno valovanje, njene valove pa sestavljajo oscilirajoča električna in magnetna polja. Vzorec raztopine absorbira elektromagnetno valovanje iz izvora energije, kar predstavlja osnovo spektrometrične metode. Spektrofotometrija se uporablja za merjenje spektrov absorpcije svetlobe v raztopini. Opazujemo količino absorbirane svetlobe, ki povzroči spremembo elektronskih stanj v molekulah. Razlikujemo med UV, VIS in IR spektrofotometrijo, glede na vrste svetlobe. Valovno dolžino za naše meritve izbiramo na podlagi številnih faktorjev, to je npr. vsebnost posameznih funkcijskih skupin v raztopini, ki svetlobo absorbirajo ali v UV ali v IR spektru. Uporabili smo metodo UV-VIS spektrofotometrijo, ki je učinkovita metoda za kvantitativno analizo. V primerjavi z UV in vidno spektrometrijo, je IR spektrometrija bolj uporabna za kvalitativne meritve. Ultravijolična svetloba zajema območje valovnih dolžin 200-400 nm, vidna svetloba pa valovne dolžine 400-800 nm. Za merjenje takšnih valovnih dolžin svetlobe uporabljamo UV-VIS spektrofotometre. Vsi ti instrumenti imajo svetlobni vir (žarnico), monokromator, detektor, registrator in kiveto z vzorcem. UV-VIS spektrofotometrija je enostavno in široko uporabna, natančna, selektivna, občutljiva in hitro določljiva metoda.

Načelo absorbcijske spektrofotometrije je Beer-Lambertov zakon, ki pravi da je absorbanca raztopljene snovi neposredno sorazmerna z njeno koncentracijo v raztopini. To lahko napišemo z naslednjo enačbo:

$$A = -\log (I_0/I) = \varepsilon C l$$

A - absorbanca

I_0 - začetna intenziteta svetlobe

I - končna intenziteta svetlobe

ε- molarni absorpcijski koeficient (L/cm mol)

C- koncentracija snovi v raztopini (mol/L)

l - dolžina poti svetlobe skozi raztopino (cm)

Pri določanju koncentracije neke snovi sta dolžina poti svetlobe skozi raztopino, ki v UV-VIS spektrometriji ponavadi meri 1 cm, in molarni absorpcijski koeficient konstantna. Ker je pri različnih valovnih dolžinah absorptivnost različna, velja Beer-Lambertov zakon le za monokromatsko (enobarvno) svetlobo. (Gorenjak, 2010) (Förster, 2004)

VREDNOTENJE EKOLOŠKEGA STANJA POVRŠINSKIH VODA S SPLOŠNIMI FIZIKALNO-KEMIJSKIMI ELEMENTI

Pri fizikalno-kemijski analizi vod iz izbranih ribnikov nismo analizirali vseh naštetih elementov kakovosti ki so navedeni v tabeli 1, nismo preverjali posebnih onesnaževal in celotnega organskega ogljika. Preverjali smo sledeče fizikalno-kemijske parametre: Secchijevo globino, temperaturo, koncentracijo v vodi raztopljenega kisika, električno prevodnost, pH, redoks potencial, amonij, nitrat, nitrit, celotni dušik, ortofosfat in celotni fosfor.

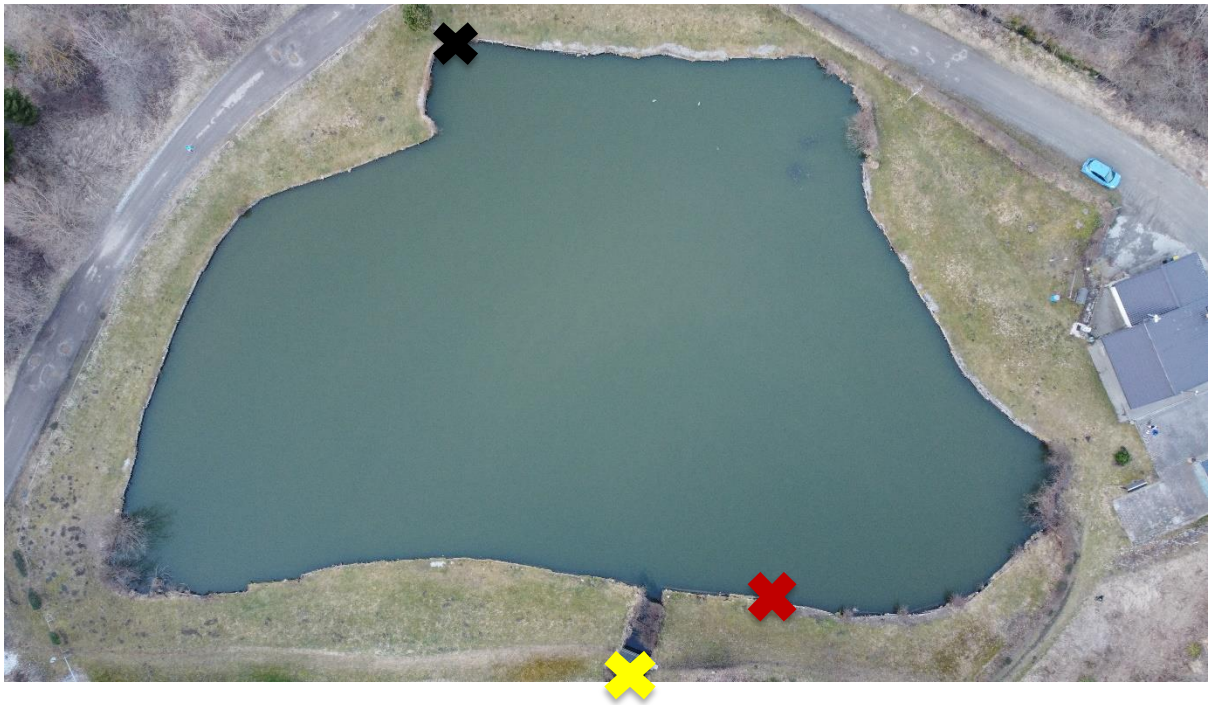
1.1 FIZIKALNO KEMIJSKA ANALIZA

1.1.1 Vzorčna mesta

Vzorčili smo na štirinajstih vzorčnih mestih in sicer v petih izbranih ribnikih: ribnik Radvanje, ribnik Betnava, ribnik Razvanje, ribnik Pivola in Slivniški ribnik ter v pritoku in iztoku posameznih ribnikov. Na vsakem vzorčnem mestu smo meritve in vzorčenje opravljali dvakrat in sicer prvič, v petek 17. decembra 2021 ter drugič, v petek 21. januarja 2022. Vzorčili smo na območjih označenih z X, z rdečo je označeno vzorčno mesto za vodo iz ribnika, z rumeno vzorčno mesto za pritok, z črno pa vzorčno mesto za iztok. Ponekod kjer ni možno označiti pritokov in iztokov, so dodane še slike le-teh.

R1: Radvanje

Nahaja se pod Pohorjem, na nadmorski višini 286,2 m v bližini naravnega rezervata mokrišče Radvanje. V njega se priteka manjši pohorski potoček. Na njem je omogočen ribolov in je naravni ekosistem za kapitalni krap, ameriški somič in babuško. Obseg ribnika meri 272 m, površina pa 4213 m^2. Koordinate ribnika so Y:547556 X:154633. (Atlas okolja, 2013)



Slika 17: Ribnik Radvanje (lasten vir)

LEGENDA: **X** – vzorčno mesto za vodo iz ribnika, **X** – vzorčno mesto za pritok, **X** – vzorčno mesto za iztok

Slika 18: Pritok ribnika Radvanje (lasten vir)

R2: Betnava

Ribnik Betnava se nahaja ob hitri cesti v smeri Maribor – Hoče, natančneje na Tržaški cesti. Naseljen je pretežno z rdečeokami, krapi, babuškami, somiči in ščukami. Pritok je sotočje pekrskega in radvanjskega potoka. V najglobljem delu meri 4 m. Leži na nadmorski višini 274,2 m, koordinate so: Y:549864 X:154122. Obseg meri 474 m, površina pa 7817 m^2. (Atlas okolja, 2013)

Slika 19: Ribnik Betnava (lasten vir)

LEGENDA: **X** – vzorčno mesto za vodo iz ribnika, **X** – vzorčno mesto za pritok, **X** – vzorčno mesto za iztok

Slika 20: Iztok ribnika Betnava (lasten vir)

R3: Razvanje

Ribnik je nastal ob kopanju gline za opekarno. Sestavljajo ga 3 ribniki, ki so med seboj povezani. V njem se nahajajo ameriški somič, kapitalni krap, babuška in srebrni koreselj. Ob straneh je globina približno 90 cm. Leži na nadmorski višini 277,5 m, koordinate so Y:549345 X:153044. Obseg ribnika meri 629 m, njegova površina meri 1 668 700 m^2. (Atlas okolja, 2013)

Slika 21: Ribnik Razvanje (lasten vir)

LEGENDA: **X** – vzorčno mesto za vodo iz ribnika

Slika 22: Iztok ribnika Razvanje (lasten vir)

Slika 23: Pritok ribnika Razvanje

R4: Pivola

Po svoji funkciji je bil ribnik prvotno namenjen namakanju sadovnjakov, zaradi preseganja kapacitete pa je nastal ribnik. Ribnik je napajan iz pohorskega potoka, naseljen pa je s krapi in ščukami, veliko pa je tudi rdečeok in zelenik. Leži na nadmorski višini 296,2 m, koordinate so Y: 548889 X:150707. Obseg meri 485 m, površina pa 1 536 800 m^2. (Atlas okolja, 2013)

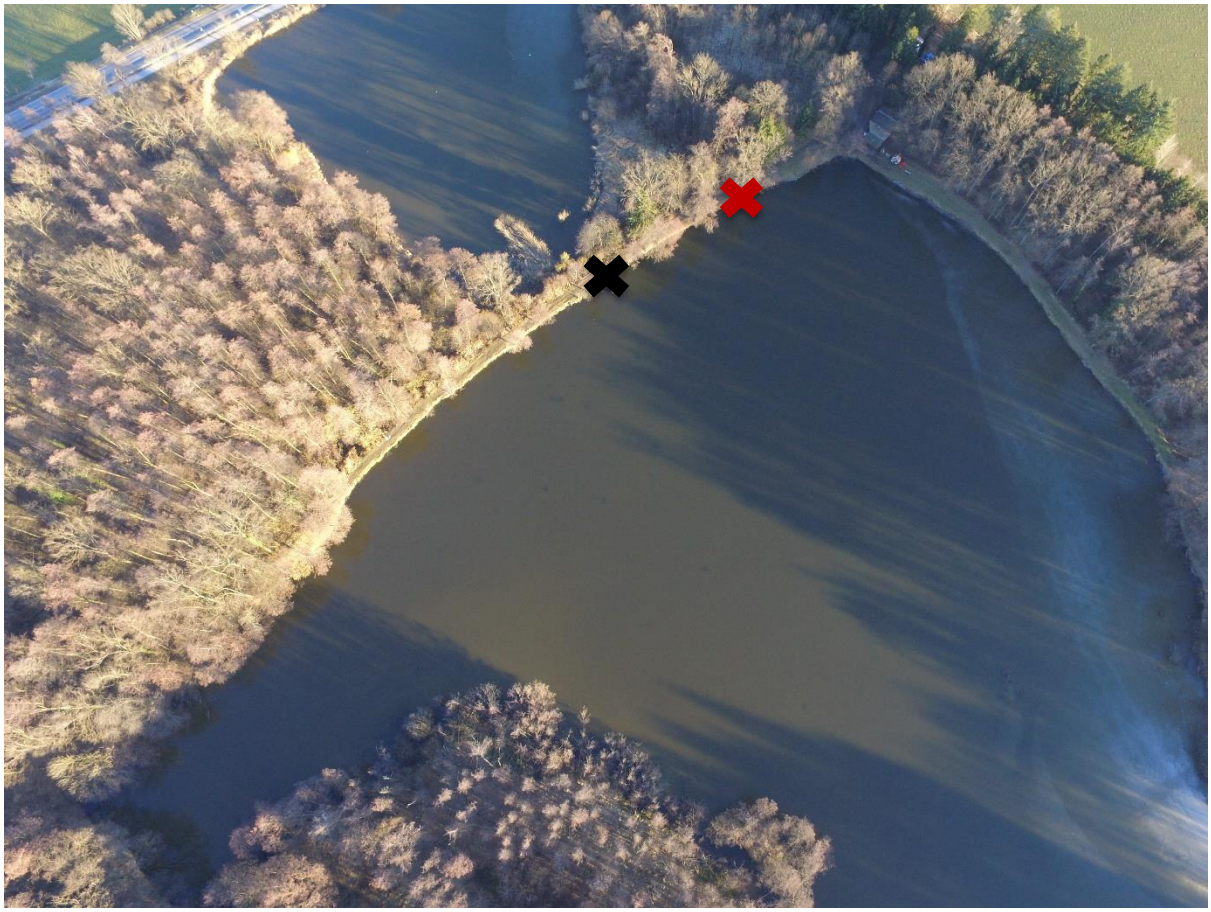
Slika 24: Ribnik Pivola (lasten vir)

LEGENDA: **X** – vzorčno mesto za vodo iz ribnika, **X** – vzorčno mesto za pritok, **X** – vzorčno mesto za iztok

Slika 25: Pritok ribnika Pivola (lasten vir)

R5: Slivnica

Na območju se nahajajo trije ribniki, v katere se steka meteorna voda iz Pohorja, zato je voda tukaj nekoliko hladnejša. Tukaj se nahajajo ameriški somič, amur, babuška, koreselj, krap, rdečeoka, smuč, som, ščuka. Nahajajo se med dvema gozdoma, ki jim zagotavljata zavetrno lego. Največji leži na nadmorski višini 276,2 m, koordinate so Y:550299 X:149120. Obseg ribnika meri 909 m, površina pa 3 375 600 m2. (Atlas okolja, 2013) Zaradi težke dostopnosti pritoka v Slivniškem ribniku, vzorca nismo odvzeli.



Slika 26: Ribnik Slivnica (lasten vir)

LEGENDA: **X** – vzorčno mesto za vodo iz ribnika, **X** – vzorčno mesto za pritok, **X** – vzorčno mesto za iztok

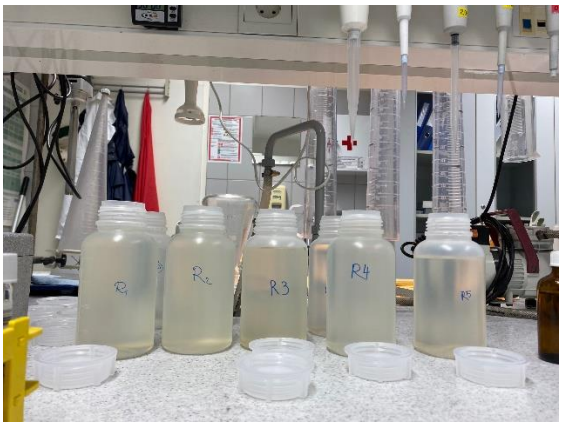
1.1.2 Način vzorčenja

Material:

- Cev
- Zamašek
- 11x posode za vzorčenje (0,5L)

Iz ribnikov smo vzorce odvzeli na globini 0,5 m. Vodo smo zajemali s pomočjo cevi, ki smo jo zamašili z zamaškom, cev dvignili nad gladino, ter vzorčne posode napolnili z vodo, ki je ostala ujeta v cevi. Vzorčna mesta so bila ob robovih ribnikov. V pritokih in iztokih smo zaradi različnih globin vzorce odvzeli iz gladine. Po odvzemu smo vzorce shranili v hladilnik (4°C).

Slika 27:cev za vzorčenje (lasten vir)



Slika 28: vzorčne posode (lasten vir)

1.1.3 Fizikalna analiza vzorcev vode

Material:

- Secchijeva plošča
- Multimeter Hach HQ40d
- Meter
- Papir
- Svinčnik
- Alkoholni flumaster

Na vzorčnih mestih v ribnikih smo z multimetrom Hach HQ40d določili temperaturo vode, pH vrednost, koncentracijo raztopljenega kisika, električno prevodnost in redoks potencial. Nato smo z Secchijevo ploščo izmerili Secchijevo globino. Belo ploščo pritrjeno na 2 metra dolgo železno palico na katero smo namestili meter, smo počasi potopili v ribnik ter odčitali globino do katere je plošča še vidna. Rezultate smo zabeležili.

Slika 29: Secchijeva plošča (lasten vir)

Slika 30: multimeter Hach HQ40d (lasten vir)

1.1.4. Kemijska analiza vzorcev vode

Material:

- Spektrofotometer NANOCOLOR VIS II

- Termoreaktor NANOCOLOR VARIO C2
- Avtomatska pipeta (1-5 ml)
- Avtomatska pipeta (0,2-1 ml)
- Kivetni testi:
    - NANOCOLOR Nitrat 50 (REF 985064)
    - NANOCOLOR Amonij 3 (REF 985003)
    - NANOCOLOR Amonij 100 (REF 985008)
    - NANOCOLOR Nitrit 2 (REF 985068)
    - NANOCOLOR Dušik-celotni TNb 22 (REF 985083)
    - NANOCOLOR orto- in celotni Fosfat LR 1 (REF 985095)

Tabela 3: Standardne metode (Macherey-Nagel)

Parameter	Enota	Št. metode	Merilno območje	Standard
N-NH_4	mg/L	985 003	0,04-2,3	ISO 7150-1
N-NH_4	mg/L	985 008	4-80	ISO 7150-1
N-NO_3	mg/L	985 064	0,3-22	ISO 7890-1
N-NO_2	mg/L	985 068	0,0003-0,46	ISO 6777
N- skupni	mg/L	985 083	0,5-22	EN ISO 11905-1 H36; ISO 7890-1
P-PO_4	mg/L	985 095	0,05-0,5	EN ISO 6878 – D11
P-skupni	mg/L	985 076	0,01-1,5	EN ISO 6878 – D11

Sledila je kemijska analiza vzorcev, ki je zajemala določitev koncentracije amonijevega dušika (N -NH_4), nitratnega dušika (N-NO_3), nitritnega dušika (N-NO_2), fosfata (P-PO_4), celotnega fosforja (P) in celotnega dušika (N). Določitev je potekala s spektrofotometrijo, uporabili smo spektrofotometer NANOCOLOR VIS II (Macherey – Nagel). Uporabili smo kivetne teste

NANOCOLOR. Analize smo opravljali v podjetju Aquasystems, na Centralni čistilni napravi Maribor.

Slika 31: Spektrometer NANOCOLOR VIS ll (lasten vir)

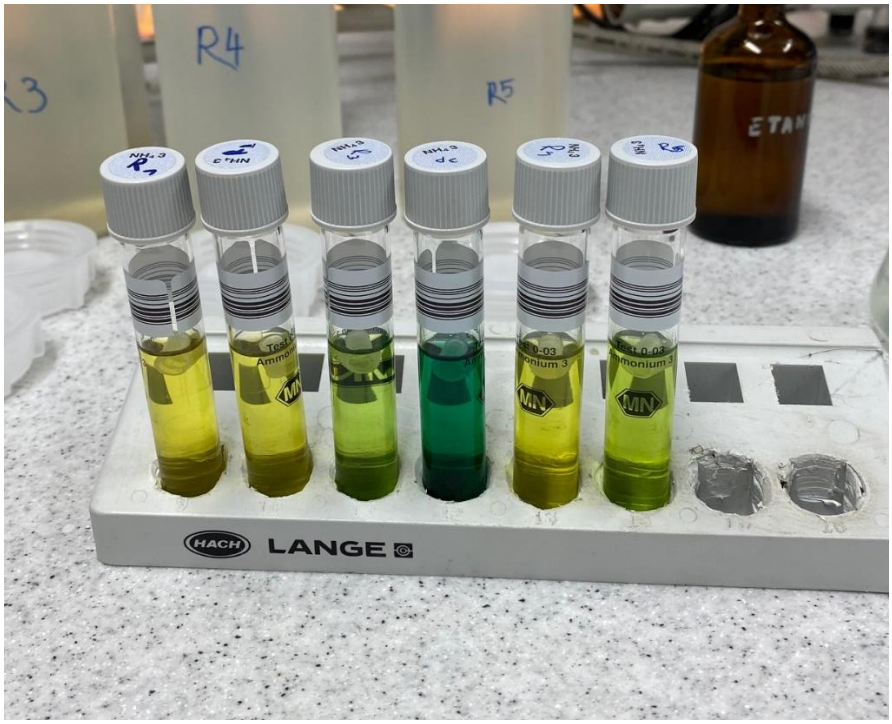
a) Nitrat

V testno kiveto, v kateri je že predhodno pripravljena 4 ml raztopina žveplove in fosforjeve kisline, odpipetiramo 0,5 ml vzorca. Dodamo 0,5 ml reagenta, propan-2-olno raztopino 2,6-dimetilfenola, kiveto zapremo in jo 3x obrnemo. Postopek ponovimo za vse vzorce. Počakamo 10 min, da reakcija poteče. Z spektrofotometrom izmerimo absorbanco pri valovni dolžini 345 nm.

b) Amonij

Odpipetiramo 4 ml vzorca v kiveto, v kateri je pripravljena 4 ml raztopina natrijevega hidroksida, natrijevega salicilata in 3-natrijevega citrata. Dodamo eno 14 mg kapsulo, v kateri je zmes natrijevega nitro prusida in dikloroizocianurne kisline. Testno kiveto zapremo in dobro stresemo. Počakamo 15 minut, da reakcija poteče. Izmerimo absorbanco pri valovni dolžini 690 nm. Postopek ponovimo za vse vzorce.

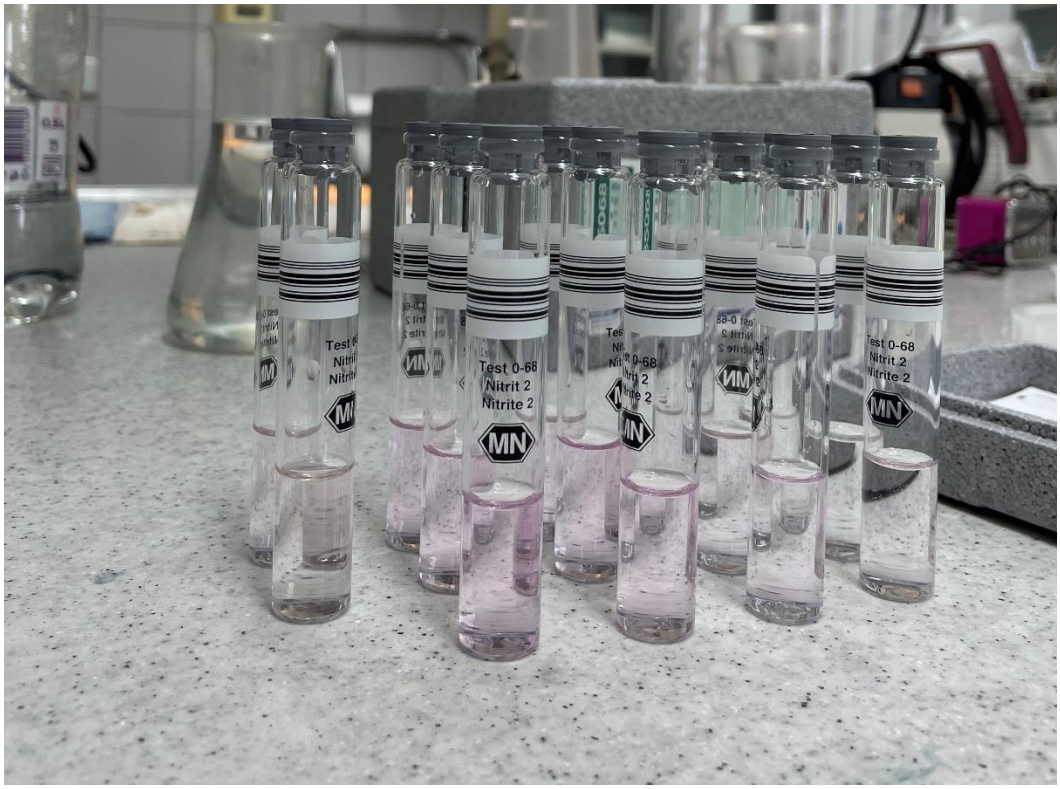
Za en vzorec smo analizo izvedli še s tubskim testom Ammonium 100, saj je rezultat presegal določitveno območje. Odpipetiramo 0,5 ml vzorca v kiveto, v kateri je pripravljena 8 ml raztopina natrijevega hidroksida, natrijevega salicilata in 3-natrijevega citrata. Dodamo eno 18 mg kapsulo, v kateri je zmes natrijevega nitro prusida in dikloroizocianurne kisline. Testno kiveto zapremo in dobro stresemo. Počakamo 15 minut, da reakcija poteče. Izmerimo absorbanco pri valovni dolžini 585 nm.



Slika 32: Testne kivete za analizo amonija (lasten vir)

c) Nitrit

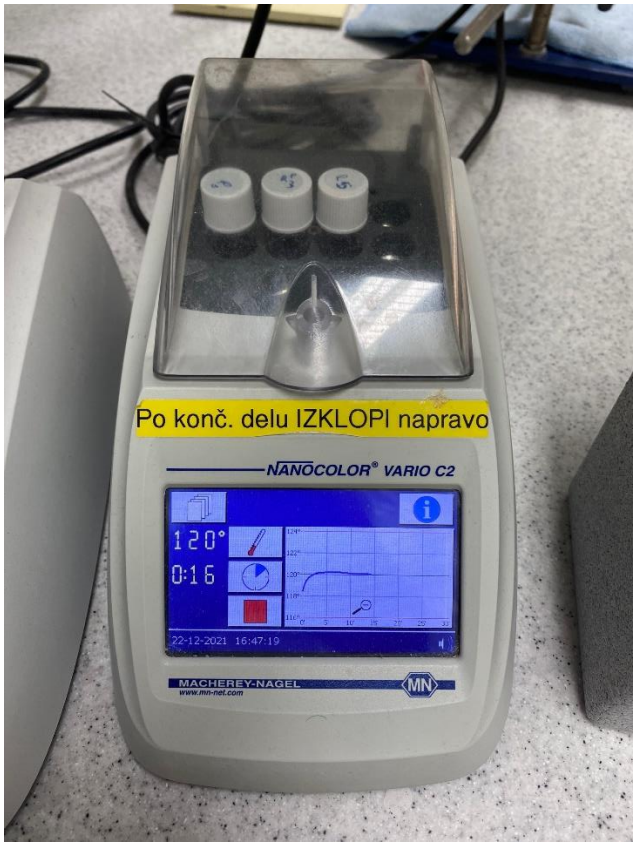
V kiveto v kateri je 12 mg liofilizirane spojine N- (1-naftil) etilendiamin dihidroklorida in sulfanilamida, odpipetiramo 4 ml vzorca. Dodamo 0,2 ml 20-40% citronske kisline. Kiveto zapremo in pretresemo, počakamo 10 minut, da poteče (eksotermna) reakcija. Izmerimo absorbanco pri valovni dolžini 540 nm.



Slika 33: Testne kivete za analizo nitrita (lasten vir)

d) Celotni dušik

Odpipetiramo 5 ml vzorca v kiveto RA, v kateri je 0,18 g zmesi kalcijevega karbonata in kalijevega peroksidisulfata. Kiveto pretresemo, postavimo v termoreaktor in segrevamo 30 min na 120 °C. Ko se ohladi do sobne temperature, vanjo dodamo eno 14 mg kapsulo natrijevega sulfita ter kiveto dobro pretresemo. Odpremo kiveto RB, kateri je 4 ml raztopina žveplove in fosforjeve kisline ter vanjo odpipetiramo 0,5 ml raztopine iz kivete RA. Nato odpipetiramo 0,5 ml propan-2-olne raztopine 2,6-dimetilfenola v kiveto RB. Kiveto zapremo in jo 3x obrnemo. Počakamo 10 minut, da reakcija poteče in izmerimo absorbanco pri 350 nm.



Slika 34: Termoblok NANOCOLOR VARIO C2 (lasten vir)

e) Ortofostat in celotni fosfor

Za analizo ortofosfata vzorec najprej prefiltriramo. V kiveto z 1 ml raztopino žveplove kisline odpipetiramo 4 ml vzorca. Dodamo eno 35 mg kapsulo natrijevega peroksidisulfata in odpipetiramo 0,2 ml raztopino amonijevega heptamolibdata in žveplove kisline v kiveto. Kiveto zapremo in pretresemo, absorbanco izmerimo pri 885 nm. To ponovimo za vse vzorce. Analizo skupnega fosforja naredimo tako, da pred določanjem opravimo razklop, vzorce segrevamo pol ure na 120°C.

REZULTATI

1. FIZIKALNA ANALIZA VODE

Legenda:

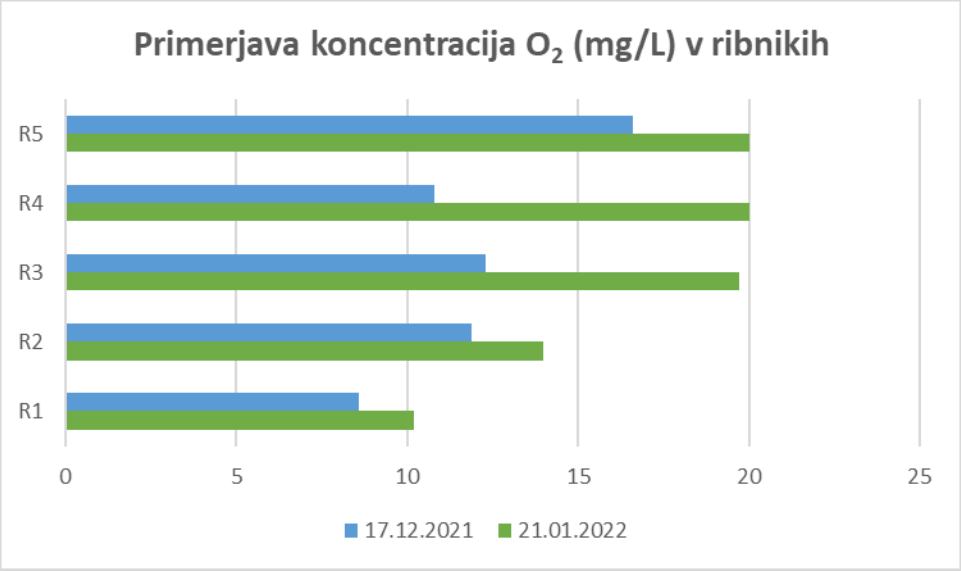
R1 - ribnik Radvanje, R2 - ribnik Betnava, R3 – ribnik Razvanje, R4 – ribnik Pivola, R5 – Slivniški ribnik

Tabela 4: Vrednosti fizikalnih parametrov v ribnikih

VZOREC	**R1**		**R2**		**R3**		**R4**		**R5**	
Meritev	**17.12. 2021**	**21.01. 2022**	**17.12. 2021**	**21.01. 2022**	**17.12. 2021**	**21.01. 2022**	**17.12. 2021**	**21.01 .2022**	**17.12. 2021**	**21.01. 2022**
Temperatura zraka (°C)	6,0	-1,0	6,0	0	6,0	0	7,0	1,0	7,0	1,0
Temperatura vode (°C)	3,0	1,7	3,0	0,5	4,3	2,5	4,6	2,6	4,0	2,3
pH	6,9	6,8	7,3	7,37	7,5	7,37	7,75	7,45	7,5	6,95
Koncentracija O_2 (mg/L)	8,6	10,2	11,9	14	12,3	19,7	10,8	20	16,6	20
El. Prevodnost (µS/cm)	135	161	190	160	300	229	290	268	132	153
Prosojnost, Secchijeva globina (cm)	105	/	70	/	64	/	90	/	90	/
Redoks potencial (mV)	260	180	251	217	274	312	264	214	277	209

Opomba: Prosojnosti ob drugi meritvi 21.01.2022 nismo merili, saj je ribnike prekrival led.

V tabeli 4 so prikazani rezultati vrednosti fizikalnih parametrov v ribnikih. pH se je v vseh ribnikih gibal med 6,8 – 7,75. Koncentracija raztopljenega O_2 je bila gledano na obe meritvi, najvišja v R5, najnižja pa v ribniku R1, kar pa je razvidno tudi iz spodnjega grafa 1. Električna prevodnost je imela najvišjo vrednost v R3 17.12.2021 in je znašala 300 µS/cm, najnižjo pa v R5 istega dne, in sicer 132 µS/cm. Secchijeva globina je bila najnižja v R3 (64 cm), najvišja pa v R1 (105 cm).



Graf 2: Primerjava koncentracije O_2 (mg/L) v ribnikih

2. KEMIJSKA ANALIZA VODE

A) REZULTATI ANALIZE V RIBNIKIH

Tabela 5 prikazuje dobljene vrednosti nutrientov izmerjenih v ribnikih.

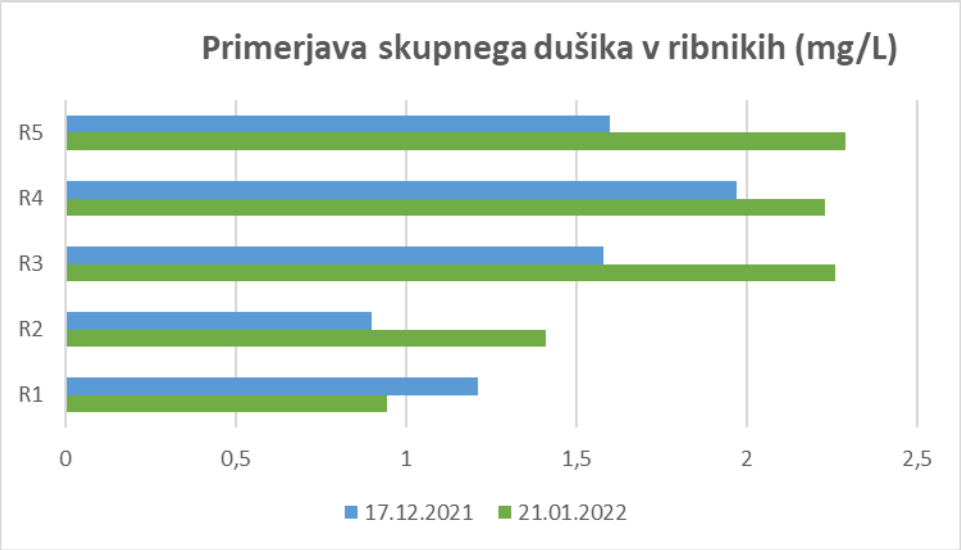
Legenda:

R1 - ribnik Radvanje, R2 - ribnik Betnava, R3 – ribnik Razvanje, R4 – ribnik Pivola, R5 – Slivniški ribnik

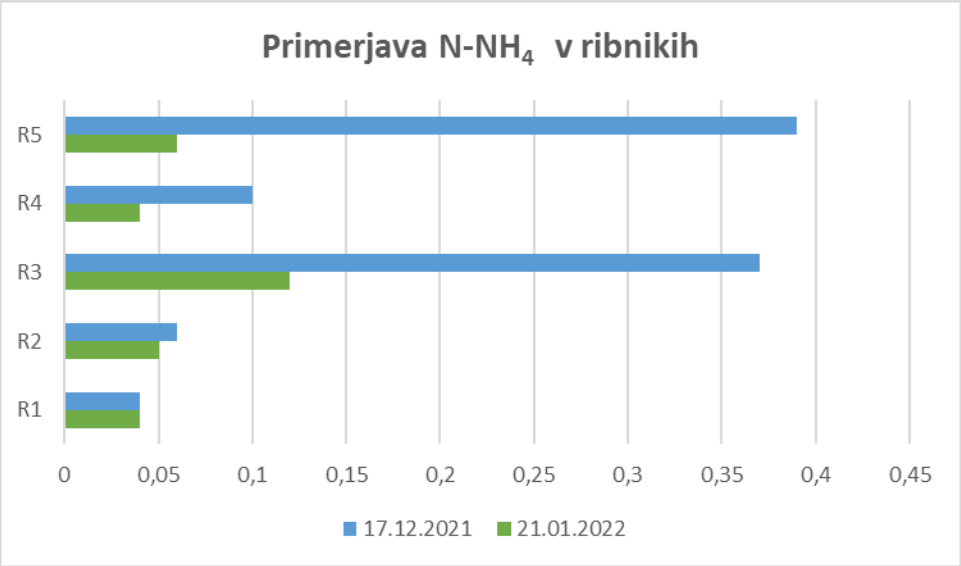
Tabela 5: Vrednosti nutrientov v ribnikih

Parameter (mg/L)	**R1**		**R2**		**R3**		**R4**		**R5**	
Meritev	**17.12. 2021**	**21.01. 2022**	**17.12. 2021**	**21.01. 2022**	**17.12. 2021**	**21.01. 2022**	**17.12. 2021**	**21.01. 2022**	**17.12. 2021**	**21.01.2022**
$N\text{-}NH_4$	<0,04	0,04	0,06	0,05	0,37	0,12	0,1	0,04	0,39	0,06
$N\text{-}NO_3$	0,635	0,413	1,08	0,901	1,15	1,42	1,8	1,71	1	0,812
$N\text{-}NO_2$	0,007	0,008	0,014	0,011	0,025	0,012	0,015	0,015	0,02	0,009
N- skupni	0,946	1,21	1,41	0,899	2,26	1,58	2,23	1,97	2,29	1,6
$P\text{-}PO_4$	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,054	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
P - skupni	/	<0,01	/	0,021	/	0,071	/	0,032	/	0,015

Najvišje vrednosti N-NH_4 sta imela R5 in R3, najnižje pa R1, primerjava je predstavljena v grafu 3. Vrednosti N-NO_3 so se razen v R1 gibale med 1-2 mg/L. Skupni dušik, je bil najvišji v R3 in R5, visok pa je bil tudi v R4, kar prikazuje graf 2. Vrednosti ortofosfata so bile skoraj v vseh ribnikih pod mejo merilnega območja. Skupni fosfor je dosegel najvišjo vrednost v R3 (0,071 mg/L).



Graf 3: Primerjava skupnega dušika v ribnikih (mg/L)



Graf 4: Primerjava N-NH_4 v ribnikih (mg/L)

B) REZULTATI ANALIZE V PRITOKIH

Tabela 6 prikazuje rezultate meritev vrednosti nutrientov v pritokih posameznih ribnikov.

Legenda:

P1 – pritok ribnika Radvanje, P2 – pritok ribnika Betnava, P3 – pritok ribnika Razvanje, P4 – pritok ribnika Pivola

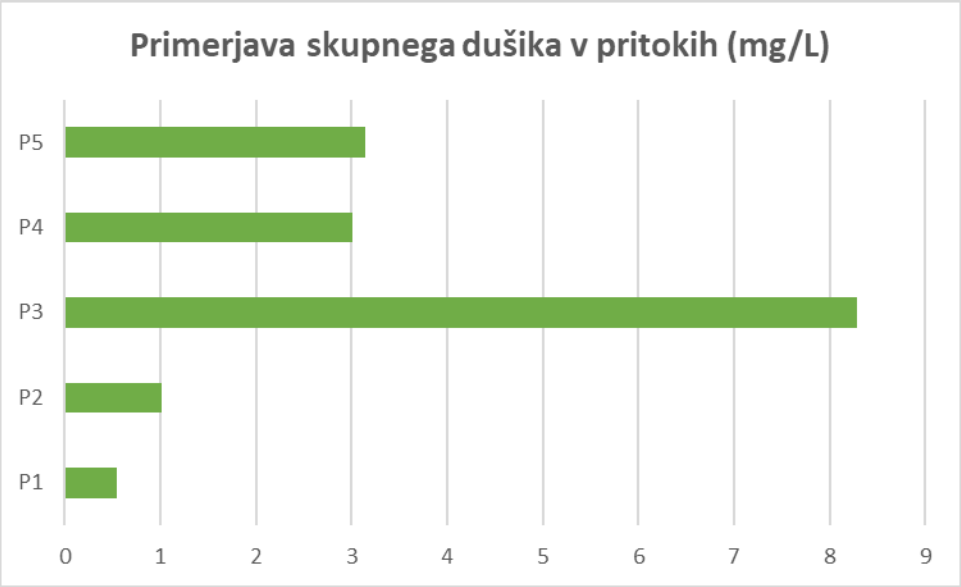
Tabela 6: Vrednosti nutrientov v pritokih posameznih ribnikov

Parameter (mg/L)	**P1**		**P2**		**P3**		**P4**	
Meritev	**17.12. 2021**	**21.01. 2022**	**17.12. 2021**	**21.01. 2022**	**17.12. 2021**	**21.01. 2022**	**17.12. 2021**	**21.01. 2022**
$N\text{-}NH_4$	<0,04	0,04	<0,04	0,05	4,64	1,09	0,13	0,07
$N\text{-}NO_3$	/	<0,3	/	0,842	/	1,85	/	2,81
$N\text{-}NO_2$	/	<0,003	/	0,007	/	0,014	/	0,012
N- skupni	/	0,543	/	1,01	8,29	3,01	/	3,15
$P\text{-}PO_4$	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,177	<0,05	<0,05
P - skupni	/	<0,01	/	0,025	/	0,190	/	0,028

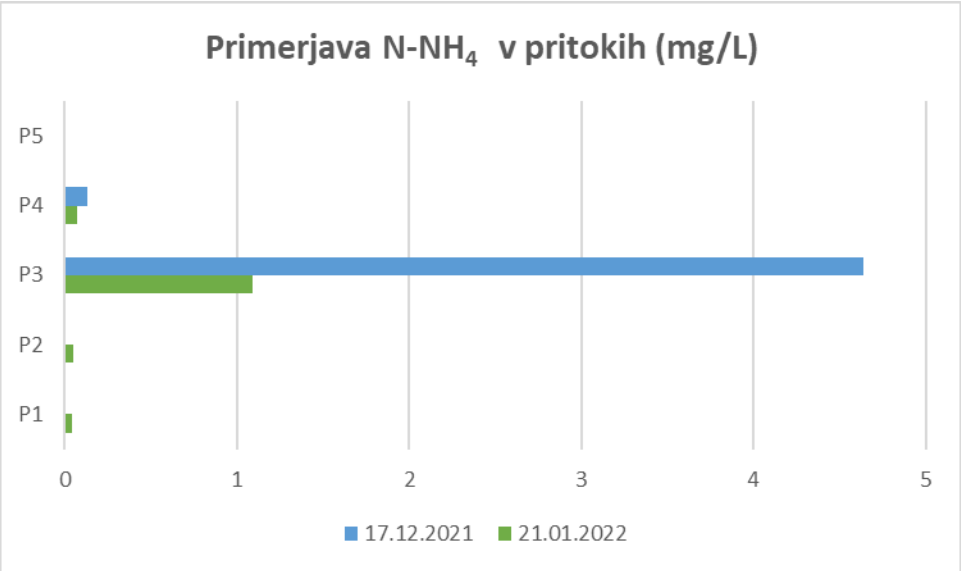
Opomba: R5 (Slivniški ribnik) ima težko dostopen pritok, zato vzorca nismo odvzeli

Vrednost $N\text{-}NH_4$ vidno odstopa v P3 ob meritvi 17.12.2021, ko je znašala 4,64 mg/L. Vrednost $N\text{-}NO_3$ je bila najvišja v P4, vrednosti $N\text{-}NO_3$ in $P\text{-}PO_4$ pa so bile zanemarljive. Pri skupnem

dušiku je prav tako zelo odstopal P3, z vrednostjo 8,29 mg/L, kar je lepo vidno na grafu 4. Tudi največjo vrednost skupnega fosforja je imel P3.



Graf 5: Primerjava skupnega dušika v pritokih (mg/L)



Graf 6: Primerjava N-NH_4 v pritokih (mg/L)

C) REZULTATI ANALIZE V IZTOKIH

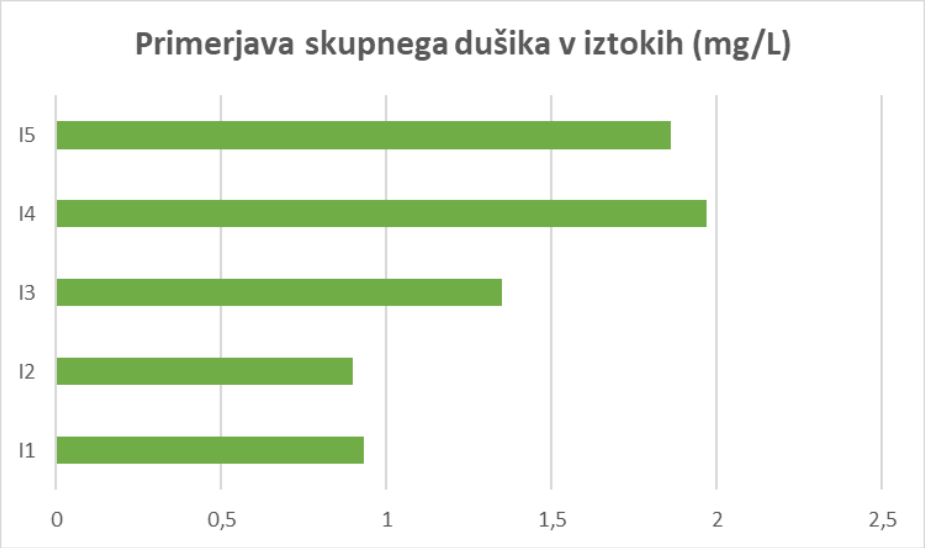
Tabela 7 prikazuje vrednosti nutrientov v iztokih posameznih ribnikov. Vrednosti N-NH_4, N-NO_2 in P-PO_4 so bile v vseh iztokih nizke. Najvišji vrednosti N-NO_3 in skupnega dušika je imel I4. Najvišjo vrednost skupnega fosforja pa ima I3.

Legenda:

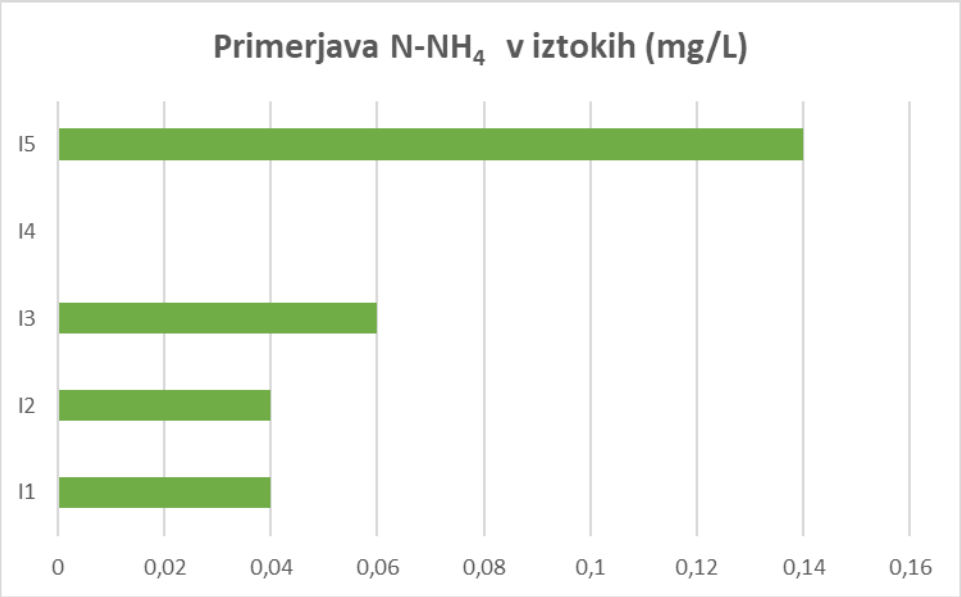
I1 – iztok ribnika Radvanje, I2 – iztok ribnika Betnava, I3 – iztok ribnika Razvanje, I4 – iztok ribnika Pivola, I5 – iztok Slivniškega ribnika

Tabela 7: Vrednosti nutrientov v iztokih posameznih ribnikov

Parameter (mg/L)	**I1**	**I2**	**I3**	**I4**	**I5**
N-NH_4	0,04	0,04	0,06	<0,04	0,14
N-NO_3	0,413	0,886	1,18	1,7	0,635
N-NO_2	<0,003	0,009	0,009	0,015	0,009
N- skupni	0,93	0,899	1,35	1,97	1,86
P-PO_4	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
P - skupni	<0,01	0,023	0,075	0,031	0,018



Graf 7: Primerjava skupnega dušika v iztokih (mg/L)



Graf 8: Primerjava N-NH_4 v iztokih (mg/L)

3. UVRSTITEV RIBNIKOV V TROFIČNO KATEGORIJO PO OECD KRITERIJIH

Anorganski dušik je vsota vrednosti N-NH_4, N-NO_3, N-NO_2 v ribnikih, izračunali smo povprečne vrednosti dveh meritev 17.12.2021 in 21.01.2022. Meritve za celotni fosfor smo opravljali samo enkrat in sicer 21.01.2022.

Tabela 8: Vrednosti anorganskega dušika in celotnega fosforja v ribnikih µg/L (povprečje)

	R1	R2	R3	R4	R5
Anorganski dušik povprečje (µg/L)	571,5	1058	1548,5	1840	1145,5
Celotni fosfor povprečje (µg/L)	<10	23	75	31	18

Na podlagi rezultatov celotnega fosforja, povprečnega anorganskega dušika in prosojnosti, smo naredili oceno trofičnega stanja za vse ribnike.

R1 lahko med vsemi ribniki po koncentraciji celotnega fosforja edinega razvrstimo kot oligotrofnega. R2 in R5 sta mezotrofna in evtrofna. R3 je kar po dveh parametrih hiperevtrofen, prav tako R4 po najvišji vrednosti anorganskega dušika, ta pa je sicer tudi evtrofen in mezotrofen.

Tabela 9: Ocena trofičnega stanja po OECD kriterijih

Trofična stopnja	Celotni fosfor µg P/L	Dušik anorganski povprečje µg N/L	Prosojnost (m)
u-oligotrofno	<4	<200	>6
oligotrofno	<10	200 - 400	>3
mezotrofno	10 - 35	300 - 650	3 - 1,5
evtrofno	35 - 100	500 - 1500	1,5 - 0,7
hiperevtrofno	>100	>1500	<0,7
R1	<10	571,5	1,05
R2	23	1058	0,7
R3	75	1548,5	0,64
R4	31	1840	0,9
R5	18	1145,5	0,9

RAZPRAVA

HIPOTEZA 1

»Na osnovi zbranih podatkov smo ocenili stanje hranil v obeh ribnikih ter pritokih. Ker tipologija še ni določena, smo upoštevali OECD kriterije za oceno trofičnosti jezer.« (Germ, 2013) Glede na to poročilo, smo tudi mi ocenili stanje po OECD kriterijih. Ob prvem obisku ribnikov smo glede na vidno stanje vode v ribnikih, pritokih in iztokih ter z oceno okolice, v kateri se ribnik nahaja, predpostavili, da bo voda vsebovala tolikšne količine nutrientov, tj. celotnega fosforja in celotnega dušika, da bomo jih lahko uvrstili v mezotrofne ali evtrofne vodne ekosisteme. Glede na vrednosti tabele 9, lahko ribnik Radvanje uvrstimo v tri različne nivoje. Vrednost celotnega fosforja je znašala manj kot 10 µg/L, kar ribnik uvršča med oligotrofne sisteme. Glede na vrednosti povprečnega anorganskega dušika (571,5 µg/L) ga uvrščamo v mezotrofne sisteme, glede na prosojnost, ki je znašala 1,05 m, pa ga uvrščamo med evtrofne sisteme. Glede na vse vrednosti je ta ribnik med vsemi izbranimi najmanj onesnažen z nutrienti. Na to lahko vpliva tudi lokacija ribnika, ki se nahaja v bližini Pohorja in oddaljenosti od cestnih povezav ter stanovanjskih območij. Ribnik Betnava glede na vrednosti celotnega fosforja (23 µg/L) spada med mezotrofna območja, glede na vrednosti povprečnega anorganskega dušika (1058 µg/L) in prosojnosti (0,7 m) pa spada med evtrofna območja. Možni vzroki za onesnaženost vode bi lahko bila neposredna bližina hitre ceste in bližina njiv, kar pa najverjetneje v zimskem času nima tolikšnega vpliva, saj kmetijska dejavnost miruje. Ribnik smo opredelili kot evtrofen zaradi dovolj velike količine hranilnih snovi, zlasti dušika in fosforja. V ribniku je dovolj visoka raven kisika, da omogoča rast in razvoj organizmov. Izmed vseh najbolj izstopa ribnik Razvanje, ki smo ga po izmerjenih vrednostih glede na OECD kriterije uvrstili med hiperevtrofna območja. Sem sodi zaradi vrednosti povprečnega anorganskega dušika (1548,5 µg/L) in prosojnosti (0,64 m). Glede na vrednost celotnega fosforja pa ribnik uvrščamo med evtrofna območja. V primerjavi z vsemi preostalimi ribniki je tovrstno vrednost fosforja vseboval le ta (75 µg/L). Na rezultate najverjetneje vpliva pritok. Glede na izmerjene parametre, lahko podobno kot prvi ribnik, tudi Ribnik Pivola uvrstimo v tri različne trofične nivoje. Po vrednosti celotnega fosforja (31µg/L) spada v mezotrofna območja, v primerjavi z drugimi ribniki, pa zelo izstopa vrednost povprečnega anorganskega dušika, ki je bila tu največja (1840 µg/L). Na podlagi tega ga lahko uvrstimo v hiperevtrofna

območja, po prosojnosti pa med evtrofna. Po oceni lokacije, kjer se ribnik nahaja, bi pričakovali nižje vrednosti anorganskega dušika, saj je dokaj oddaljen od stanovanjskih in industrijskih območij. Drugi parametri ne predstavljajo kritičnega stanja. Slivniški ribnik spada med mezotrofna in evtrofna območja. Po vrednostih celotnega fosforja (18 µg/L) med mezotrofna, po vrednostih povprečnega anorganskega dušika (1145,5 µg/L) in prosojnosti (0,9 m) pa med evtrofna območja. Po oceni stanja je podoben kot ribnik Betnava, vendar je zanimivo, saj se ta nahaja na veliko bolj odročnem območju, v gozdu, okolju brez neposrednega človekovega vpliva. **To hipotezo lahko delno potrdimo**, saj prihaja do odstopanj pri prvem, tretjem in četrtem ribniku, vendar le pri posameznih parametrih in ne v celoti. Potrebno je poudariti, da so kriteriji po katerih smo primerjali dobljene vrednosti, za jezera, ki pa so, v primerjavi z ribniki, večja vodna telesa. To bi lahko bil vzrok, da pri prosojnosti nismo izmerili tako visokih vrednosti. Prav tako nismo preverjali vseh parametrov, kot je npr. klorofil a. Meritve bi za bolj točne in natančne rezultate morali opravljati večkrat, čez celo leto in izračunati povprečne vrednosti le-teh.

HIPOTEZA 2

Ob prvem obisku ribnika Razvanje, smo opazili, da je je v ribniku veliko alg in da je voda zelo motna ter polna usedlin. Usedline se sčasoma kopičijo in lahko povzročijo zmanjšanje globine ribnikov in življenjskega prostora, ki je na voljo ribam. Povečana količina usedlin lahko posledično povzroči tudi izčrpavanje v vodi raztopljenega kisika. Na podlagi vidne ocene sva si postavili hipotezo, da bo ta ribnik najbolj onesnažen. **To hipotezo lahko potrdimo**. Kot so navedli Urbanič, Toman in Novak v »Varstvu celinskih voda« (2003), pH večine slovenskih vodotokov niha med 6,0 in 8,5. Nižje vrednosti najdemo v vodah z veliko raztopljenimi snovmi, višje vrednosti pa so pogoste v evtrofnih ekosistemih. pH v ribniku Razvanje sicer ni presegal mejnih vrednosti, gibal se je med 7,3 – 7,5. Preostali fizikalni parametri prav tako vidno ne odstopajo, lahko pa opazimo, da je bila Secchijeva globina v tem ribniku najmanjša in sicer 64 cm. Ob prvi meritvi 17.12.2021 je imela voda v ribniku Razvanje tudi najvišjo vrednost električne prevodnosti in sicer 300 µS/cm. Več kot je hranil, višja je prevodnost vode, saj se z dotokom hranil praviloma poveča količina nabitih delcev (Urbanič, Toman, 2003), zato lahko sklepamo, da je v primerjavi z drugimi ribniki, voda tukaj najbolj onesnažena z nutrienti. Prihaja pa do večjih odstopanj pri izmerjenih kemijskih parametrih. Največje spremembe v

ribniku Razvanje so bile vidne predvsem v njegovem pritoku. Koncentracija amonijevega dušika je bila vidno večja od preostalih. Ta je pri prvem merjenju meseca decembra znašala 4,64 mg/L, kar je bilo izven merilnega območja, zato smo morali uporabiti metodo z višjim merilnim območjem. Amonijak je za vodne organizme strupen. Prekomerna količina amonijaka ribam onemogoči črpanje hranilnih snovi, če je koncentracija previsoka lahko ribe postanejo letargične in sčasoma poginejo. Amonijak se v vodi pojavlja kot neioniziran amonijak (NH_3) in amonijev ion (NH_4^+). Na relativni delež obeh oblik, prisotnih v vodi, v glavnem vpliva pH. Neioniziran amonijak je strupena oblika in v površinskih vodah prevladuje takrat, ko je pH visok. V splošnem je manj kot 10 % amonijaka v strupeni obliki, ko pH znaša manj kot osem, ta delež pa se z večanjem pH-ja močno povečuje. (Banrie, 2013) Izmerjena koncentracija amonijevega dušika je v ribniku precej nižja, ta je znašala 0,37 mg/L. Sklepamo, da je na takšno razliko v koncentracijah je najverjetneje vplivalo razmerje med velikostjo pritoka in celotnega ribnika in tudi izbrano merilno mesto. Meritve smo izvajali precej vstran od samega pritoka. Ta koncentracija se je do iztoka še znižala, iz česar se da sklepati, da pritok ni imel tolikšnega vpliva na preostale vodotoke. Pritok ribnika Razvanje je imel tudi največje vrednosti skupnega dušika, ki so znašale 8,29 mg/L pri prvem merjenju v mesecu decembru. Vrednost v ribniku je tako kot pri amonijevem dušiku bila spet precej nižja. Ta je znašala 2,26 mg/L. Glede na tabelo za OECD kriterij za ocenjevanje trofičnega stanja jezer lahko zaključimo, da ribnik sodi med hiperevtrofni ekosistem, saj vrednost anorganskega dušika presega 1500 µg/L, znaša sicer 1548,5 µg/L, tudi prosojnost (64 cm) je v mejnem območju za hiperevtrofno jezero. Visoka in obenem tudi najvišja med vsemi ribniki je tudi vrednost celotnega fosforja, ki znaša 75 µg/L. Menimo, da je med obema meritvama prišlo do takšnih razlik zaradi časa merjenja in odvzemanja vzorca. Potrebno je upoštevati, da je bilo drugo merjenje izvedeno po obilnejših padavinah in nižjih temperaturah ter ko je ribnik delno prekrival led. Meritve bi najverjetneje bile bolj realne, če bi merjenje izvajali v poletnih mesecih in ob sezoni ribolova. Glede na rezultate in opažanja lahko povzamemo, da je pritok zelo onesnažen. Sklepamo, da bi se glede na lokacijo in bližino novozgrajenih hiš, lahko v sam pritok iztekala, za zdaj še neurejena kanalizacija, ki onesnažuje celoten ribnik, zaenkrat še ne v kritični meri.

HIPOTEZA 3

Ribolov ima precejšen vpliv na stanje ribnikov. Prekomerni ribolov lahko povzroči izčrpavanje virov, zmanjšane stopnje bioloških rasti in nizke ravni biomase. Dolgotrajni prekomerni ribolov lahko privede do kritične depenzacije, ko se ribja populacija ne more več vzdrževati. V večini slovenskih ribnikih poteka ribolov na način ulovi-spusti, ali pa je število dovoljenih ulovljenih rib močno omejeno z najmanjšimi lovnimi merami. (Košir, 2017) Kljub temu ribolov in ribe same vplivajo na stanje ribnika in zato smo si postavili hipotezo, da tam kjer bo največ krapovcev, bo ribnik najbolj onesnažen z nutrienti. **To hipotezo lahko potrdimo.** Krapi zmanjšujejo kvaliteto vode zaradi svojega načina prehranjevanja, z nabiranjem detrita med iskanjem hrane, premešča večje delce usedlin, kar povzroča dvig trdnih delcev in nutrientov, predvsem fosforja in njihov porast v vodi. Zaradi porasta skupnih suspendiranih snovi se zmanjša prosojnost vode in narašča populacija alg. (Williams idr., 2002) Po dobljenih podatkih, predstavljenih v tabeli tri, je največ krapovcev v ribniku Razvanje. Kot že omenjeno v razpravi druge hipoteze so koncentracije nutrientov v tem ribniku res med najvišjimi zato lahko zaključimo, da je med izbranimi ribniki le-ta najbolj onesnažen. S tem bi lahko sklepali, da športni ribolov res vpliva na stanje vode v ribniku, vendar njegovih vplivov ni mogoče točno opredeliti. Ribe v zimskih mesecih niso aktivne, krap se pozimi zarije v blatno zarastlinjeno dno kjer preživi zimo. (Povž, Gregori, Gregori, 2015) Zaradi opravljenih meritev v zimskih mesecih, velikega vpliva rib v analizah nismo zasledili, tudi izbrani ribniki so bili v tem času zaprti. Za nadaljnjo raziskavo bi bilo bolje, če bi meritve opravljali v poletnih mesecih, ko so ribe najbolj aktivne.

HIPOTEZA 4

Okolje v katerem leži posamezni ribnik vpliva na koncentracije nutrientov v njem in na njegovo onesnaženost. Ribniki, ki se nahajajo v bližini cest, gospodinjstev, industrijskih obratov, bodo bolj onesnaženi kot tisti s čistimi izviri iz narave. Koncentracija raztopljenega kisika v vodi je pokazatelj onesnaženosti vodnega okolja in ima ključno vlogo pri samočistilni sposobnosti vodotoka, prav tako pa je odvisna od temperature vode. Vodna okolja z večjo koncentracijo kisika so čistejša, rastline s fotosintezo proizvajajo več kisika. Ob pomanjkanju kisika pride do

pojava anoksičnih razmer, še posebej v območju, kjer poteka izmenjava med usedlinami in vodo prihaja do razgradnje organskih usedlin. V površinskih vodah se giblje koncentracija kisika med 15 mg/l pri 0 °C in 8 mg/l pri 25 °C. Ugodne razmere za ribe so, ko je v vodi raztopljenega kisika nad 5 mg/L (Urbanič in Toman 2003, str. 25 - 26). Na podlagi tega smo sklepali, da bo največ raztopljenega kisika v vodi v ribnikih, ki se nahajajo v okoljih brez neposrednega človekovega vpliva in s čistimi pritoki. Največji izmerjeni vrednosti raztopljenega kisika sta bili v Slivniškem ribniku in sta znašali pri prvi meritvi 16,6 mg/L, pri drugi pa 20 mg/L. Predvidevamo, da bi vzrok za visoke koncentracije raztopljenega kisika lahko bila intenzivna fotosinteza, saj v Slivniškem ribniku uspeva veliko vodnih rastlin, še posebej pa na obrežju ribnika, kjer smo izvajali meritve. »Ravni raztopljenega kisika se lahko gibljejo tudi od manj kot 1 mg/L do več kot 20 mg/L, odvisno od številnih dejavnikov; temperature, slanosti, tlaka, fotosinteze, tudi letnega časa, globine in lokacije.« (Fondriest Environmental, 2013) Ribnik se nahaja na robu prostranega Hočkega gozda, zanj velja poseben varstveni režim, pomemben je tudi za znanstveno-raziskovalno dejavnost in ribogojstvo. V ribnik se stekajo pritoki iz Pohorja, po čem sklepamo da so dokaj čisti, ker so oddaljeni od urbaniziranega okolja. Vzorčenja na teh pritokih nismo opravljali, zaradi njihove težke dostopnosti. Koncentracije nutrientov v ribniku niso bile visoke, predvsem pri drugi meritvi sta bili izredno nizki koncentraciji amonijevega dušika (0,006 mg/L), ortofosfata (<0,05 mg/L) in nitritnega dušika (0,009 mg/L). Na podlagi teh vrednosti lahko predvidevamo, da tudi pritoki ne bi vsebovali velikih koncentracij nutrientov. **To hipotezo lahko potrdimo**. Kot so navedli v članku »*Impact of environmental factors on aquatic biodiversity in roadside mstormwater ponds«*, je bližina cest in urbanizirano okolje eden izmed glavnih razlogov za onesnaženost ribnikov. Primeri onesnaževanja povezanega z cestami so zavorne obloge, produkti zgorevanja bencina in dizla. Posledično cestni odtok vsebuje različna onesnaževala kot so kovine, policiklične aromatske ogljikovodike in soli (Sun, Soklova, idr. 2019). Zanimivo je, da so koncentracije raztopljenega kisika v Radvanjskem ribniku, ki se prav tako nahaja v naravnem okolju pod Pohorjem, v bližini naravnega rezervata mokrišče Radvanje, precej nižje v primerjavi z Slivniškim ribnikom. Vanj se prav tako priteka manjši pohorski potoček.

HIPOTEZA 5

V ribnikih, kjer je pogosta dejavnost športni ribolov, lahko sklepamo, da bo kljub morda čistejšemu pritoku, iztok bolj onesnažen, zato bi lahko imel vpliv na ostale površinske vodotoke. Na podlagi tega, smo si postavili hipotezo, da se bodo vrednosti izmerjenih nutrientov razlikovale na območju pritoka in iztoka. **Hipotezo lahko delno potrdimo**, saj se vrednosti med seboj razlikujejo, vendar v vseh izbranih ribnikih iztok in bil bolj onesnažen od pritoka. Glede na terenske meritve s sondo v pritoku in iztoku Bohinjskega jezera leta 2009 (ARSO, 2009), lahko vidimo, da je vrednost električne prevodnosti višja v iztoku, vrednosti kisika pa nižje, kar nam pove, da so bili iztoki bolj onesnaženi kot pritoki. Po velikosti in globini jezera ne moremo primerjati z ribniki, lahko pa zaključimo, da je lahko iztok ribnika bolj onesnažen od pritoka. Zaradi slabe dostopnosti do iztokov in pritokov in vremena, smo nekatere meritve lahko izvedli le enkrat. V ribniku Radvanje je bila v pritoku in iztoku vrednost amonijevega dušika (0,04mg/L), nitritnega dušika (<0,003 mg/L) in ortofosfata (<0,005 mg/L) enaka. Vrednost nitratnega in skupnega dušika je bila v iztoku večja, kot pa v pritoku. V ribniku Betnava je bilo mogoče že na oko opaziti zelo umazan pritok, poln usedlin že ob majhnem premešanju vode. Vrednosti ortofosfata in amonijevega dušika so bile v pritoku in iztoku enake, pri nitratnem in nitritnem dušiku so razlike izjemno majhne, vrednost pri iztoku je bila nekoliko večja kot v pritoku. Pri skupnem dušiku je bila vrednost malo večja pri pritoku kot pa iztoku, vendar so vse razlike zanemarljive. Kljub majhni razliki med vrednostmi, lahko sklepamo, da bi dejavnosti, kot npr. ribolov in naravni procesi v ribniku, lahko imeli vpliv na kvaliteto vode v njem. Pri primerjavi meritev v ribniku Razvanje je prišlo do največjih razlik med pritokom in iztokom. Kot že omenjeno, smo v pritoku izmerili visoke vrednosti pri amonijevem dušiku in skupnem nitratu, predvsem pri prvem, decembrskem merjenju v primerjavi z iztoki. Vrednosti ne le teh, vendar vseh nutrientov v pritokih so v primerjavi z iztokom vidno večje. Največja izračunana razlika je pri skupnem dušiku (5,28 mg/L). V pritoku koncentracija znaša 8,29 mg/L, pri prvi meritvi, v iztoku pa 1,35 mg/L. Tudi v ribniku Pivola je prišlo do nekoliko večjih razlik. V iztoku je vrednost nitritnega dušika večja kot pri pritoku, pri ortofosfatu pa sta vrednosti izmerjeni v pritoku in iztoku enaki oz. zelo blizu. V preostalih izmerjenih parametrih, je vrednost višja v pritoku kot pa iztoku. Največja razlika je bila pri skupnem dušiku. Ta je v pritoku znašal 3,15 mg/L, v iztoku pa 1,97 mg/L. Zaradi oteženega

dostopa do pritoka v Slivniškem ribniku, meritev tam nismo mogli izvesti. Na teh dveh ribnikih lahko opazimo, da sta pritoka večinoma vsebovala večje koncentracije nutrientov kot iztoka, pri tem pa virov onesnaženja z nutrienti nismo določili.

ZAKLJUČEK

V raziskovalni nalogi smo preverjali onesnaženost petih ribnikov v okolici Maribora, ki so namenjeni športnemu ribolovu ter njihovih pritokih in iztokih ter želeli ugotoviti ali imajo potencialno škodljiv vpliv na druge površinske vodotoke. Izvedli smo fizikalno – kemijsko analizo pri kateri smo na terenu v vodi merili Secchijevo globino, temperaturo, koncentracijo v vodi raztopljenega kisika, električno prevodnost, pH in redoks potencial, v laboratoriju pa po standardnih metodah določevali koncentracijo amonija, nitrata, nitrita, celotnega dušika, ortofosfata in celotnega fosforja v vodi, ki smo jo vzorčili v ribnikih, pritokih in iztokih. Ovrednotili smo ekološko trofično stanje ribnikov na podlagi OECD kriterijev. Večina ribnikov, bi lahko po preverjenih parametrih uvrstili v mezotrofno ali evtrofno okolje. V primerjavi razmer v opazovanih ribnikih je bilo stanje boljše od povprečja v ribniku Radvanje, ki smo ga lahko po vrednostih celotnega fosforja razvrstili v oligotrofno stopnjo. V najnižjo stopnjo, hipervetrofni ekosistem, uvrstili ribnik Razvanje. Ribnik Razvanje je bil najbolj onesnažen, saj je imel najmanjšo prosojnost, največjo vrednost električne prevodnosti in največjo koncentracijo skupnega fosforja. V njegovem pritoku so bile višje vrednosti nutrientov. Najbolj so v vidno onesnaženem pritoku odstopale koncentracije amonijevega in skupnega dušika.

Največ krapovcev je v ribniku Radvanje, ki pa je po rezultatih najbolj onesnažen med vsemi ribniki. Sklepamo, da športni ribolov res vpliva na stanje vode v ribniku, vendar njegovih vplivov ni mogoče točno opredeliti, prav tako pa so ti vplivi težje opazni v zimskih mesecih. Slivniški ribnik je v primerjavi z drugimi ribniki vseboval največ raztopljenega kisika v vodi, le-ta pa je umeščen v okolju, kjer je antropogeni vpliv zelo majhen, saj se nahaja na robu Hočkega gozda. Koncentracije nutrientov v tem ribniku niso bile visoke.

V večini pritokov in iztokov je prihajalo do zanemarljivih razlik v vrednostih nutrientov. Ponekod so bile višje v iztokih, ponekod v pritokih, zato takšni iztoki ne bi imeli znatnega vpliva na ostale površinske vodotoke. Pri primerjavi meritev je prišlo do največjih razlik med pritokom in iztokom v ribniku Razvanje. Vrednosti vseh nutrientov v pritokih so bile v primerjavi z iztokom vidno večje.

Ribnike, ki imajo visoke vrednosti nutrientov (npr. ribnik Razvanje), smo ovrednotili kot hiperevtrofne. Visoki nutrienti so posledica s hranili onesnaženega pritoka. Večina ribnikov je po ekološkem stanju evtrofnih ali mezotrofnih, z izjemo ribnika Radvanje, ki je zraven Slivniškega med najčistejšimi ribniki s čistim pritokom in iztokom. Okolica v kateri se ribniki nahajajo vpliva na čistost vode, saj je voda v Slivniškem ribniku vsebovala več raztopljenega kisika, v primerjavi z drugimi ribniki, ki ležijo ob večjih antropogenih virih onesnaževanja. V ribniku Razvanje, kjer se nahaja največ krapovcev, je voda najbolj onesnažena, kar pomeni, da imajo ribe vpliv na kakovost vode v kateri se nahajajo. Vir onesnaževanja je zagotovo tudi športni ribolov, čigar vpliva na stanje vode nismo mogli ovrednotiti, saj meritev nismo izvajali v času sezone ribolova. Za nadaljnje raziskave bi predlagali, da bi meritve z večimi paralelnimi ponovitvami opravljali v toplejši polovici leta, ko je ribolovna sezona na vrhuncu. Za bolj natančen pregled ekološkega stanja bi lahko preverjali tudi biološke in hidromorfološke elemente, s katerimi bi dobili pregled nad celotno kakovostjo vode v raziskovanih ekosistemih.

Obstajajo tudi različni načini za zmanjšanje in odstranitev prekomernih hranil, ki se razlikujejo glede na uporabo. Prvi je že ta, da poskušamo preprečiti, da bi hranila z različnimi odtoki antropogenega izvora prišla v ribnik, vendar to ni vedno povsem mogoče.

1. Poglabljanje ribnika je hiter in učinkovit način odstranjevanja hranil. Z izkopom odvečnega organskega materiala na dnu ribnika postane ta globlji, hkrati pa se s tem zmanjša količina hranilnih snovi. Postopek je drag, pogosto pa zahteva dovoljenje in ni vedno izvedljiv v vsakem ribniku. Dostop do ribnikov je velikokrat otežen, ponekod pa zaradi velikosti ali drugih dejavnikov ni mogoče odstraniti dovolj materiala, da bi zmanjšali količino hranilnih snovi.

2. Preprost in dokaj učinkovit način je odstranjevanje obstoječega rastlinskega materiala iz ribnika. To pomeni fizično rezanje in odstranjevanje samih rastlin iz ribnika. S tem postopkom odpravimo prekomerne populacije rastlin, posledično se vsa hranila v rastlinah odstranijo iz sistema. Rastline moramo odstraniti dovolj daleč in učinkovito, da se ne bi vrnile nazaj v ribnik. Ta metoda je zelo delovno intenzivna in lahko traja več let, da se pokaže znaten napredek.

3. Za odstranjevanje presežnih hranil iz vodnega stolpca je mogoče uporabiti več umetnih sredstev, kot so npr. Alum, PhosLock in Polialuminijev klorid. Tako se očisti vodi stolpec, prav tako pa lahko te spojine uspešno vežejo hranila na dno ribnika, kar omejuje njihovo razpoložljivost za rastline, in zmanjša možnost za pospešeno rast alg.

4. Eden od načinov za boj proti prekomernim hranilnim snovem je sajenje rastlinskih vrst, ki za rast potrebujejo veliko hranil. Rastline iz vode črpajo nezaželene organske snovi, s čimer zavirajo rast alg in pripomorejo k naravnemu čiščenju. Pomembna je zastopanost več različnih vrst, avtohtone so pogosto najboljše, saj se širijo počasneje in jih je lažje nadzorovati. (Ways to eliminate excessive nutrients, b.d.)

Za raziskovanje ribnikov smo se odločili, ker smo želeli ugotoviti stanje ribnikov v naši bližini in kako ribolovna dejavnost vpliva na njihovo onesnaženost. Prav tako smo s tem želeli pridobiti podatke o čistosti naravnih ekosistemov ob velikih mestih in drugim predstaviti pomembnost varovanja narave, predvsem vodnih teles, ki so pomemben življenjski prostor mnogim rastlinam in živalim. Velike obremenitve vodnih virov v skoraj vseh območjih predstavljajo kmetijsko, mestno in industrijsko onesnaževanje, nepravilna raba vode in zemlje, povečana evtrofikacija in cvetenje alg, zmanjšanje biotske pestrosti, zasoljevanje, poljedelsko namakanje, zajezitev in preusmerjanje rek, krčenje gozdov, osuševanje mokrišč ... Velik izziv pa postaja tudi naraščanje števila prebivalstva, kar bi v prihodnje lahko še močneje ogrozilo vodne ekosisteme.

DRUŽBENA ODGOVORNOST

Čistost vode v površinskih vodah je pomemben dejavnik, ki vpliva tako na tam živeče organizme, kot tudi na ljudi. Organizmi, ki živijo v vodnih ekosistemih, so povezani med seboj in prav tako z neživo naravo. Tak ekosistem, ki ustvarja svojevrstno klimo in je dom številnim organizmom je tudi ribnik. V nekaterih je prevladujoča dejavnost športni ribolov, s katero se lahko tamkajšnja voda v času sezone zelo onesnaži, ta voda pa lahko vpliva tudi na druge površinske vodotoke ter v njih živeče organizme ter posledično na človeka. Krhko ravnovesje v ekosistemu je tako odvisno od kroženja vode in človekovega poseganja v naravo, v zadnjih letih pa tudi podnebnih sprememb. Zaradi povezanosti tekočih vod in njihovega vpliva na okolje se bi morali ozaveščati o vplivu ribolovnih dejavnosti in zmanjšanju nadaljnjega onesnaževanja ter razmisliti kako bi lahko to dejavnost opravljali na čim bolj okolju prijazen način.

VIRI IN LITERATURA

ARSO (2009). Kakovost jezer v letu 2009. Bohinjsko jezero, pritok in iztok. Dostopno na: https://www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/Bohinjsko%20jezero%202009.pdf

Banrie, (2013). Managing ammonia in fish ponds. Dostopno na: https://thefishsite.com/articles/managing-ammonia-in-fish-ponds

Britannica, The Editors of Encyclopaedia (2019). Eutrophication. Encyclopedia Britannica. https://www.britannica.com/science/eutrophication (3.2.2022)

Dencak, L. (2018). Water Pollution: Everything You Need to Know. Dostopno na: https://www.nrdc.org/stories/water-pollution-everything-you-need-know (3.2.2022)

Desmarais, M. (b. d.). What is sportfishing? Dostopno na: https://hikingandfishing.com/what-is-sportfishing/ (3.2.2022)

Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy. (23.10.2000)

Ferrara, R.A., Avci, C.B. (1982) Jour. Water pollution Contr. Fed. 54(4), 361-369.

Flores, L.N., Barone, R. (1998) Phytoplankton dynamics in two reservoirs with different trophic state (Lake Rosamarina and Lake Arancio, Sicily, Italy). Hydrobiologia 369/370: 163-178.

Fondriest Environmental, Inc. "Dissolved Oxygen." Fundamentals of Environmental Measurements. (2013). Dostopno na: https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/dissolved-oxygen/#3 (17.4.2022)

Förster H. (2004) UV/VIS Spectroscopy. In: Karge H.G., Weitkamp J. (eds) Characterization I. Molecular Sieves – Science and Technology, vol 4. Springer, Berlin, Heidelberg. Dostopno na:

https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1007/b94239 (9.2.2022)

Germ, M. (2013) Preiskave kakovosti vode ribnika Tivoli in koseškega barja. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta. file:///C:/Users/Admin/Downloads/Koncno-porocilo-preiskave-kakovosti-vode-ribnika-Tivoli-in-Koseskega-bajerja-(2013)%20(4).pdf

Gorenjak, A. H. (2010). Živilska kemija z analizo živil in analiza živil. Ljubljana: Zavod IRC. Dostopno na: http://www.impletum.zavod-irc.si/docs/Skriti_dokumenti/Zivilska_kemija_z_analizo_in_Analiza_zivil-Hmelak.pdf (10.2.2022)

Košir, J. (2017). Pomen gojitvenih revirjev in ribolova na način »ujemi in spusti« v Sloveniji (Diplomsko delo). Dostopno na: http://www.vsvo.si/wp-content/uploads/2015/04/Diplomska-naloga-pomen-gojitvenih-revirjev-in-ribolova-na-na%C4%8Din-ujemi-in-spusti-v-Sloveniji.pdf

Kumari, V. (b. d.). Pond Ecosystem. Dostopno na: http://rcscollegemanjhaul.org/rcs/assets/uploads/assignment/assignment-1596551651-sms.pdf (1.2.2022)

Moos B. (1998) Ecology of Freshwaters: Mann and Medium, past to future. 3rd edition. Oxford: Blackwell science. 557 str.

Nathanson, J. A. (2022). Water pollution. Encyclopedia Britannica. Dostopno na: https://www.britannica.com/science/water-pollution (2.2.2022)

Parker, L. (2019). The world's plastic pollution crisis explained. Dostopno na: https://www.nationalgeographic.com/environment/article/plastic-pollution (2.2.2022)

Povž, M., Gregori, A., Gregori, M. (2015). Sladkovodne ribe in piškurji v Sloveniji. Ljubljana: Zavod Umbra.

Richard, D.I. idr. (1984) Phytoplankton responses to reduction and elimination of submerged vegetation by herbicides and grass carp in four Florida lakes. Aquat. Bot. 20: 307-319.

Scannoe, F. (2016). What is eutrophication? Causes, effects and control. Dostopno na: https://www.eniscuola.net/en/2016/11/03/what-is-eutrophication-causes-effects-and-control/ (3.2.2022)

Soballe, D.M., Kimmel B.L. (1987) A large-scale comparison of factors influencing phytoplankton abundance in rivers, lakes and impoundments. Ecology 68: 1943-1954.

Sun, Z., Soklova, E. (2019). Impact of environmental factors on aquatic biodiversity in roadside stormwater ponds. Dostopno na: https://www.nature.com/articles/s41598-019-42497-z (28.2.2022)

SSKJ, Ribnik. Dostopno na: https://fran.si/iskanje?View=1&Query=ribnik (1.2.2022)

Tarman K. (1992) Osnove ekologije in ekologija živali. Ljubljana: Državna založba Slovenije.

Urbanič, G., Toman, M.J. (2003). Varstvo celinskih voda. Ljubljana: Študentska založba.

Water pollution. (b. d.). Dostopno na: https://www.environmentalpollutioncenters.org/water/causes/

Ways to eliminate excessive nutrients (b. d.). Dostopno na: https://kascomarine.com/blog/ways-to-eliminate-excessive-nutrients/ (17.4.2022)

Wetzel, R.G. (2001) Limnology. Lake and river ecosystems. Third edition. Academic Press, San Diego: 1006 str.

Williams, P.J. s sod. (1997) Designing new ponds for wildlife. British Wildlife 8: 137-150.

VIRI SLIK

Slika 1:

Kumari, V. (b. d.). Pond Ecosystem. Dostopno na: http://rcscollegemanjhaul.org/rcs/assets/uploads/assignment/assignment-1596551651-sms.pdf (1.2.2022)

Slika 2:

Arpa Umbria (2009). Stato di qualità ambientale del laghi e analisi dei trend evolutivi. Documento Tecnico. Slika dostopna na: https://www.eniscuola.net/en/2016/11/03/what-is-eutrophication-causes-effects-and-control/ (3.2.2022)

Slika 3 – 15:

Froese, R., Pauly, D. (2022) FishBase. Dostopno na: https://www.fishbase.se/search.php (20.2.2022)