

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**PRIMERJAVA ONESNAŽENOSTI ŠMARTINSKEGA IN
ZREŠKEGA JEZERA Z UPORABO FIZIKALNO-KEMIJSKIH
ANALIZ**

LAURA JESENEK

VELENJE, 2021

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**PRIMERJAVA ONESNAŽENOSTI ŠMARTINSKEGA IN
ZREŠKEGA JEZERA Z UPORABO FIZIKALNO-KEMIJSKIH
ANALIZ**

LAURA JESENEK

Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentor: viš. pred. dr. Goran Pipuš

Somentor/ica: Ksenija Bošnjak, univ. dipl. ing. kem. tehnol.

VELENJE, 2021

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

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

Primerjava onesnaženosti Šmartinskega in Zreškega jezera z uporabo fizikalno-kemijskih analiz.

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

Comparison of the pollution between Šmartinsko and Zreče lake, using physical and chemical analysis.

Mentor: **pred. dr. Goran Pipuš.**

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

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



Prof. dr. Boštjan Pokorny
dekan

Visoka šola za varstvo okolja

Trg mladosti 7 | 3320 Velenje

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

www.vsvo.si



Izjava o avtorstvu

Podpisana Laura Jesenek, vpisna številka 34170040,

študentka podiplomskega študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije, sem avtorica diplomskega dela z naslovom Primerjava onesnaženosti Šmartinskega in Zreškega jezera z uporabo fizikalno – kemijskih analiz, ki sem ga izdelala pod mentorstvom dr. Gorana Pipuša in somentorstvom univ. dipl. ing. kem. tehnol. Ksenije Bošnjak.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

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

Datum:

Podpis avtorice:

ZAHVALA

Mentorju dr. Goranu Pipušu se zahvaljujem za pomoč in usmerjanje pri nastajanju diplomskega dela. Za pomoč pri izvajanju analiz se zahvaljujem somentrici univ. dipl. ing. kem. tehnol. Kseniji Bošnjak. Posebna zahvala gre tudi delavcem Nacionalnega inštituta za hrano, zdravje in okolje v Celju za vso pomoč, ki so mi jo nudili med izvajanjem analiz.

Družini, partnerju in prijateljem sem hvaležna za vse spodbude in pomoči pri študiju in pri pripravi diplomske naloge.

IZVLEČEK

Jezera v Sloveniji predstavljajo prostor za oddih, športne aktivnosti in so turistične znamenitosti. Zaradi podnebnih sprememb in človeških vplivov, kot so vpliv kmetijstva in industrije ter odvajanja odpadnih vod v jezera in ostale površinske vode, pa obstaja možnost onesnaženosti jezer. Onesnaženost jezer predvsem vpliva na vodne organizme, ki v teh jezerih živijo. Zaradi spremljanja onesnaženosti se na površinskih vodah izvajajo monitoringi, ki jih predpisuje Uredba o stanju površinskih voda. Namen monitoringov je, da lahko na podlagi bioloških, fizikalno–kemijskih, hidromorfoloških in kemijskih parametrov podajo oceno o ekološkem stanju površinske vode.

Izvedli smo primerjavo onesnaženosti Šmartinskega in Zreškega jezera na osnovi analiziranih vzorcev. Na terenu smo poleg vzorčenja vode iz jezer izmerili tudi osnovne parametre: temperaturo zraka in vode, vrednost pH, električno prevodnost in motnost. Analizo vzorcev smo nadaljevali na Nacionalnem inštitutu za zdravje, okolje in hrano v Celju, kjer smo določevali usedljive snovi, kemijsko potrebo po kisiku, celotni organski ogljik, celotni dušik, celotni fosfor in nekatere kovine.

Osnovi fizikalno-kemijski parametri so potrebni za določanje ekološkega stanja jezer in oceno onesnaženosti. Ob primerjavi pridobljenih rezultatov smo ugotovili, da ima Šmartinsko jezero za večino parametrov višje izmerjene koncentracije kot Zreško jezero. Odstopanja smo opazili pri vzorcih odvzetih 24.4.2021 na obeh jezerih. Predvidevamo, da je v tem času prišlo do onesnaženja obeh jezer. Za bolj točne rezultate pa bi morali jezera analizirati celo leto in izvajati meritve več parametrov.

Ključne besede: Šmartinsko jezero, Zreško jezero, onesnaženost, fizikalno – kemijski parametri.

ABSTRACT

Lakes in Slovenia represent vacation, sports activities and tourist attractions. However, due to climate change and human impacts such as the impact of agriculture and industry and the discharge of wastewater into lakes and other surface waters, there is a possibility of lake pollution. Pollution of lakes mainly affects aquatic organisms that live in these lakes. For the purpose of monitoring pollution, monitoring prescribed by the Surface Water Regulation is carried out on surface waters. The purpose of monitoring is to be able to assess the ecological status of surface water on the basis of biological, physico - chemical, hydromorphological and chemical parameters.

We compared the pollution of Šmartinsko and Zreško lakes on the basis of the analyzed samples. In addition to sampling water from lakes, we also measured basic parameters in the field: air and water temperature, pH value, electrical conductivity and turbidity. The analysis of samples was continued at the National Institute of Health, Environment and Food in Celje, where we determined sediment, chemical oxygen demand, total organic carbon, bound nitrogen, total phosphorus and some metals.

Basic physicochemical parameters are needed to determine the ecological status of lakes and assess pollution. Comparing the obtained results, we found that Šmartinsko Lake has higher measured concentrations than Lake Zreče for most parameters. Deviations were observed in the samples taken on 24.4.2021 on both lakes. We assume that pollution of both lakes occurred during this time. For more accurate results, however, lakes should be analyzed year-round and multi-parameter measurements performed.

Key words: Šmartinsko Lake, Zreče Lake, pollution, physico - chemical parameters.

KAZALO VSEBINE

1	Uvod	1
1.1	Namen in cilji	2
1.2	Hipotezi	2
2	TEORETIČNA IZHODIŠČA	3
2.1	Uredba o stanju površinskih voda	3
2.2	Rezultati monitoringa ekološkega stanja jezer	4
2.3	Ocene stanja jezer v Sloveniji	4
2.4	Pomen fizikalno-kemijskih parametrov	4
2.4.1	Temperatura	4
2.4.2	Vrednost pH	4
2.4.3	Električna prevodnost	5
2.4.4	Motnost	5
2.4.5	Usedljive snovi	5
2.4.6	Kemijska potreba po kisiku (KPK)	5
2.4.7	Biokemijska potreba po kisiku (BPK5)	5
2.4.8	Celotni organski ogljik (TOC)	5
2.4.9	Celotni vezan dušik (TN) in celotni fosfor	5
2.4.10	Kovine	5
3	MATERIALI IN METODE	6
3.1	Vzorčenje	6
3.2	Terensko delo	6
3.2.1	Določanje lokacij odvzema	6
3.2.2	Vzorčenje	7
3.2.3	Analiziranje na terenu	7
3.3	Analiziranje v laboratoriju	9
3.3.1	Določanje usedljivih snovi	9
3.3.2	Kemijska potreba po kisiku	10
3.3.3	Biokemijska potreba po kisiku (BPK5)	10
3.3.4	Določanje celotnega organskega ogljika in celotnega vezanega dušika .	11
3.3.5	Določanje celotnega fosforja	12
3.3.6	Določanje kovin	12
4	REZULTATI IN RAZPRAVA.....	13
4.1	Primerjava z rezultati državnega monitoringa Šmartinskega jezera	28

4.2	Določitev ekološkega stanja Šmartinskega in Zreškega jezera	29
5	Sklep	30
6	Povzetek.....	31
7	SUMMARY	32
8	Viri in literatura.....	33

KAZALO SLIK

Slika 1: Šmartinsko jezero (Jesenek, 2021).....	1
Slika 2: Zreško jezero (Jesenek, 2021).....	1
Slika 3: Prikaz lokacije odvzema vzorcev na Zreškem Jezeru (Vir: Google maps).....	6
Slika 4: Prikaz lokacije odvzema vzorcev na Šmartinskem jezeru (Vir: Google maps)	7
Slika 5: Analiziranje električne prevodnosti in motnosti na terenu (Jesenek, 2021).....	8
Slika 6: Določanje usedljivih snovi (Jesenek, 2021)	9
Slika 7: Analiza kemijske potrebe po kisiku (Jesenek, 2021).....	10
Slika 8: Komora z OXITOPI (Jesenek, 2021)	11
Slika 9: Aparatura za določevanje celotnega organskega ogljika in vezanega dušika (Jesenek, 2021)	11
Slika 10: Določanje celotnega fosforja (Jesenek, 2021)	12
Slika 11: Aparatura za merjenje kovin (Jesenek, 2021).....	12
Slika 12: Izmerjene koncentracije usedljivih snovi v Šmartinskem jezeru in Zreškem jezeru	15
Slika 13: Izmerjene koncentracije kemijske potrebe po kisiku v petih dneh v Šmartinskem jezeru in Zreškem jezeru	16
Slika 14: Izmerjena koncentracija biokemijske potrebe po kisiku v Šmartinskem jezeru in Zreškem jezeru	17
Slika 15: Izmerjene koncentracije skupnega organskega ogljika v Šmartinskem jezeru in Zreškem jezeru	17
Slika 16: Izmerjene koncentracije celotnega fosforja v Šmartinskem jezeru in Zreškem jezeru	18
Slika 17: Izmerjene koncentracije celotnega vezanega dušika v Šmartinskem jezeru in Zreškem jezeru	19
Slika 18: Izmerjene koncentracije aluminija v Šmartinskem jezeru in Zreškem jezeru	19
Slika 19: Izmerjena koncentracija mangana v Šmartinskem in Zreškem jezeru	20
Slika 20: Izmerjene koncentracije niklja v Šmartinskem in Zreškem jezeru.....	21
Slika 21: Izmerjene koncentracije cinka v Šmartinskem in Zreškem jezeru.....	21
Slika 22: Izmerjene koncentracije arzena v Šmartinskem in Zreškem jezeru.....	22
Slika 23: Izmerjene koncentracije za svinec v Šmartinskem in Zreškem jezeru	23
Slika 24: Izmerjeni rezultati za kovino železo v Šmartinskem in Zreškem jezeru	23
Slika 25: Izmerjene koncentracije natrija v Šmartinskem in Zreškem jezeru	24
Slika 26: Izmerjene koncentracije magnezija v Šmartinskem in Zreškem jezeru.....	25
Slika 27: Izmerjeni rezultat kalija v Šmartinskem in Zreškem jezeru.....	25
Slika 28: Izmerjene koncentracije kalcija v Šmartinskem in Zreškem jezeru.....	26

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Elementi kakovosti z mejnimi vrednostmi za določene parametre ((Uradni list RS, št. 10/09, 81/11 in 73/16).....	3
Preglednica 2: Rezultati monitoringov ekološkega stanja jezer v letu 2016,2017 in 2019 za Šmartinsko jezero (ARSO, Rezultati monitoringa ekološkega stanja jezer v letu 2016, 2020) 4	4
Preglednica 3: Legenda imen vzorcev	13
Preglednica 4: Rezultati terenskih analiz za Šmartinsko jezero	13
Preglednica 5: Rezultati terenskih analiz za Zreško jezero	14
Preglednica 6: Povprečne koncentracije kovin za Šmartinsko in Zreško jezero	27
Preglednica 7: Primerjava rezultatov iz poročil monitoringov za Šmartinsko jezer (Vir: ARSO, 2019).....	28
Preglednica 8: Povprečne koncentracije KPK in cinka v Šmartinskem in Zreškem jezeru.....	29

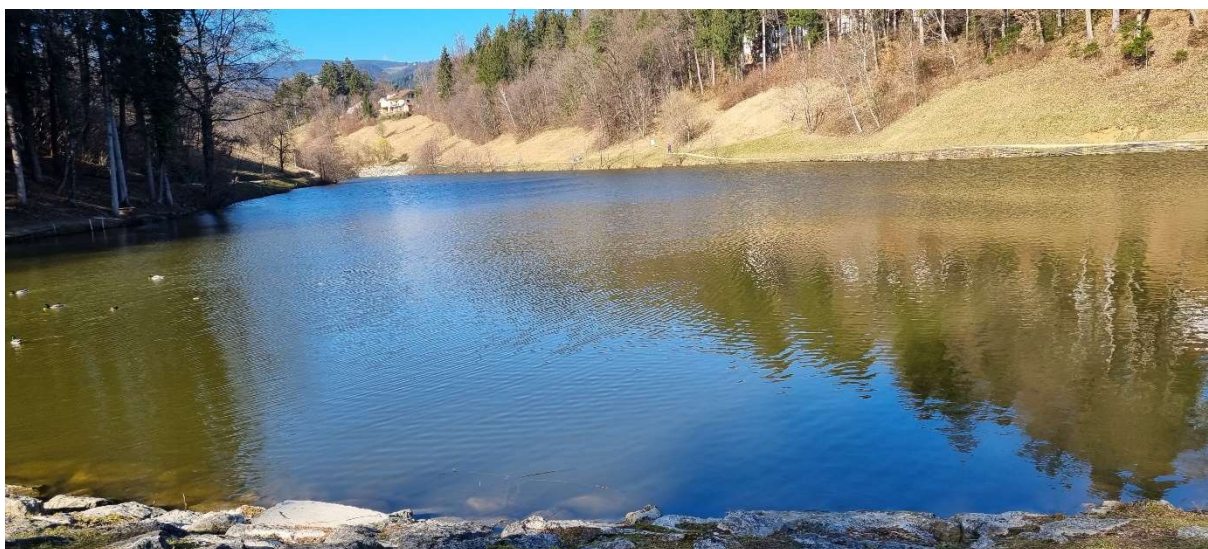
1 UVOD

Šmartinsko jezero se nahaja v bližini Celja. Nastalo je okrog leta 1970 in meri 1130000 m² vodne površine. Ob jezeru so urejene poti, uporabljajo se za športne in rekreacijske namene. Jezero ima tudi pomen za turizem, saj so poleg športnih aktivnosti okoli jezera na razpolago razni čolni, kajaki in pedolini. Ob Šmartinskem jezeru se nahaja ribiška koč, kjer lahko ribiči kupijo dovolilnico za lovljenje rib (Pungartnik, 2014, str. 53).



Slika 1: Šmartinsko jezero (Jesenek, 2021)

Zreško jezero se nahaja v bližini term Zreč. Leta 2000 je bilo ustvarjeno iz potoka Koprivnica. Jezero obsega zgornji in spodnji del, ki ju ločuje most. Zgornji del jezera je manjši in meri v dolžino 300 metrov in ima površino 2500 m². Spodnji del jezera pa v dolžino meri 700 metrov, s površino 13000 m². Vsak del jezera ima svoj pomen. Zgornji del je namenjen drstenju rib, spodnji del pa je namenjen športnim aktivnostim, saj je okrog tega dela urejena pešpot (LTO Rogla–Zreče, 2019).



Slika 2: Zreško jezero (Jesenek, 2021)

Jezera v Sloveniji sodijo med površinske vode. Kriterije kakovosti in mejne vrednosti pa opredeljuje in opisuje Uredba o stanju površinskih voda. Uredba ugotavlja stanje površinskih vod na podlagi rezultatov monitoringa kemijskega in ekološkega stanja površinske vode. Na podlagi dobljenih rezultatov površinske vode razdelimo na zelo dobro, dobro, zmerno, slabo in zelo slabo kemijsko ali ekološko stanje. Kemijsko stanje določajo parametri v prilogi 1 (parametri kemijskega stanja površinskih voda). Ekološko stanje pa je razdeljeno na biološke, fizikalno-kemijske, hidromorfološke elemente in posebna onesnaževala. Njihove mejne vrednosti pa so določene v prilogah (Uradni list RS, št. 14/09, 98/10, 96/13 in 24/16).

V jezerih se pogosto pojavlja čezmerno kopičenje fosforja in dušika, takšen pojav imenujemo eutrofikacija. Najpogostejši vir hranilnih snovi v vodah so neustrezno izločene komunalne odplake ter intenzivno kmetijstvo. Vsebnost hranil je odvisna tudi od gostote prebivalstva oziroma intenzivnost rabe v pojezerju. Povečana vsebnost hranil v jezerih pospešuje produktivnost planktonskih alg, kar vpliva na manjšo prosojnost jezera (Cvitanič in sod., 2016).

1.1 Namen in cilji

Namen diplomske naloge je s pomočjo fizikalno–kemijskih analiz ugotoviti onesnaženost Šmartinskega in Zreškega jezera.

Na osnovi izmerjene temperature vode, vrednosti pH, električne prevodnosti, motnosti, barve, vonja, določitve usedljivih snovi, kemijske potrebe po kisiku, biokemijske potrebe po kisiku, celotnega organskega ogljika, celotnega fosforja, celotnega vezanega dušika in nekaterimi kovinami v vodi smo želeli ugotoviti ekološko stanje Šmartinskega in Zreškega jezera.

1.2 Hipotezi

V diplomskem delu smo si zastavili dve hipotezi:

Hipoteza 1: Na osnovi primerjave rezultatov analiz vzorcev obeh jezer bomo ugotovili, da ima Šmartinsko jezero višje izmerjene vrednosti fizikalno–kemijskih parametrov kot Zreško jezero.

Hipoteza 2: V zimskem letnem času bo v Šmartinskem jezeru več organskih snovi kot v spomladanskih letnem času.

2 TEORETIČNA IZHODIŠČA

Pri diplomski nalogi smo pregledali zakonodajo, povezano s stanjem površinskih voda. Preverili smo tudi, če so na katerem iz omenjenih jezer že potekale raziskave. Ugotovili smo, da so na Šmartinskem jezeru potekali državni monitoringi ekološkega stanja jezer. Na Zreškem jezeru pa državni monitoringi niso potekali.

2.1 Uredba o stanju površinskih voda

Uredba o stanju površinskih voda določa merila za ugotavljanje stanja površinskih voda, okoljske standarde kakovosti za ugotavljanje ekološkega stanja površinskih voda ter vrste monitoringov stanja površinskih voda. Uredbo določajo merila v skladu z Vodno direktivo-Direktivo Evropskega parlamenta in Sveta, Poplavno direktivo, Direktivo o okolijskih standardih kakovostih in Evropskega parlamenta in Direktivo komisij (Uradni list RS, št. 10/09, 81/11 in 73/16).

Parametre kemijskega stanja predstavljajo kemijske spojine, ki so razvrščene na prednostne snovi in prednostno nevarne snovi. Za nekatere kemijske spojine je določeno spremljanje njihovega trenda. Ekološko stanje je obsežnejše od kemijskega stanja, saj ga delimo na štiri elemente, biološke, kemijske, hidromorfološke in posebna onesnaževala. Vsak od naštetih elementov pa je sestavljen iz enega ali več parametrov (Uradni list RS, št. 10/09, 81/11 in 73/16).

Priloga 7 (mejne vrednosti razredov ekološkega stanja za splošno fizikalno-kemijske parametre) in priloga 8 (mejne vrednosti razredov ekološkega stanja za posebna onesnaževala) določa mejne vrednosti onesnaževal ekološkega stanja površinskih voda. Od onesnaževal, ki imajo predpisane mejne vrednosti v prilogi 8, smo analizirali kemijsko potrebo po kisiku (Uradni list RS, št. 10/09, 81/11 in 73/16).

V tabeli so prikazani elementi kakovosti za določevanje ekološkega stanja in njihove mejne vrednosti za parametre, ki smo jih določevali v sklopu diplomske naloge.

Element kakovosti	Splošno fizikalno-kemijski parametri	Mejne vrednosti za ekološko stanje	
		Zelo dobro	Dobro
Celotni organski ogljik	Celotni organski ogljik (TOC)	Ni določena	Ni določena
Slanost	Električna prevodnost	Ni določena	Ni določna
Zakisanost	pH	Ni določena	Ni določena
Stanje hranil	Celotni dušik	Ni določena	Ni določena
	Celotni fosfor	Ni določena	Ni določena
/	KPK	Ni določena	13-29,9 mg/l/O ₂

Preglednica 1: Elementi kakovosti z mejnimi vrednostmi za določene parametre ((Uradni list RS, št. 10/09, 81/11 in 73/16)

V prilogi 10 (naravna ozadja za kovine in njihove spojine) so predpisane vrednosti za naravna ozadja kovin in njihovih spojin. Med kovinami, ki smo jih analizirali, je predpisana vrednost za naravno ozadje cinka, ki znaša 4,2 µg/l (Uradni list RS, št. 10/09, 81/11 in 73/16).

2.2 Rezultati monitoringa ekološkega stanja jezer

Ekološko stanje površinskih voda ugotavljamo na podlagi bioloških, fizikalno-kemijskih, hidromorfoloških elementov kakovosti in posebnih onesnaževal. Monitoringi potekajo v skladu z vodno direktivo, Uredbo o stanju površinskih voda in Pravilnikom o monitoringu stanja površinskih voda (ARSO, Rezultati monitoringa ekološkega stanja jezer v letu 2016, 2020).

V letih 2016, 2017 in 2019 je bilo v monitoring vključenih 18 jezer in zadrževalnikov. Vključena so bila naslednja jezera in zadrževalniki: Blejsko, Bohinjsko, Velenjsko, Šmartinsko, Slivniško, Perniško, Gajševsko, Ledavsko, Škalsko, Družmirsko, Klivnik, Mola, Vogršček, Moste in Pristava. V monitoringe je bilo vključeno Šmartinsko jezero, medtem ko Zreško jezero v te monitoringe ni bilo vključeno (ARSO, Rezultati monitoringa ekološkega stanja jezer v letu 2019, 2020).

Parametri \ Leto	pH	Celotni fosfor ($\mu\text{gP/l}$)	Električna prevodnost ($\mu\text{S/cm}$)
2016	7,5	46	267
2017	8,4	52	265
2019	8,5	48	256

Preglednica 2: Rezultati monitoringov ekološkega stanja jezer v letu 2016, 2017 in 2019 za Šmartinsko jezero (ARSO, Rezultati monitoringa ekološkega stanja jezer v letu 2016, 2020)

V zgornji tabeli so prikazani rezultati monitoringov ekološkega stanja jezer v letih 2016, 2017 in 2019. Povzeti so rezultati parametrov za Šmartinsko jezero, ki smo jih določevali tekom diplomske naloge. Za pH lahko povzamemo, da je najmanjša vrednost bila izmerjena leta 2016, v letu 2017 pa je narastla za 1. Vrednosti celotnega fosforja se skozi leta skoraj ne spreminjajo, največja vrednost celotnega fosforja je bila leta 2017 z vrednostjo 52 $\mu\text{gP/l}$. Leta 2019 je imel parameter električna prevodnost največje najmanjšo vrednost (ARSO, Rezultati monitoringa ekološkega stanja jezer v letu 2019, 2020).

2.3 Ocene stanja jezer v Sloveniji

Poročila ocene stanja jezer v Sloveniji so nastala na podlagi državnega monitoringa površinskih voda. V oceni stanja jezer je bilo vključenih 15 jezer. Vključena pa so bila naslednja jezera in zadrževalniki: Šmartinsko, Slivniško, Perniško, Pristava, Gajševsko, Ledavsko, Medvode, Družmirsko, Velenjsko, Škalsko, Vogrišek, Klivnik in Mola. V okviru monitoringa so bila narejena poročila samo za Šmartinsko jezero, Zreško jezero ni bilo vključeno v monitoringe. Iz poročil za leta 2013 ter 2014 smo povzeli rezultate za parametre, ki smo jih tudi določevali v diplomski nalogi, to so vrednost pH, celotni fosfor, celotni dušik, cink, kadmij in svinec. V letu 2013 in 2014 je Šmartinsko jezero doseglo dobro kemijsko stanje (ARSO, 2014).

2.4 Pomen fizikalno-kemijskih parametrov

2.4.1 Temperatura

Temperatura v jezeru uravnava hitrost odvijanja bioloških in kemijskih procesov, ki vplivajo na kvaliteto vode. Temperatura je odvisna od temperature podlage, pritokov, ozračja in jakosti sonca. Temperatura vpliva na raztapljanje plinov in kisika v vodi ter sekundarno tudi na ribjo populacijo. Vpliva pa tudi na okus in vonj vode (Lobnik, 2008, str. 9-11).

2.4.2 Vrednost pH

Vrednost pH je merilo za določanje kislosti ali bazičnosti raztopin. Na pH vrednost vpliva tudi ravnotežje ogljikovega dioksida, hidrogen karbonata in trdoto vode (Lobnik, 2008, str. 9-11).

2.4.3 Električna prevodnost

Parameter električna prevodnost podaja, kolikšna je vsebnost soli v vodi. Soli v jezerih pa predstavljajo kloridi, fosfati, sulfati... Električna prevodnost je odvisna od koncentracije ionov, njihove gibljivosti ter naboja. Odvisna pa je tudi od temperature vode ob merjenju (Lobnik, 2008, str. 12-13).

2.4.4 Motnost

Motnost nam pove, kakšen je delež suspendiranih delcev v velikosti od 1nm do 1mm. Delimo jih na organske, anorganske, mikroorganizme in erozijo koloidnih snovi (Lobnik, 2008, str. 16-19).

Rezultate motnosti podajamo z nefelometričnimi enotami motnosti (NTU) (Mrmolija, 2021).

2.4.5 Usedljive snovi

Usedljive snovi so izraz za volumensko koncentracijo trdih delcev (Lobnik, 2008, str. 14-15).

2.4.6 Kemijska potreba po kisiku (KPK)

Kemijska potreba po kisiku (KPK) je izraz za kisik, ki je potreben za oksidacijo organskih spojin. Izražena je kot množina kisika, porabljena za kemijsko oksidacijo z oksidantom (Lobnik, 2008, str. 27-28).

2.4.7 Biokemijska potreba po kisiku (BPK5)

Biokemijska potreba po kisiku (BPK5) je izraz za določevanje organskih snovi, biološko razgradljivimi in biološko internimi organskimi snovmi, ki se izvajajo pri naravnih pogojih (Lobnik, 2008, str. 27).

2.4.8 Celotni organski ogljik (TOC)

Celotni organski ogljik (TOC) predstavlja količino organskega in anorganskega ogljika v vodi.

2.4.9 Celotni vezan dušik (TN) in celotni fosfor

Dušik in fosfor sta hranili, njun glavni vir je kmetijstvo. Povečane koncentracije teh dveh parametrov pospešujejo produktivnost planktonskih alg in s tem posledično vplivajo na prosojnost vode. Več kot je alg v jezeru, manjša je prosojnost vode (Lobnik, 2008, str. 4).

2.4.10 Kovine

V jezerih se pojavljajo različne kovine. Kovine v nizkih koncentracijah predstavljajo naraven izvor zemeljske skorje. V višjih koncentracijah pa pomenijo onesnaženja, ki lahko negativno vplivajo na vodne živali ali pa se akumulirajo v živali in rastline. Nekatere kovine, kot sta natrij in kalcij, so potrebne za pravilno delovanje bioloških sistemov (Bošnjak, 2020).

3 MATERIALI IN METODE

3.1 Vzorčenje

Vzorčenje Šmartinskega ter Zreškega jezera je potekalo dvakrat mesečno, od meseca januarja do maja 2021. Na ta način smo vzorčili v zimskem in spomladanskem letnem času. Skupno število vzorčenj je bilo 8 za posamično jezero.

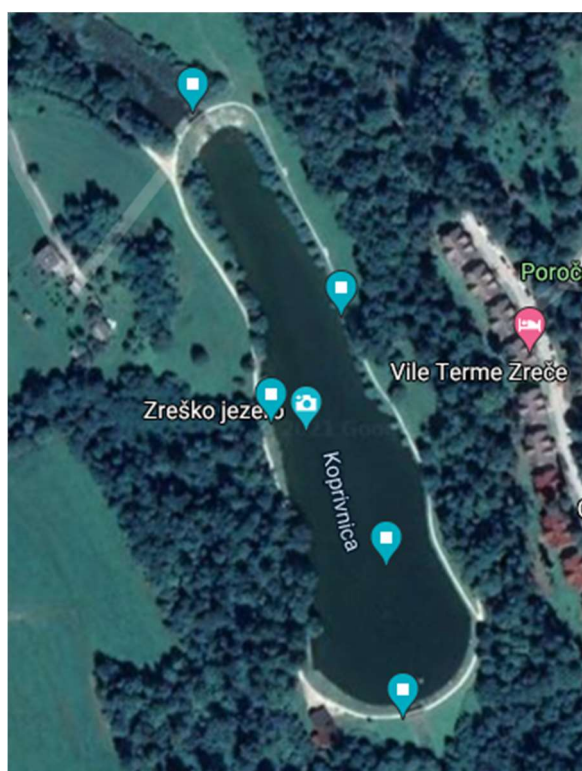
Vzorce smo pridobivali reprezentativno, kar pomeni, da smo hkrati vzorčili na več lokacijah in pripravili en skupen vzorec (Lobnik, 2008, str. 5-6).

3.2 Terensko delo

Na začetku smo določili lokacije odvzemov vzorcev za posamezno jezero. Nato smo določili datum vzorčenja glede na vremensko napoved, saj bi v primeru dežja bilo vzorčenje oteženo. Po vzorčenju smo takoj na terenu izvedli analize za naslednje parametre: temperaturo zraka in vode, vrednost pH, električno prevodnost in motnost.

3.2.1 Določanje lokacij odvzema

Lokacije vzorčenja smo določili na podlagi primerne razdalje med posameznimi lokacijami in dostopnosti. Na Zreškem jezeru smo določili štiri lokacije na spodnjem delu jezera, ter eno lokacijo na zgornjem delu jezera. Na Šmartinskem jezeru smo določili šest točk odvzema, ki so locirane poleg poti za rekreacijo. Na spodnjih dveh slikah so z modrimi oblački prikazane lokacije odvzema vzorcev na posameznem jezeru.



Slika 3: Prikaz lokacije odvzema vzorcev na Zreškem Jezeru (Vir: Google maps)



Slika 5: Analiziranje električne prevodnosti in motnosti na terenu (Jesenek, 2021)

3.3 Analiziranje v laboratoriju

Na Nacionalnem inštitutu za zdravje, okolje in hrano v Celju smo prinesli 12 plastenk z volumnom 1 l. V 6 plastenkah so bili vzorci vzeti iz Šmartinskega jezera in 6 plastenk vzeti iz Zreškega jezera. V vodnih vzorcih smo analizirali usedljive snovi, kemijsko potrebo po kisiku, biokemijsko potrebo po kisiku, celotni ogljik, celotni fosfor in celotni vezan dušik ter kovine: aluminij, mangan, nikelj, cink, kadmij, arzen, svinec, železo, natrij, magnezij, kalij in kalcij.

3.3.1 Določanje usedljivih snovi

Za določanje smo potrebovali štiri Imhoffove lije, laboratorijsko stojalo in filtrirni obroč. Analizo smo izvajali v dveh paralelkah, zato smo potrebovali 2 l vzorca vode Zreškega jezera in 2 l vode iz Šmartinskega jezera. Imhoffove lije smo pritrdili na filtrirne obroče in jih označili ter odmerili 1 l vzorca v Imhoffov lij. Liji ne smejo biti pritrdjeni na ne ravni površini in ne smejo biti izpostavljeni direktni svetlobi, toploti ali biti na območju tresljajev. Analiza je trajala dve uri, večkrat pa smo sunkovito obrnili lij, da so se netopni delci posedli na dno. Po določenem času smo iz skale na Imhoffovem liju odčitali rezultat in izračunali povprečje. Rezultat smo podali v mililitrih usedljive snovi na liter vzorca (ml/L) (Pečanec, 2021).



Slika 6: Določanje usedljivih snovi (Jesenek, 2021)

3.3.2 Kemijska potreba po kisiku

Za izvajanje analize KPK smo potrebovali stojalo za epruvete, aparaturo za razklop, spektrofometer in kivete že z naprej pripravljenimi reagenti (LCK1414). Pripravljena kiveta vsebuje kalijev dikromat, žveplovo (VI) kislino, živosrebrov sulfat in srebrov sulfat. Na stojalo si pripravimo kiveto s standardom, nato pa kivete za vzorce. Vzorci morajo biti konzervirani z žveplovo (VI) kislino in hranjeni na 4 °C, pred izvedbo analize pa jih temperiramo na sobno temperaturo. V kiveto za vzorce smo odmerili 2 ml vzorca vode, pretresli in dali v aparat za razklop. Vzorci so se v aparatu segrevali 15 minut. na 170 °C. Po končanem razklopu smo kivete pretresli, jih postavili na stojalo in počakali, da se ohladijo. Ohlajene kivete smo dali v spektrofometer ter smo odčitali rezultat. Analizo smo izvajali v dveh paralelkah. Rezultat smo odčitali v miligram kisika na liter (mg/l) (Bošnjak, 2018).



Slika 7: Analiza kemijske potrebe po kisiku (Jesenek, 2021)

3.3.3 Biokemijska potreba po kisiku (BPK5)

Najprej smo iz čistilne naprave prefiltrirali blato, ki nam je predstavljalo cepivo. Cepivo so mikroorganizmi, ki razgrajajo organske snovi v vzorcu. Iz destilirane vode, fosfatnega pufra, magnezijevega fosfata heptahidrata, kalcijevega klorida, železovega klorida in cepiva smo pripravili raztopino za redčenje s cepivom. Na delovni pult smo si pripravili OXITOP steklenice in jih označili. V prvi OXITOP smo odmerili 432 ml vode za redčenje s cepivom, v drugo standardno raztopino glukoza–glutaminske kisline. Vzorci so bili pripravljene za analizo, ko so bili temperirani na 20 °C ter je bila vrednost pH med 6 in 8. Odmerili smo 432 ml vzorca. V vse steklenice smo dodali 1 ml raztopine ATU, magnetno mešalo in na steklenice dali pokrovčke, v katere smo dodali 5–6 granul trdega NaOH, na koncu pa privijali OXITOP glave in smo merilce postavili na začetno točko nič. Steklenice smo odnesli v komore, ki vsebujejo magnetno polje in so termostatirane na 20 °C. Po petih dneh smo iz OXITOP glav odčitali rezultate. Analiza se je izvajala v dveh paralelkah (Bošnjak, 2019).



Slika 8: Komora z OXITOPI (Jesenek, 2021)

3.3.4 Določanje celotnega organskega ogljika in celotnega vezanega dušika

Pripravili smo si kivete in jih označili. V prvo kiveto smo nalili destilirano vodo in nam je predstavljala slep vzorec, v drugo standard s koncentracijo 100 mgC/l in v ostale kivete vzorce vode. Kivete smo vstavili v aparaturo (Multi N/C 3100). Na računalnik smo določili kateri parameter želimo analizirati, vpisali imena posameznih vzorcev in vključili napravo. Po končani analizi smo odčitali rezultate. Analizo smo izvajali v dveh paralelkah (Marot, 2019).



Slika 9: Aparatura za določevanje celotnega organskega ogljika in vezanega dušika (Jesenek, 2021)

3.3.5 Določanje celotnega fosforja

Pripravili smo si kivete že z vnaprej pripravljeni reagenti (LCK349), ki smo jih dali v stojalo. Vzorce smo nakisali z raztopino žveplove (VI) kisline, saj mora biti vrednost pH vzorca pod 2. V kiveti je bila pripravljena raztopina vode in žveplove (VI) kisline. V kiveto smo odpipetirali 2 ml vzorca, jo zaprli z zamaškom, ki je vseboval natrijev peroksodisulfat ter natrijev metaborat, in jo pretresli. Viale smo premaknili v aparaturo za razklop. Vzorce vode smo segrevali 15 minut na 170 °C. Po končanem razklopu, ko so bile kivete ohlajene, smo odstranili pokrovčke in privijačili nove pokrovčke z reagenti askorbinske kisline, natrijevega metaborata in dekstrana ter kivete pretresali. Po obarvanju vzorcev smo kivete dali v spektrofometer in odčitali rezultat. Rezultate iz spektrofotometra smo prenesli v že vnaprej pripravljeno Excelovo tabelo in iz tabele odčitali koncentracijo fosforja. Analiza je potekala v dveh paralelkah. Rezultati so podani v mililitrih fosforja na liter raztopine (Planinšek, 2021).



Slika 10: Določanje celotnega fosforja (Jesenek, 2021)

3.3.6 Določanje kovin

Pripravili smo stojalo za epruvete in plastične epruvete. V začetno epruveto smo odmerili 2 ml deonizirane vode, ki nam je predstavljala izpiralno epruveto, sledili so standardi kovin in ponovno izpiralna epruveta. V naslednje epruvete smo odmerili 2 ml vzorca in na koncu dodali še izpiralno epruveto. Stojalo s polnimi epruvetami smo vstavili v induktivno sklopljeno plazmo z masnim detektorjem (ICP – MS). V računalnik smo vpisali imena posameznih vzorcev in vključili napravo. Po končani analizi smo odčitali rezultate aluminija, mangana, železa, niklja, cinka, kadmija, arzena, svinca, natrija, magnezija, kalija ter kalcija. Rezultate podamo v miligramih na liter (Bošnjak, 2020).



Slika 11: Aparatura za merjenje kovin (Jesenek, 2021)

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

Rezultati so predstavljeni v spodnjih tabelah in grafih. V preglednici 3 je predstavljena legenda imen vzorcev. Na platenko smo napisali ime vzorca ter kraj odvzema.

Ime vzorca:	Datum vzorčenja:
Vzorec 1	29.1.2021
Vzorec 2	13.2.2021
Vzorec 3	27.2.2021
Vzorec 4	13.3.2021
Vzorec 5	27.3.2021
Vzorec 6	10.4.2021
Vzorec 7	24.4.2021
Vzorec 8	8.5.2021

Preglednica 3: Legenda imen vzorcev

Šmartinsko jezero

Analize	Vzorec 1	Vzorec 2	Vzorec 3	Vzorec 4	Vzorec 5	Vzorec 6	Vzorec 7	Vzorec 8
Temperatura zraka	8 °C	− 2 °C	12 °C	11 °C	16 °C	12 °C	17 °C	14 °C
Temperatura vode	4,8 °C	0 °C	8 °C	10 °C	14,7 °C	13,6 °C	16,6 °C	15,5 °C
pH	7,2	7,5	7,2	7	7,04	6,58	7	7
Električna prevodnost	326 μS/cm	301 μS/cm	334 μS/cm	339 μS/cm	363 μS/cm	345 μS/cm	354 μS/cm	333 μS/cm
Barva	Bledo rumena	Bledo rumena	Bledo rumena	Bledo rumena	Rumena	Bledo rumena	Svetlo rjava	Bledo rumena
Vonj	Po ribah in gozdu	Po ribah in gozdu	Po ribah	Po ribah in gozdu	Po gozdu	Po zemlji	Močan vonj po ribah	Rahlo po ribah, skoraj nevtralen
Motnost	25 NTU	32 NTU	39,5 NTU	40,8 NTU	55,7 NTU	44,4 NTU	160,6 NTU	110,8 NTU

Preglednica 4: Rezultati terenskih analiz za Šmartinsko jezero

Temperatura zraka na Šmartinskem jezeru je bila med -2 °C do 17 °C, temperatura vode pa med 0 °C do 16,6 °C. Iz teh dveh podatkov lahko izvemo, da razmerje med temperaturo zraka in vode nima odstopanj. Vrednost pH se je gibala od 6,58 do 7,5, kar je za jezera mala vrednost. Električna prevodnost se je gibala med 301 μS/cm do 363 μS/cm. Barva vode je bila po večini blede rumena razen v vzorcih odvzetih 24.4.2021, kjer je bila barva svetlo rjava. Domnevamo, da je šlo za rahlo onesnaženje jezera, saj je bil tudi prisoten močan vonj in visoka vrednost motnosti. Vonj vode je bil mešanica vonjav iz gozda in rib. Motnost pa se je gibala od 25 NTU do 160,6 NTU.

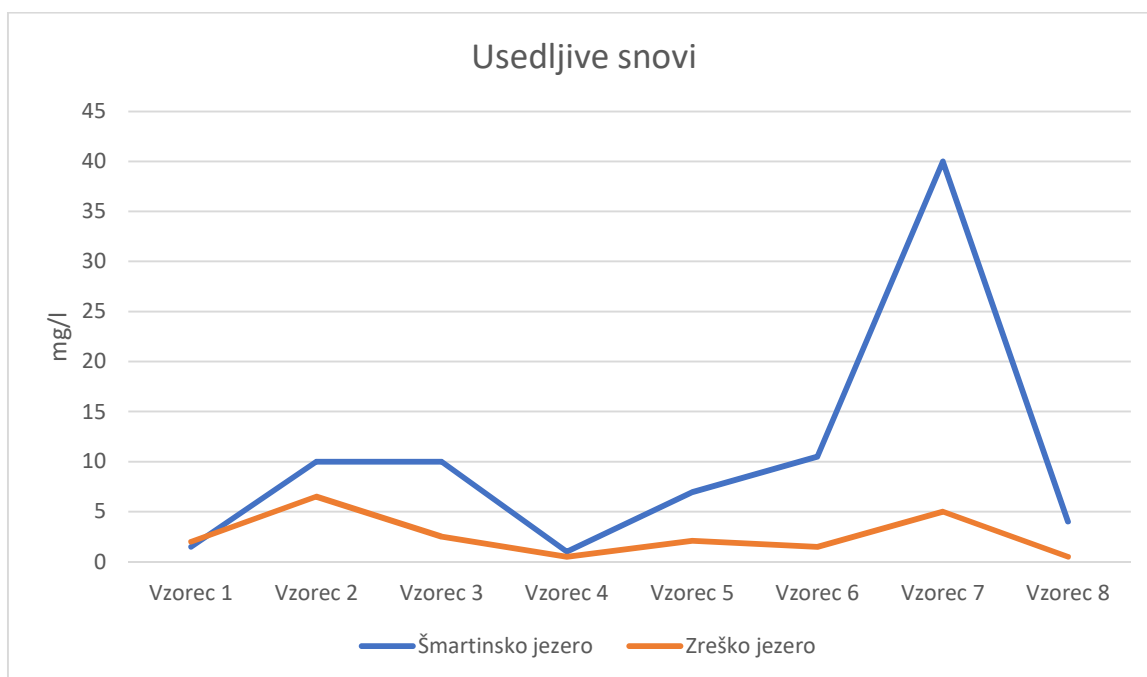
Zreško jezero

Analize /Datum	Vzorec 1	Vzorec 2	Vzorec 3	Vzorec 4	Vzorec 5	Vzorec 6	Vzorec 7	Vzorec 8
Temperatura zraka	2 °C	− 4 °C	11 °C	8 °C	13 °C	13 °C	11 °C	11 °C
Temperatura vode	2,1 °C	0,3 °C	9 °C	8 °C	10,5 °C	10 °C	11,6 °C	12 °C
pH	7,5	7,2	6,9	6,9	6,75	6,75	7	7
Električna prevodnost	592 μS/cm	554 μS/cm	613 μS/cm	590 μS/cm	590 μS/cm	590 μS/cm	612 μS/cm	572 μS/cm
Barva	Bledo rumena	Bledo rumena	Bledo rumena	Bledo rumena	Bledo rumena	Bledo rumena	Rumeno - rjavkasta	Bledo rumena
Vonj	Po ribah	Po ribah	Po ribah in algah	Po ribah	Po ribah	Po ribah	Po ribah	Rahlo po ribah, nevtralen
Motnost	2,5 NTU	5,5 NTU	17,2 NTU	22,3 NTU	58,7 NTU	58,7 NTU	64,3 NTU	40,5 NTU

Preglednica 5: Rezultati terenskih analiz za Zreško jezero

Temperatura zraka na Zreškem jezeru se je gibala od -4 °C do 13 °C, temperatura vode pa med 0,3 °C in 11,6 °C. V vzorcih odvzeti 24. 4. 2021 je bila temperatura vode višja od zraka za 0,6 °C. Na ta datum pa so bili povišani tudi parametri za električno prevodnost in motnost. Vrednost pH se je gibala med 6,9 do 7,5. Električna prevodnost se je gibala od 554 μS/cm do 613 μS/cm. Barva je bila v večini vzorcev bledo rumena, voda pa je imela vonj po ribah. Motnost je imela velik razpon pridobljenih rezultatov, in sicer od 2,5 NTU do 64,3 NTU.

Glede na rezultate lahko zaključimo, da je bila vrednost pH na obeh jezerih zelo podobna. Višjo električno prevodnost je imelo Zreško jezero, višjo motnost pa je imelo Šmartinsko jezero. Ob primerjavi rezultatov opazimo, da imata Šmartinsko in Zreško jezero v vzorcih 7 povišane vrednosti izmerjenih parametrov, močnejši vonj in drugačno barvo vode kot v ostalih vzorcih.

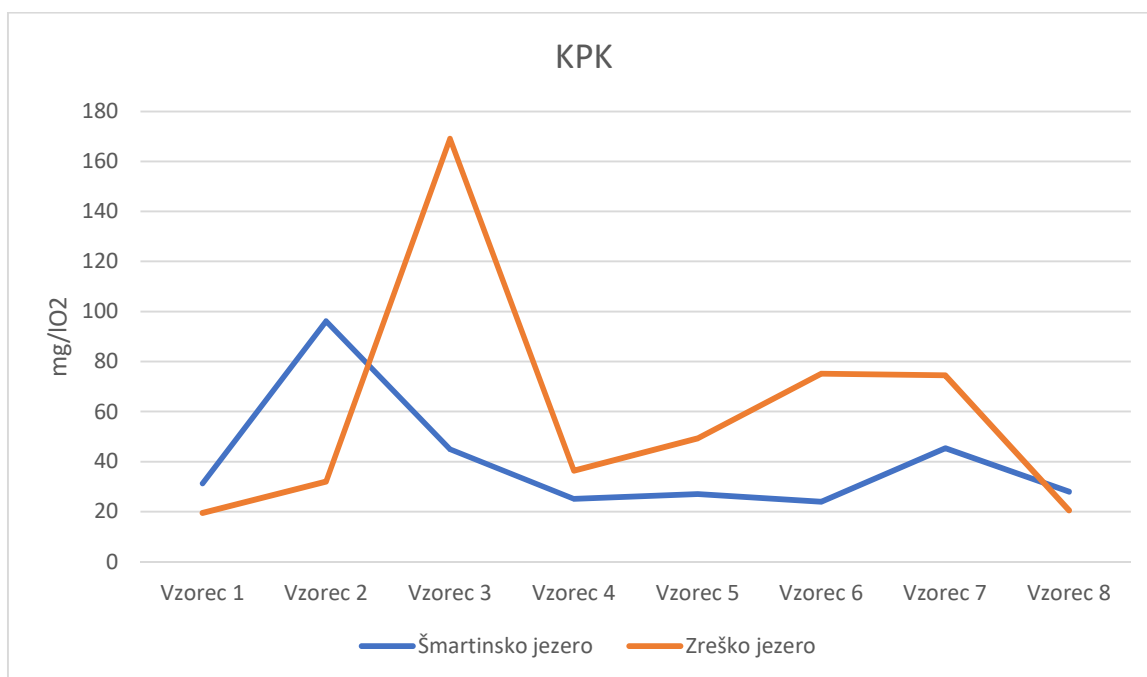


Slika 12: Izmerjene koncentracije usedljivih snovi v Šmartinskem jezeru in Zreškem jezeru

Najvišja izmerjena koncentracija usedljivih snovi v Šmartinskem jezeru je bila 24. 4. 2021 (Vzorec 7), ko je koncentracija usedljivih snovi znašala 40 mg/l. Na dan vzorčenja je bilo jezero zelo motno, vzorci so vsebovali veliko netopnih delcev (zemljo, drobne delce vej...). Najmanjša izmerjena koncentracija usedljivih snovi je znašala 1 mg/l. Povprečna izmerjena koncentracija usedljivih snovi v Šmartinskem jezeru pa je bila 8,24 mg/l.

Iz grafa lahko odčitamo, da je najvišja izmerjena koncentracija usedljivih snovi v Zreškem jezeru v vzorcu 2, ki je bil odvzet 13.2.2021, 6,5 mg/l, najmanjša izmerjena koncentracija usedljivih snovi je 0,5 mg/l. Povprečna izmerjena koncentracija usedljivih snovi pa je 2,6 mg/l.

Pri primerjavi rezultatov analiz Šmartinskega in Zreškega jezera smo ugotovili, da je višja koncentracija usedljivih snovi v Šmartinskem jezeru.

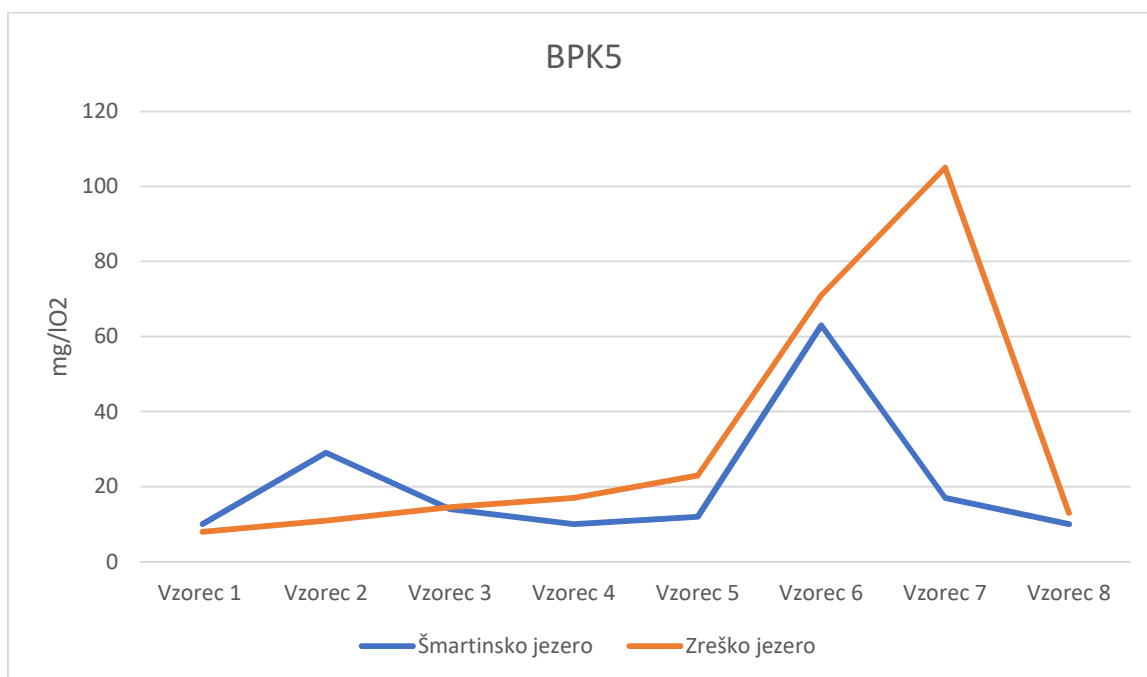


Slika 13: Izmerjene koncentracije kemijske potrebe po kisiku v petih dneh v Šmartinskem jezeru in Zreškem jezeru

V Šmartinskem jezeru je bila največja izmerjena koncentracija KPK v vzorcu 2 in je znašala 96,2 mg/lO₂, najmanjša izmerjena koncentracija KPK pa 24 mg/lO₂. Povprečna koncentracija KPK v Šmartinskem jezeru je bila 40,3 mg/lO₂.

Najvišja izmerjena koncentracija KPK v Zreškem jezeru je bila 169 mg/lO₂ v vzorcu 3. Domnevamo, da je višja koncentracija KPK v vzorcu 3, zaradi fekalij, ki so bile prisotne na dan vzorčenja. Najmanjša koncentracija ogljika je v vzorcu 1 in je znašala 19,5 mg/lO₂. Povprečna koncentracija KPK v Zreškem jezeru je 59,5 mg/lO₂.

Primerjava izmerjenih koncentracij KPK pokaže, da je bila koncentracija KPK v Zreškem jezeru najvišja v vzorcu 3, s tem pa je bila koncentracija KPK več kot 160 mg/lO₂. Vzorec 6 odvzet iz Zreškega jezera je imel najvišjo koncentracijo vseh vzorcev iz obeh jezer. Iz grafov lahko razberemo, da je višja izmerjena koncentracija KPK v Zreškem jezeru.

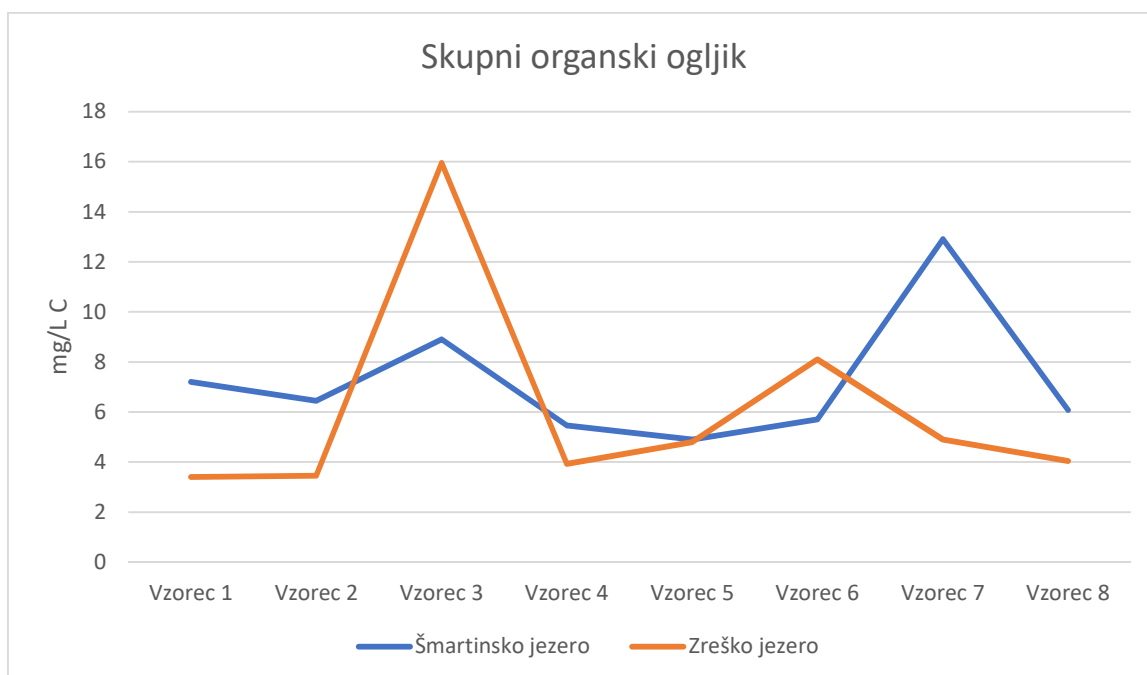


Slika 14: Izmerjena koncentracija biokemijske potrebe po kisiku v Šmartinskem jezeru in Zreškem jezeru

Najvišja izmerjena koncentracija BPK5 v Šmartinskem jezeru je bila v vzorcu 6 in je znašala 63 mg/lO₂, najnižja pa 10 mg/lO₂ v vzorcu 1 in 8. Povprečna koncentracija BPK_5 v Šmartinskem jezeru je bila 20,6 mg/lO₂.

Najvišja izmerjena koncentracija BPK5 v Zreškem jezeru je bila v vzorcu 7 in je znašala 105 mg/lO₂, najnižja pa 8 mg/lO₂ v vzorcu. Poprečna koncentracija BPK5 v Zreškem jezeru je bila 32,8 mg/lO₂.

Če primerjamo izmerjene koncentracije BPK5 v Šmartinskem in Zreškem jezeru, ugotovimo, da so povprečne izmerjene vrednosti višje v Zreškem jezeru.

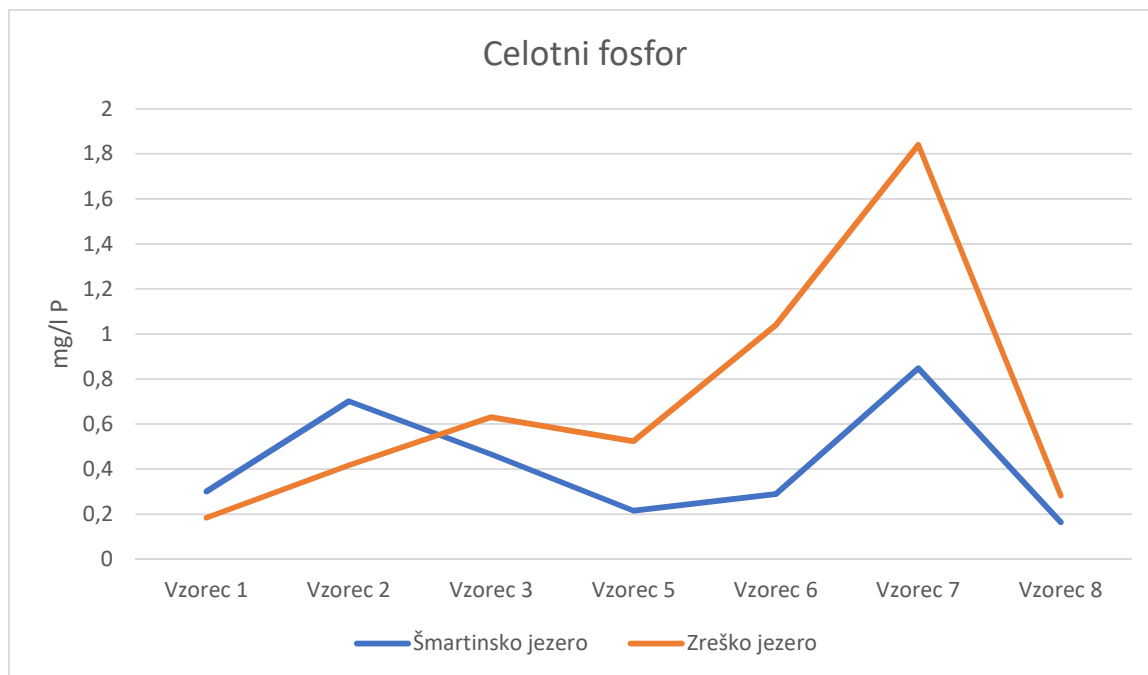


Slika 15: Izmerjene koncentracije skupnega organskega ogljika v Šmartinskem jezeru in Zreškem jezeru

Najvišja izmerjena koncentracija TOC v Šmartinskem jezeru je znašala 12,91 mg/l C v vzorcu 3, najmanjša izmerjena koncentracija TOC pa je bila v vzorcu 5 z vrednostjo 4,9 mg/l C. Povprečna koncentracija skupnega organskega ogljika je znašala 6,5 mg/l C.

TOC smo izmerili v Zreškem jezeru, kjer je bila najvišja izmerjena koncentracija TOC v vzorcu 3 in je znašala 15,95 mg/l C. Domnevamo, da je višja koncentracija ogljika v vzorcu 3 posledica fekalij, ki so bile prisotne na dan vzorčenja. Najmanjša izmerjena koncentracija TOC pa je bila v vzorcu 1 s koncentracijo TOC 3,4 mg/l C. Poprečna koncentracija skupnega organskega ogljika je znašala 6,32 mg/l C.

Koncentracija skupnega organskega ogljika v obeh jezerih je zelo podobna. Vendar je glede na rezultate višja koncentracija TOC v Šmartinskem jezeru.

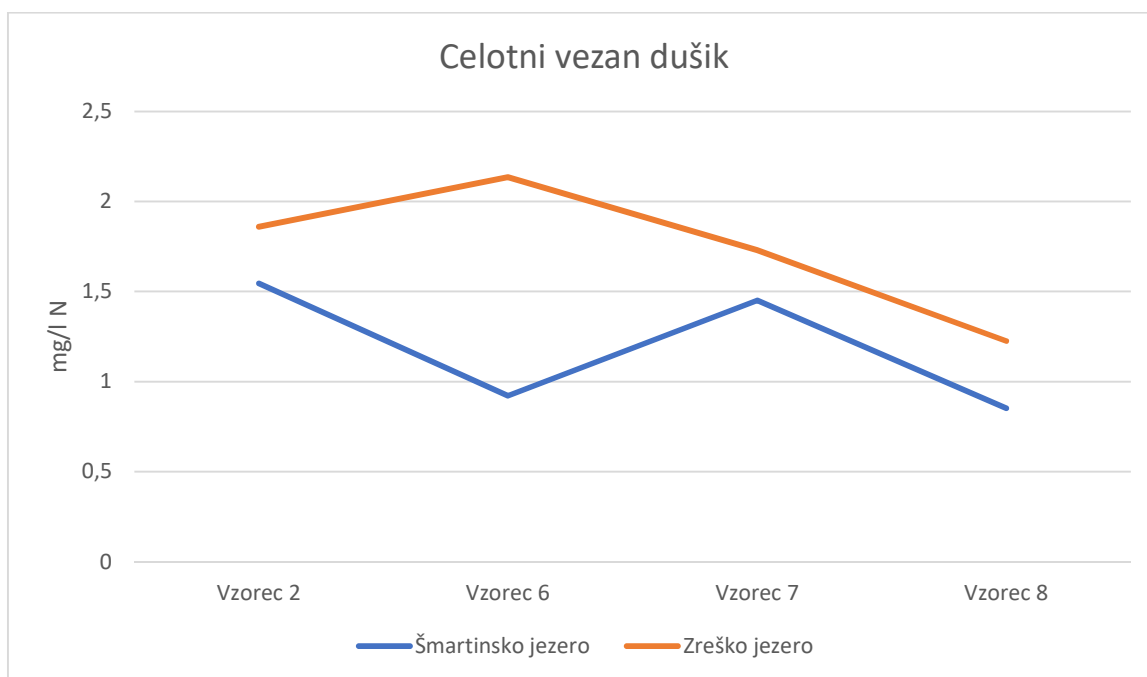


Slika 16: Izmerjene koncentracije celotnega fosforja v Šmartinskem jezeru in Zreškem jezeru

Za analizo celotni fosfor v Šmartinskem jezeru smo se odločili naknadno, zato smo v vzorcu 4 imeli premajhne količine vzorca za analizo. Najvišja izmerjena koncentracija fosforja je bila 0,848 mg/l P, najmanjša pa 0,164 mg/l P. Povprečna koncentracija fosforja v Šmartinskem jezeru je bila 0,426 mg/l P.

Za analizo celotni fosfor v Zreškem jezeru smo se odločili naknadno, zato smo v vzorcih 4 imeli premajhne količine vzorca za analizo. Najvišja izmerjena koncentracija fosforja je bila 1,84 mg/l P. Domnevamo, da je bila 24.4.2021 koncentracija fosforja višja, zaradi gnojenja kmetijskih površin, ki so v bližini jezera. Najmanjša koncentracija fosforja je bila 0,184 mg/l P. Povprečna koncentracija fosforja v Zreškem jezeru je bila 0,702 mg/l P.

Iz primerjave rezultatov smo ugotovili, da so višje koncentracije fosforja v Zreškem jezeru.

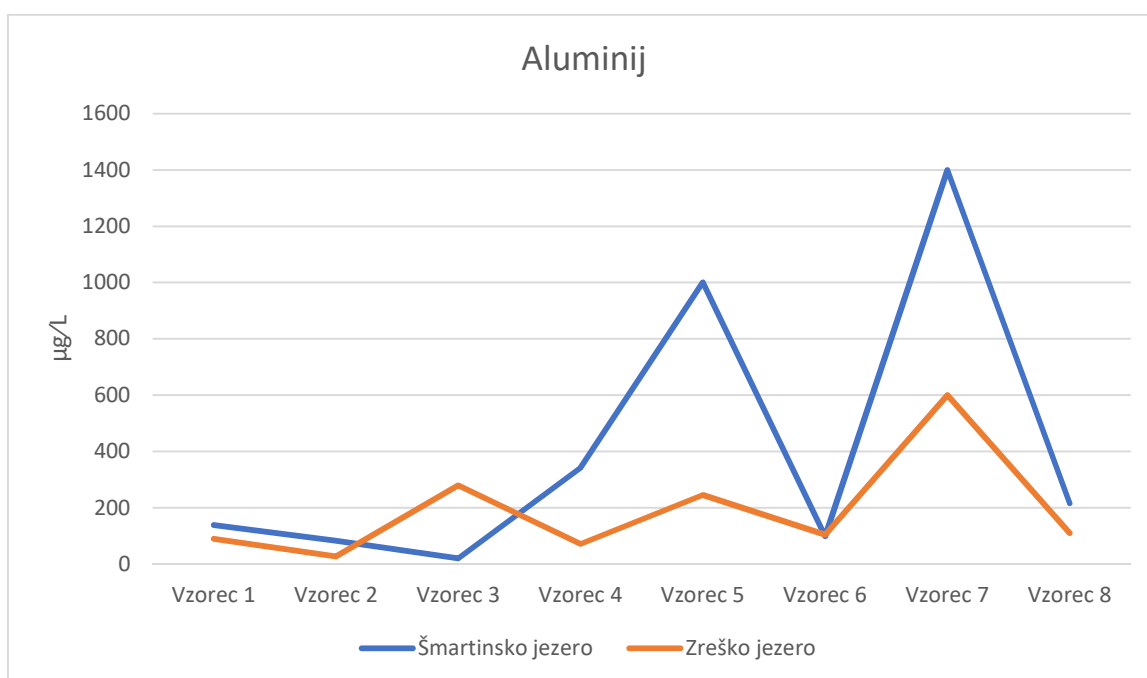


Slika 17: Izmerjene koncentracije celotnega vezanega dušika v Šmartinskem jezeru in Zreškem jezeru

Za analizo celotni vezan dušik v Šmartinskem jezeru smo se odločili naknadno, zato smo v vzorcih 1, 3, 4 in 5 imeli premajhne količine vzorca za analizo. Najvišja izmerjena koncentracija dušika je bila 1,545 mg/l N, najmanjša pa 0,8512 mg/l N. Povprečna koncentracija dušika v Šmartinskem jezeru je bila 1,19 mg/l N.

Za analizo celotni vezan dušik v Zreškem jezeru smo se odločili naknadno, zato smo v vzorcih 1, 3, 4 in 5 imeli premajhne količine vzorca za analizo. Najvišja izmerjena koncentracija dušika je bila 2,135 mg/l N, najmanjša pa 1,225 mg/l N. Povprečna koncentracija dušika v Zreškem jezeru je bila 1,74 mg/l N.

Iz primerjav rezultatov ugotovimo, da so višje koncentracije dušika v Zreškem jezeru.

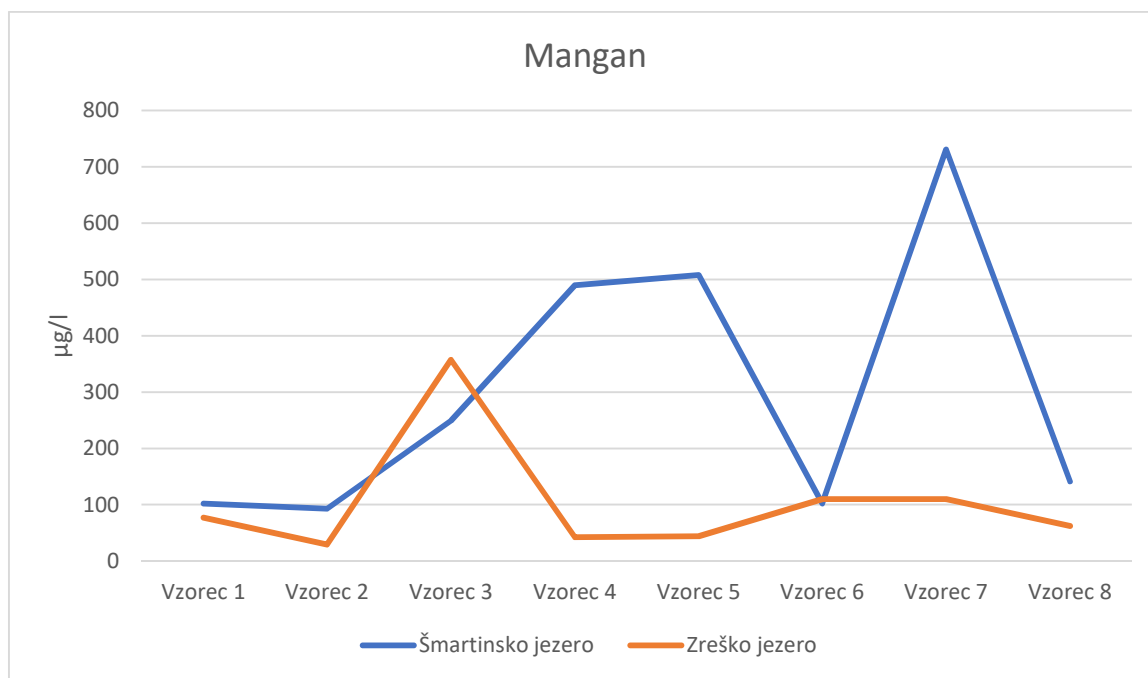


Slika 18: Izmerjene koncentracije aluminija v Šmartinskem jezeru in Zreškem jezeru

Najvišja izmerjena koncentracija aluminija v Šmartinskem jezeru je bila v vzorcu 7 in je znašala 1400 $\mu\text{g/l}$, najmanjša pa 20 $\mu\text{g/l}$. Povprečna koncentracija aluminija v Šmartinskem jezeru je bila 412,4 $\mu\text{g/l}$.

Najvišja izmerjena koncentracija aluminija v Zreškem jezeru je bila v vzorcu 7 in je znašala 600 $\mu\text{g/l}$, najmanjša pa 27 $\mu\text{g/l}$. Povprečna koncentracija aluminija v Šmartinskem jezeru je bila 190,8 $\mu\text{g/l}$.

Glede na rezultate so v Šmartinskem jezeru višje koncentracije aluminija.

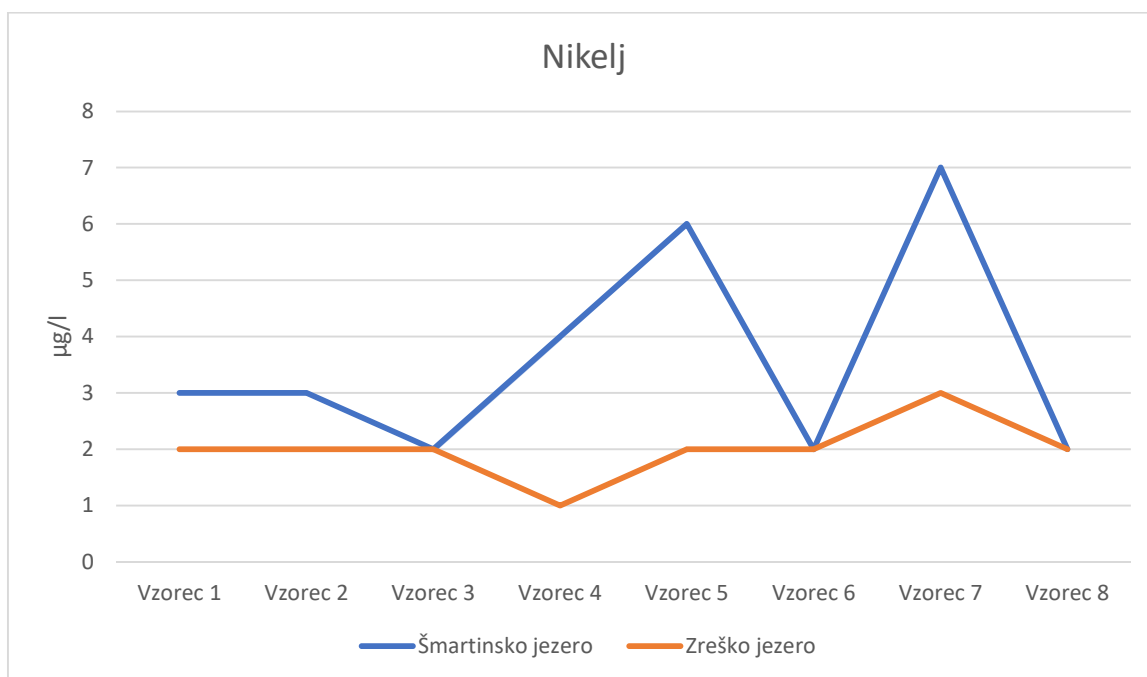


Slika 19: Izmerjena koncentracija mangana v Šmartinskem in Zreškem jezeru

Koncentracijo mangana smo izmerili v Šmartinskem jezeru, kjer je bila najvišja izmerjena koncentracija v vzorcu 7 s koncentracijo mangana 731 $\mu\text{g/l}$, in najmanjša izmerjena koncentracija mangana 93 $\mu\text{g/l}$ v vzorcu 2. Povprečna koncentracija mangana je bila 151 $\mu\text{g/l}$.

Koncentracijo mangana smo izmerili v Zreškem jezeru. Najvišja izmerjena koncentracija mangana je bila v vzorcu 3 s koncentracijo mangana 357 $\mu\text{g/l}$ in najmanjšo izmerjeno koncentracijo mangana 29 $\mu\text{g/l}$ v vzorcu 2. Povprečna koncentracija mangana je bila 103,87 $\mu\text{g/l}$.

Ob primerjavi rezultatov lahko vidimo, da je v Šmartinskem jezeru večja koncentracija mangana kot v Zreškem jezeru.

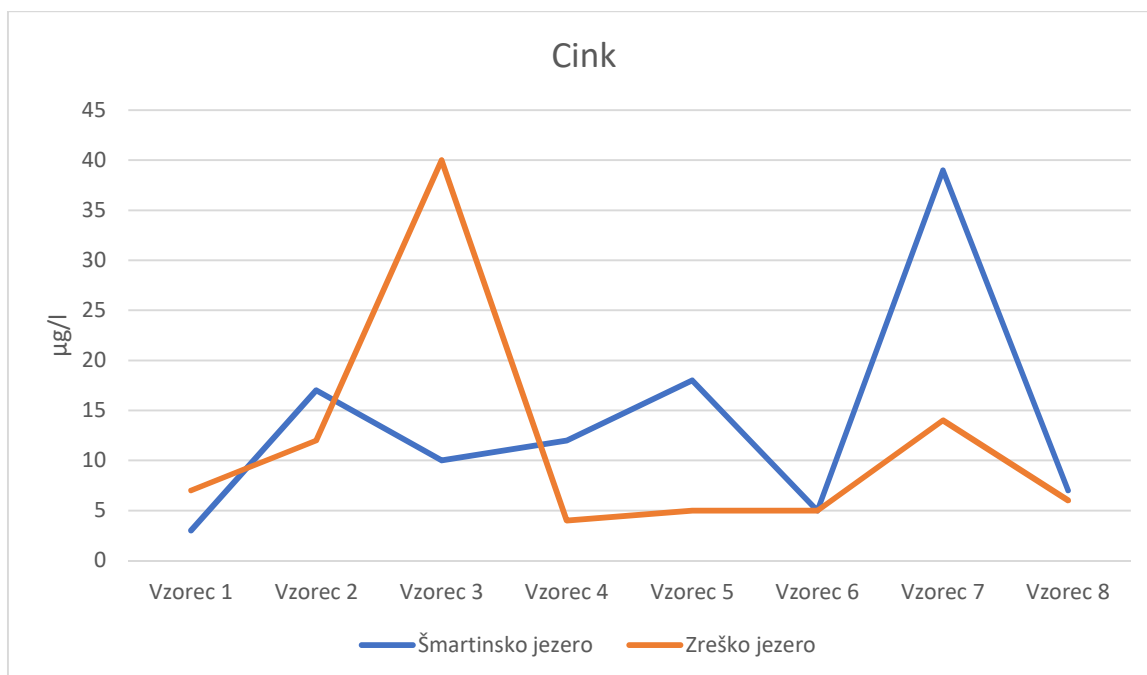


Slika 20: Izmerjene koncentracije niklja v Šmartinskem in Zreškem jezeru

Najvišja izmerjena koncentracija niklja v Šmartinskem jezeru je bila v vzorcu 7, koncentracija niklja pa je znašala 7 µg/l, najmanjša izmerjena koncentracija niklja pa je bila v vzorcih 3, 6 in 8 s koncentracijo niklja 2 µg/l. Povprečna koncentracija niklja je bila 3,6 µg/l.

Najvišja izmerjena koncentracija niklja v Zreškem jezeru je bila v vzorcu 7, koncentracija niklja pa je znašala 3 µg/l, najmanjša izmerjena koncentracija niklja pa je bila v vzorcu 4 s koncentracijo niklja 1 µg/l. Povprečna koncentracija niklja je bila 2 µg/l.

Primerjava rezultatov analiz je pokazala, da je višja koncentracija niklja v Šmartinskem jezeru.



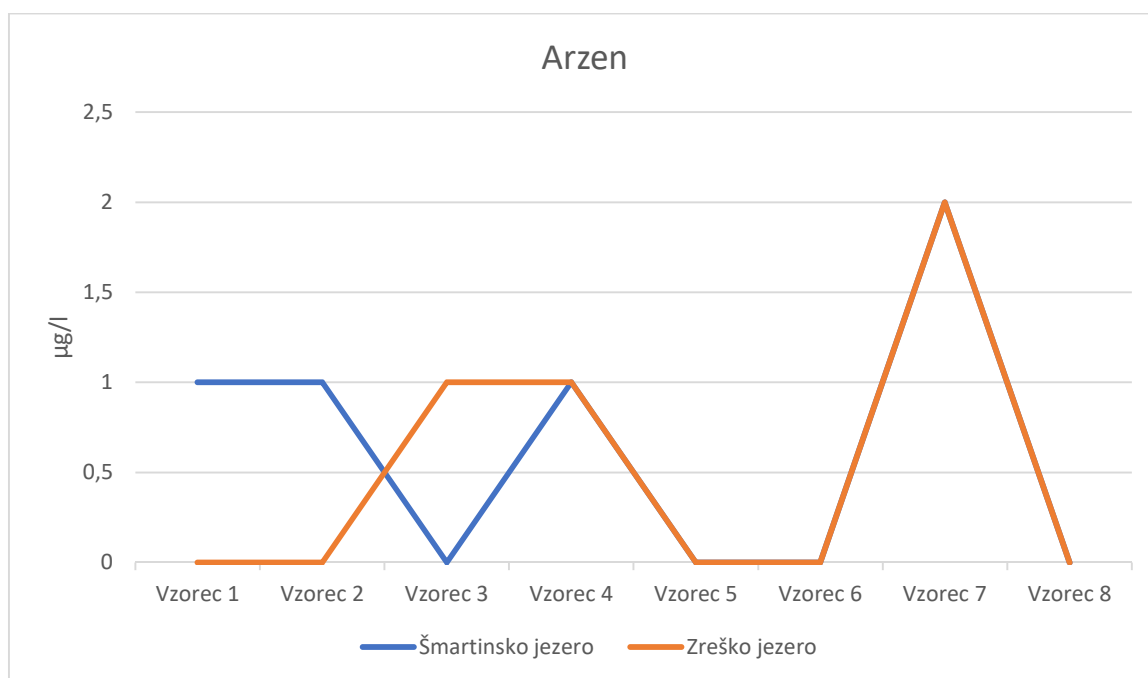
Slika 21: Izmerjene koncentracije cinka v Šmartinskem in Zreškem jezeru

V Šmartinskem jezeru je največja izmerjena koncentracija cinka v vzorcu 7, in sicer 39 $\mu\text{g/l}$, najmanjšo pa v vzorcu 1 s koncentracijo cinka 3 $\mu\text{g/l}$. Povprečna koncentracija cinka v Šmartinskem jezeru je 13,9 $\mu\text{g/l}$.

Zreško jezero je imelo največjo izmerjeno koncentracijo cinka v vzorcu 3, in sicer 40 $\mu\text{g/l}$, najmanjšo pa v vzorcu 5 s koncentracijo cinka 4 $\mu\text{g/l}$. Povprečna koncentracija cinka v Zreškem jezeru je 12,1 $\mu\text{g/l}$.

Koncentraciji cinka v Šmartinskem in Zreškem jezeru sta si glede na rezultate zelo blizu, vendar so v Šmartinskem jezeru višje koncentracije cinka kot v Zreškem jezeru.

Izmerjene koncentracije kadmija v vseh vzorcih Šmartinskega in Zreškega jezera je bila vedno pod 0,1 $\mu\text{g/l}$.

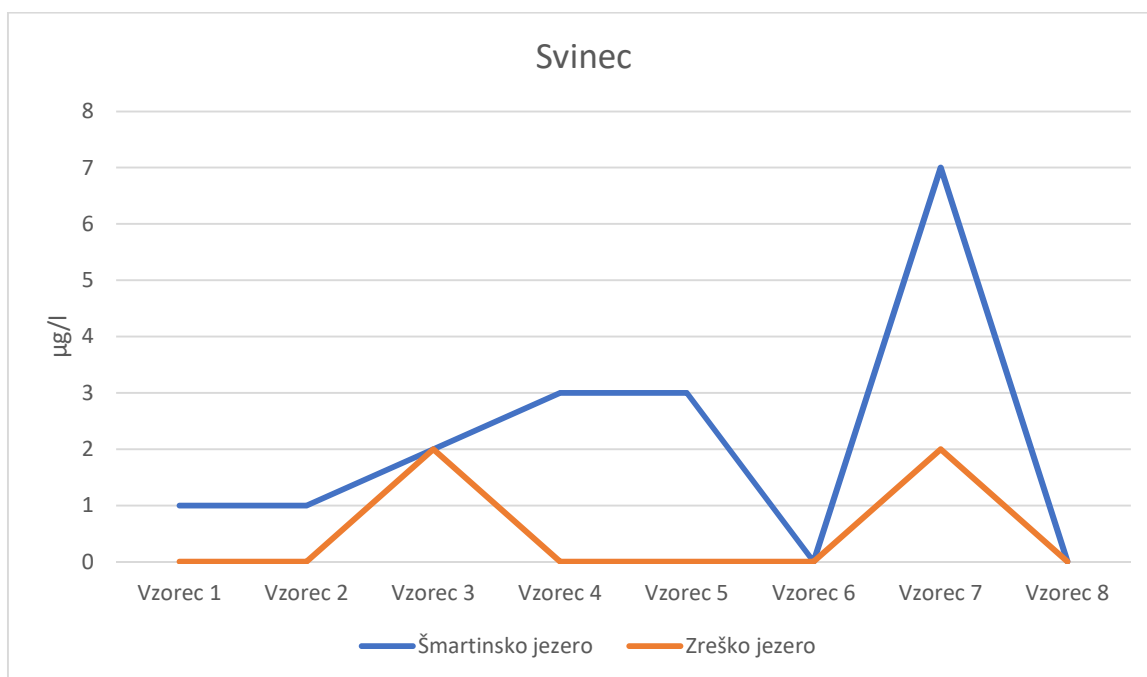


Slika 22: Izmerjene koncentracije arzena v Šmartinskem in Zreškem jezeru

Koncentracije arzena so v Šmartinskem jezeru v vzorcih 3, 5 in 6 bile manjše od 1 $\mu\text{g/l}$, najvišja izmerjena koncentracija arzena pa je bila v vzorcu 7 s koncentracijo arzena 2 $\mu\text{g/l}$. Povprečna koncentracija arzena v Šmartinskem jezeru znaša 1 $\mu\text{g/l}$.

Koncentracije arzena v Zreškem jezeru so v vzorcih 1, 2, 5, 6 in 8 bile manjše od 1 $\mu\text{g/l}$, najvišja koncentracija arzena pa je bila v vzorcu 7 s koncentracijo arzena 2 $\mu\text{g/l}$. Povprečna koncentracija arzena v Zreškem jezeru znaša 1 $\mu\text{g/l}$.

Primerjava koncentracij arzena v jezerih je pokazala, da so višje koncentracije arzena v Šmartinskem jezeru.

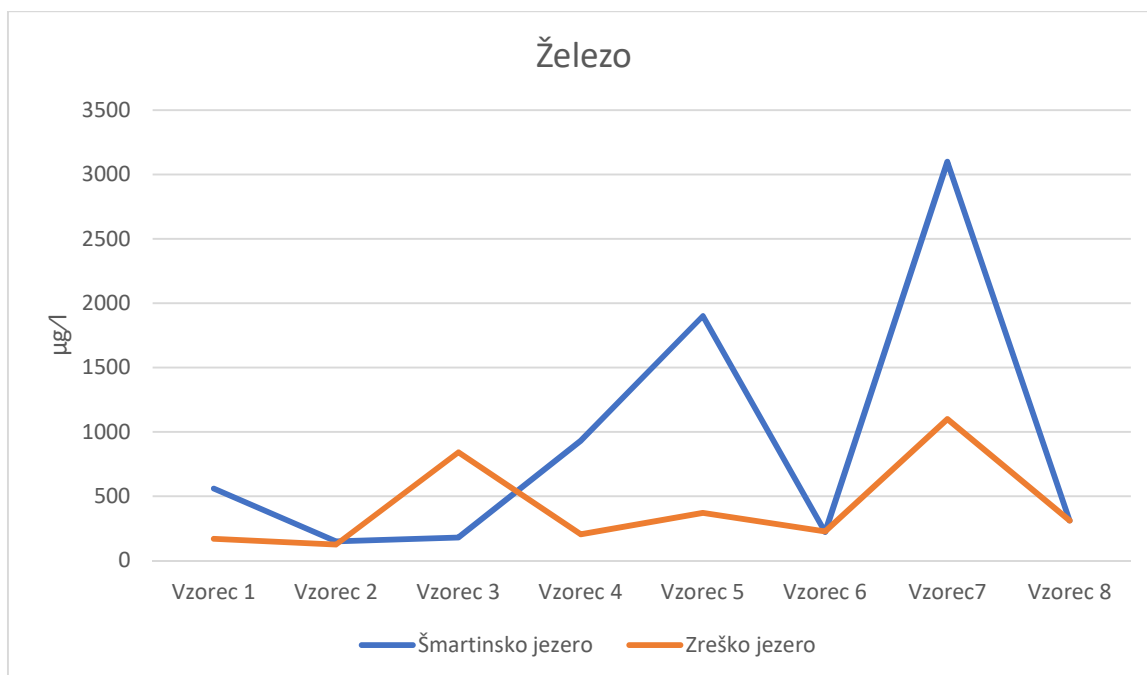


Slika 23: Izmerjene koncentracije za svinec v Šmartinskem in Zreškem jezeru

Najvišja izmerjena koncentracija svinca v Šmartinskem jezeru je bila v vzorcu 7 in je znašala 7 µg/l, najmanjša pa je bila v vzorcih 6 in 8, ki sta imela izmerjeno koncentracijo svinca pod 1 µg/l.

Skoraj vsi vzorci v Zreškem jezeru so imeli koncentracijo svinca manjšo od 1 µg/l, najvišjo izmerjeno koncentracijo svinca sta imela vzorca 3 in 7 s koncentracijo svinca 2 µg/l.

Ob pogledu rezultatov obeh jezer smo ugotovili, da so višje koncentracije svinca v Šmartinskem jezeru.

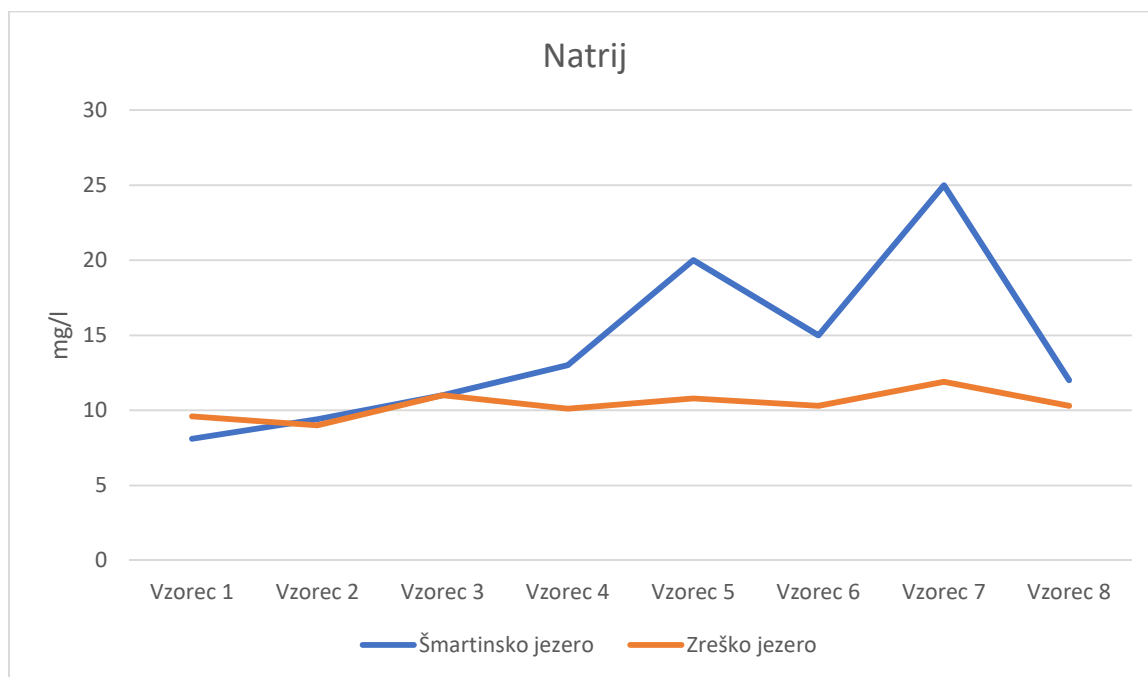


Slika 24: Izmerjeni rezultati za kovino železo v Šmartinskem in Zreškem jezeru

V Šmartinskem jezeru je bila največja izmerjena koncentracija železa v vzorcu 7 s koncentracijo železa 3100 µg/l in najmanjša izmerjena koncentracija železa v vzorcu 2 s koncentracijo železa 150 µg/l. Povprečna koncentracija železa v Šmartinskem jezeru je bila 918,9 µg/l.

Zreško jezero je imelo najvišjo koncentracijo železa v vzorcu 7 z vrednostjo 1100 µg/l, in najmanjšo pri vzorcu 2 s koncentracijo železa 125 µg/l. Povprečna koncentracija železa v Zreškem jezeru je 417,9 µg/l.

Ob primerjavi izmerjenih koncentracij železa smo ugotovili, da je v Šmartinskem jezeru večja koncentracija železa kot v Zreškem jezeru.

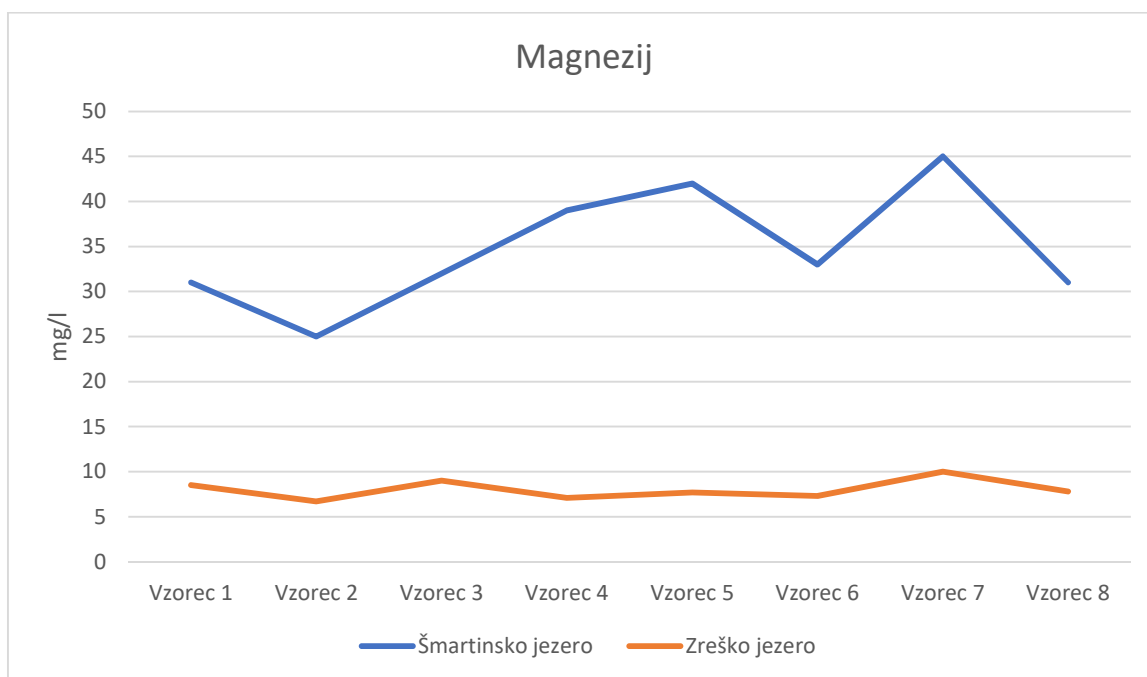


Slika 25: Izmerjene koncentracije natrija v Šmartinskem in Zreškem jezeru

V Šmartinskem jezeru je najvišja izmerjena koncentracija natrija v vzorcu 7 s koncentracijo natrija 25 mg/l in z najmanjšo izmerjeno koncentracijo natrija 8,1 mg/l. Povprečna koncentracija natrija v Šmartinskem jezeru je 14,2 mg/l.

Najvišja koncentracija natrija v Zreškem jezeru je v vzorcu 7 s koncentracijo natrija 11,9 mg/l in najmanjša v vzorcu 2 s koncentracijo natrija 9 mg/l. Povprečna koncentracija natrija v Zreškem jezeru je 10,4 mg/l.

Ob primerjavi izmerjenih koncentracij natrija smo ugotovili, da je višja koncentracija natrija v Šmartinskem jezeru.

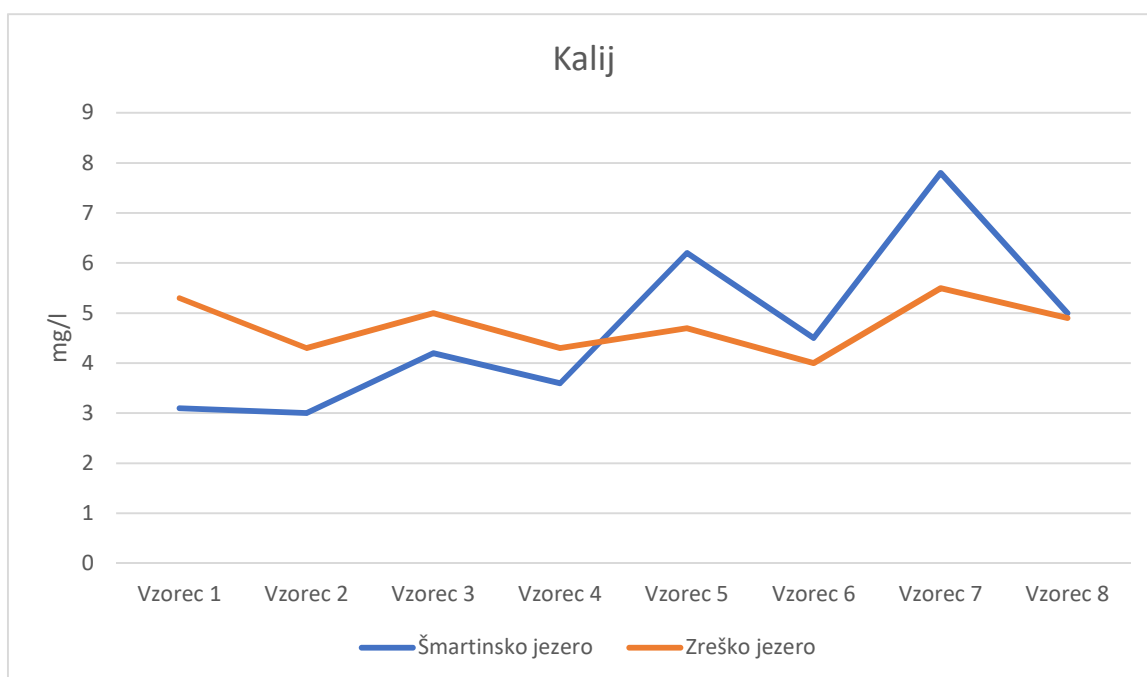


Slika 26: Izmerjene koncentracije magnezija v Šmartinskem in Zreškem jezeru

V Šmartinskem jezeru je najvišja izmerjena koncentracija magnezija v vzorcu 7 s koncentracijo magnezija 45 mg/l. Najmanjša izmerjena koncentracija magnezija je v vzorcu 2 s koncentracijo magnezija 25 mg/l. Poprečna koncentracija magnezija v Šmartinskem jezeru je 34,8 mg/l.

V Zreškem jezeru je najvišja izmerjena koncentracija magnezija v vzorcu 7 s koncentracijo magnezija 10 mg/l in najmanjšo izmerjeno koncentracijo magnezija v vzorcu 2 s koncentracijo magnezija 6,7 mg/l. Poprečna koncentracija magnezija v Zreškem jezeru je 8,01 mg/l.

Ob primerjavi rezultatov smo ugotovili, da so v Šmartinskem jezeru višje izmerjene koncentracije natrija kot v Zreškem jezeru.

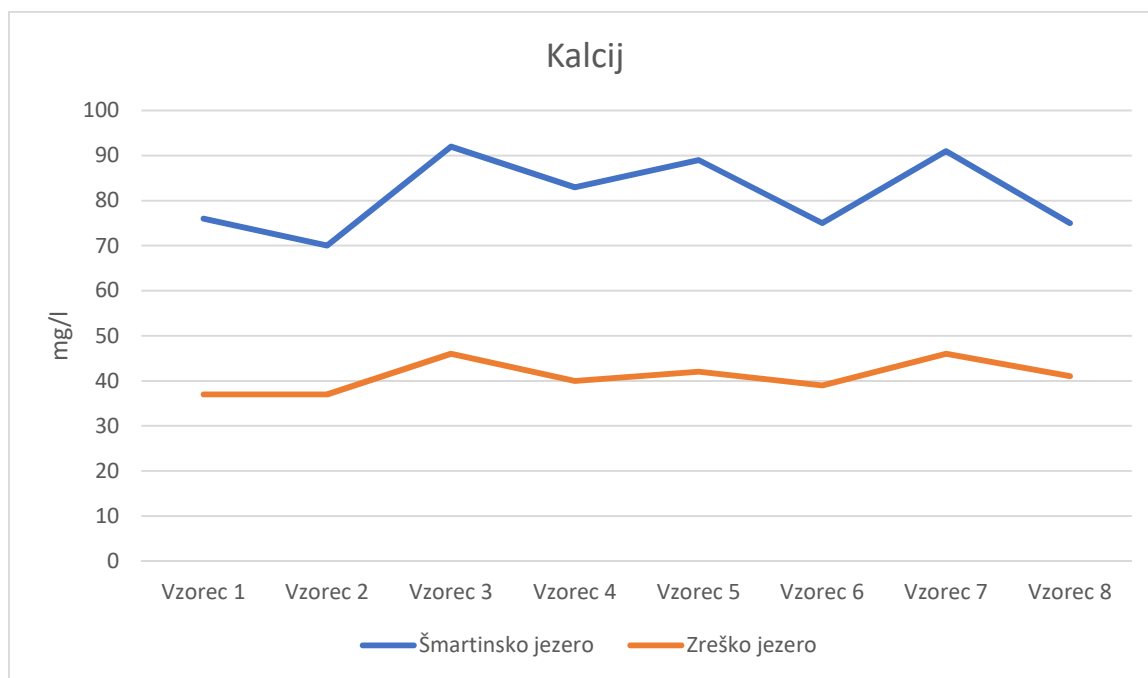


Slika 27: Izmerjeni rezultat kalija v Šmartinskem in Zreškem jezeru

Kalij v Šmartinskem jezeru je imel najvišjo izmerjeno koncentracijo v vzorcu 7 s koncentracijo kalija 7,8 mg/l in najmanjšo izmerjeno koncentracijo kalija v vzorcu 2 3 mg/l. Povprečna koncentracija kalija v Šmartinskem jezeru je 3,9 mg/l.

Najvišjo koncentracijo kalija v Zreškem jezeru je bila v vzorcu 7 s koncentracijo kalija 5,5 mg/l in najmanjšo izmerjeno koncentracijo kalija v vzorcu 6 s koncentracijo kalija 4,0 mg/l. Povprečna koncentracija kalija v Zreškem jezeru je 4,8 mg/l.

Iz grafov lahko razberemo, da so višje koncentracije kalija v Zreškem jezeru.



Slika 28: Izmerjene koncentracije kalcija v Šmartinskem in Zreškem jezeru

Najvišja izmerjena koncentracija kalcija v Šmartinskem jezeru znaša 91 mg/l v vzorcu 7, najmanjša pa 70 mg/l v vzorcu 2. Povprečna koncentracija kalcija v Šmartinskem jezeru je 81,4 mg/l.

Najmanjši izmerjeni koncentraciji kalcija v Zreškem jezeru sta v vzorcih 1 in 2 s koncentracijo kalcija 37 mg/l, najvišja izmerjena koncentracija kalcija pa je v vzorcu 7 s koncentracijo kalcija 46 mg/l.

Višje izmerjene koncentracije kalcija so v Šmartinskem jezeru.

Koncentracija kadmija je bila v Šmartinskem in Zreškem jezeru vedno pod 0,1 µg/l.

Kovina \ Jezero	Šmartinsko jezero	Zreško jezero
Aluminij (µg/l)	412,4	190,8
Mangan (µg/l)	151	103,87
Nikelj (µg/l)	3,6	2
Cink (µg/l)	13,9	12,1
Arzen (µg/l)	1	1
Svinec (µg/l)	1	2
Železo (µg/l)	918,9	417,9
Natrij (mg/l)	14,2	10,4
Magnezij (mg/l)	34,8	8,01
Kalij (mg/l)	3,9	4,8
Kalcij (mg/l)	84,4	46
Kadmij (µg/l)	0,1	0,1

Preglednica 6: Povprečne koncentracije kovin za Šmartinsko in Zreško jezero

V zgornji tabeli so prikazane povprečne koncentracije kovin v Šmartinskem in Zreškem jezeru. Najvišja odstopanja so pri železu kjer ima Šmartinsko jezero 501 µg/l večjo povprečno koncentracijo kot Zreško jezero. Šmartinsko jezero ima višje povprečne koncentracije pri 11 kovinah. Zreško jezero pa ima višjo povprečno koncentracijo le pri kaliju. Razlike med koncentracijami kovin v jezerih so zaradi različnih geografskih položajev, vode, ki priteka v jezero in različnih vplivov okolja.

4.1 Primerjava z rezultati državnega monitoringa Šmartinskega jezera

Iz poročil državnega monitoringa smo povzeli skupne rezultate in dodali še rezultate za leto 2021, ki smo jih sami analizirali. Rezultati so prikazani v spodnji tabeli.

Analize Leto	pH	Električna prevodnost ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Celotni fosfor ($\mu\text{gP}/\text{l}$)	Celotni dušik TN ($\mu\text{gN}/\text{l}$)	Cink ($\mu\text{g}/\text{l}$)	Kadmij ($\mu\text{g}/\text{l}$)	Nikelj ($\mu\text{g}/\text{l}$)	Svinec ($\mu\text{g}/\text{l}$)
2013	8,0	/	37	529	5	0,3	1	<0,2
2014	8,0	/	51	919	/	/	/	/
2016	7,5	267	46	/	/	/	/	/
2017	8,4	265	52	/	/	/	/	/
2019	8,5	256	48	/	/	/	/	/
2021	7,1	337,6	42,6	515,725	13,875	<0,1	3,66	2,38

Preglednica 7: Primerjava rezultatov iz poročil monitoringov za Šmartinsko jezer (Vir: ARSO, 2019)

Ob primerjavi rezultatov iz poročil državnih monitoringov je razvidno, da je povprečna vrednost pH za Šmartinsko jezero najmanjša v letu 2021. Električna prevodnost se v letih 2013 in 2014 ni izvajala, iz ostalih podatkov pa je razvidno, da je vrednost iz 2021 najvišja. Celotni fosfor se je analiziral vsa leta, njegova koncentracija se je gibala med 37-52 $\mu\text{gP}/\text{l}$. Naši rezultati so primerljivi z rezultati monitoringov. Celotni dušik se je določal samo v letih 2013 in 2014, naši rezultati so primerljivi z rezultati iz leta 2013. Za koncentracije kovin imamo samo podatek iz leta 2013, glede na letošnje podatke lahko povemo, da se je koncentracija cinka, niklja in svinca zvišala. Za kovino kadmij pa lahko rečemo, da se je glede na podatke znižala.

Rezultati naših analiz so za večino parametrov višji od rezultatov monitoringa. Obratovalni monitoringi na jezerih se izvajajo samo enkrat na leto, medtem ko naši rezultati predstavljajo povprečje osmih meritev za obdobje od januarja do maja.

Primerjav za Zreško jezero nismo mogli narediti, saj Zreško jezero ni vključeno v državne monitoringe.

4.2 Določitev ekološkega stanja Šmartinskega in Zreškega jezera

Z Uredbo o stanju površinskih voda lahko določimo ekološka stanja jezer glede na kemijsko potrebo po kisiku. Po uredbi je predpisana koncentracija KPK 10–20,9 mg/IO₂ za zelo dobro ekološko stanje za letno povprečje in 13,6–29,9 mg/IO₂ za dobro ekološko stanje. Izmerjena koncentracija KPK Šmartinskega jezera kaže, da sodi v slabo ekološko stanje, saj je povprečje 40,25 mg/IO₂. Pod slabo ekološko stanje spadajo vzorci vzeti 29.1.2021, 13.2.2021, 27.2.2021 ter 24.4.2021. Vsi ostali vzorci pa spadajo pod dobro ekološko stanje. Glede na izmerjeno koncentracijo KPK pa lahko Zreško jezero uvrstimo v zelo slabo ekološko stanje, saj je povprečna koncentracija 59,5mg/IO₂. Pod slabo ekološko stanje sodijo vzorci, vzeti 13.2.2021, 27.2.2021, 13.3.2021, 27.3.2021, 10.4.2021 ter 24.4.2021, ostali vzorci pa spadajo pod dobro ekološko stanje.

Izmerjene koncentracije cinka lahko primerjamo z naravnim ozadjem cinka. Predpisana koncentracija za naravno ozadje cinka je 1,0 µg/l. V Zreškem jezeru so izmerjene koncentracije cinka vedno višje od 1,0 µg/l, povprečna koncentracija cinka v navedenem jezeru pa je 12,13 µg/l, kar je bistveno višje od predpisane koncentracije naravnega ozadja. V Šmartinskem jezeru je povprečna koncentracija cinka 13,9 µg/l, koncentracija cinka pa je bila vedno nad 1,0 µg/l.

Ocena ekološkega stanja se ocenjuje s pomočjo bioloških, fizikalno-kemijskih in hidromorfoloških parametrov. Naša ocena ekološkega stanja za Šmartinsko in Zreško jezero ni popolna, saj se ocenjuje le s pomočjo fizikalno-kemijskih parametrov.

Parameter \ Jezero	Šmartinsko jezero	Zreško jezero
KPK (mg/IO ₂)	40,25	59,5
Cink (µg/l)	13,9	12,13

Preglednica 8: Povprečne koncentracije KPK in cinka v Šmartinskem in Zreškem jezeru

Glede na parametre, ki so vključeni v ekološko stanje smo v diplomski nalogi analizirali KPK in cink. V zgornji tabeli so prikazane povprečne koncentracije parametrov. Parameter KPK kaže na slabo ekološko stanje Šmartinskega jezera, zato je v tabeli rezultat označen z oranžno. Povprečna koncentracija KPK za Zreško jezero pa je označena z rdečo, saj kaže na zelo slabo ekološko stanje jezera. Predpisane koncentracije za naravno ozadje cinka je 1,0 µg/l. Ker pa imata obe jezera višje koncentracije, sta označeni rdeče. Glede na izmerjene koncentracije KPK Šmartinsko jezero izkazuje boljše ekološko stanje kot Zreško jezero.

5 SKLEP

Cilj diplomske naloge je bilo ugotoviti stopnjo onesnaženosti, primerjati onesnaženost jezer s pomočjo fizikalno–kemijskih analiz in določiti oceno ekološkega stanja jezer. Za dve vzorčni jezera smo izbrali Šmartinsko in Zreško jezero.

Rezultate analiz smo razdelili v dva sklopa. Prvi sklop so predstavljale terenske analize fizikalno-kemijskih parametrov, in sicer temperatura zraka in vode, vrednost pH, električna prevodnost, motnost, vonj in barva. Ob pregledu rezultatov smo ugotovili, da je v Zreškem jezeru na dan vzorčenja 24.4.2021 (vzorec 7) imela voda višjo temperaturo kot zrak, razlika je bila 0,6 °C. V obeh vzorcih so bile terenske meritve višje na dan 24.4.2021 (vzorec 7), prav tako sta na ta dan izstopala močan vonj in rjava barva vode. Drugi sklop so predstavljale laboratorijske analize: določanje usedljivih snovi, kemijska potreba po kisiku, biokemijska potreba po kisiku, celotni fosfor, celotni vezan dušik, celotni organski ogljik ter kovine (aluminij, mangan, nikelj, cink, kadmij, arzen, svinec, železo, natrij, magnezij, kalij in kalcij). Odstopanje smo lahko opazili na Zreškem jezeru na dan vzorčenja 24.4.2021 (vzorec 7), ko je bila biokemijska potreba po kisiku večja od kemijske potrebe po kisiku. Razlaga za odstopanja je, da pri kemijski potrebi po kisiku uporabljamo manjši volumen vzorca kot pri biokemijski potrebi po kisiku. Z manjšim volumnom pa ne moremo zajeti vseh delcev, ki vplivajo na kemijsko potrebo po kisiku. Pri obeh jezerih so v vzorcu 7, dne 24.4.2021 povišane koncentracije. Domnevamo, da je v tem času prišlo do onesnaženja z izpiranjem gnojnice s kmetijskih površin v jezero.

Hipoteza 1: Ob primerjavi rezultatov obeh jezer bomo ugotovili, da ima Šmartinsko jezero višje izmerjene vrednosti fizikalno – kemijskih parametrov kot Zreško jezero.

Šmartinsko jezero ima od Zreškega višje izmerjene vrednosti usedljivih snovi, celotnega organskega ogljika, celotnega vezanega dušika, aluminijskega, mangana, niklja, arzena, svinca, železa, natrija, magnezija in kalcija. Višje izmerjene vrednosti v Zreškem jezeru od Šmartinskega jezera pa so za parametre kemijske potrebe po kisiku, biokemijske potrebe po kisiku, celotni fosfor in kalij. To hipotezo lahko delno potrdimo, saj je imelo Šmartinsko jezero povišanih več parametrov kot Zreško jezero.

Hipoteza 2: V zimskem letnem času bo v Šmartinskem jezeru več organskih snovi kot v spomladanskem letnem času.

Rezultati analiz v Šmartinskem jezeru so pokazali višje koncentracije organskega parametra KPK v zimskem letnem času kot v spomladanskem letnem času. Organska parametra BPK5 ter TOC pa sta imela višje koncentracije v spomladanskem letnem času. To hipotezo lahko delno zavržemo, saj sta analizi BPK5 in TOC imeli višje koncentracije v spomladanskem letnem času, KPK pa je imel povišane koncentracije v spomladanskem letnem času.

6 POVZETEK

V Sloveniji jezera v večini predstavljajo prostor za rekreacijo in ribolov, vendar zaradi podnebnih sprememb, človeških aktivnosti (vpliv kmetijstva) so jezera onesnažena. Onesnaženost jezer je pomembna predvsem zaradi živali in mikroorganizmov, ki v njih bivajo, zato imajo jezera določene mejne vrednosti v Uredbi o površinskih vodah. Na podlagi Uredbe o površinskih vodah se izvajajo monitoringi, ki na koncu podajo oceno ekološkega stanja jezer. Fizikalno–kemijske analize so del analiz pri državnih monitoringih.

V diplomskem delu je predstavljena Uredba o površinskih vodah in z njo povezani monitoringi. Analizirali smo naslednje fizikalno-kemijske parametre: temperaturo zraka in vode, vrednost pH, električno prevodnost, motnost, usedljive snovi, kemijsko potrebo po kisiku, biokemijsko potrebo po kisiku, celotni vezan dušik, celotni fosfor, celotni ogljik, aluminij, mangan, nikelj, cink, kadmij, arzen, svinec, železo, natrij, magnezij, kalij in kalcij. Opisane so tudi analize, ki smo jih tekom diplomske naloge tudi izvajali. S pomočjo teh analiz smo želeli ugotoviti stopnjo onesnaženosti jezer. Izbrali smo Šmartinsko jezero in Zreško jezero.

Na podlagi rezultatov smo ugotovili, da se kakovost vode v jezerih razlikuje. Prav tako smo v dveh vzorcih dobili drugačne rezultate fizikalno-kemijskih parametrov. Prvo odstopanje v obdobju meritev je biokemijska potreba po kisiku, ki je bila višja od kemijske potrebe. Drugo odstopanje v obdobju meritev pa je bila na obeh jezerih na dan vzorčenja 24. 4. 2021, ko so bili skoraj vsi rezultati analiz izrazito povišani. Za bolj temeljito in natančno primerjavo kakovosti obeh jezer pa bi morali vzorčiti vseh 12 mesecev.

7 SUMMARY

In Slovenia, lakes are mostly a place for recreation and fishing, but due to climate change, human activities (the impact of agriculture), the lakes are polluted. Pollution of lakes is important mainly due to the animals and microorganisms that live in them, so lakes have certain limit values in the Surface Water Regulation. Based on the Surface Water Regulation, monitoring is carried out, which ultimately provides an assessment of the ecological status of lakes. Physico-chemical analyzes are part of the analyzes in state monitoring.

The diploma thesis presents the Decree on Surface Waters and related monitoring. The following parameters were analyzed: air and water temperature, pH value, electrical conductivity, turbidity, sedimentary substances, chemical oxygen demand, biochemical oxygen demand, bound nitrogen, total phosphorus, total carbon, aluminum, manganese, nickel, zinc, cadmium, arsenic, lead, iron, sodium, magnesium, potassium and calcium. The analyzes that we also performed during the diploma thesis are also described. With the help of these analyzes, we wanted to determine the level of pollution of the lakes. We chose Šmartinsko jezero and Zreško jezero.

Based on the results, we found that the water quality in the lakes differs. We also obtained different results for Lake Zreče in two cases. The first deviation was a biochemical oxygen demand that was higher than the chemical requirement. The second deviation, however, was on both lakes on the day of sampling on 24 April 2021, when almost all the results of the analyzes were markedly elevated. For a more thorough and accurate comparison of the quality of the two lakes, however, we should sample all 12 months.

8 VIRI IN LITERATURA

Agencija Republike Slovenije za okolje. 2013: Ocena stanja jezer v Sloveniji v letu 2013. Medmrežje:

https://www.arso.gov.si/vode/jezera/Poro%c4%8dilo%20JEZERA%20_2013_brez%20BN.pdf (15.6.2021)

Agencija Republike Slovenije za okolje. 2014: Ocena stanja jezer v Sloveniji v letu 2014. Medmrežje:

https://www.arso.gov.si/vode/jezera/Poro%c4%8dilo%20JEZERA%20_2014_za%20splet.pdf (15.6.2021)

Agencija Republike Slovenije za okolje. 2016: Rezultati monitoringa ekološkega stanja jezer v letu 2016. Medmrežje: https://www.arso.gov.si/vode/jezera/Ekolosko_stanje_jezera_2016.pdf (15.6.2021)

Agencija Republike Slovenije za okolje. 2017: Rezultati monitoringa ekološkega stanja jezer v letu 2017. Medmrežje: https://www.arso.gov.si/vode/jezera/Ekolosko_stanje_jezera_2017.pdf (15.6.2021)

Agencija Republike Slovenije za okolje. 2019: Rezultati monitoringa ekološkega stanja jezer v letu 2019. Medmrežje: https://www.arso.gov.si/vode/jezera/Ekolosko_stanje_jezera_2019.pdf (15.6.2021)

Ambrožič Š., Cvitanič I. (2008). Kakovost voda v Sloveniji; str. 26-34 Medmrežje: <https://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/kakovost%20voda/Kakovost%20voda-SLO.pdf> (5.7.2021)

Bošnjak K., Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano. (2018). Navodila-KPK.

Bošnjak K., Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano. (2019). Navodila-BPK.

Bošnjak K., Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano. (2020). Navodila-Kovine.

Cvitanič. I., Jesenovec. B., Dobnikar Tehovnik. M., Dolinar. N., Rotar. N., Sever. M., Agencija Republike Slovenije za okolje. Urad za hidrologijo in stanje okolja. Sektor kakovost voda. (2016). Kazalci okolja v Sloveniji: Kemijsko in ekološko stanje površinskih voda. Medmrežje http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=775 (5.7.2021)

Marot N., Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano. (2017). Navodila-TN

Marot N., Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano. (2019). Navodila-TOC

Maver L., Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano (2021). Navodila-Električna prevodnost

Mrmolija N., Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano (2021). Navodila-Motnost

Planinšek A. Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano (2021). Navodila-Celotni fosfor

Planinšek A. Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano (2021). Navodila-Ph

Pečanec M. Nacionalni laboratorij za zdravje, okolje in hrano (2021). Navodila-Usedljive snovi

Google Zemljevidi. 2021: Medmrežje: <https://www.google.si/maps/> (20.1.2021).

Lobnik, A. (2008). Navodila za vaje pri predmetu ekologija in okoljevarstvo, str. 1-19

Turistični informacijski center Zreče. Zreško jezero. Medmrežje 1: <https://www.rogljapohorje.si/sl/razisci/2019090313232050/zresko-jezero> (10.7.2021)

Jesenek. L., Primerjava onesnaženosti Šmartinskega in Zreškega jezera z uporabo fizikalno-kemijskih analiz, VŠVO, Velenje 2021

Pungartnik Č., M. (2014). Celje turistični vodnik; str. 27-28. Medmrežje: <https://www.celje.si/sites/default/files/celje-SLO.pdf> (15.9.2020)

Uredba o stanju površinskih voda. Uradni list RS, št. 14/09, 98/10, 96/13 in 24/16. Medmrežje: <http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED5010> (13.7.2021)

Vernier Software & Technology. 2020: LabQuest® 2–User Manual. Medmrežje: http://www2.vernier.com/manuals/labquest2_user_manual.pdf (20.1. 2021).

Vernier Software & Technology1. 2019: Simple Water Quality Testing In and Outside the Classroom. Medmrežje: https://www.vernier.com/files/training/nsta-2019/vernier.simple_water_quality_testing.pdf (20.1. 2021).

Vernier Software & Technology2. 2019: Stainless Steel Temperature Probe. Medmrežje: <https://www.vernier.com/files/manuals/tmp-bta/tmp-bta.pdf> (20.1.2021)

Vernier Software & Technology3. 2019: Tris-Compatible Flat pH Sensor. Medmrežje: <https://www.vernier.com/files/manuals/fph-bta/fph-bta.pdf> (20.1.2021).