

UNIVERZA V NOVI GORICI
FAKULTETA ZA ZNANOSTI O OKOLJU

**ANALIZA KVALITETE RAZLIČNIH VODNIH VIROV NA
LOKACIJI MESTA KOČEVJE**

DIPLOMSKO DELO

Tatjana Rauh

Mentor: dr. Igor Mihelič

Nova Gorica, 2015

IZJAVA

Izjavljam, da je diplomsko delo rezultat lastnega raziskovalnega dela. Rezultati, ki so nastali v okviru skupnega raziskovanja z drugimi raziskovalci, ali so jih prispevali drugi raziskovalci (strokovnjaki), so eksplicitno prikazani oziroma navedeni (citirani) v diplomskem delu.

Tatjana Rauh

ZAHVALA

Zahvaljujem se svoji družini.

Za strokovno pomoč, mnoge ideje tekom nastajanja diplomskega dela se zahvaljujem mentorju dr. Igorju Miheliču. Zahvala gre Tanji Zajc, inž. kom. za podporo, številne nasvete in potrpežljivost pri praktičnem delu. Za prijaznost in za prijetno delovno okolje se želim zahvaliti podjetju Melamin d.d. Kočevje, kjer so mi omogočili opravljanje diplomske naloge, ter potapljaškemu društvu Ponirek Kočevje za pomoč pri vzorčenju jezera.

IZVLEČEK

Slovenija je glede vodnih virov med najbogatejšimi evropskimi državami. Povprečna letna količina padavin, ki napajajo površinske in podzemne vode, znaša okrog 1500 mm. Jeseni 2014 sem opravila prva terenska vzorčenja in analize voda na Kočevskem v sklopu sistematičnega spremljanja kakovosti predvidenih v prihodnjih letih. Pri oceni sem upoštevala geografske, meteorološke dejavnike, poseljenost, ter obseg industrije in kmetijstva. Rezultate terenskih in laboratorijskih analiz izbranih onesnažil v podzemnih in površinskih vodah kraškega Kočevskega polja sem primerjala z naravnim ozadjem, mejnimi vrednostmi za posamezne vrste vodnih virov, za kopalne vode in za pitne vode. Kvaliteta vodnih virov na Kočevskem je glede na fizikalno kemijske parametre ustrezna, mikrobiološki parametri so preseženi. Pretežno kmetijsko področje in na nekaterih delih neurejeni kanalizacijski izpusti prispevajo k večji prisotnosti značilnih onesnažil, to so nitrati, nitriti in amonij, a mejne vrednosti niso presežene. Geografski položaj vpliva na vsebnost karbonatov v vseh vodah, voda na tem področju je trda do zelo trda. V Kočevskem jezeru je večja prisotnost sulfatov, kar je posledica premogovniške podlage jezerske kotanje. Mikrobiološke analize so pokazale, da so v vseh vodah, razen podzemne, prisotne bakterije, ki so pokazatelj fekalnega onesnaženja, tako da niso primerne za kopanje.

KLJUČNE BESEDE

Vodni viri, Kočevska, kras, trendi, Kočevje

ABSTRACT

Slovenia is one of the richest European countries as far as water resources are concerned. The average annual rainfall that fills the surface and underground water supplies is about 1500 mm. In the fall of 2014, the first water quality sampling in the Kočevje region was conducted along with the water analyses as part of systematic water quality tracking. The assessment of geographical and meteorological factors, population, size of the industry and agriculture were taken into account. The results of the fieldwork and laboratory analyses of the chosen pollutants in surface and underground water resources of the Kočevje karst fields were compared to the natural background and limit values for each type of water resource, for drinking and bathing water. The quality of the water resources in the Kočevje area is appropriate, considering the low scale of industry and a large amount of precipitation prior to the sampling. A predominantly agricultural area and in some parts an inappropriate sewer system contribute to an increased presence of specific pollutants, such as nitrates, nitrites and ammonium, but the limit values are not exceeded. The geographical position has an impact on the presence of carbonates in all water resources and the water there varies from hard to very hard. In the Kočevje lake, there is an increased presence of sulphates, which is the result of the coal foundation of the lake basin. A microbiological analysis has shown presence of bacteria in all water resources, except in the underground water. The bacteria are an indicator of the faecal matter contamination, and is thus not suitable for swimming.

KEY WORDS

Water sources, Kočevje area, karst, trends, Kočevje

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	TEORETIČNE OSNOVE	1
2.1	Kras in njegove značilnosti	2
2.2	Oprelitev območja študije	3
2.2.1	Kočevsko polje	4
2.2.2	Podzemne vode	5
2.2.3	Površinske vode	5
2.2.4	Klima na Kočevskem	6
2.2.5	Potencialni onesnaževalci na Kočevskem	6
2.3	Vrednotenje stanja voda	7
2.3.1	Vzorčenje	7
2.3.2	Fizikalni parametri	8
2.3.2.1	Okus, vonj in barva	8
2.3.2.2	Motnost	8
2.3.2.3	Temperatura	9
2.3.2.4	Električna prevodnost	9
2.3.2.5	pH	10
2.3.2.6	Redoks potencial ORP	10
2.3.3	Kisikove razmere	10
2.3.3.1	KPK	10
2.3.3.2	Vsebnost in nasičenje s kisikom	11
2.3.4	Hranila	11
2.3.4.1	Nitrati in nitriti	11
2.3.4.2	Amonij	11
2.3.4.3	Fosfati	12
2.3.5	Drugi kemijski parametri	12
2.3.5.1	m-alkaliteta	12
2.3.5.2	Trdota vode	12
2.3.5.3	Sulfat	13
2.3.5.4	Klorid	13
2.3.6	Mikrobiološki parametri	13
2.3.6.1	<i>Escherichia coli</i>	14
2.3.6.2	Enterokoki	14
2.3.6.3	Skupne koliformne bakterije	14
2.3.6.4	Skupno število kolonij pri 36°C	14
3	PRAKTIČNI DEL	15
3.1	Vzorčenje in vzorčna mesta	15
3.2	Vreme pred vzorčenjem	18
3.2.1	Padavine	18
3.2.2	Hidrološki podatki Rinža	19
3.3	Metode analiznega dela	20

4	REZULTATI IN RAZPRAVA	23
4.1	Reka Rinža	24
4.1.1	Fizikalni parametri	24
4.1.2	Kisikove razmere	27
4.1.3	Hranila	28
4.1.4	Drugi kemijski parametri	29
4.1.5	Mikrobiološki parametri	30
4.2	Podzemna voda (vrtina)	31
4.2.1	Fizikalni parametri	32
4.2.2	Kisikove razmere	33
4.2.3	Hranila	34
4.2.4	Drugi kemijski parametri	35
4.2.5	Mikrobiološki parametri	36
4.3	Kočevsko jezero po globini	37
4.3.1	Fizikalni parametri	37
4.3.2	Kisikove razmere	41
4.3.3	Hranila	41
4.3.4	Drugi kemijski parametri	42
4.3.5	Mikrobiološki parametri	44
4.4	Kočevsko jezero in preliv v Rinžo	45
4.4.1	Fizikalni parametri	45
4.4.2	Kisikove razmere	47
4.4.3	Hranila	48
4.4.4	Drugi kemijski parametri	48
5	ZAKLJUČKI	50
6	VIRI	52

SEZNAM PREGLEDNIC

Preglednica 1: Podatki o vzorčnih mestih	15
Preglednica 2: Podatki klimatološke postaje Kočevje za obdobje 1991-2006 in junij-oktober 2013 in 2014 (povzeto po ARSO, Arhiv podatkov, 2014)	19
Preglednica 3: Seznam aparatov, tipov aparatov in merilnih principov fizikalno kemijski parametri	21
Preglednica 4: Seznam aparatov, tipov aparatov za mikrobiološke parametre.	22
Preglednica 5: Primerjalni parametri za vodne vire – fizikalno kemijski	23
Preglednica 6: Primerjalni parametri za vodne vire – mikrobiološki	24
Preglednica 7: Vrednosti fizikalnih parametrov za reko Rinžo	24
Preglednica 8: Vrednosti električne prevodnosti za reko Rinžo	26
Preglednica 9: Kisikove razmere v reki Rinži	27
Preglednica 10: Naravna ozadja hranil za reke (Vir: ARSO 2007, priredila Rauh T., 2014)	28
Preglednica 11: Vrednosti hranil za Rinžo jesen 2014	28
Preglednica 12: Drugi kemijski parametri Rinža	30
Preglednica 13: Mikrobiološki parametri reke Rinže in primerjava	31
Preglednica 14: Pregled fizikalnih parametrov podzemna voda	32
Preglednica 15: Elektroprevodnost podzemne vode jesen 2014	33
Preglednica 16: Kisikove razmere podzemna voda	33
Preglednica 17: Vsebnost hranil v podzemni vodi	34
Preglednica 18: Drugi kemijski parametri	35
Preglednica 19: Globina in temperatura Kočevskega jezera september 2014	37
Preglednica 20: Vrednosti za globino, pH, redoks potencial, motnost in električno prevodnost za Kočevsko jezero	38
Preglednica 21: Vrednosti m-alkalitete in trdote vode	43
Preglednica 22: Odvisnost vsebnosti kloridov in sulfatov od globine Kočevskega jezera	44
Preglednica 23: Mikrobiološki parametri v Kočevskem jezeru	45
Preglednica 24: Fizikalni parametri v prelivu jezera in na površini jezera	46
Preglednica 25: Električna prevodnost v prelivu in na površini Kočevskega jezera	46
Preglednica 26: Kisikove razmere v prelivu in na površini Kočevskega jezera	47
Preglednica 27: Hranila v prelivu in na površini Kočevskega jezera	48
Preglednica 28: Drugi kemijski parametri v prelivu in na površini Kočevskega jezera	49

SEZNAM SLIK

Slika 1: Vodne poti na Ribniškem in Kočevskem polju, (Ciglič R. 2011, priredila Rauh T. 2014)	4
Slika 2: Površinske vode na Kočevskem polju (Vir: Atlas okolja, 2014, priredila Rauh T. 2014)	5
Slika 3: Kočevje, referenčno obdobje: 1961-1990 (Vir: ARSO, 2014).....	6
Slika 4: Vzorčno mesto Marof (Vir: Atlas okolja 2014, priredila Rauh T. 2014)	16
Slika 5: Vzorčno mesto zapornice (Vir: Atlas okolja 2014, priredila Rauh T. 2014).....	16
Slika 6: Vzorčno mesto Kočevsko jezero (po globini) (Vir: Potapljaško društvo Ponirek Kočevje, 2014).....	17
Slika 7: Vzorčno mesto Kočevsko jezero (površina) (Vir: Atlas okolja 2014, priredila Rauh T. 2014).....	17
Slika 8: Vzorčno mesto podzemna voda (vrtina) in preliv Kočevskega jezera v Rinžo	18
Slika 9: Prikaz padavin klimatološke postaje Kočevje za različna obdobja	19
Slika 10: Pretok Rinže v obdobju julij – oktober 2014 (Vir: ARSO 2015, pripravila Rauh T., 2015)	20
Slika 11: Vrednosti fizikalnih parametrov za reko Rinžo	25
Slika 12: Vrednosti električne prevodnosti za reko Rinžo	26
Slika 13: Kisikove razmere v reki Rinži.....	27
Slika 14: Vrednosti hranil za reko Rinžo za dve vzorčni mesti jesen 2014	29
Slika 15: Drugi kemijski parametri Rinža	30
Slika 16: Mikrobiološki parametri reka Rinža	31
Slika 17: Fizikalni parametri podzemna voda	32
Slika 18: Elektroprevodnost podzemne vode jesen 2014	33
Slika 19: Kisikove razmere vrtina	34
Slika 20: Vsebnost hranil v podzemni vodi	35
Slika 21: Drugi kemijski parametri v podzemni vodi.....	36
Slika 22: Mikrobiološki parametri v podzemni vodi	36
Slika 23: Mikrobiološki parametri v podzemni vodi	37
Slika 24: Globina in temperatura Kočevskega jezera september 2014	38
Slika 25: Odvisnost pH od globine Kočevskega jezera	39
Slika 26: Odvisnost redoks potenciala od globine Kočevskega jezera	39
Slika 27: Odvisnost motnosti od globine Kočevskega jezera	40
Slika 28: Odvisnost elektroprevodnosti od globine Kočevskega jezera	40
Slika 29: Kisikove razmere po globini Kočevskega jezera	41
Slika 30: Vsebnost hranil po globini Kočevskega jezera	42
Slika 31: Vsebnost hranil po globini Kočevskega jezera	42
Slika 32: Odvisnost m-alkalitete in trdote vode od globine Kočevskega jezera	43
Slika 33: Odvisnost kloridov in sulfatov od globine Kočevskega jezera	44
Slika 34: Mikrobiološki parametri v Kočevskem jezeru	45
Slika 35: Fizikalni parametri v prelivu jezera in na površini jezera	46
Slika 36: Električna prevodnost preliv in površina Kočevskega jezera	47
Slika 37: Kisikove razmere v prelivu in na površini Kočevskega jezera	47
Slika 38: Hranila v prelivu in na površini Kočevskega jezera	48
Slika 39: Drugi kemijski parametri v prelivu in na površini Kočevskega jezera.....	49

1 UVOD

Slovenija je ena najmanjših držav v Evropi, a je glede vodnih virov med najbogatejšimi evropskimi državami. Povprečna letna količina padavin, ki napajajo površinske in podzemne vode, znaša okrog 1500 mm. Letno največ padavin prejme zahodni gorati svet, najmanj pa vzhodni del Slovenije. Tekoče vode v Sloveniji oblikujejo gosto rečno mrežo. Zaradi močne razgibanosti terena in kamninske sestave so vodotoki večinoma kratki, saj je le okoli 22% vodotokov daljših od 25 km. Tudi v geoloških plasteh, ki prevajajo in akumulirajo podzemno vodo, je velika količina dinamičnih zalog, ki so v Sloveniji glavni vir pitne vode (Tehovnik Dobnikar M., 2008).

Kakovost vode je izraz za fizikalne, kemične in biološke značilnosti vode, ki jih po navadi ocenjujemo glede na namen uporabe (Žlebir S., 2008).

Mesto Kočevje se nahaja na kraškem območju ob ponikalnici Rinži. Stanje vodnih virov na tem območju se sistematično spremlja samo za Rinžo, za ostale vire pa ni javno razpoložljivih podatkov. Izvedla sem osnovne kemijske in fizikalne ter mikrobiološke analize podzemnih voda, reke Rinže in Rudniškega oz. Kočevskega jezera tako na terenu kot v laboratoriju. Namen dela je bil sistematično spremljanje nekaterih ključnih parametrov kvalitete voda v daljšem časovnem obdobju. S tako zbranimi podatki bomo bolje razumeli spreminjanje kakovosti različnih vodnih virov glede na padavine in druge dejavnike, npr. poseljenost, kmetijstvo, industrijo, in bodo pomemben primerjalni vir za analize, ki jih bodo v prihodnje opravljali na tem območju. Zbrani podatke sem primerjala s podatki oz. mejnimi vrednostmi podzemne, površinske, kopalne in pitne vode.

Onesnaženost slovenskih voda je posledica predvsem točkovnih virov (npr. izpusti industrijskih in komunalnih odpadnih voda). Poleg teh pa onesnažujejo vode tudi razpršeni viri, med temi zlasti intenzivno poljedelstvo in živinoreja ter del industrije in razpršena poseljenost (zaradi neurejenega ravnanja z odpadnimi vodami).

Hipoteza 1: Glede na manjši obseg industrije, sklepam, da je kvaliteta vodnih virov na Kočevskem ustrezna.

Hipoteza 2: Glede na pretežno kmetijsko področje in na območja z neurejenimi kanalizacijskimi izpusti so prisotna onesnažila večinoma nitrati, nitriti in amonij.

Hipoteza 3: Na Kočevskem mikrobiološka kakovost vode niha zaradi prisotnosti fekalnih bakterij.

2 TEORETIČNE OSNOVE

V Sloveniji skoraj polovico potreb po pitni vodi pokrivamo s črpanjem vode iz kraških vodnih virov. Ob suši pomeni kraška voda celo dve tretjini naših vodnih zalog. Žal pa ostaja večina kraških vodnih virov neprimerno zavarovanih. Razlogi za to so predvsem v pomanjkanju znanja o trajnostnem ravnanju z vodnimi viri, navzkrižnih interesih različnih uporabnikov prostora in pogosto v neučinkovitem nadzoru nad kršitelji določil (Petrič M. in Ravbar N., 2008).

V krasu je za dober monitoring kakovosti pomembno poznavanje dinamike pretakanja voda v zaledju in prilagajanje programa vzorčenja hidrološkim razmeram. Ker vemo, da se kakovost kraških izvirov v obdobjih intenzivnejših padavin, še posebno po padavinah, ki sledijo daljšim sušnim obdobjem, lahko zelo hitro spreminja, je za ugotovitev dejanskega kakovostnega stanja potreben tudi podrobnejši monitoring (Kogovšek J. in Pipan T., 2014).

V skladu z Vodno direktivo in nacionalnimi predpisi za površinske vode se ocenjuje ekološko in kemijsko stanje, za podzemne vode pa količinsko in kemijsko stanje. Kemijsko in količinsko stanje površinskih in podzemnih voda se razvršča v dva (dobro ali slabo), ekološko stanje površinskih voda pa v pet razredov kakovosti.

2.1 Kras in njegove značilnosti

Kras je posebna oblika dela zemeljske skorje (površja in podzemlja) na trdnih, a razpokanih karbonatnih kamninah, predvsem apnencih in dolomitih, z značilnim načinom vodnega odtoka. Karbonatne kamnine so topne v vodi, v čisti vodi zelo malo, a več ko je v vodi CO₂ oz. bolj ko je voda kislina in agresivna, močnejše in hitreje raztaplja karbonatne kamnine. S tem, ko voda raztaplja kamnino na zemeljskem površju, nastajajo površinske kraške oblike. Ker se kamnina v vodi topi in ker je zvezno razpokana, voda ne odteka (le) po površju, ampak prenika (tudi) v podzemlje (Kranjc A., 1990).

Ena izmed površinskih oblik so tudi kraška polja, pri katerih gre za največje kraške vdolbine z ravnim dnom in kraškim odtokom (Gams I. in sod., 1973).

Reke, ki tečejo po apneniškem ali polprepustnem dolomitnem ozemlju visoko nad piezometrično gladino, večinoma izgubljajo vodo v tla, zato jih uvrščamo med ponikalnice (npr. Rinža) (Gams I., 2004a).

Površinska vodna mreža je zelo redka, saj padavinska voda skozi prepustne kamnine odteka v podzemlje. Ponikalnice ponikajo v kras po površinskem toku v dnu kraških polj (Unica, Rinža). Zaradi odsotnosti površinskih tokov in zaradi redkih izvirov je za kraško površje značilno pomanjkanje vode. Vodonosniki pod površjem, ki pri nas ležijo na območju z največ padavinami in dobivajo vodo tudi z nepropustnega ozemlja, hranijo velike zaloge pitne vode (Kranjc A., 1998).

Glede na značilnosti pretakanja in procese uskladičenja vode v podzemlju ločimo več delov vodonosnika. Zgornji del vodonosnega sistema, kjer se prepleta hitro vertikalno pretakanje po primarnih drenažnih poteh in počasno precejanje skozi slabše razpokano osnovo, predstavlja nezasičeno ali vadozno cono. To je suhi del vodonosnika in je lahko debel tudi do več sto metrov. V spodnjem delu vodonosnika pa je zasičena ali freatična cona, ki je stalno zalita z vodo. Pretakanje v tej coni poteka po kanalih, razpokah in porozni osnovi v smeri proti izvirov, skozi katere se podzemne vode vračajo spet na površje (Ravbar N., 2007).

Zaradi posebnih značilnosti so kraški vodonosniki izjemno ranljivi za posledice različnih virov onesnaževanja. Dobra prepustnost kraških kamnin omogoča hitro infiltracijo vode v podzemlje, znotraj tega pa zelo hitro pretakanje na velikih razdaljah in po navadno neznanih poteh. Z vodo se hitro širi tudi onesnaženje, ki ogroža vodne vire. Zaradi heterogene zgradbe kraških vodonosnikov je zelo težko predvideti režim pretakanja

podzemne vode in prenosa škodljivih snovi, dodatno težavo pa predstavlja velika spremenljivost njihovih značilnosti v različnih hidroloških razmerah. Zaradi razvite mreže kraških razpok in kanalov je hitrost pretakanja podzemne vode v nezasičeni coni relativno velika. Pomemben vpliv nanjo imata izdatnost in količina padavin. Hitra infiltracija, manjša filtracija, visoke hitrosti pretakanja voda v podzemlju in s tem hiter prenos onesnaženja daleč stran od točke vnosa so razlogi, da so procesi samoočiščevanja v krasu manj učinkoviti. Obnašanje kraškega vodonosnika je močno odvisno od trenutnih hidroloških razmer in se s časom bistveno spreminja ter vpliva na mehanizem toka in prenos snovi (Petrič M. in sod., 2011).

Za kemično raztapljanje kraških kamnin vse bolj uporabljamo izraz korozija. Obseg in hitrost kraške korozije sta odvisna predvsem od topnosti in hitrosti raztapljanja karbonatov v sistemu voda – ogljikov dioksid. Količino minerala, ki se v določenih pogojih raztopi, določa ravnotežna konstanta. Raztapljanje karbonatov predstavlja ponor ogljikovega dioksida. Na topnost in hitrost raztapljanja vplivajo številni faktorji, kot so velikost kristalov, količina in sestava nečistoč itd. Vse ravnotežne in kinetične konstante so odvisne od temperature. Količina v vodi raztopljenega ogljikovega dioksida je odvisna od temperature vode. Dejansko so naše kraške vode v pokritem krasu dva do trikrat trše, predvsem zato, ker pri nas karbonatne kamnine večinoma pokriva prst in ker padavinska voda ponika skozi, kjer ogljikov dioksid namnoži korenine (Gams I., 2004b).

Umetna jezera so poznale že stare civilizacije. Prvotno so služila namakanju obdelovalnih površin, gojenju rib in drugim gospodarskim dejavnostim. Zaradi industrializacije, predvsem v začetku 20. stoletja, so nastala ugrezninska rudniška jezera, velika akumulacijska jezera za hidroenergetske potrebe ter v opuščeni gramoznicah in glinokopih bagerska jezera. Umetna vodna telesa so tista, ki jih je ustvaril človek in jih preuredil za svoje potrebe (Firbas P., 2001).

Razpad večjih količin organskega materiala porablja mnogo kisika in zato so spodnje plasti jezera lahko pogosto brez njega. Kakšna količina hranilnih snovi se bo kopičila v nekem jezeru, je odvisno od geoloških, morfoloških, hidroloških, klimatskih, geografskih in še drugih dejavnikov. Zelo pomembna je geološka podlaga prispevnega območja voda. Od nje je odvisno, koliko hranilnih snovi se bo izpralo v jezersko kotanjo (Vrhovšek D. in Vovk Korže A., 2007).

2.2 Opredelitev območja študije

Kočevsko je najbolj bogato gozdno območje Natura 2000 v Sloveniji, vendar poleg gozdov zajema še bogat podzemni habitat z domovanjem človeške ribice kot glavnim indikatorjem čiste podzemne vode (Občina Kočevje, 2014a). Hkrati je to območje velikih zveri (Atlas okolja, 2014).

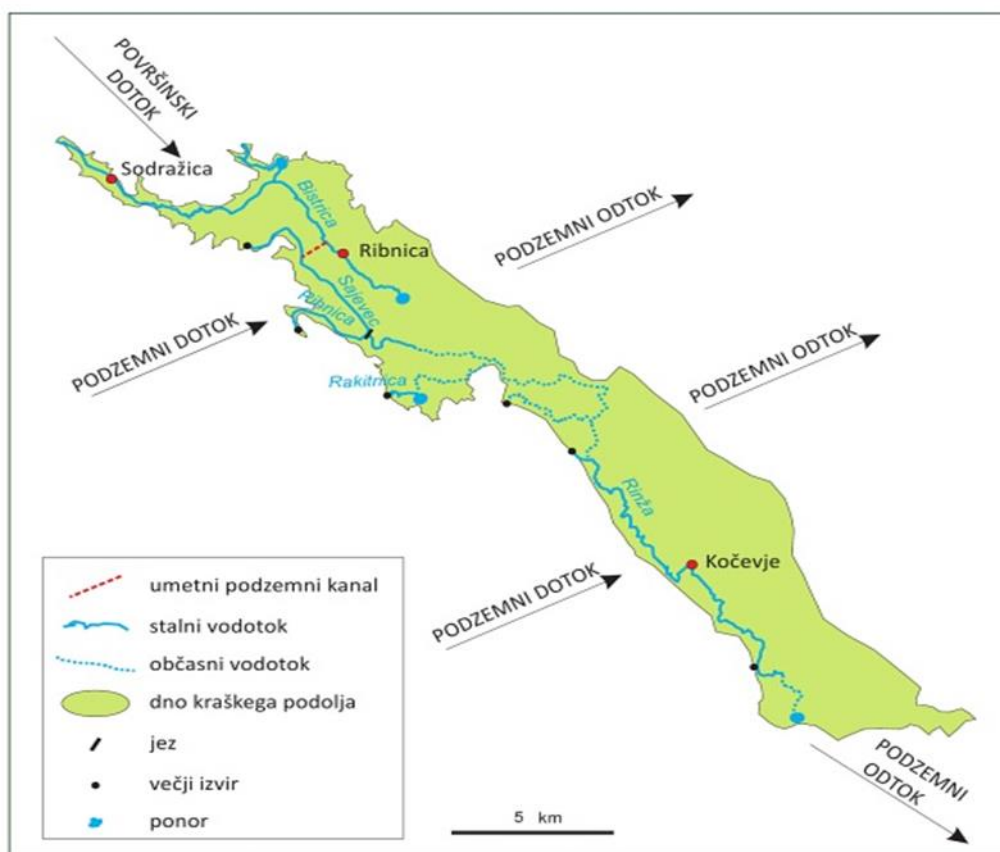
Vodno telo Dolenjski kras se nahaja v sedimentnih kamninah in nevezanih sedimentih na ozemlju porečij Krke in Kolpe, na jugovzhodnem delu Slovenije. Na območju prevladujejo apnenčaste in dolomitne kamnine mezozojske starosti s kraško poroznostjo, ki so zelo, srednje in malo zakrasele. Vodonosna sistema Kočevje – Goteniška gora in Poljanska gora sta dva od 21 vodonosnih sistemov vodnega telesa Dolenjski kras, katerih najpomembnejša drenažna cona je reka Kolpa. Dolenjski kras je razširjen na ozemlju porečij Krke in Kolpe, na jugovzhodnem delu Slovenije s pretežno (več kot 80 odstotkov) razpoklinskimi in kraškimi vodonosniki z izrazito spremenljivo izdatnostjo. Vodonosni sistem sestavljata dva značilna tipa vodonosnikov. Dolomitni

vodonosnik, pretežno zastopan kot glavni dolomit, je značilen razpoklinski in kraški slabo zakraseli sistem mezozojske starosti, ki s svojo vlogo relativne hidrogeološke pregrade vpliva na nastopanje in pretakanje podzemne vode v vodonosnem sistemu. Drugi tip vodonosnika je kraški, zelo do malo zakrasel, z izdatnimi vodonosniki mezozojskih apnencev in dolomitov. Vodonosniki v nekarbonatnih kamninah so le lokalnega pomena. (Trišić N. in Pavlič U., 2009).

2.2.1 Kočevsko polje

Ribniško-Kočevska dolina je podolje v dinarski smeri. Kočevsko polje je največje kraško polje v Sloveniji (72 km²). Središče regije je Kočevje, mesto ob reki Rinži (ponikalnica, ki južno od mesta ponikne). V severnem delu Kočevskega polja so v preteklosti kopali lignit (iz dobe pliocen), danes je v tej kotanji ostalo Rudniško jezero. Kočevska občina je najbolj gozdnata občina v Sloveniji – 90% površja je gozd (Luževič M., 2007).

Kočevsko polje pripada dvema porečjema, večji del porečju Kolpe, manjši pa porečju Krke. Razvodnica poteka deloma po sredini dna polja. Po izvoru lahko razlikujemo kraške in površinske vode (Kranjc A. in Lovrenčak F., 1981).



Vodne poti na Ribniškem in Kočevskem polju. Avtor: Rok Ciglič.

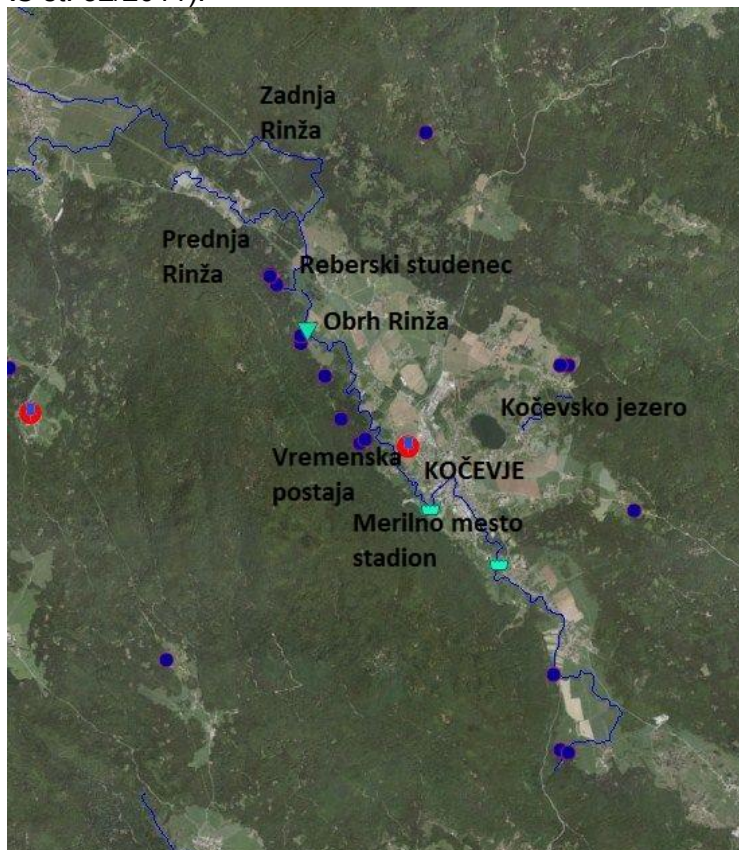
Slika 1: Vodne poti na Ribniškem in Kočevskem polju, (Ciglič R. 2011, priredila Rauh T. 2014)

2.2.2 Podzemne vode

Kranjc A. in Lovrenčak F. (1981) navajata, da podzemne vode pritekajo na polje izključno iz kraškega podzemlja skozi kraške izvire. Ti se pojavljajo na severozahodnem delu polja in vzdolž celega vznožja Kočevske Velike gore, torej vzdolž daljšega jugozahodnega roba polja.

2.2.3 Površinske vode

Glavni vodni tok na Kočevskem polju in obenem tudi glavni krivec tamkajšnjih poplav je ponikalnica Rinža. Ta razmeroma kratka rečica je ob visokih vodah le del površinskega toka veliko daljše »reke«, ki teče deloma po površju in deloma skozi kraško podzemlje od vznožja Blok pa do Kolpe. Ob nizkih vodah pa izvira Rinža v severozahodnem kotu Kočevskega polja, v vznožju Velike gore in pod zemljo odteka proti Kolpi (Kranjc A. in Lovrenčak F., 1981). Prvi izviri so pod hribom Jasnico (569 m), a delujejo le ob deževju oziroma višjem vodnem stanju in takrat teče mimo Ložin Prednja Rinža. Normalno ponika v rupe in umetno poglobljene požiralnike v strugi pod omenjeno vasjo (verjetno podzemsko napaja močvirje ob izviru prave Rinže), ob zelo visoki vodi pa teče dalje po strugi in se pri Koblerjih izliva v Rinžo. Ob še višji vodi — poplavih na Ribniškem polju, pa priteče voda s tega polja po navadno suhi strugi okoli Jasnice (Zadnja Rinža) ter se pridruži Prednji Rinži oziroma Rinži. Z uspehim barvanjem leta 1956 je bilo dokazano, da teče Rinža pod zemljo v izvir Bilpo ob Kolpi (Kranjc A., 1970). Rinža je uvrščena v seznam vodnih teles pod šifro SI21332VT v povodje Sava kot površinska voda oz. vodotok (Ur.l. RS št. 32/2011).



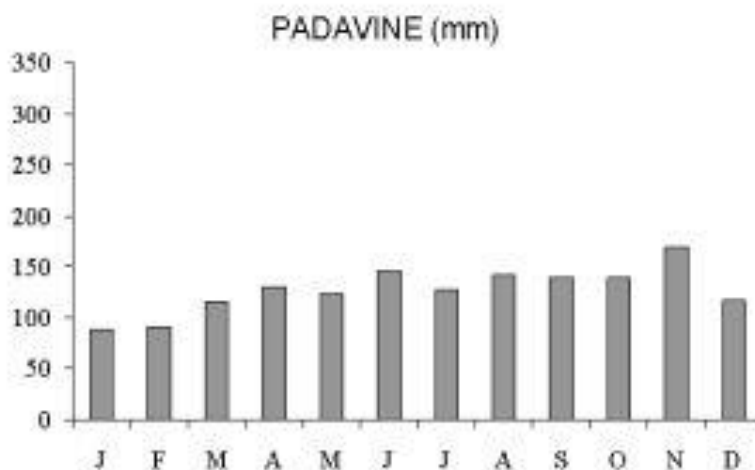
Slika 2: Površinske vode na Kočevskem polju (Vir: Atlas okolja, 2014, priredila Rauh T. 2014)

Kočevsko oz. Rudniško jezero ni navedeno v tem pravilniku, je pa omenjeno v publikaciji Jezera (Remec Rekar Š. in Bat M., 2003) kot poseben tip umetnih jezer nastalih zaradi ugrezanja površja nad nekdanjim premogovnikom. Tako je nastalo tudi Kočevsko jezero.

Kočevsko jezero se nahaja na Kočevskem polju, v severovzhodnem delu Kočevja, ob predelu Trata, Rudnik in naselju Šalka vas. Nastanek umetnega jezera sega v leta od 1973 do 1978. Na dnu kotline dnevnega kopa kočevskega rudnika rjavega premoga sta bili prvotno dve večji luži. Iz rudnika je pritekal tako imenovani Rudniški potok, ki je napajal obe luži, istočasno pa je tudi odtekal in ponovno poniknil ter se z enim ponikalnim potokom iz rudnika združil v enoten tok. Iz omenjenih luž so ob izkopavanju premoga vsak dan črpali vodo, ki so jo uporabljali na separaciji za pranje premoga. Ko so z izkopavanjem premoga prenehali, se je tudi prečrpavanje vode ustavilo, tako da se je kotlina dnevnega kopa začela polniti z vodo (Občina Kočevje, 2014b). Rudniško jezero na Kočevskem meri 38,9 ha (Firbas P., 2001). Glavni dotok je Rudniški potok, z istim imenom imenujejo tudi odtok v Željnske jame. Drugi odtok je odtok površinske vode preko cevovoda v reko Rinžo, preliv.

2.2.4 Klima na Kočevskem

Kot navaja ARSO (2006) podnebje v Sloveniji določajo številni dejavniki, med katerimi so najpomembnejši so njena geografska lega, razgiban relief, usmerjenost gorskih grebenov in bližina morja. Posledica prepleta številnih dejavnikov je zelo raznoliko podnebje. Večji del dinarsko-kraških pokrajin ima celinsko podnebje Slovenije z dvema podnebnima podtipoma: zmerno celinsko podnebje zahodne in južne Slovenije in zmerno celinsko podnebje osrednje Slovenije. Za zmerno celinsko podnebje zahodne in južne Slovenije je značilna velika namočenost (1300–2500 mm padavin na leto) s presežkom padavin jeseni.



Slika 3: Kočevje, referenčno obdobje: 1961-1990 (Vir: ARSO, 2014)

2.2.5 Potencialni onesnaževalci na Kočevskem

Potencialni onesnaževalci so točkovni (npr. industrijski obrati, naselja itd.), linijski (promet) in netočkovni (npr. kmetijstvo). Seveda ne smemo pozabiti tudi posrednih

vplivov kmetijskih in industrijskih dejavnosti na širšem območju porečja, ki mogoče nimajo neposrednih vidnih posledic za vodotok, kljub temu pa se ti vplivi kopičijo vzdolž toka. Zaradi zapletenosti povezav med rečnim, kopenskim in podzemnim ekosistemom je pri upravljanju z vodami in načrtovanju regionalnega razvoja nujno razumevanje ekoloških procesov, ki se dogajajo na ravni celotnega porečja, ter celosten pristop k reševanju problemov (Mori N. in sod. 2008). Kmetijstvo je najpomembnejši razpršeni onesnaževalec podzemnih voda z nitratom. Posledice onesnaženja se vedno pokažejo s časovnim zamikom, regeneracija pa je dolgotrajna.

V Atlasu okolja so navedene naslednje industrijske naprave: Ljubljanske mlekarne d.d., Melamin d.d., Dom starejših občanov in Recinko d.o.o..

Sistem odvajanja (kanalizacijski sistem) in čiščenja na čistilni napravi je zgrajen predvsem na območju mesta Kočevja in primestnih naselij na kočevskem polju, kjer se vode čistijo na centralni čistilni napravi v Kočevju. Ostali kanalizacijski sistemi so zgrajeni le delno, tako da večina bolj oddaljenih naselij sistema za odvajanje in čiščenje odpadnih voda še nima. Na teh območjih se zbiranje odpadnih voda izvaja v greznicah (Razvojni center Novo mesto in sod., 2011).

V občini Kočevje je 1.07.2014 živel 16.082 prebivalcev (SURS 1a, 2014), gostota poseljenosti je bila 29 prebivalcev/km², gostota poseljenosti za Slovenijo pa je 101,7 prebivalcev/km² (SURS 1b, 2014).

2.3 Vrednotenje stanja voda

Na kakovost podzemne vode vpliva zaledje oz. onesnaževanje vodonosnikov ter dejavnosti, ki potekajo na zemeljskem površju (Ambrožič Š. in sod., 2008). Ker na krasu ni ostre meje med površinskimi in podzemnimi vodami, je lahko onesnaženje podzemne vode direktno. Za izpuste iz industrije in komunalnih čistilnih naprav v vodotoke na krasu ne obstajajo ostrejši kriteriji (Darko D. in Panjan J., 2013). Kakovostno stanje vode določamo s fizikalnimi, kemijskimi, bakteriološkimi in biološkimi analizami. Kemijske analize pokažejo trenutno stanje, ko je vzorec zajet. Dopolnjujejo jih biološke analize, ki kažejo posplošeno oz. kumulativno posledično stanje. Le podrobno vzorčenje izbranih dogodkov z ustreznimi fizikalnimi in kemijskimi analizami pa poda podrobno sliko dogajanja, predvsem vsa nihanja parametrov v času. Ta nihanja, ki so pogosto časovno omejena in se ne odrazijo v biološkem stanju, so lahko zgodnje opozorilo, da v zaledju prihaja do občasnega večjega onesnaženja (Mežnaršič B., 2013). V jezerih in globokih rekah so od globine močno odvisni naslednji parametri: svetloba, temperatura, elektroprevodnost, kisik, pH in vsebnost hranil. Pri manjših vodotokih se vpliv globine na te parametre ne pozna, pač pa se ti parametri spreminjajo vzdolž toka.

2.3.1 Vzorčenje

Vzorčenje je zajemanje vzorcev vode. Za pravilnost analize vode moramo zajeti vzorec, ki predstavlja kakovostno povprečje vode, ki jo nameravamo analizirati. Način odvzema vzorcev je za analizo pomembna komponenta in lahko močno vpliva na rezultat. Vzorčimo lahko ročno ali avtomatsko. Pri ročnem vzorčenju zajamemo trenutni vzorec. To je vzorec, ki predstavlja kakovostno stanje vode v določenem času. Zaradi tega moramo pri podajanju rezultatov analize podati tudi čas zajetja vzorca. Tako lahko vzorčimo vode, katerih kakovost se s časom le malo spreminja, oziroma se spreminja

počasi (vodotoki). Vzorec zajamemo iz glavnega toka vode v čisto posodo. Le tako vzorec ne bo vseboval različnih primesi, ki znižujejo natančnost rezultata. Da čimbolj zavremo razkroj, hranimo vzorce v hladilniku, prevažamo jih pa v hladilnih torbah (Lobnik A., 2009).

2.3.2 Fizikalni parametri

Fizikalni parametri kvalitete voda zajemajo vplive onesnaženja, ki zadevajo vidne spremembe vode, primesi, okus in vonj, prevodnost, redoks potencial, pH in temperatura.

2.3.2.1 Okus, vonj in barva

Okus, vonj in barva vode so organoleptični parametri, to so parametri, ki jih ugotavljamo s čutili. Spremembe okusa, vonja in barve vode na pipi lahko kažejo na stik s površinsko vodo, na pripravo vode, poškodbo cevovoda in kontaminacijo ali dviganje usedline v distribucijskem sistemu. Če se pojavi sprememba okusa, vonja, barve (organoleptičnih parametrov), je potrebno ugotoviti vzrok. Dokler se ne ugotovi vzroka in vpliva na zdravje ter ustrezno ne ukrepa, taka voda ni primerna za pitje (ZZV Celje, 2014).

2.3.2.2 Motnost

Motnost vode je pokazatelj prisotnosti koloidnih in suspendiranih delcev, velikosti od 1 nm - 1 mm. Motnost vode ne smemo direktno povezovati s količino prej omenjenih suspendiranih snovi, saj so le-te brez barve (steklo, razne soli,...) in tako nimajo neposrednega vpliva na motnost. Najbolj pogosti vzroki motnosti vodnih izvirov so anorganske in organske suspendirane snovi ter mikroorganizmi, erozija koloidnih snovi, kot so glina, mulj, peščenjaki in zemeljski kovinski oksidi, huminske snovi, alge, plankton, bakterije,...). Posamezne komponente se med seboj lahko povezujejo: npr. glineno – organski del. Motnost komunalnih in industrijskih odpadnih voda je posledica širokega izvora onesnaženja s stabilnimi koloidi, ki so posledica prisotnosti večjih koncentracij mila, detergentov, mineralnih in organskih snovi. Motnost ali kalnost vode merimo fotometrično z določitvijo odstotka absorbirane svetlobe v kalni vodi pri svetlobnem izvoru določene jakosti. Mejna vrednost oz. specifikacija zahteva, da je "motnost sprejemljiva za uporabnike in je brez neobičajnih sprememb". V primeru priprave pitne vode iz površinske vode motnost ne sme presegati 1 NTU (NTU = nefelometrične enote, angl. Nephelometric Turbidity Units) v vodi po izstopu iz naprave za pripravo pitne vode. Po podatkih Svetovne zdravstvene organizacije je videz vode z motnostjo do 5 NTU običajno še sprejemljiv za uporabnike; zaradi mikrobiološke varnosti vode, priporočajo čim nižjo motnost. Za rezultate monitoringa pitne vode v Sloveniji je za oceno skladnosti dogovorjena mejna vrednost 1 NTU v primeru priprave in/ali če je voda površinska ali če površinska voda nanjo vpliva. V primeru, če ni priprave in/ali voda ni površinska ali če površinska voda nanjo ne vpliva, pa je dogovorjena nujna vrednost 5 NTU (Lobnik A., 2009).

2.3.2.3 Temperatura

Spremljanje vrednosti temperature in pH vrednosti pitne vode omogoča hitro in enostavno zaznavanje sprememb lastnosti vode na terenu. Temperatura je eden najpomembnejših parametrov voda. Temperatura uravnava hitrost odvijanja številnih bioloških procesov, ki lahko bistveno vplivajo na kvaliteto naravne vode. Pri povišanju temperature vode za ca. 10 °C se njena biološka aktivnost podvoji. Prav tako ima temperatura velik vpliv na večino kemijskih reakcij, ki se odvijajo v vodi in na topnost plinov. Temperatura naravnih vodnih sistemov je odvisna pretežno od temperature podlage, po kateri teče voda, od hladnih in toplih pritokov, temperature ozračja in jakosti sevalnega toplotnega toka sonca oziroma od letnega in dnevnega časa. Povišana temperatura je lahko znak onesnaženosti vode. Višja je temperatura vode, manj je v njej raztopljenih plinov in s tem kisika ter obratno. V splošnem so plavajoče in lebdeče primesi bolj podvržene temperaturnim vplivom kot tiste, ki se nahajajo globlje v vodi, zato segrevanje vodnih površin v sled atmosferskih vplivov pospešuje razvoj površinske mikroflore predvsem stoječih mirnih voda. Bolj problematične so lokalne spremembe temperatur vodotokov, ki so posledica industrijskih izpustov raznih hladilnih in procesnih odpadnih voda. Povišanje temperature škodljivo vpliva na ribjo populacijo, ki v splošnem zahteva nizke temperature in visoko stopnjo raztopljenega kisika. Zaradi biološke oksidacije nekaterih organskih snovi se poraba kisika lahko poveča do te mere, da ga začne primanjkovati, kar ima za posledico odmiranje in razkroj najrazličnejših bioloških vrst. Tako povišanje temperature naravnih voda posredno vpliva tudi na vonj in okus vode (Lobnik A., 2009). Na temperaturo vode na površini jezera vpliva nadmorska višina, prostornina le tega, prosojnost vode, hidrologija in vsakoletne vremenske razmere. Zgornji del jezera se imenuje epilimniji in se razteza v globino nekaj metrov. Sledi metalimniji, kjer temperatura na kratki razdalji pade za nekaj stopinj (termoklina). Nato sledi hipolimniji, kjer je temperatura vodnega stolpca nizka in precej konstantna. (Muri G. in Brancelj A., 2002). Torej limnološko gledano, je tako jezero dimiktično, z značilno termiko jezer zmernega podnebja. Poleti je stratificirano z dobro ločljivimi tremi gostotnimi plastmi (epi-, meta- in hipolimnijem) in občasno monimolimnijsko anoksično plastjo vode ob sedimentih. Mešanje vode je dvakrat letno, pomladi in delno jeseni (Kranjc U. in sod., 2001).

2.3.2.4 Električna prevodnost

Električna prevodnost vode je lastnost vode, da prevaja električni tok. Odvisna je od prisotnosti ionov v vodi: od njihove koncentracije, gibljivosti in naboja ter od temperature vode ob merjenju. Raztopine anorganskih snovi so večinoma dobri prevodniki, molekule organskih snovi, pa prevajajo električni tok slabo ali pa ga sploh ne. Enota za električno prevodnost je mikro Siemens na cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Električna prevodnost je indikatorski parameter in njena sprememba kaže na morebitno onesnaženost pitne vode. Vrednost, oziroma spremembo električne prevodnosti, ocenjujemo v povezavi z vrednostmi ostalih parametrov. Na električno prevodnost vode običajno vplivajo koncentracije kalcijevih, magnezijevih, natrijevih, kalijevih, hidrogenkarbonatnih, sulfatnih in kloridnih ionov. Tako ima na primer morska voda električno prevodnost približno 50.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, deževnica pa 5 - 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Pitna voda ima čim nižjo prevodnost, med 300 - 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. (Lobnik A., 2009). Bolj kot je vodno telo obremenjeno s hranili, višje so vrednosti prevodnosti, saj se z dotokom hranil poveča količina nabitih delcev. Najvišje vrednosti so navadno v jeseni, takrat prihaja do intenzivne razgradnje, izgradnja pa je zaradi nižjih temperatur in nižje intenzitete svetlobe relativno nizka (Trnovšek L. v Wetzel in Likens, 1991).

2.3.2.5 pH

Izraz pH-vrednost izvira iz latinskega izraza »potentia hydrogenii« in pomeni učinkovitost vodika. Vrednost pH je merilo za kislost ali bazičnost raztopin. Po definiciji je pH negativni desetiški logaritem koncentracije oksonijevih ionov. V večini naravnih vod je pH povezan z ravnotežjem ogljikovega dioksida, hidrogenkarbonata in karbonata in s tem tudi s trdoto vode (mehke vode imajo nižjo pH vrednost, trde vode pa višjo). Običajni pH v podzemnih vodah je med 6 in 8,5. V čistih vodah je pH v območju od 4,5 do 8,5. Takšen pH dajejo vodi v njej raztopljene huminske snovi in CO₂. Nižji ali višji pH je znak onesnaženja vode z industrijskimi odplakami. Ekstremne vrednosti v pitni vodi so lahko posledica neugod, napak v pripravi vode ali izločanja materialov v stiku z vodo (npr. cementne cevi) (Lobnik A., 2009). Muri G. in Brancelj A. (2002) navajata, da se pH v oligotrofnih jezerih po globini dejansko ne spreminja, nasprotno pa je v evtrofnih jezerih. Zaradi sprememb v karbonatnem ravnotežju v hipolimniju pH močno upade.

2.3.2.6 Redoks potencial ORP

Skladno z EPA terenskim priročnikom je "oksidacijsko-redukcijski potencial (ORP) merilo za ravnotežni potencial, glede na standardno vodikovo elektrodo, ki nastane na meji med elektrodo iz žlahtne kovine in vodno raztopino, ki vsebuje elektroaktivne redoks vrste" (EPA, 2014). Količina nam pove, kakšna je težnja vodnega okolja, da bodisi oksidira ali reducira snov. Alkalno okolje znižuje oksidacijsko-redukcijski potencial okolja (zmanjšuje težnjo snovi, da se oksidira), medtem ko kislino okolje zvišuje oksidacijsko-redukcijski potencial okolja (zvišuje težnjo snovi, da se oksidira). Oksidacijsko-redukcijsko stanje okolja lahko vpliva tudi na topnost hranil, še posebej kovinskih ionov (BTF, 2014). Scholar (2014, cit. po Sigg, 2000) navaja, da so redoks potenciali v naravnih vodah v območju od približno -400 mV do 800 mV pri pH 7 do 8. Prav tako Scholar (2014, cit. po Stumm in Morgan, 1996) navaja, da kadar prihaja v vodi do redukcije vode do vodika, so vrednosti ORP v negativnem območju, kadar prihaja do oksidacije vode do kisika, pa so v pozitivnem območju. Voda nasičena s kisikom ima lahko redukcijski potencial od 710 do 800 mV pri pH 7 do 8. V sistemih, kjer se kisik porablja, je redoks potencial lahko med -100 do 710 mV pri pH 7 do 8.

2.3.3 Kisikove razmere

2.3.3.1 KPK

Kemijska potreba po kisiku je množina kisika, ekvivalentna množini kalijevega dikromata, ki je potrebna za kemijsko oksidacijo organskih snovi prisotnih v odpadni vodi. Je torej parameter s pomočjo katerega posredno sklepamo o onesnaženju odpadnih vod z organskimi snovmi. Določanje kemijske potrebe po kisiku zagotovi hitro oceno celotne organske snovi v vzorcu vode (razgradljive in nerazgradljive). Količino kisika, ki je potrebna za oksidacijo organskih spojin imenujemo kemijska potreba po kisiku in jo označimo s KPK (angl. COD – Chemical Oxygen Demand). To je pomemben parameter tehnoloških odpadnih vod in industrijskih odplak in ga lahko določamo z različnimi metodami. Organske nečistoče določamo tako, da jih pri določenih pogojih oksidiramo in iz porabe oksidanta sklepamo na količino organskih snovi. S kemijsko potrebo po kisiku določimo vse organske snovi, ne moremo pa ločiti med biološko razgradljivimi in biološko inertnimi organskimi snovmi. Zato je KPK

dopolnilo in ne nadomestilo BPK (biološka potreba po kisiku), ki podaja množino porabljenega kisika za razgradnjo organskih snovi pri pogojih, ki so v naravi, torej za biološko razgradnjo organskih snovi (Lobnik A., 2009).

2.3.3.2 Vsebnost in nasičenje s kisikom

Nasičenost vode z atmosferskim kisikom je fizikalno omejena in znaša od 8 do 14 mg/l, odvisno od temperature vode in parcialnega tlaka kisika v plinasti fazi. Nizke koncentracije kisika, ki je raztopljen v vodi, spodbujajo rast anaerobnih bakterij, ki proizvajajo škodljive pline. Veliko porabo kisika v vodi povzročijo odpadne vode ali pa intenzivna rast rastlin zaradi vnesenih hranil (Vrhovšek D. in Vovk Korže A., 2008). Povečane količine hranljivih snovi (fosfati, nitrati) v vodah omogočajo povečano rast različnih alg in drugih vodnih rastlin. Posledica je porušeno ravnotežje kisika in pH. Zlasti podnevi lahko nastajanje kisika zdaleč preseže njegovo porabo in zasičenost s kisikom lahko celo preseže 200 in več procentov. V vodah z mnogo hrane in mnogo rastlinami je zasičenost s kisikom najvišja v popoldanskih urah. Ponoči se zgodi obraten proces - zasičenost s kisikom pade tudi pod 50 % (Harlander D., 2002).

2.3.4 Hranila

Hranila so uvrščena med kemijske parametre, to so dušikove in fosforjeve spojine.

2.3.4.1 Nitrati in nitriti

Gre za naravno obliko dušika v okolju. Nitrati in nitriti se pojavljajo tudi kot posledica človekove dejavnosti: uporaba umetnih in naravnih gnojil, nahajajo se v komunalnih odplakah, uporabljajo se v industriji. V vodi so dobro topni. Ljudje smo nitratom in nitritom izpostavljeni preko hrane in vode. Najbolj znan škodljiv učinek nitratov oz. nitritov na zdravje je pojav methemoglobinemije, kjer je moten prenos kisika po telesu. Zaradi posebnosti v razvoju so najbolj ogroženi dojenčki do 6 mesecev starosti, predvsem zalivančki. Mejna vrednost za pitno vodo je 50 mg/l za nitrat (NO_3) in 0,50 mg/l za nitrit (NO_2) (IVZ, 2005a).

2.3.4.2 Amonij

Vsebnost amoniaka in amonijevih ionov v vodi služi kot indikator onesnaženja vode. Amoniak je zelo dobro topen v vodi, pri reakciji z vodo nastane amonijev ion NH_4^+ , le tega določamo pri preskušanju vode in ga imenujemo amonij. Koncentracija amonija v vodi vpliva na njen okus in vonj. Prag zaznavanja vonja v vodi za amonij je približno 1,5 mg/L, prag zaznavanja okusa pa je 35 mg/L. Koncentracije v podzemni in površinski vodi so običajno pod 0,2 mg/L, v anaerobnih pogojih v podzemni vodi so lahko več kot 3 mg/L. Amonijevi ioni v vodi so posledica komunalnega, kmetijskega in industrijskega onesnaženja. V pitni vodi ga lahko najdemo tudi po dezinfekciji vode s kloramini, lahko pa tudi migrira iz cementnih cevi. Za pitno vodo je mejna vrednost za NH_4^+ 0,50 mg/L, priporočena vrednost pa je 0,05 mg/L, voda za ribe 0,5 mg/L, voda v bazenih največ 0,1 mg/L (Mele R. in Prevc H., 2014).

2.3.4.3 Fosfati

Naravni viri fosforja so kamenine, ki vsebujejo fosfate. Poleg kmetijstva pa so onesnažene vode, ki vsebujejo čistila, pralne praške. Koncentracije fosforja v tekočih vodah z rahlim onesnaženjem so okoli 0,1 mg/L (Vrhovšek D. in Vovk Korže A., 2008). Kranjc U. in sod (2001) navajajo še vire celokupnega fosforja v spomladanskem pelodu, jesenskem odpadlem listju in v zaščitnih kremah proti soncu. Čezmerna množina fosforja v površinskih vodah vodi do čezmerne rasti alg in eutrofikacije. Fosfor je lahko prisoten kot ortofosfat, polifosfat in organsko vezan fosfor. Določamo ga kot celotni fosfor. Ortofosfat je za biološko rast in reprodukcijo mikroorganizmov najprimernejši.

2.3.5 Drugi kemijski parametri

V sklop drugih kemijskih parametrov sem uvrstila naslednje: m-alkalitetu, trdoto vode (karbonatna, skupna), vsebnost sulfatov in kloridov.

2.3.5.1 m-alkalitetu

Kuleš M. in Habuda Stanić M. (2009) povzemata standard ISO 9963-1:1994 in navajata, da alkaliteto tvorijo hidroksidi, karbonati in bikarbonati alkalijevih in zemeljskoalkalijevih kovin, prednostno natrija, kalija, kalcija in magnezija.

Parameter m-alkalitetu se nanaša na vsebnost karbonatnih in bikarbonatnih (CO_3^{2-} in HCO_3^-) ionov v vodi, ki nevtralizirajo kisline in je merilo puferske kapacitete vode. Določa se s titracijo z močno kislino in je običajno izražena v miliekvivalentih na liter (Urbanič G., 2009). Voda z višjo karbonatno trdoto (več karbonatnih in bikarbonatnih ionov) ima večjo pufersko kapaciteto (manjše nihanje pH pri dodatku kisline ali baze).

2.3.5.2 Trdota vode

V vodi so raztopljene različne snovi, katerih količina in vrsta je odvisna od področja, kjer voda izvira in od kemične sestave podlage preko katere teče. Trdoto vode določajo raztopljene mineralne snovi, predvsem kalcijevi in magnezijevi hidrogenkarbonati ter kalcijev sulfat, ki jih voda raztaplja iz prsti in kamnin (CaCO_3 – apnenčasta podlaga, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ – dolomitska podlaga, CaSO_4 – predeli z depoziti sadre). K trdoti vode seveda prispevajo tudi drugi ioni, vendar v znatno manjši meri: Na^+ , K^+ , Cl^- in drugi (odvisno od kamenin). Kalcijev karbonat je v vodi zelo slabo topen, ob prisotnosti ogljikovega dioksida pa poteče reakcija do kalcijevega hidrogenkarbonata, ki pa je dobro topen. Trdota vode je sestavljena iz začasne trdote (ali karbonatne trdote) in trajne trdote (ali nekarbonatne trdote). Začasno trdoto vode lahko odstranimo s prekuhavanjem; pri segrevanju vode se namreč kalcijevi in magnezijevi hidrogenkarbonati pretvorijo v netopne karbonate. Izločeni karbonati so tako imenovani vodni kamen ali kotlovec. Vse ostale mineralne snovi, ki se pri prekuhavanju ne oborijo, sodijo v trajno trdoto (sulfati, kloridi, natrijev karbonat itd.) Pri segrevanju vode pride do razkroja kalcijevega hidrogenkarbonata, izloča se kalcijev karbonat, izhaja tudi ogljikov dioksid. Obe reakciji sta pomembni tudi pri kraških pojavih, tako pri nastanku kapnikov, kraških jam in vrtač (Kraški vodovod Sežana d.o.o., 2014). Vodo po trdoti razvrščamo v mehko - < 7 °N, srednje trdo 7 – 14 °N, trdo 14 – 21 °N in zelo trdo > 21 °N (Vodovod kanalizacija, 2014).

2.3.5.3 Sulfat

Rajaković Ognjanović V.N. (2004) navaja, da naravne površinske vode vsebujejo zelo malo sulfatov. Večje koncentracije so posledica spiranja kmetijskih površin ali odpadnih industrijskih in komunalnih voda. Podzemne vode običajno vsebujejo sulfate geološkega ali atmosferskega izvora. Sulfidi v podzemni vodi so prisotni v toplih izviroh in pa zaradi razgradnje organskih snovi pri čemer se sulfat reducira v sulfid. Vodikov sulfid ne spada med indikatorske parametre.

Sulfati so naravno prisotni v mnogih kamninah; v okolje pridejo tudi preko odpadkov oz. odplak in iz atmosfere. Glavni vnos za človeka je preko hrane. Sulfat je uvrščen med indikatorske parametre. Pri koncentracijah nad 250 mg/L je lahko vzrok okusa vode (IVZ, 2005b).

Holomiktična jezera so jezera, v katerih poteka popolno kroženje, od dna do površine. V mnogih jezerih kroženje ne sega do dna in ostaja globinski del nepremešan, zato tovrstnim jezerom pravimo meromiktična jezera. Globinski sloj, kjer se voda ne premeša, imenujemo monimolimnijski sloj, zgornji sloj, kjer se voda meša pa miksolimnijski sloj. Zaradi onesnaženja in kopičenja težkih sulfidov in sulfatov v plasti pri dnu jezera, se mnoga alpska jezera spreminjajo iz holomiktičnih jezer v meromiktična jezera (Tarman K., 1992).

2.3.5.4 Klorid

Kloridi so v okolju prisotni kot natrijeva, kalijeve ali kalcijeve sol. V površinskih in podzemnih vodah so lahko naravnega in antropogenega izvora. Kloridi v pitni vodi so lahko naravnega izvora, lahko pa so iz odpadnih voda, so posledica soljenja cest ali uporabe gnojil, vdora slanice. V pitni vodi so lahko tudi posledica priprave vode. Koncentracije, ki presegajo 250 mg/L lahko dajejo vodi okus in so daleč pod tistimi, ki bi lahko imele zdravstvene učinke. Ob povišanih koncentracijah jih ocenjujemo v povezavi z vrednostmi ostalih parametrov (IVZ, 2005a).

2.3.6 Mikrobiološki parametri

Voda je ugodno okolje za razvoj mikroorganizmov. V vodi so okoliščine ugodne za mikroorganizme in za prenašanje nalezljivih bolezni. Preventivni ukrepi so zaščita pitne vode, predvsem podtalnice, vodnih zajetij, vodovodov, površinskih voda. Podtalnico kontaminirajo že na lokalnih zajetjih odplake, odpadne vode s kmetij, ki pronicajo vanjo. Usodo patogenih organizmov v zemlji in vodah urejata njihov transport in persistenca. O tem odločajo štirje poglavitni dejavniki: podnebje (temperatura in padavine), vrsta vodnih izvirov in zajetij (struktura, pH, sposobnost ohranjati vodo in izmenjavo kationov), lastnosti tekočine, ki pronika skozi pore (kemična sestava in nasičenost) in vrsta patogenega mikroorganizma (Likar M., 2000). Indikatorske mikroorganizme uporabljamo kot pokazatelje stanja v okolju. Za ugotavljanje sprememb, ki jih povzroči onesnaženje, so v uporabi predvsem analize, ki temeljijo na spremljanju prisotnosti določene vrste, pri čemer so najpogosteje uporabljene koliformne bakterije, katerih prisotnost kaže na fekalno onesnaženje (Kabler P.W. in sod., 1964). Za izračun stanja kopalnih voda so obvezni vsaj naslednji parametri: skupne koliformne bakterije, koliformne bakterije fekalnega izvora, streptokoki fekalnega izvora, mineralna olja, fenoli in površinsko aktivne snovi. Leta 2006 je Evropski parlament sprejel novo kopalno direktivo 2006/7/EC (Direktiva 2006/7/EC), po kateri je poročanje nekoliko poenostavljeno. Zbirajo se samo podatki za 2 glavna parametra, to sta *Escherichia coli* in intestinalni enterokoki. V prehodnem obdobju, ki bo trajalo do 2015, je dovoljeno

poročanje po stari ali novi direktivi, saj so za izračun statusa po novi direktivi potrebni podatki za vsaj 4 leta (Zupan Vrenko D. in sod., 2009). Z novo slovensko zakonodajo, ki je usklajena z evropsko kopalno direktivo 2006/7/ES, mikrobiološka parametra nimata določenih mejnih vrednosti za vrednotenje posameznih vzorcev, pač pa so določene le vrednosti za statistično vrednotenje kakovosti posamezne kopalne vode na osnovi 4 letnega niza rezultatov analiz z izračunom 95 oziroma 90 percentila. Na podlagi statističnih izračunov se kopalne vode po kakovosti razvrstijo v odlične, dobre, slabe ali zadostne (Poje M., 2014).

2.3.6.1 *Escherichia coli*

Bakterije, ki so vedno prisotne v človeškem in živalskem blatu (feces) v velikem številu ter posledično v odplakah in vodah, ki so onesnažene s fekalijami (človeka, domačih in divjih živali, uporaba v poljedelstvu). Prisotnost *E.coli* v pitni vodi zanesljivo dokazuje, da je bila voda fekalno onesnažena. Po Pravilniku o pitni vodi (Ur.l. RS št. 19/04, 35/04) so bakterije *Escherichia coli* uvrščene v Prilogo I, del A, med mikrobiološke parametre. Mejna vrednost za *E. coli* v pitni vodi je: 0 /100 ml (NIJZ, 2011).

2.3.6.2 Enterokoki

Bakterije, ki so prisotne v črevesju oz. v blatu ljudi in živali. Upoštevamo jih kot zanesljive fekalne indikatorje. V vodi se ohranijo dlje časa kot *E. coli*, zato njihovo prisotnost v pitni vodi, v kateri drugih bakterij nismo ugotovili, ocenjujemo kot starejše fekalno onesnaženje. Po Pravilniku o pitni vodi (Ur.l. RS št. 19/04, 35/04) so enterokoki uvrščeni v Prilogo I, del A, med mikrobiološke parametre. Mejna vrednost za enterokoke v pitni vodi je: 0/100 ml (NIJZ, 2011).

2.3.6.3 Skupne koliformne bakterije

Skupina različnih bakterij, ki jih najdemo ne samo v blatu, ampak tudi v okolju. Če v vzorcu pitne vode nismo potrdili tudi prisotnosti *E.coli* in/ali enterokokov, jih ne moremo uporabljati kot pokazatelje fekalnega onesnaženja. Preskus je uporaben za presojo onesnaženja z večjimi količinami organskih in anorganskih snovi iz okolja, ustreznosti priprave vode, onesnaženja po pripravi vode, poškodovanosti ali napak v omrežju ipd. Po Pravilniku o pitni vodi (Ur.l. RS št. 19/04, 35/04) so koliformne bakterije uvrščene v Prilogo I, del C, med indikatorske parametre. Mejna vrednost za koliformne bakterije je: 0/100 ml (NIJZ, 2011).

2.3.6.4 Skupno število kolonij pri 36°C

S parametrom določamo število bakterij, ki podobno kot število kolonij pri 22°C kažejo na učinkovitost postopkov priprave vode, na razmnoževanje v omrežju zaradi zastojev ali povečane temperature, naknadnega vdora bakterij v sistem itd. Podatek nam pomeni izhodišče za oceno stanja celega sistema. V primerjavi s številom kolonij pri 22°C, nam število kolonij pri 37°C pomaga pri oceni, ali bi lahko šlo tudi za bakterije fekalnega porekla. Po Pravilniku o pitni vodi (Ur.l. RS št. 19/04, 35/04) je število kolonij pri 37°C uvrščeno v Prilogo I, del C, med indikatorske parametre. Mejna vrednost za število kolonij pri 37°C je: manj kot 100/ml (NIJZ, 2011).

3 PRAKTIČNI DEL

Pri spremljanju kakovosti površinskih in podzemnih vodnih virov na Kočevskem sem uporabila kemijsko fizikalni ter mikrobiološki pristop. Vzorčenje in analize so potekale jeseni 2014. Fizikalno kemijske in del mikrobioloških analiz sem naredila v raziskovalnih laboratorijih in laboratoriju na čistilni napravi v podjetju Melamin d.d. Kočevje, del mikrobioloških analiz pa v laboratoriju Hydrovod d.o.o Kočevje.

3.1 Vzorčenje in vzorčna mesta

Vzorčenje je zajemanje vzorcev vode. Za pravilnost analize vode sem zajela vzorec, ki predstavlja kakovostno povprečje vode, ki sem jo kasneje analizirala. Način odvzema vzorcev je za analizo pomembna komponenta in lahko močno vpliva na rezultat. Nekatere meritve sem izvedla na mestu vzorčenja. Z oksimetrom Hach Lange sem izmerila temperaturo vode, kisik in nasičenje s kisikom. Meritve sem vpisala na terenski list (v prilogi), hkrati sem zabeležila datum in uro vzorčenja, opisala vzorčno mesto, vidne odplake, barvo, vonj, okolico merskega mesta oz. potencialne vire onesnaženja, vremenske razmere. Prva serija jemanja vzorcev je bila po daljšem deževnem obdobju. Vzorčila sem površinsko vodo reke Rinže in Kočevskega oz. Rudniškega jezera. Na obeh mestih sem vzela vzorce iz površine, na jezeru pa sem s pomočjo potapljačev potapljaškega društva Ponirek pridobila še vzorce iz globine. Poleg tega sem vzorčila še preliv jezera v reko in podzemno vodo iz vrtine. Druga serija vzorcev v oktobru 2014 je bila prav tako po daljšem obdobju dežja, s tem, da sem počakala en teden suhega vremena. Prav tako je bila tretja serija (mikrobiološki del) po daljšem deževnem obdobju in enem tednu suhega vremena.

Preglednica 1: Podatki o vzorčnih mestih

VZORČNO MESTO	GEOGRAFSKE KOORDINATE	DATUM VZORČENJA	TEMP. VODE [°C]	KISIK [mg/L]	Nasič. O ₂ [%]
RINŽA					
Marof	GKY 488.551	24.09.2014	9,9	9,00	83,1
	GKX 55.243	20.10.2014	11,0	7,27	68,5
		04.11.2014	10,2	8,67	81,3
Zapornice	GKY 489.528	24.09.2014	12,4	6,68	65,3
	GKX 54.905	20.10.2014	12,4	5,89	57,5
		04.11.2014	9,5	8,43	77,6
KOČEV. JEZERO					
Po globini-površ.	GKY 422.407	27.09.2014	20,0	7,90	90,5
	GKX 54.826				
Površina	GKY 490.362	21.10.2014	16,5	8,21	88,6
	GKX 55.708	04.11.2014	12,5	8,00	79,3
PRELIV	GKY 489.685	30.09.2014	17,8	8,63	94,5
	GKX 55.299				
VRTINA	GKY 489.675	26.09.2014	12,3	4,25	41,5
	GKX 55.311	21.10.2014	12,5	4,18	41,2
		04.11.2014	12,6	4,06	40,3



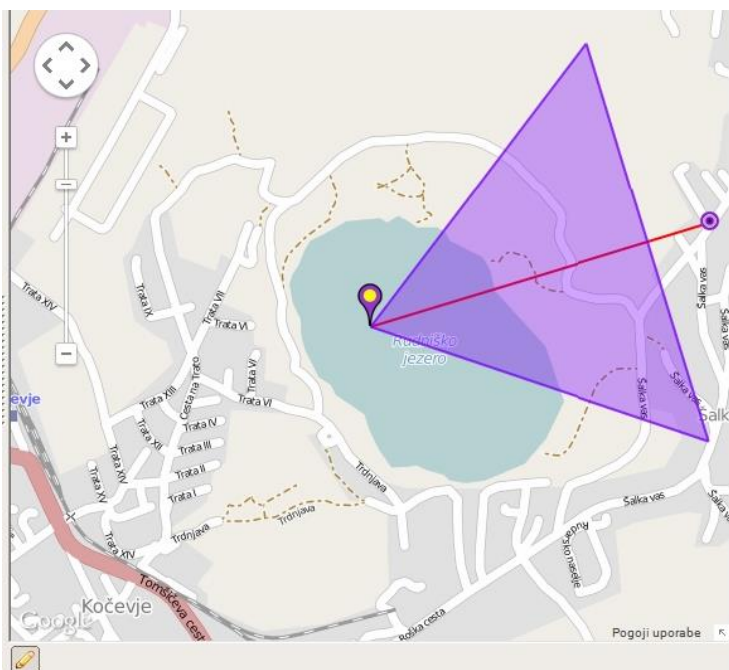
Na reki Rinži sem vzorčila zjutraj 24.09.2014, 20.10.2014 in 04.11.2014 na dveh mestih, in sicer pri mostu na Marofu, kjer ni pričakovati onesnaženj iz industrije, razen kmetijstva in fekalnih odvodov v reko in je gorvodno od mesta Kočevje.

Slika 4: Vzorčno mesto Marof (Vir: Atlas okolja 2014, priredila Rauh T. 2014)



Drugo mesto je bilo pred zapornicami, ki je dolvodno od mesta Kočevje. Tu bi bilo lahko prisotno morebitno onesnaženje iz industrije. Vzorce sem na Marofu zajela s steklenim kozarcem približno na sredini, pred zapornicami pa na eni petini vodotoka. Čist kozarec sem predhodno splaknila z rečno vodo.

Slika 5: Vzorčno mesto zapornice (Vir: Atlas okolja 2014, priredila Rauh T. 2014)



Vzorčenje jezera po globini je potekalo samo enkrat, in sicer 27.09.2014 popoldne v debelostenske steklenice po vertikali na različnih globinah. Vidljivost pod vodo je bila izjemno slaba. Prosojnosti nisem merila. Potapljači so se ob vrvi, ki je bila pripeta na bojo in je bila obtežena s cementnim blokom, spustili do globine 26,6 m in zajemali vzorce, skupno šest.

Slika 6: Vzorčno mesto Kočevsko jezero (po globini) (Vir: Potapljaško društvo Ponirek Kočevje, 2014)



Površino jezera sem vzorčila 26.09.2014, 21.10.2014 in 04.11.2014.

Slika 7: Vzorčno mesto Kočevsko jezero (površina) (Vir: Atlas okolja 2014, priredila Rauh T. 2014)



Slika 8: Vzorčno mesto podzemna voda (vrtina) in preliv Kočevskega jezera v Rinžo

30.09.2014 sem vzorčila preliv jezera v reko Rinžo iz jaška, ki je na dvorišču podjetja Melamin d.d., Kočevje.

Podzemno vodo sem zajela 26.09.2014, 21.10.2014 in 04.11.2014 iz vrtine. Vrtina je na dvorišču tovarne Melamin d.d., Kočevje. Ocenjena globina podzemnega bazena je 158,5 m, črpanje podzemne vode je iz globine 40 m. Prahovke sem predhodno splaknila s podzemno vodo.

3.2 Vreme pred vzorčenjem

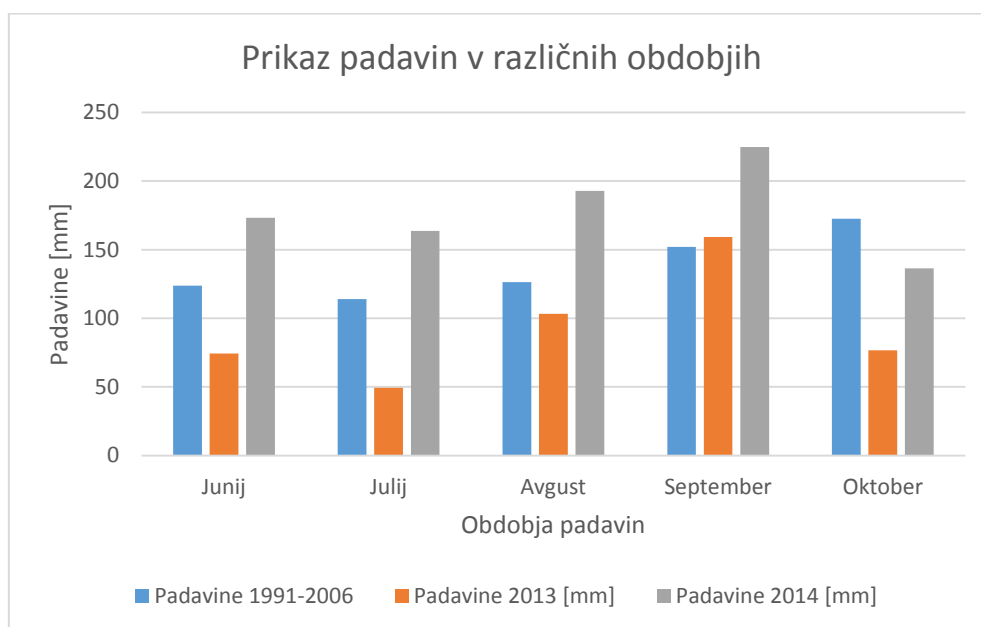
3.2.1 Padavine

Leto 2014 je bilo izjemno bogato s padavinami. Pred izvedbo vzorčenj v jeseni 2014 je bilo daljše obdobje padavin, kar je razvidno iz spodnje tabele. Padavine so bile obilne, prav tako število dni s padavinami. V letu 2014 odstopajo od povprečja let 1991-2006 in od povprečja junij-oktober 2013. Padavine vplivajo na podzemni in površinski odtok.

Količina padavin v mesecih junij – oktober v obdobjih 1991-2006, 2013 in 2014 je prikazana v spodnji preglednici in grafu.

Preglednica 2: Podatki klimatološke postaje Kočevje za obdobje 1991-2006 in junij-oktober 2013 in 2014 (povzeto po ARSO, Arhiv podatkov, 2014)

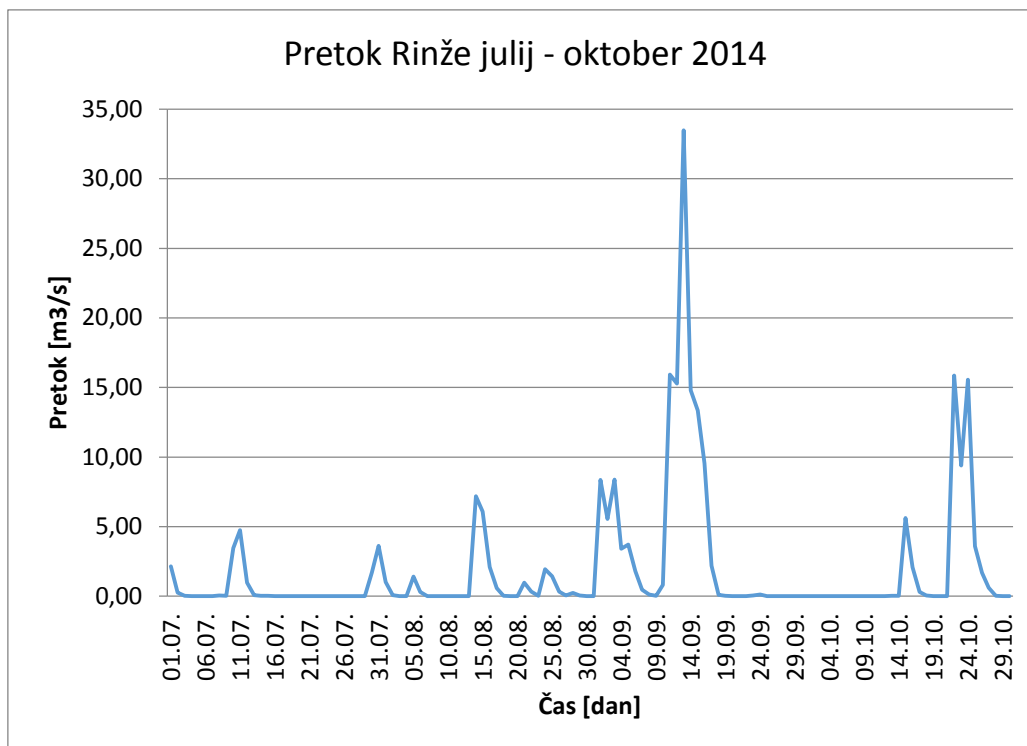
	Padavine 1991-2006	Padavine 2013 [mm]	Padavine 2014 [mm]
Junij	123,9	74,4	173,2
Julij	113,9	49,3	163,6
Avgust	126,4	103,2	192,8
September	152,1	159,3	224,9
Oktober	172,5	76,7	136,4



Slika 9: Prikaz padavin klimatološke postaje Kočevje za različna obdobja

3.2.2 Hidrološki podatki Rinža

Hidrološki podatki za Rinžo so skopi. Meritve pretokov so se v preteklosti izvajale na različnih merilnih mestih. V samem mestu Kočevje merilne postaje ni. Avtomatska vodomerna postaja Livold I (GKY 491681, GKX 51184) leži približno 7 km dolvodno od mesta. Meri vodostaj [cm], pretok [m^3/s] in temperaturo [$^{\circ}\text{C}$]. Pretoki Rinže v obdobju junij – oktober 2014 so prikazani na spodnjem grafu. V času z malo padavinami se pretok giblje od 0,001 do 0,05 m^3/s , pri zmernih padavinah do 5 m^3/s . Maksimalen povprečni dnevni pretok je bil izmerjen v sredini septembra 2014, in sicer 33,47 m^3/s , kar je posledica izjemnih padavin v tem obdobju.



Slika 10: Pretok Rinže v obdobju julij – oktober 2014 (Vir: ARSO 2015, pripravila Rauh T., 2015)

3.3 Metode analiznega dela

Na terenu sem uporabila za merjenje temperature vode, vsebnosti kisika in nasičenja vode s kisikom oksimeter Hach Lange tip HQ40d s sondo LDO. PH, redoks potencial, elektroprevodnost sem merila z aparati Mettler Toledo z različnimi sondami. Izmerjene količine sem vpisala v terenski list (vzorec v prilogi).

Pri laboratorijskih analizah kemijskih parametrov sem uporabljala pripomočke in kivetne teste znamke Hach Lange. Za vsak merjeni parameter sem uporabila določen komplet, ki ga sestavljajo testne kivete in priloženi reagenti. Vsaka kiveta je opremljena s kodo, ki nosi informacijo o valovni dolžini, ki jo je potrebno izbrati pri analizi vsebovanega vzorca in o faktorjih za izračun rezultata. Po pripravi vzorcev in analiznih kivet sem koncentracije merila s spektrofotometrom. Za merjenje trdote vode in m-alkalitete sem pri titracijskih metodah uporabila laboratorijsko steklovino (erlenmajerico, avtomatske birete...) in standardizirane kemikalije. Seznam in tipi aparatov ter merilnih principov je v spodnji preglednici.

Preglednica 3: Seznam aparatov, tipov aparatov in merilnih principov fizikalno kemijski parametri

Parameter	Enota	Aparatura		Merilni princip
		Proizvajalec	TIP	
Temperatura vode	°C	Hach Lange	Oksimeter HQ40d s sondo LDO	elektrometrija
Kisik	mg O ₂ /L	Hach Lange	Oksimeter HQ40d s sondo LDO	elektrometrija
Nasič. s kisikom	%	Hach Lange	Oksimeter HQ40d s sondo LDO	elektrometrija
Elektroprevodnost	µS/cm	Mettler Toledo	Konduktometer Seven Easy	konduktometrija
pH		Mettler Toledo	pH meter Seven Easy	elektrometrija
Redoks potencial	mV	Mettler Toledo	ORP meter Seven Easy	elektrometrija
m-alkaliteta	mmol/L		Avtomatska bireta	volumetrija
Trdota vode-skupn	°N		Avtomatska bireta	volumetrija
Motnost	NTU	Hach Lange	Turbidimeter 2100AN IS	turbidimetrija
Volumen	mL	Brand	Avtomatska pipeta	elektrometrija
TN	mg N/L	Hach Lange	Fotometer DR 3900 Termoblok HT 200S	fotometrija
Amonij	mg NH ₄ /L	Hach Lange	Fotometer DR 3900	fotometrija
Nitrit	mg NO ₂ /L	Hach Lange	Fotometer DR 3900	fotometrija
Nitrat	mg NO ₃ /L	Hach Lange	Fotometer DR 3900	fotometrija
TP	mg PO ₄ /L	Hach Lange	Fotometer DR 3900 Termoblok HT 200S	fotometrija
Ortofosfat	mg PO ₄ /L	Hach Lange	Fotometer DR 3900	fotometrija
KPK	mg O ₂ /L	Hach Lange	Fotometer DR 3900 Termoblok HT 200S	fotometrija
Sulfati	mg SO ₄ /L	Hach Lange	Fotometer DR 3900	fotometrija
Kloridi	mg Cl/L	Hach Lange	Fotometer DR 3900	fotometrija

Pri mikrobioloških analizah sem uporabila petrijevke proizvajalca Biokar Diagnostic in petrifilme proizvajalca 3M Food Safety.

Compass CC agar v petrijevkah je selektivno gojišče, ki se uporablja za ugotavljanje prisotnosti in števila bakterij *Escherichia coli* in koliformnih bakterij v vodi z uporabo metode membranske filtracije vzorca v 24 urah pri temperaturi 36°C. Kolonije *E. coli* so modro obarvane, koliformne bakterije pa roza.

Compass Enterococcus Agar v petrijevkah je selektivno gojišče, ki se uporablja za ugotavljanje števila enterokokov v vodi z uporabo metode membranske filtracije vzorca. Inkubacija je 24 ur pri 44°C. Zrasle kolonije so modre barve.

Za ugotavljanje skupnega aerobnega števila bakterij sem uporabila Petrifilm AquaHeterotrophic brez filtracije vzorca. Inkubacija je 48 ur pri 36°C. Kolonije se obarvajo rdeče.

V spodnji tabeli je naveden seznam aparatov, tipov aparatov za mikrobiološke parametre.

Preglednica 4: Seznam aparatov, tipov aparatov za mikrobiološke parametre.

Parameter oz. postopek	Enota	Proizvajalec / TIP	Barva kolonij
Enterokoki	št. CFU/ 100 mL	Biokar Diagnostic	Compass <i>Enterococcus</i> Agar modra
<i>E. coli</i> in koliformne bakt.	št. CFU/ 100 mL	Biokar Diagnostic	Compass CC Agar modra roza
Skupne bakterije	št. CFU/ 100 mL	3M Food Safety	3M™ Petrifilm™ Aqua Heterotrophic Count Plate (AQHC) rdeča
Pipetiranje	mL	Brand	Handy step electronic /
Filtri		0,45 µm	Fi 47 mm /
Membranska filtracija		dr. Möller & Schmelz	No. 6040 /
Inkubacija	Pri 44°C	Kambič	SP-45 /
Inkubacija	Pri 36°C	Kambič	I-50 /

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

Dobljene rezultate fizikalno kemijskih in mikrobioloških analiz vodnih virov Kočevske sem primerjala z naslednjimi zakonskimi predpisi:

- Pravilnik o pitni vodi Ur. list RS št. 19/2004, 35/2004, 26/2006, 92/2006 (1)
- Uredba o upravljanju kakovosti kopalnih voda Ur. list RS št. 25/2008, fiz-kem parametri v tabeli so orientacijske vrednosti iz Priloge k Direktivi o kakovosti kopalnih voda (Direktiva 76/160/EGS), ki je zamenjana s sedaj veljavno Direktiva 2006/7/ES (2)
- Uredba o stanju površinskih voda Ur.list RS 14/2009, 98/10, 96/13, Mejne vrednosti razredov ekološkega stanja za splošne fizikalno kemijske parametre za reke. (3)
- Uredba o stanju površinskih voda Ur.list RS 14/2009, 98/10, 96/13, Mejne vrednosti razredov ekološkega stanja za splošne fizikalno kemijske parametre za jezera. (4)
- Standardi kakovosti in vrednosti praga v Prilogi 2 Uredbe o stanju podzemnih voda Ur.list RS 25/09 in 68/12. (5)

Upoštevala sem naravna ozadja za reke in podzemne vode kot sledi:

- Naravno ozadje za reke. Hranila v rekah in samočistilna sposobnost rek (ARSO, 2007). (6)
- Naravno ozadje za podzemne vode. Nitrati v podzemni vodi (ARSO, 2013). (7)

Preglednica 5: Primerjalni parametri za vodne vire – fizikalno kemijski

		1	2	3	4	5	6	7
Parameter	Enota	Pitna voda	Kopalne vode	Reke	Jezera	Podzemne vode	Ozadje reke	Ozadje podzemne vode
Fizikalni parametri								
pH	-	6,5-9,5	6 - 9	3,2 - 9,5	/	/	/	/
Motnost	NTU	1 - 5	/	/	/	/	/	/
El. prevodnost	μS/cm	2500	/	/	/	/	/	/
Kisikove razmere								
Kisik	mg/L	/	7 - 12	/	> 1	/	/	/
Nasič.s kisikom	%	/	80 -120	/	>70 hipolim	/	/	/
Hranila								
Nitrit	mg/L	0,5	/	/	/	/	/	/
Nitrat	mg/L	50	/	/	/	50	1	10
Amonij	mg/L	0,5	/	/	/	/	0,01 - 5	/
Fosfat	mg/L	/	/	/	/	/	0,01	/
Drugi kemijski param.								
Klorid	mg/L	250	/	/	/	/	/	/
Sulfat	mg/L	250	/	/	/	/	/	/

Rezultate mikrobioloških meritev sem dodatno primerjala še z vrednostmi analiz reke Rinže in Kočevskega jezera iz leta 2013, vir podatkov Občina Kočevje.

Preglednica 6: Primerjalni parametri za vodne vire – mikrobiološki

		1	2	3	4	5	6	7
Mikrobiološki parameter	Enota	Pitna voda	Kopalne vode	Reke	Jezera	Podzemne vode	Ozadje reke	Ozadje podzemne vode
<i>E. coli</i>	CFU/100 mL	0	500 - 1000	/	/	/	/	/
Koliformne bakterije	CFU/100 mL	0	2000	/	/	/	/	/
Enteokoki	CFU/100 mL	0	200 - 400	/	/	/	/	/

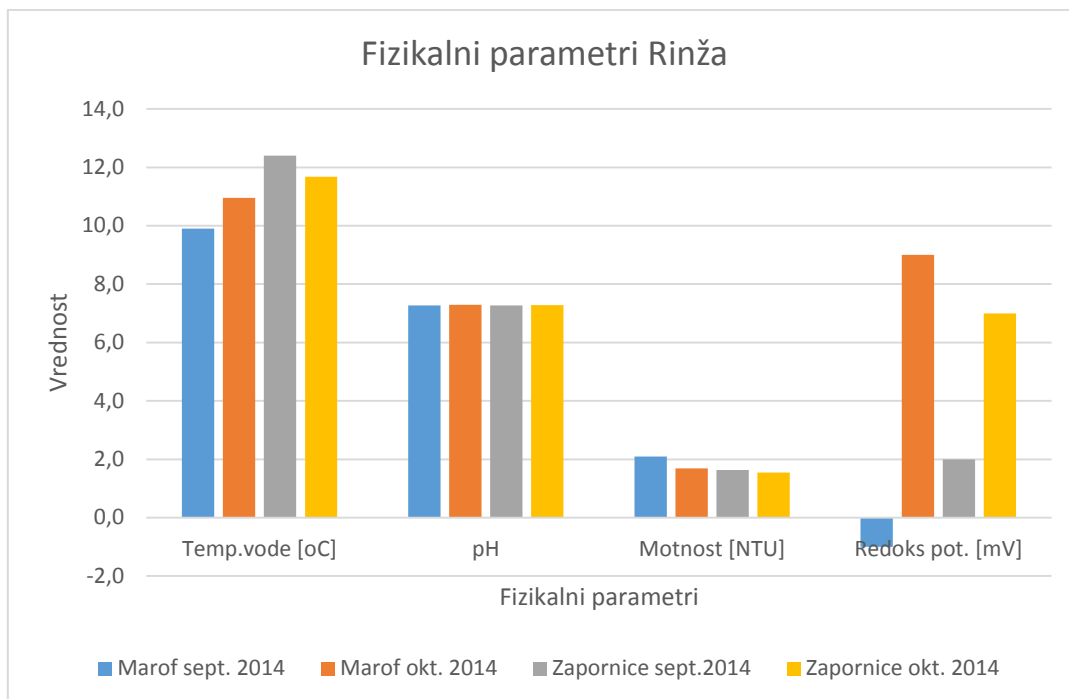
4.1 Reka Rinža

4.1.1 Fizikalni parametri

V spodnji preglednici in grafu so prikazane vrednosti izbranih fizikalnih parametrov za reko Rinžo na podlagi analiz vzorcev, ki so bili vzeti v septembru in oktobru 2014 na dveh vzorčevalnih mestih.

Preglednica 7: Vrednosti fizikalnih parametrov za reko Rinžo

Oznaka vzorca	Temp.vode [°C]	pH	Motnost [NTU]	Redoks pot. [mV]	El.prevod. 20 °C [μS/cm]
Marof sept. 2014	9,9	7,27	2,10	-1	425
Marof okt. 2014	11,0	7,29	1,69	9	462
Zapornice sept. 2014	12,4	7,27	1,63	2	427
Zapornice okt. 2014	11,7	7,28	1,55	7	444
Povprečje vseh	11,2	7,28	1,74	4	439



Slika 11: Vrednosti fizikalnih parametrov za reko Rinžo

Temperatura vode

Temperatura vode je eden najpomembnejših parametrov voda. Vrednosti, ki sem jih izmerila, so primerne letnemu času in ne kažejo večjih odstopanj po toku navzdol ter znašajo od 9,9 do 12,4°C. Višje temperature vode, ki bi pomenila manj v njej raztopljenih plinov in s tem kisika ter obratno, nisem zaznala. Prav tako nisem zaznala lokalno večje spremembe temperature, ki bi bila posledica industrijskih izpustov raznih hladilnih in procesnih odpadnih voda.

pH vode

Naravne vode se obnašajo kot ravnotežni sistemi in je njihov pH običajno manj kot 8. V čistih vodah je pH v območju od 4,5 do 8,5. Takšen pH dajejo vodi v njej raztopljene huminske snovi in CO₂. Nižji ali višji pH je znak onesnaženja vode z industrijskimi odplakami. Vrednosti pH vzorcev vode so v povprečju 7,28 in so zelo blizu nevtralnemu območju. V primerjavi z mejami kopalnih voda (6,0 – 9,0) ter pitne vode (6,5 – 9,5) ne kaže odstopanja.

Motnost vode

Motnost vode prikaže prisotnost delcev velikosti od 1nm do 1mm. Izražamo jo v NTU. Povzročajo jo anorganske in organske snovi ter mikroorganizmi. Je eden od parametrov, ki sam pove zelo malo, zato se spremembe motnosti ocenjujejo v povezavi z vrednostmi ostalih parametrov. Za površinske vode in kopalne vode ni predpisanih mejnih vrednosti za motnost. Zgornja meja za pitno vodo je 1,0 NTU (Pravilnik o pitni vodi, Ur. I RS št. 19/04). Po podatkih Svetovne zdravstvene organizacije je videz vode z motnostjo do 5 NTU običajno še sprejemljiv za uporabnike; zaradi mikrobiološke varnosti vode priporočajo čim nižjo motnost (Lobnik A. 2009). V našem primeru vrednosti presegajo zgornjo mejo za pitno vodo, ki jo določa slovenska zakonodaja, a je močno pod mejo, ki jo priporoča Svetovna zdravstvena organizacija.

Redoks potencial

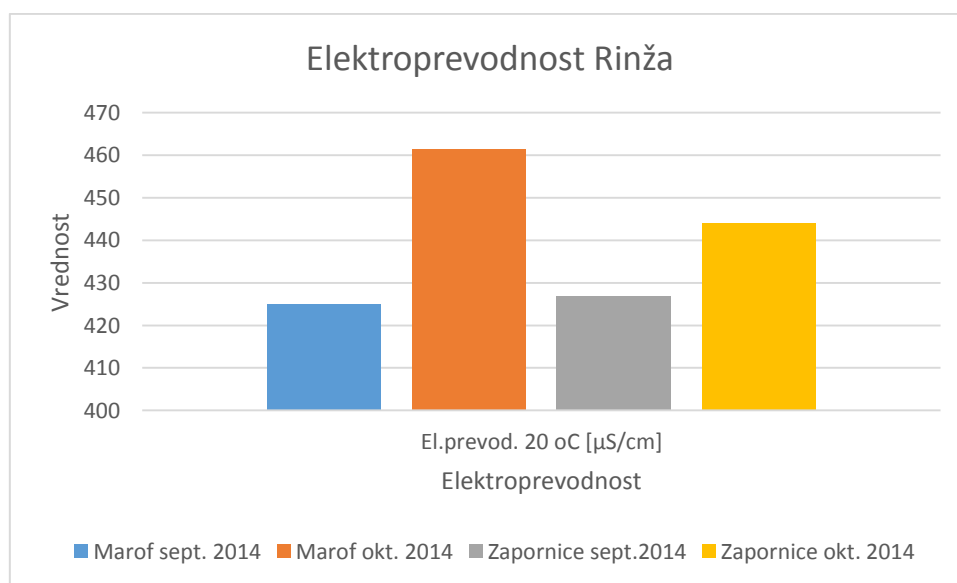
Elektrokemijski potenciali (ORP) so v okolju stalen in pogost pojav. Redoks potenciali v naravnih vodah so v območju od približno -400 mV do 800 mV pri pH 7 do 8. Kadar prihaja v vodi do redukcije vode do vodika, so vrednosti ORP v negativnem območju, kadar prihaja do oksidacije vode do kisika, pa so v pozitivnem območju. Voda, nasičena s kisikom, ima lahko redukcijski potencial od 710 do 800 mV pri pH 7 do 8. V sistemih, kjer se kisik porablja, je redoks potencial lahko med -100 do 710 mV pri pH 7 do 8. Glede na izmerjen redoks potencial vzorcev Rinže (od -1 do 9 mV) in pH območje med 7 in 8 sklepam, da se v reki kisik porablja.

Elektroprevodnost

Bolj kot je vodno telo obremenjeno s hranili, višje so vrednosti prevodnosti, saj se z dotokom hranil poveča količina nabitih delcev. Najvišje vrednosti so običajno v jeseni. Takrat poteka intenzivna razgradnja, izgradnja pa je zaradi nižjih temperatur in nižje intenzitete svetlobe relativno nizka. Izmerjene vrednosti so prikazane v spodnji tabeli in grafu in so v razponu od 425 – 462 $\mu\text{S/cm}$ in ustrezajo kriterijem za dobro vodo, ki ima prevodnost med 300 - 500 $\mu\text{S/cm}$. Mejna vrednost za pitno vodo je določena 2500 $\mu\text{S/cm}$, vzorci imajo precej nižjo izmerjeno vrednost.

Preglednica 8: Vrednosti električne prevodnosti za reko Rinžo

Oznaka vzorca	Elektroprevodnost 20 °C [$\mu\text{S/cm}$]
Marof sept. 2014	425
Marof okt. 2014	462
Zapornice sept. 2014	427
Zapornice okt. 2014	444
Povprečje vseh	440



Slika 12: Vrednosti električne prevodnosti za reko Rinžo

4.1.2 Kisikove razmere

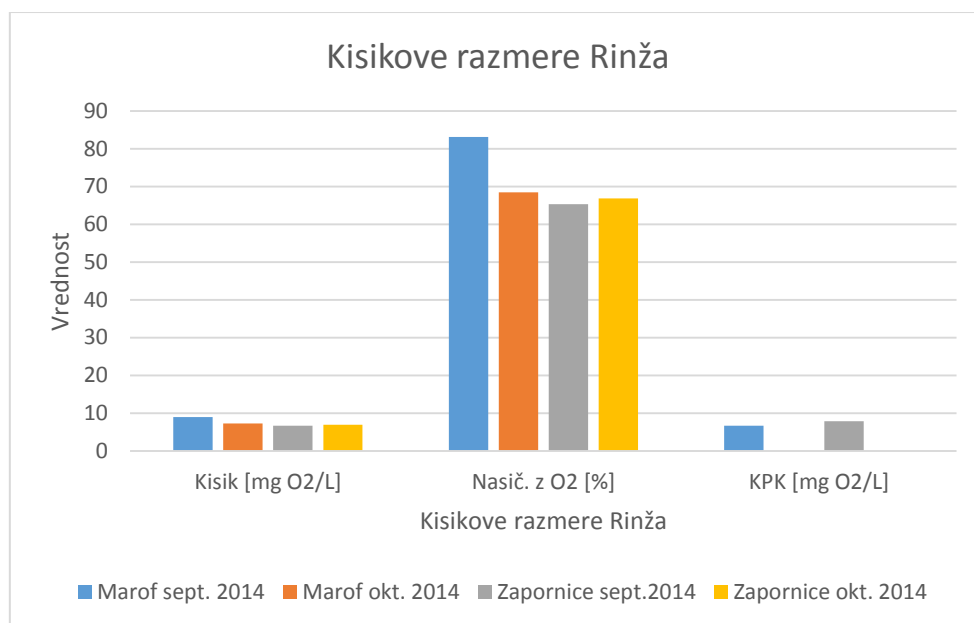
V spodnji tabeli in na grafu so prikazani naslednji merjeni parametri: raztopljen kisik, nasičenje s kisikom in kemijska potreba po kisiku.

Preglednica 9: Kisikove razmere v reki Rinži

Oznaka vzorca	Kisik [mg O ₂ /L]	Nasič.z O ₂ [%]	KPK [mg O ₂ /L]
Marof sept. 2014	8,98	83,13	6,67
Marof okt. 2014	7,24	68,45	<5,00
Zapornice sept. 2014	6,68	65,30	7,82
Zapornice okt. 2014	6,96	66,88	<5,00
Povprečje	7,46	70,49	7,25

Vsebnost kisika in nasičenje s kisikom

Nasičenost površinske vode z atmosferskim kisikom je fizikalno omejena, odvisno od temperature vode in parcialnega tlaka kisika v plinasti fazi. V večini neobremenjenih vodotokov je nasičenost s kisikom čez dan nad 80%. Ponoči se zgodi obraten proces - zasičenost s kisikom pade tudi pod 50%. Zahteve direktive 2006/7/ES za kopalne vode se izvajajo v Sloveniji od leta 2010 dalje. V njej so določene orientacijske vrednosti za raztopljen kisik, in sicer 7- 12 mg O₂/L in pa nasičenost s kisikom od 80 do 120 %. Meritve vzorcev reke Rinže so pokazale, da so vrednosti raztopljenega kisika na dveh mestih nižje od 7 mg O₂/L, in sicer pri zapornicah (6,68 in 6,96 mg O₂/L), na Marofu pa so v mejah orientacijskih vrednosti. Nasičenje s kisikom pa je samo na enem mestu višje od priporočenih 80% do 120%, in sicer na Marofu septembra 2014. Na ostalih mestih pa ne dosegajo predpisanih vrednosti. V drugih predpisih mejne vrednosti za vsebnost kisika in nasičenje s kisikom niso zabeležene.



Slika 13: Kisikove razmere v reki Rinži

KPK

Določanje kemijske potrebe po kisiku zagotovi hitro oceno celotne organske snovi v vzorcu vode (razgradljive in nerazgradljive). Količino kisika, ki je potrebna za oksidacijo organskih spojin imenujemo kemijska potreba po kisiku. Izmerjene vrednosti so nizke, na dveh mestih celo pod merilnim območjem, kar kaže na nizko potrebo po kisiku in s tem na malo organskih snovi v vodi.

4.1.3 Hranila

ARSO (2007) navaja, da organsko onesnaženje rek prikazujemo kot povprečno letno vrednost vsebnosti hranil – nitratov in ortofosfatov v vzorcih. Povprečne vrednosti so primerjane z vrednostmi ozadja oziroma domnevnimi naravnimi vrednostmi. Naravno ozadje za nitrate in nitrite je izraženo kot dušik in je 1 mg N/L in za fosfate in ortofosfate kot fosfor 0,01 mg P/L. Amonij v vodnem okolju vstopa v oksidacijski proces in se oksidira do oksidiranih dušikovih oblik, predvsem nitrata. Sama oksidacija vpliva tudi na kisikove razmere v vodi, kar dodatno poslabša kakovostno stanje. V nekaterih okoliščinah (kombinacija temperature vode, slanosti in pH-vrednosti) amonij lahko preide v plinasto obliko amoniak, ki je za vodne organizme strupen že v manjših količinah. Naravno ozadje za amonij v površinskih vodotokih je 0,015 mg N/L. Glej spodnjo preglednico.

Preglednica 10: Naravna ozadja hranil za reke (Vir: ARSO 2007, priredila Rauh T., 2014)

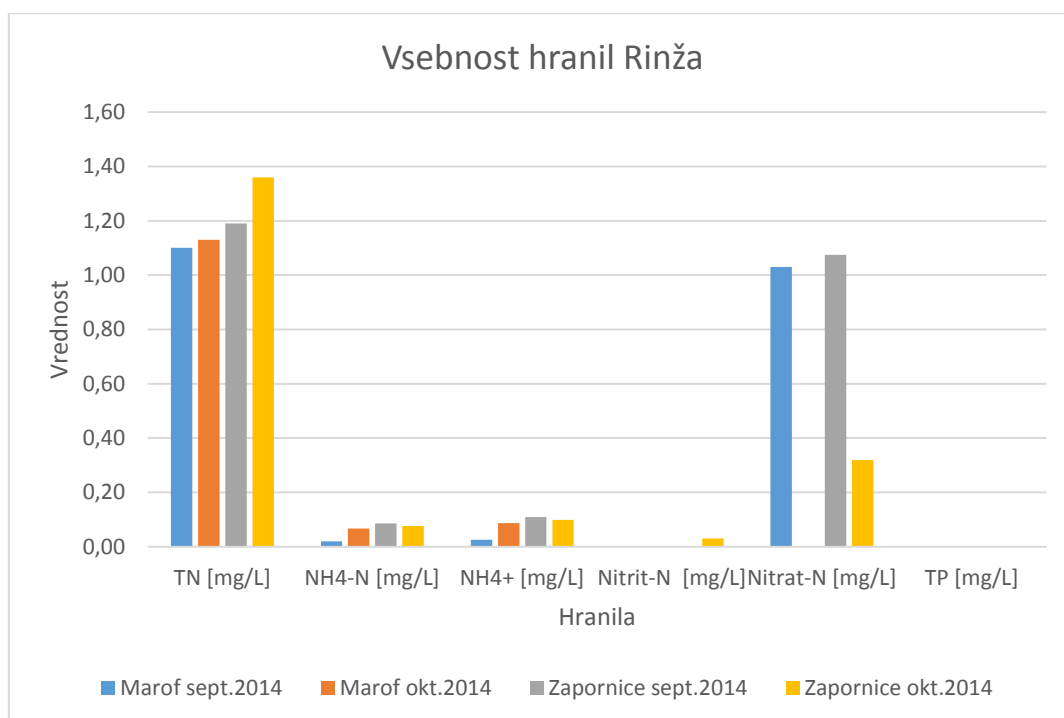
Parameter	Enota	Naravno ozadje
NO ₃ -N	mg N/L	1,0
PO ₄ -P	mg P/L	0,010
NH ₄ -N	mg N/L	0,015

V naslednji preglednici in grafu so prikazane vrednosti hranil v reki Rinži na podlagi analiziranih vzorcev iz dveh vzorčevalnih mest (Marof in Zapornice) v mesecu septembru in oktobru 2014.

Preglednica 11: Vrednosti hranil za Rinžo jesen 2014

Oznaka vzorca	TN [mg/L]	NH ₄ -N [mg/L]	NH ₄ ⁺ [mg/L]	Nitrit-N [mg/L]	Nitrat-N [mg/L]	TP [mg/L]	Ortofosfat [mg/L]
Marof sept. 2014	1,10	0,020	0,026	<0,015	1,030	<0,150	<0,050
Marof okt. 2014	1,13	0,068	0,088	<0,015	<0,23	<0,150	<0,050
Zapornice sept. 2014	1,19	0,086	0,110	<0,015	1,075	<0,150	<0,050
Zapornice okt. 2014	1,36	0,077	0,099	0,030	0,319	<0,150	<0,050
Povprečje	1,20	0,063	0,081	0,030	0,808	-	-
Ozadje		0,015			1,0		0,010

Glede na podatke o naravnem ozadju rek amonijev dušik in nitratni dušik nista presešla teh vrednosti, tako da ne moremo govoriti o nobeni vrsti onesnaženja. Za ortofosfat pa so bile vrednosti pod merilnim območjem (0,050 mg/L), ki pa je višje kot je določeno ozadje, vendar ne moremo govoriti o preseženi vrednosti. Prav tako povprečna vrednost nitrata (izračun: $\text{NO}_3 = 4,4268 \times \text{NO}_3\text{-N}$ nam da vrednost nitrata 3,58 mg NO_3/L) kaže na zelo dobro ekološko stanje reke (meje 3,2 - 7,0 mg NO_3/L) navedeno v Prilogi 7, Mejne vrednosti razredov ekološkega stanja za splošne fizikalne-kemijske parametre za reke iz Uredbe o stanju površinskih voda (Ur.l.RS št. 14/09, 98/10 in 96/13). Za kopalne vode mejnih vrednosti za hranila ni. Primerjava s parametri za pitno vodo nam pove, da so analizirani parametri reke Rinže nižji od predpisanih v Pravilniku o pitni vodi, in sicer za amonij je meja 0,5 mg/L, nitrit 0,5 mg/L in nitrat 50 mg/L.



Slika 14: Vrednosti hranil za reko Rinžo za dve vzorčni mesti jesen 2014

4.1.4 Drugi kemijski parametri

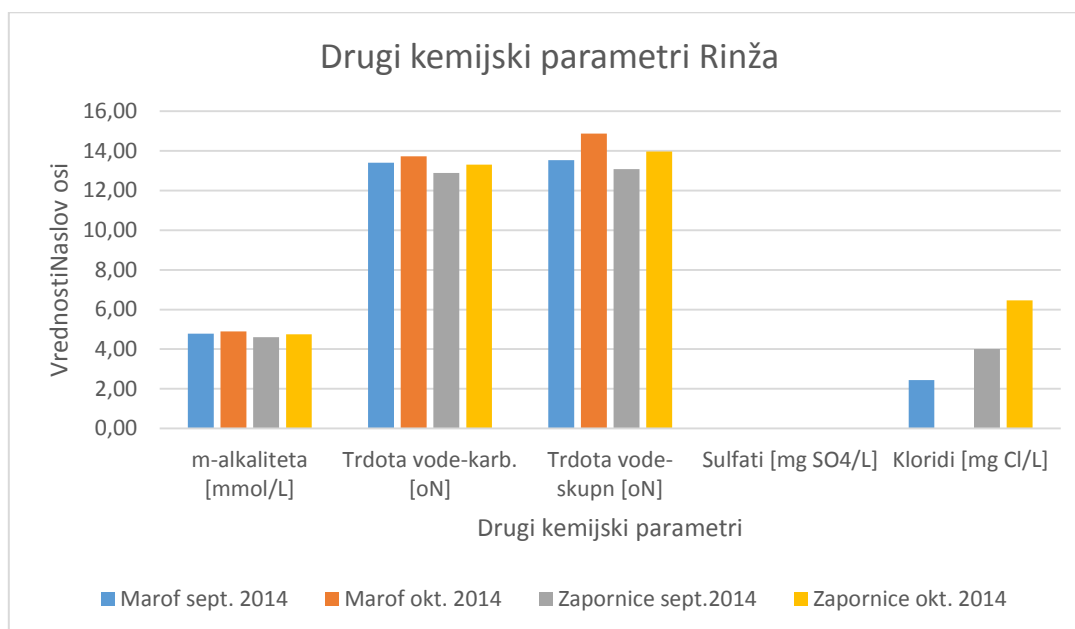
Parameter m-alkaliteta se nanaša na vsebnost karbonatnih in bikarbonatnih (CO_3^{2-} in HCO_3^-) ionov v vodi, ki nevtralizirajo kisline in je merilo puferske kapacitete vode. Pri $\text{pH} < 8$ je v raztopini prisotna H_2CO_3 v obliki $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ in pa HCO_3^- ioni. Vsebnost CO_2 je zanemarljiva. Za vzorce na Marofu sem določila povprečno vrednost 4,85 mmol/L, pri zapornicah pa nekoliko nižje povprečje 4,68 mmol/L. Iz m-alkalitete s faktorjem 2,8 izračunamo karbonatno trdoto. Na Marofu je bila v povprečju 13,58 °N, pri zapornicah pa 13,10 °N. Na Marofu je bila totalna trdota v povprečju 14,2 °N, pri zapornicah pa 13,53 °N. Iz razlike med totalno in karbonatno trdoto dobimo nekarbonatno trdoto, ki je na Marofu 0,62 °N, pri zapornicah pa 0,43 °N. Voda reke Rinže je glede na lestvico skupne trdote srednje trda (7-14 °N).

Za sulfate mejna vrednost za reke ni določena, za jezera pa je 150 mg SO₄/L. Preiskovani vzorci Rinže so imeli vrednosti pod merilnim območjem.

Za kloride v vodi je dana le mejna vrednost za pitno vodo in to je 250 mg Cl⁻/L. Meritve vzorcev so daleč pod to mejo, in sicer v razponu od 2,45 – 6,46 mg Cl⁻/L, v enem vzorcu celo pod merilnim območjem 1,00 mg Cl⁻/L.

Preglednica 12: Drugi kemijski parametri Rinža

Parametri/ Mesta vzorčenja	m-alkaliniteta [mmol/L]	Trdota vode-karb. [°N]	Trdota vode-skup. [°N]	Sulfati [mg SO ₄ /L]	Kloridi [mg Cl/L]
Marof sept. 2014	4,79	13,41	13,53	<40	2,45
Marof okt. 2014	4,90	13,72	14,87	<40	<1,00
Zapornice sept.2014	4,60	12,88	13,08	<40	4,00
Zapornice okt. 2014	4,75	13,30	13,98	<40	6,46



Slika 15: Drugi kemijski parametri Rinža

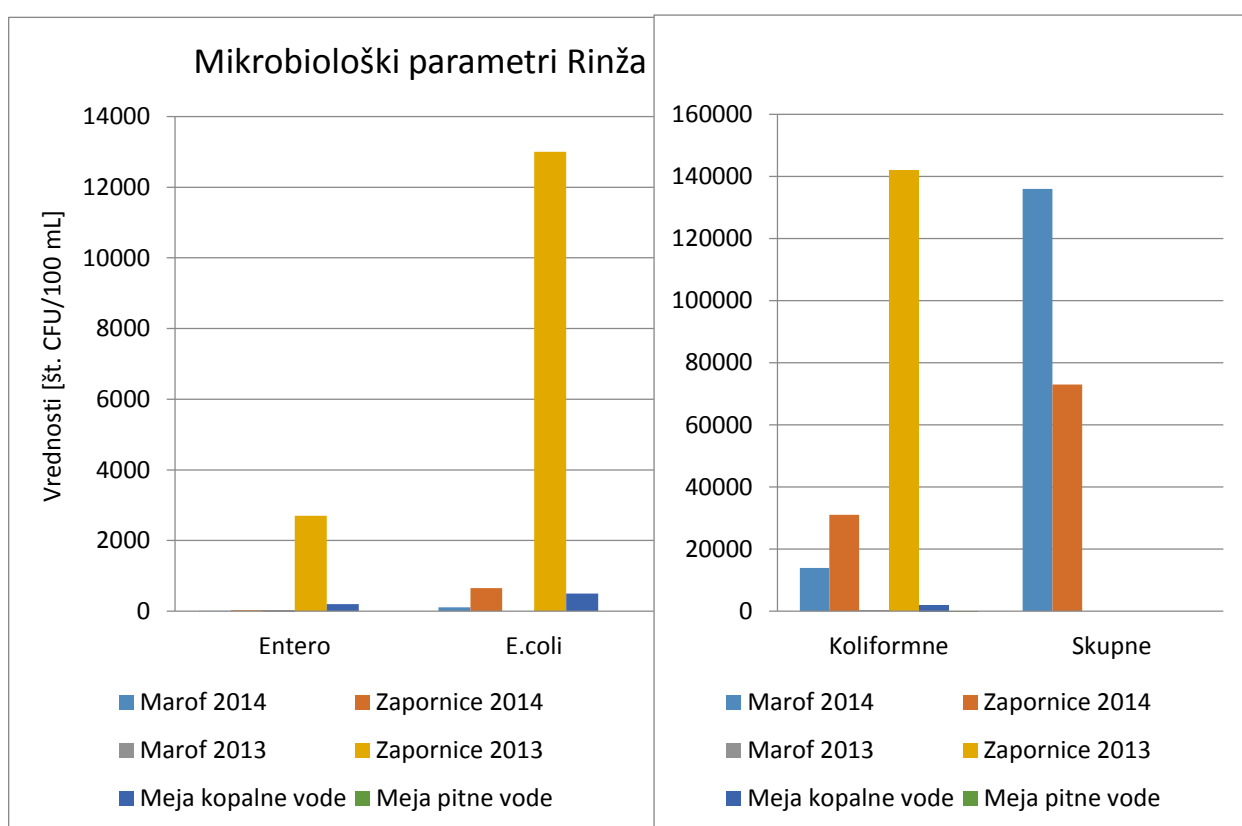
4.1.5 Mikrobiološki parametri

V spodnji preglednici in na grafu so prikazani naslednji parametri: rezultati analiz rečne vode iz dveh vzorčnih mest (Marof, zapornice) v letu 2014 in vrednosti za Rinžo iz leta 2013, kopalne vode in pitno vodo. Intestinalni enterokoki v letu 2014 ne presegajo predpisanih vrednosti za kopalne vode, presegajo pa vrednosti za pitno vodo ter so nižji od vrednosti izmerjenih v letu 2013. *E.coli* na Marofu ostaja pod mejnimi vrednostmi za kopalne vode in presega vrednosti za pitno vodo ter je primerljiva z vrednostmi iz leta 2013. Pri zapornicah pa se v obeh letih pojavljajo izredno visoke vrednosti. Prav tako je število koliformnih bakterij v letu 2014 na obeh vzorčnih mestih

veliko, v letu 2013 pa je bilo večje število le pri zapornicah. Rezultati kažejo na sveže fekalno onesnaženje.

Preglednica 13: Mikrobiološki parametri reke Rinže in primerjava

[št. CFU/100 mL]	Enterokoki	<i>E.coli</i>	Koliformne	Skupne
Marof 2014	10	110	13900	136000
Zapornice 2014	30	650	31000	73000
Marof 2013	40	<100	320	-
Zapornice 2013	2700	13000	142000	-
Meja kopalne vode	200	500	2000	-
Meja pitne vode	0	0	100	-



Slika 16: Mikrobiološki parametri reka Rinža

4.2 Podzemna voda (vrtina)

Na kakovost podzemne vode vplivajo številni naravni in človeški dejavniki. Negativni učinki na kakovost podzemne vode, obremenitve in onesnaženje podzemne vode so posledica obrti in industrijsko proizvodnih procesov, skladiščenja in odlaganja odpadnega materiala, onesnaženja zemljine pri nesrečah, ter neustrezno skladiščenje snovi, ki so nevarne za vodno okolje, kmetijstvo (vnos hranilnih snovi in pesticidov), netesnenja kanalizacije, gnojenje z gnojevko (ZZV Maribor, 2010). V Sloveniji je način

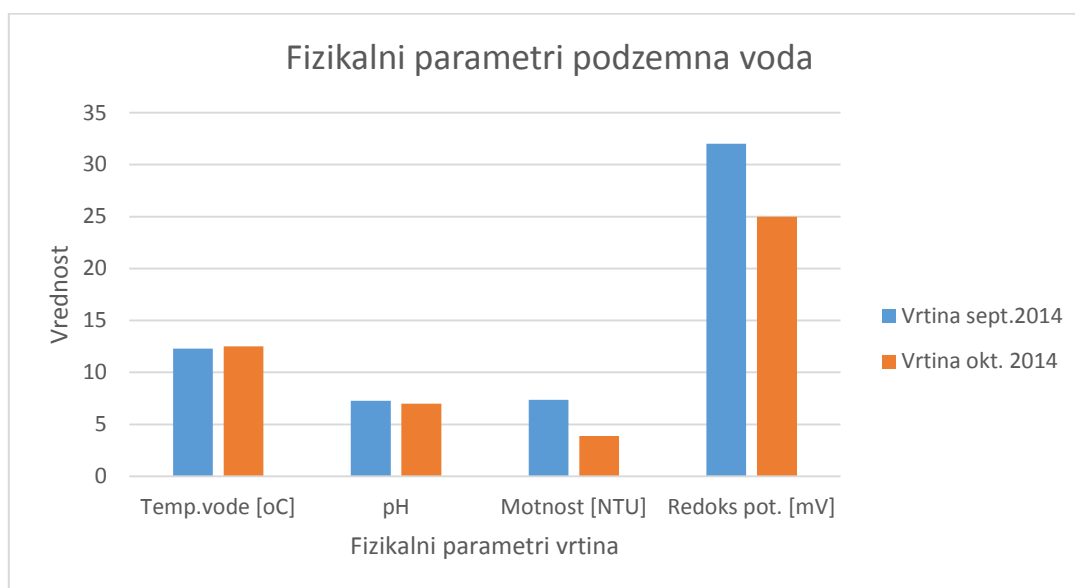
ugotavljanja kemijskega stanja podzemne vode določen v Uredbi o stanju podzemne vode, Ur. I.RS 25/09. Kemijsko stanje podzemne vode je lahko dobro ali slabo. Med analiziranimi parametri podzemne vode imajo le nitrati določen standard kakovosti (50 mg/L), ostalih parametrov iz te Uredbe nisem zajela v analizi. Primerjavo sem naredila s kopalnimi in pitnimi vodami ter naravnim ozadjem za hranila v podzemnih vodah.

4.2.1 Fizikalni parametri

V spodnji preglednici in na grafu so prikazani naslednji parametri: temperatura vode, pH, motnost in redoks potencial za vzorce podzemne vode odvzete in analizirane jeseni 2014.

Preglednica 14: Pregled fizikalnih parametrov podzemna voda

Parametri	Temp.vode [°C]	pH	Motnost [NTU]	Redoks pot. [mV]
Vrtina sept.2014	12,3	7,27	7,35	32
Vrtina okt. 2014	12,5	7,00	3,89	25
Povprečje	12,4	7,14	5,62	28



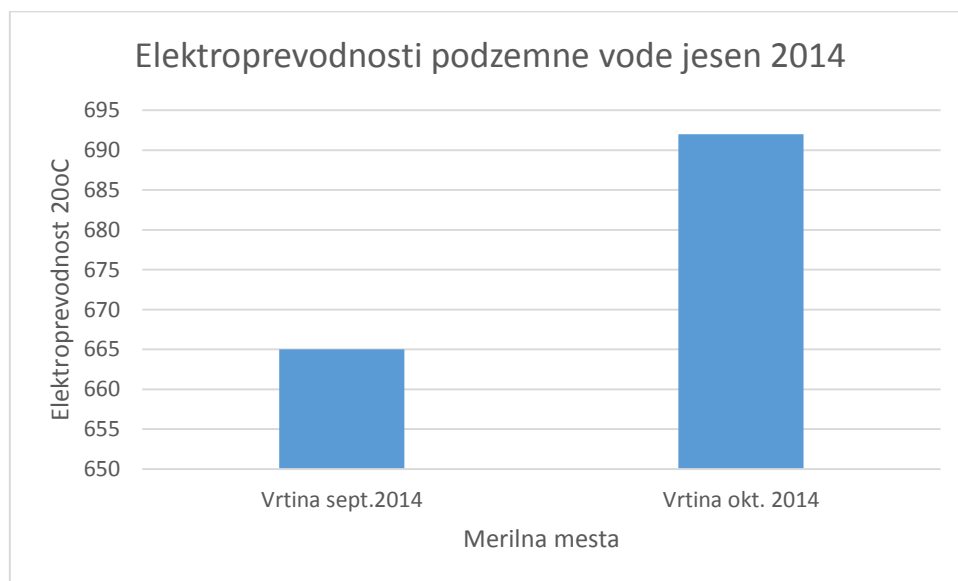
Slika 17: Fizikalni parametri podzemna voda

Elektroprevodnost podzemne vode

Bolj kot je vodno telo obremenjeno s hranili, višje so vrednosti prevodnosti. Povprečna izmerjena elektroprevodnost pri 20°C podzemne vode je bila 649 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ne ustreza kriterijem za dobro vodo, ki ima prevodnost med 300 - 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Mejna vrednost za pitno vodo je določena 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, vzorci imajo precej nižjo izmerjeno vrednost.

Preglednica 15: Elektroprevodnost podzemne vode jesen 2014

Parametri	El.prevod. pri 20°C [μS/cm]
Vrtina sept. 2014	665
Vrtina okt. 2014	692
Povprečje	679



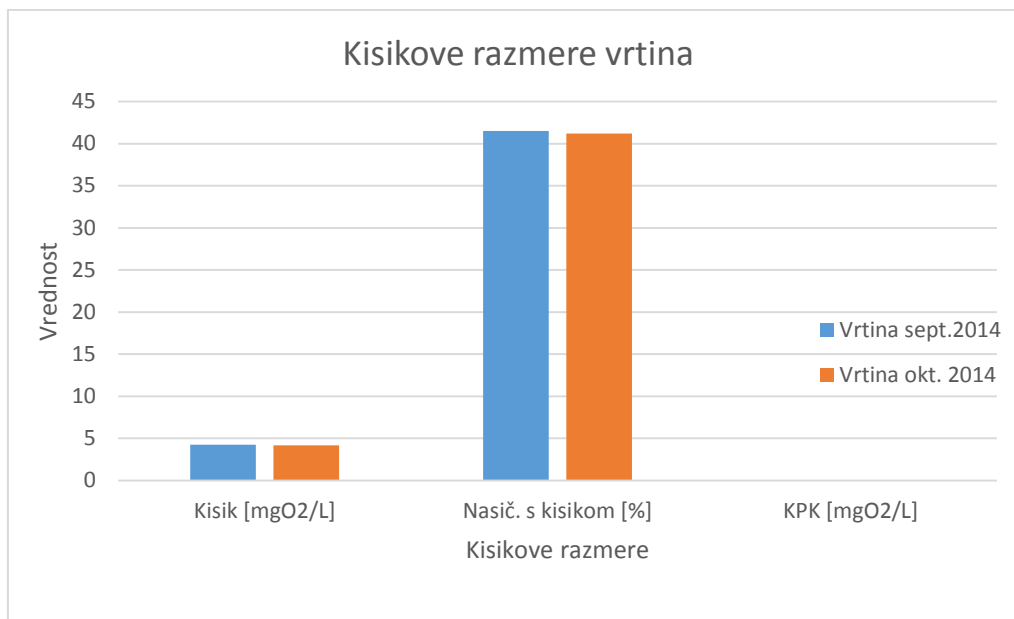
Slika 18: Elektroprevodnost podzemne vode jesen 2014

4.2.2 Kisikove razmere

Razmere s kisikom so za podzemne vode predvsem pokazatelj geološko - kemičnih razmer v podzemni vodi. Izmerjena vsebnost kisika v podzemni vodi je bila v povprečju 4,22 mg O₂/L, povprečje nasičenja s kisikom pa je bilo 41,35%, kar kaže na malo raztopljenega kisika v vodi. KPK je bil pod merilnim območjem 5,00 mg O₂/L in kaže na majhno prisotnost organskih snovi.

Preglednica 16: Kisikove razmere podzemna voda

Parametri /	Kisik [mg O ₂ /L]	Nasič. s kisikom [%]	KPK [mg O ₂ /L]
Mesto vzorčenja			
Vrtina sept. 2014	4,25	41,50	<5,00
Vrtina okt. 2014	4,18	41,20	<5,00



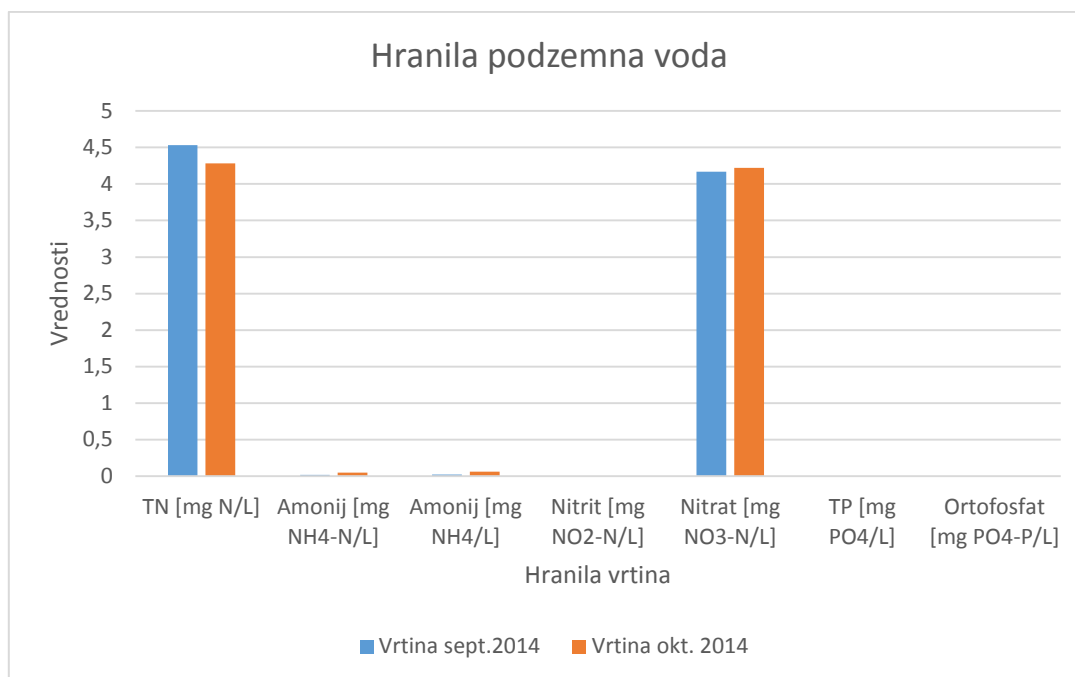
Slika 19: Kisikove razmere vrtina

4.2.3 Hranila

ARSO (2013) navaja, da so nitrati v podzemni vodi lahko naravnega izvora, naravno ozadje nitratov pa je odvisno od geološke sestave vodonosnikov in je v Sloveniji nižje od 10 mg NO₃/L. Iz spodnje tabele je razvidno, da so v podzemni vodi vsebnosti nitratov v povprečju 18,60 mg NO₃/L (preračunano iz 4,20 mg NO₃-N/L), kar presega naravno ozadje. To pomeni, da je prisotno onesnaženje z nitrati, ki je lahko posledica kmetijstva, vendar pa ne presegajo mejne vrednosti za podzemne vode, ki je predpisana 50 mg NO₃ /L. Dušik prihaja v podtalnico na različne načine in v obliki različnih spojin. Približno 80% ga priteka v obliki amonijevih spojin, ki se v vodi, ki vsebuje dovolj kisika, oksidirajo do nitrata. Amonij sicer ne predstavlja tveganja za zdravje, je pa dober indikator za mikrobiološko in fekalno onesnaženje. Koncentracije v podzemni in površinski vodi so običajno pod 0,2 mg/L, v anaerobnih pogojih v podzemni vodi so lahko več kot 3 mg/L. Izmerjeni fosfati so bili pod merilnim območjem 0,150 mg PO₄/L oz. 0,05 mg PO₄-P/L.

Preglednica 17: Vsebnost hranil v podzemni vodi

Parametri	TN [mg N/L]	Amonij [mg NH ₄ - N/L]	Amonij [mg NH ₄ /L]	Nitrit [mg NO ₂ - N/L]	Nitrat [mg NO ₃ - N/L]	TP [mg PO ₄ /L]	Ortofosfati [mg PO ₄ - P/L]
Vrtina sept. 2014	4,53	0,017	0,022	<0,015	4,17	<0,150	<0,05
Vrtina okt. 2014	4,28	0,050	0,062	<0,015	4,22	<0,150	<0,05



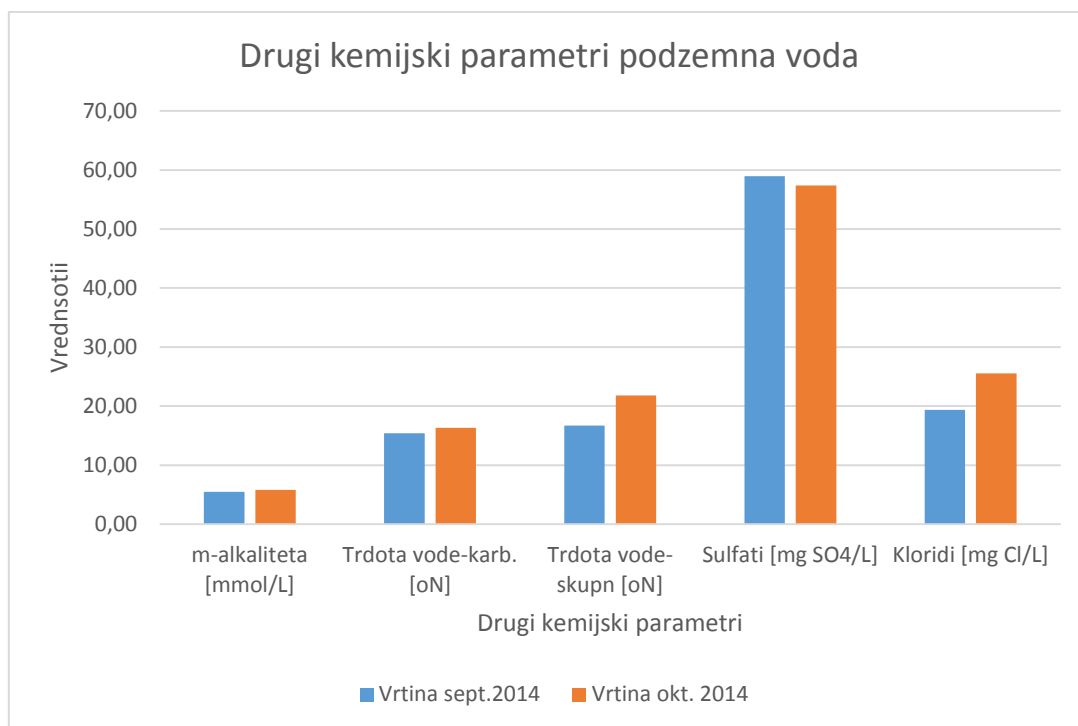
Slika 20: Vsebnost hranil v podzemni vodi

4.2.4 Drugi kemijski parametri

Parameter m-alkaliteta se nanaša na vsebnost karbonatnih in bikarbonatnih (CO_3^{2-} in HCO_3^-) ionov v vodi, ki nevtralizirajo kisline in je merilo puferske kapacitete vode. Pri $\text{pH} < 8$ je v raztopini prisotna H_2CO_3 v obliki $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ in pa HCO_3^- ioni. Vsebnost CO_2 je zanemarljiva. Za vzorce podzemne vode sem določila povprečno vrednost 5,67 mmol/L. Iz m-alkalitete sem s faktorjem 2,8 izračunala karbonatno trdoto. Tako je karbonatna trdota podzemne vode v povprečju 15,85°N. Totalno trdoto sem določila septembra 2014 16,7°N, kar glede na lestvico skupne trdote vode ustreza trdi vodi, v oktobru 2014 pa je bila trdota podzemne vode 21,8 °N in jo uvrščamo v zelo trdo vodo. Iz razlike med totalno in karbonatno trdoto dobimo nekarbonatno trdoto, ki je 15,85 °N. Za sulfate mejna vrednost za reke ni določena, za jezera pa je 150 mg SO_4^{2-} /L. Preiskovani vzorci podzemne vode so imeli vrednosti v povprečju 58,2 mg SO_4^{2-} /L, kar predstavlja približno eno tretjino mejne vrednosti za jezera. Za kloride v vodi je dana le mejna vrednost za pitno vodo, in sicer 250 mg Cl^- /L. Meritve vzorcev so v povprečju 22,5 mg Cl^- /L, kar je močno pod mejo.

Preglednica 18: Drugi kemijski parametri

Parametri	m-alkaliteta [mmol/L]	Trdota vode - karb. [°N]	Trdota vode - skupna [°N]	Sulfati [mg SO_4^{2-} /L]	Kloridi [mg Cl^- /L]
Vrtina sept. 2014	5,51	15,4	16,7	59,0	19,4
Vrtina okt. 2014	5,83	16,3	21,8	57,4	25,6
Povprečje	5,67	15,85	19,25	58,2	22,5



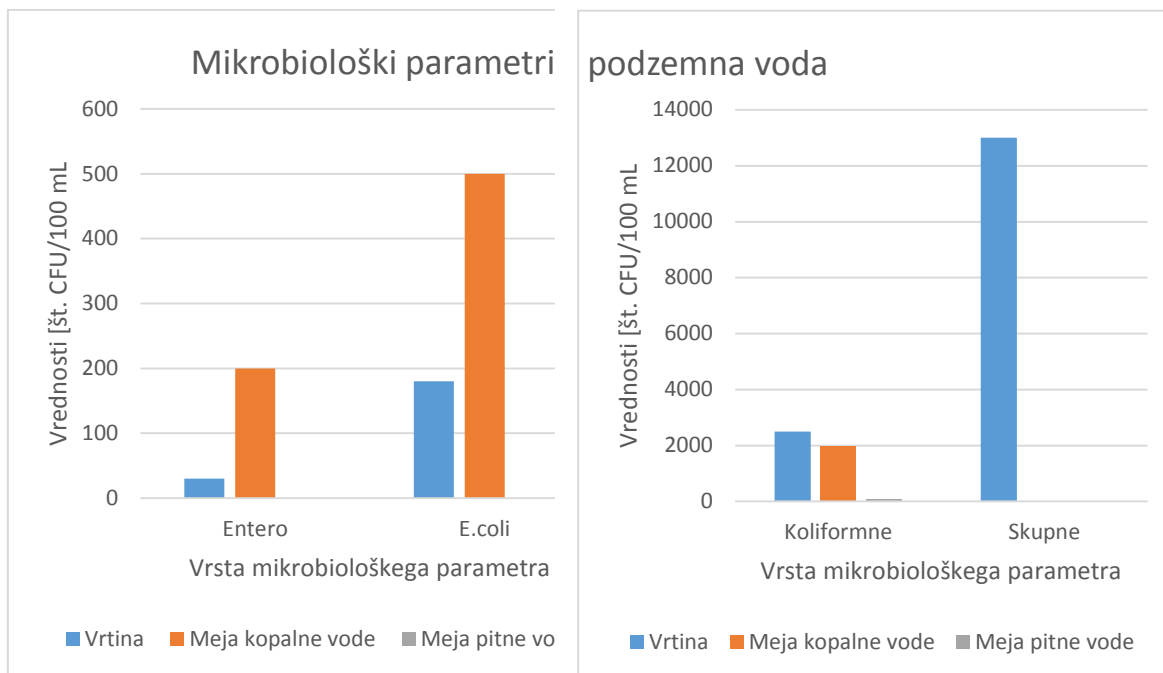
Slika 21: Drugi kemijski parametri v podzemni vodi

4.2.5 Mikrobiološki parametri

V spodnji preglednici in na grafu so prikazani naslednji parametri: rezultati analiz podzemne vode in mejne vrednosti za kopalne vode in pitno vodo. Intestinalni enterokoki ne presegajo predpisanih vrednosti za kopalne vode, presegajo pa jih za pitno vodo. *E. coli* ostaja pod mejnimi vrednostmi za kopalne vode in presega vrednosti za pitno vodo. Število koliformnih bakterij v letu 2014 za podzemno vodo presega vrednosti tako za kopalne vode kot za pitno vodo. Rezultati kažejo na sveže fekalno onesnaženje podzemne vode. V kolikor bi podzemno vodo zajemali kot kopalno vodo, bi bila le-ta primerna za kopanje z obrazložitvijo: v kolikor je vzorec negativen na *E. coli* in intestinalne enterokoke, je voda, kljub temu, da je vzorec pozitiven na skupne koliformne bakterije, primerna za kopanje.

Slika 22: Mikrobiološki parametri v podzemni vodi

št. CFU/100 mL	Entero	<i>E. coli</i>	Koliformne	Skupne
Vrtina	30	180	2500	13000
Meja kopalne vode	200	500	2000	-
Meja pitne vode	0	0	100	-



Slika 23: Mikrobiološki parametri v podzemni vodi

4.3 Kočevsko jezero po globini

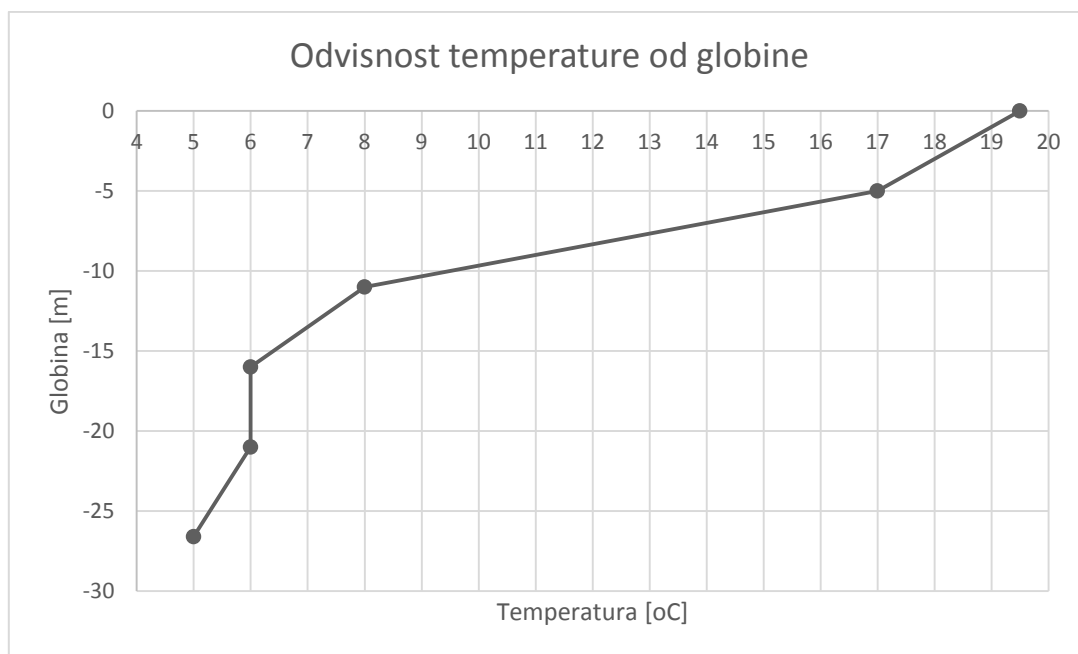
4.3.1 Fizikalni parametri

Temperatura in prikaz termokline

V spodnji preglednici so zbrani podatki o globini in temperaturi zajema vzorcev. Termoklina je na globini 9 metrov, to je izrazit padec temperature po vertikali. Na površju smo izmerili 19,5 °C, na dnu pa 5 °C. Prisotna je poletna stratifikacija jezera.

Preglednica 19: Globina in temperatura Kočevskega jezera september 2014

Globina [m]	Temperatura vode [°C]
-26,6	5
-21	6
-16	6
-11	8
-5	17
0	19,5



Slika 24: Globina in temperatura Kočevskega jezera september 2014

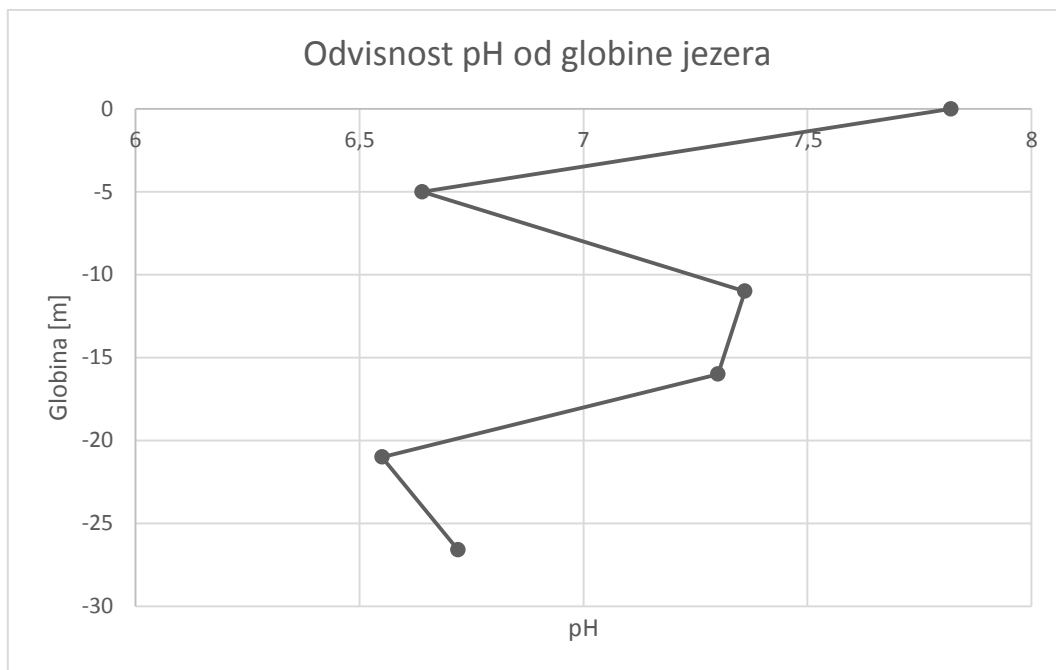
V spodnji preglednici in na grafih so navedene vrednosti pH, redoks potenciala, motnosti in električne prevodnosti v odvisnosti od globine Kočevskega jezera.

Preglednica 20: Vrednosti za globino, pH, redoks potencial, motnost in električno prevodnost za Kočevsko jezero

Globina [m]	pH	Redoks potencial [mV]	Motnost [NTU]	El.prevod. pri 20 °C [μ S/cm]	Temperatura vode [°C]
-26,6	6,72	34	178	1425	5
-21	6,55	45	3,86	564	6
-16	7,30	0	4,17	542	6
-11	7,36	-3	3,28	531	8
-5	6,64	40	3,2	568	17
0	7,82	-31	2,08	520	19,5

Vrednosti pH

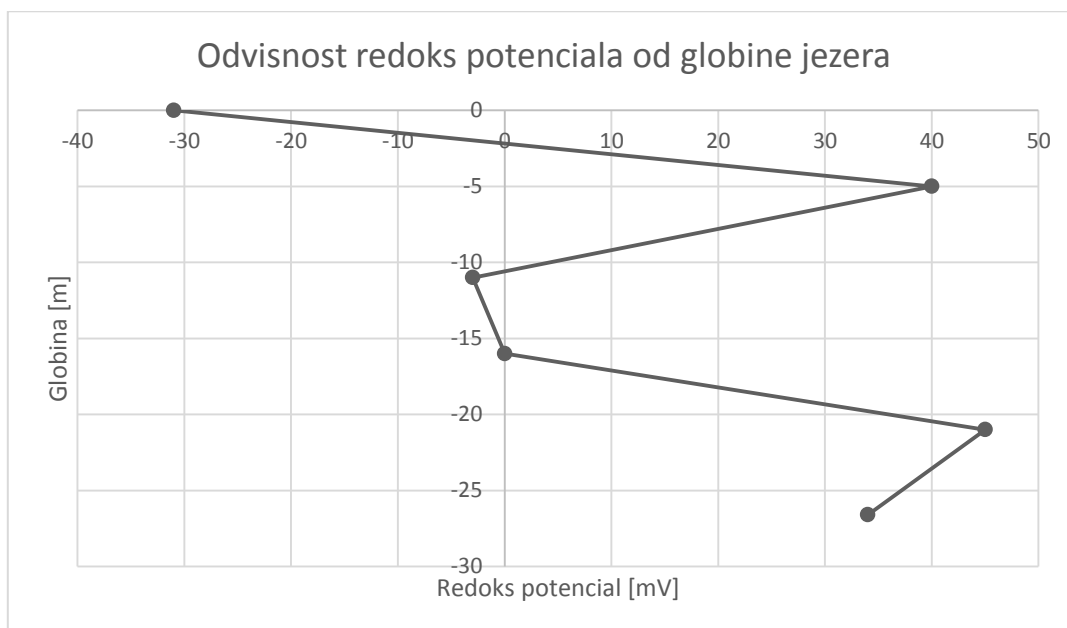
V oligotrofnih jezerih se pH po globini dejansko ne spreminja, nasprotno pa je v eutrofnih jezerih. Zaradi sprememb v karbonatnem ravnotežju v hipolimniju pH močno upade. V našem primeru se pH z globino bistveno ne spreminja (najmanj 6,55, največ 7,82), čeprav je na dnu nižji (6,72) kot na površini jezera (7,82). Za alpska in predalpska jezera je kriterij 7,5 – 9, ki ga Kočevsko jezero ne dosega na globinah 5,21 in 26,6 m. Vendar pa za ostala močno preoblikovana vodna telesa fizikalno kemijski parametri za ekološko stanje voda še niso določeni.



Slika 25: Odvisnost pH od globine Kočevskega jezera

Redoks potencial

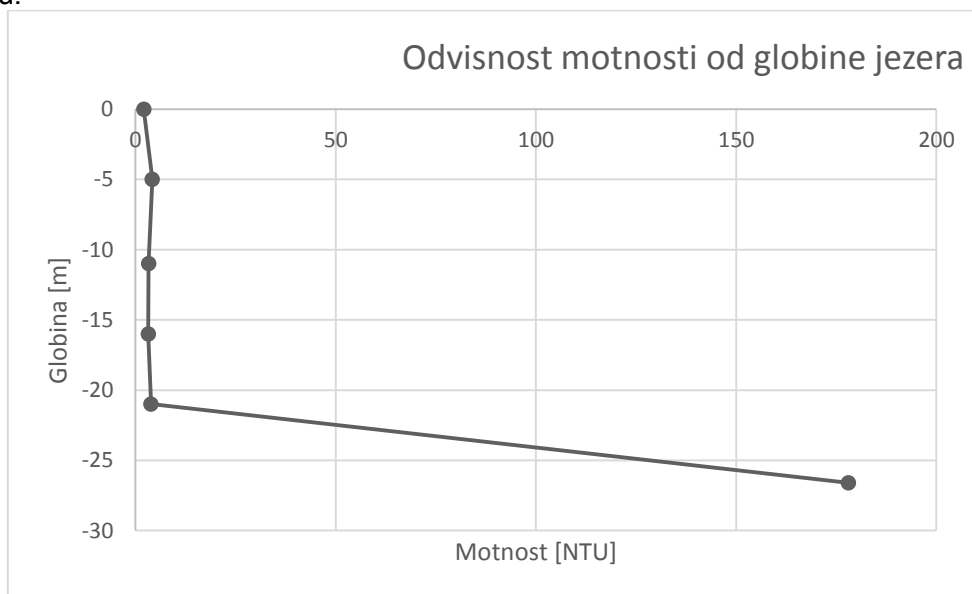
Voda nasičena s kisikom ima lahko redukcijski potencial od 710 do 800 mV pri pH 7 do 8. V sistemih, kjer se kisik porablja, je redoks potencial lahko med -100 do 710 mV pri pH 7 do 8. V Kočevskem jezeru se redoks potencial giblje od -31 do 45 mV in pH nižjem od 7 in do 8, torej se v jezeru kisik porablja.



Slika 26: Odvisnost redoks potenciala od globine Kočevskega jezera

Motnost

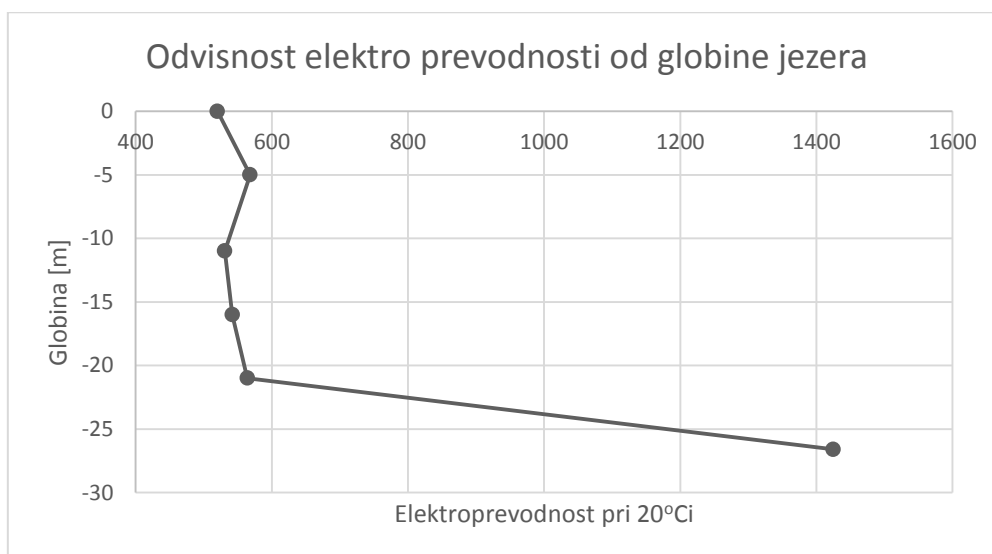
Motnost po globini je bila dokaj konstantna od 2,08 do 4,17 NTU, kar je še v priporočljivih mejah Svetovne zdravstvene organizacije, ki je do 5 NTU. Presega pa vrednosti za pitno vodo 1 NTU. V najglobljem delu 26,5 m pa je poskočila do vrednosti 178 NTU. Vzorec iz te globine je bil rumene barve z izrazitim vonjem po vodikovem sulfidu.



Slika 27: Odvisnost motnosti od globine Kočevskega jezera

Elektroprevodnost

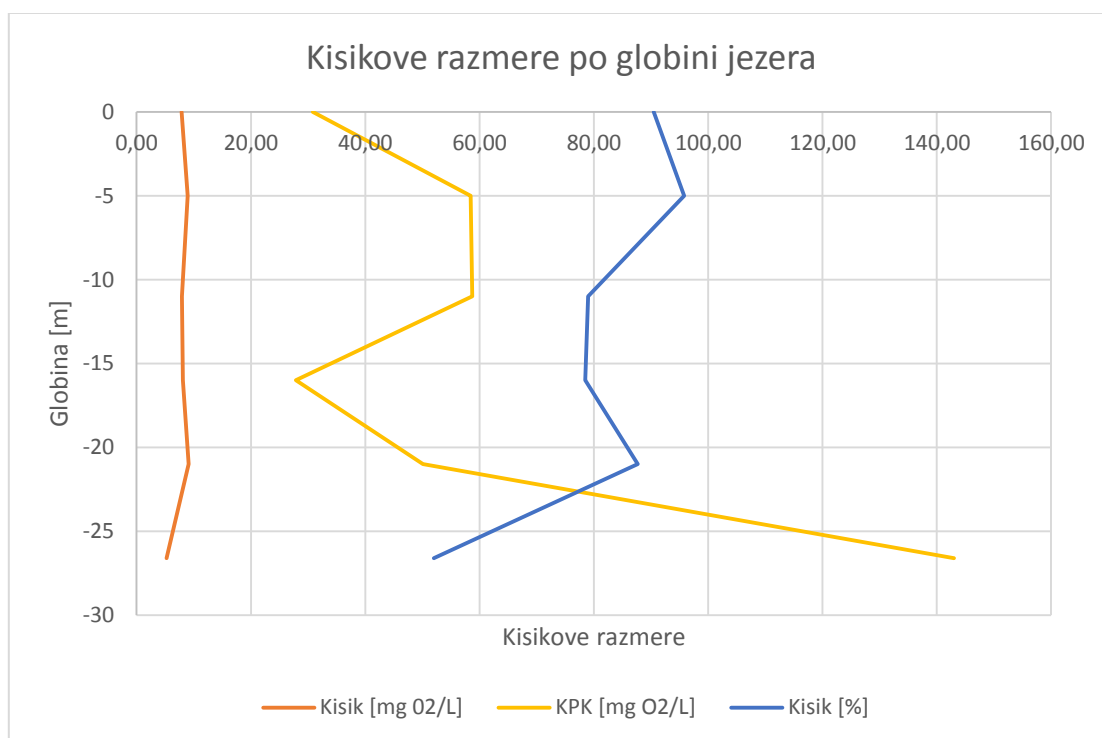
Elektroprevodnost je prav tako dokaj konstantna po vertikali jezera in je v mejah od 520 do 568 $\mu\text{S}/\text{cm}$, kar pa presega kriterij za dobro vodo, ki je od 300 do 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Tudi tu pride do skokovitega porasta elektroprevodnosti na zadnjem najglobljem merilnem mestu, in sicer poraste na 1425 $\mu\text{S}/\text{cm}$. V tem delu je očitno veliko raztopljenih ionov, ki omogočajo prenos elektronov, predvsem anorganskih snovi. Mejna vrednost za pitno vodo 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ni presežena.



Slika 28: Odvisnost elektroprevodnosti od globine Kočevskega jezera

4.3.2 Kisikove razmere

Nad termoklino je večja vsebnost kisika in večje nasičenje s kisikom, in sicer 90,5 in 95,8%. Če povzamem, hladnejše, globlje sveže vode imajo sposobnost, da imajo višje koncentracije raztopljenega kisika, vendar je zaradi mikrobne razgradnje, pomanjkanja atmosferskega stika, propustnosti in odsotnosti fotosinteze, dejansko nasičenje precej pod 100% nasičenosti. V našem primeru je bila nasičenost v hipolimniju le 52 %, vsebnost kisika pa le 5,25 mg O₂/L. Vendar vrednost vsebnosti kisika presega mejne vrednosti razredov ekološkega stanja za splošne fizikalne-kemijske parametre za jezera, ki za zelo dobro ekološko stanje navaja >4 mg O₂/L v hipolimniju. V času poletne stagnacije v jezeru med dnom in površino ne poteka izmenjava kisika, ogljikovega dioksida in hranilnih soli.



Slika 29: Kisikove razmere po globini Kočevskega jezera

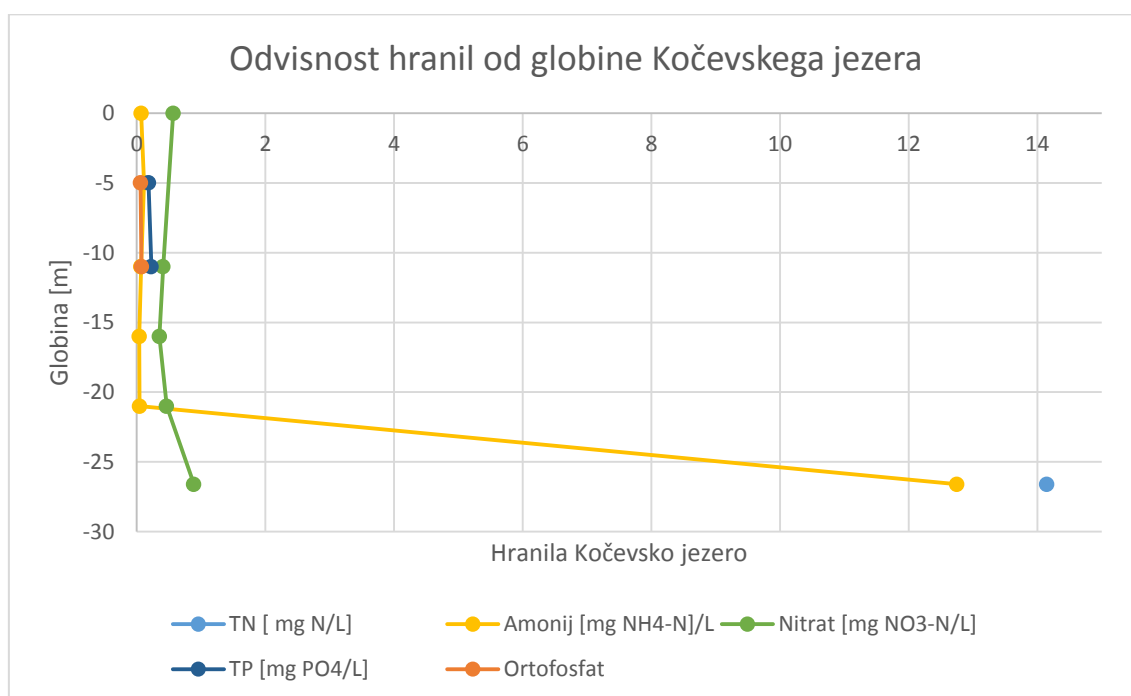
4.3.3 Hranila

Vrednosti hranil po globini jezera so dokaj konstantne, do preskoka pride v največji globini 26,6 m. Totalni dušik je bil pod merilnim območjem, razen najgloblje, kjer je dosegel vrednost 14,15 mg N/L. Amonij je dosegel najvišjo vrednost 12,75 mg NH₄-N/L oz. 16,40 mg NH₄⁺/L prav tako tik nad jezerskim dnom na globini 26,6 m. Nitrati so bili pod merilnim območjem. Izmerjeni nitrati so bili v območju od 0,352 do 0,888 mg NO₃-N/L, najvišja vrednost je bila na jezerskem dnu, na petih metrih pa je bila pod merilnim območjem. Fosfati in ortofosfati so bili v glavnem pod merilnim območjem, izjema sta globini 5 in 11 m, tam so bili izmerjeni 0,184 in 0,227 mg PO₄/L ter 0,060 in 0,074 mg PO₄-P/L. Kriterij, določen za alpska in predalpska jezera za celotni fosfor, je 8 -14 µg/l in je za Kočevsko jezero presežen. Izmerjene vrednosti hranil ne kažejo na onesnaženost jezerske vode. Za ostala močno preoblikovana vodna telesa jezer

kriteriji za določanje ekološkega stanja na podlagi splošnih fizikalno kemijskih parametrov še niso določeni.

Slika 30: Vsebnost hranil po globini Kočevskega jezera

Globina [m]	TN [mg N /L]	Amonij [mg NH ₄ - /L]	Amonij [mg NH ₄ /L]	Nitrit [mg NO ₂ - N/L]	Nitrat [mg NO ₃ - N/L]	TP [mg PO ₄ /L]	Ortofosfat [mg PO ₄ - P/L]
-26,6	14,15	12,750	16,400	<0,015	0,888	<0,150	<0,05
-21	<1,00	0,044	0,057	<0,015	0,466	<0,150	<0,05
-16	<1,00	0,038	0,050	<0,015	0,352	<0,150	<0,05
-11	<1,00	0,066	0,084	<0,015	0,410	0,227	0,074
-5	<1,00	0,115	0,147	<0,015	<0,23	0,184	0,060
0	<1,00	0,070	0,090	<0,015	0,568	<0,150	<0,05



Slika 31: Vsebnost hranil po globini Kočevskega jezera

4.3.4 Drugi kemijski parametri

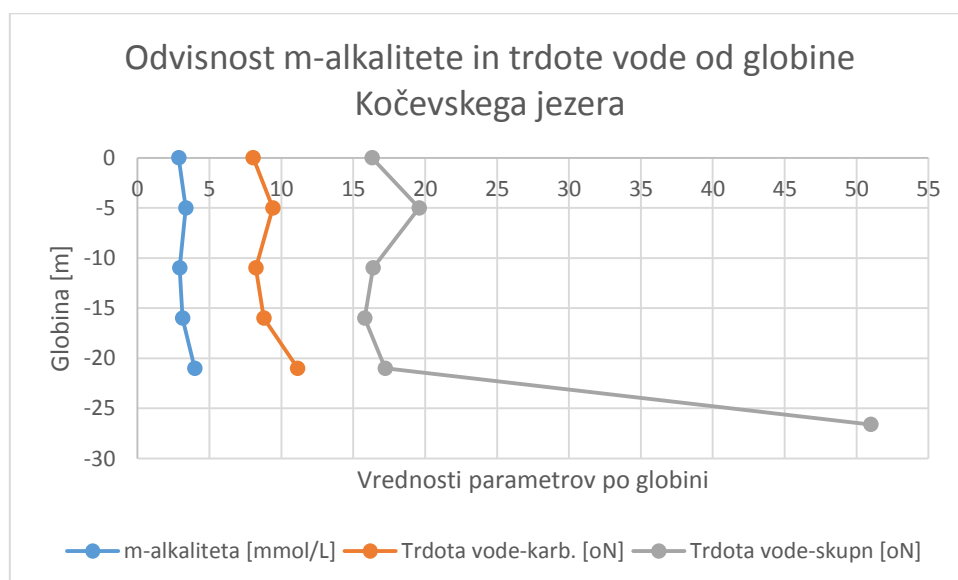
M-alkaliteteta in trdota vode

m-alkaliteteta je pokazatelj prisotnosti karbonatov ali hidrogenkarbonatov posamezno oz. zmesi karbonatov in hidrogenkarbonatov v raztopini. Iz njene vrednosti s pomočjo faktorja 2,8 izračunamo karbonatno trdoto. M-alkaliteteta je v območju od 2,87 do 3,98 mmol/L, najvišje izmerjena je na globini 21 m, na globini 26,6 m je nisem izmerila, ker so suspendirane snovi motile titracijo. Karbonatno trdoto sem izračunala iz m-alkalitetete, vrednosti so od 8,04 do 11,14°N. Skupna trdota je v območju od 15,8 so 19,58°N, kar ustreza trdi vodi (14 - 21°N), na globini 26,6 m pa je celo 51°N, kar pomeni, da je voda

zelo trda (od 21°N dalje). Vrednosti za m-alkalitetu in trdoto vode so v spodnji preglednici in grafu.

Preglednica 21: Vrednosti m-alkalitete in trdote vode

Globina [m]	m-alkaliteta [mmol/L]	Trdota vode-karb. [°N]	Trdota vode-skupn [°N]
-26,6	-	-	51,0
-21	3,98	11,14	17,22
-16	3,14	8,79	15,8
-11	2,94	8,23	16,38
-5	3,36	9,41	19,58
0	2,87	8,04	16,31



Slika 32: Odvisnost m-alkalitete in trdote vode od globine Kočevskega jezera

Sulfati

Sulfati so naravno prisotni v mnogih kamninah in vode jih iz njih izpirajo. Kočevsko jezero je nastalo v kotanji rudnika premoga, ki vsebuje sulfate. Vrednosti sulfata po globini od 127-136 mg SO₄²⁻/L so dokaj visoke in so značilne za umetna jezera na podlagah iz premoga. Presegajo mejno vrednost 15 mg SO₄²⁻/L za zelo dobro ekološko stanje, vendar ne presegajo mejne vrednosti 150 mg SO₄²⁻/L za dobro ekološko stanje, ki so navedene v Prilogi 8 Uredbe o površinskih vodah (Ur.l. RS št. 14/09 z vsemi kasnejšimi dopolnitvami). Na največji globini 26,6 m pa se vsebnost sulfata zmanjša na 27 mg SO₄²⁻/L zaradi redukcije sulfatov do vodikovega sulfida.

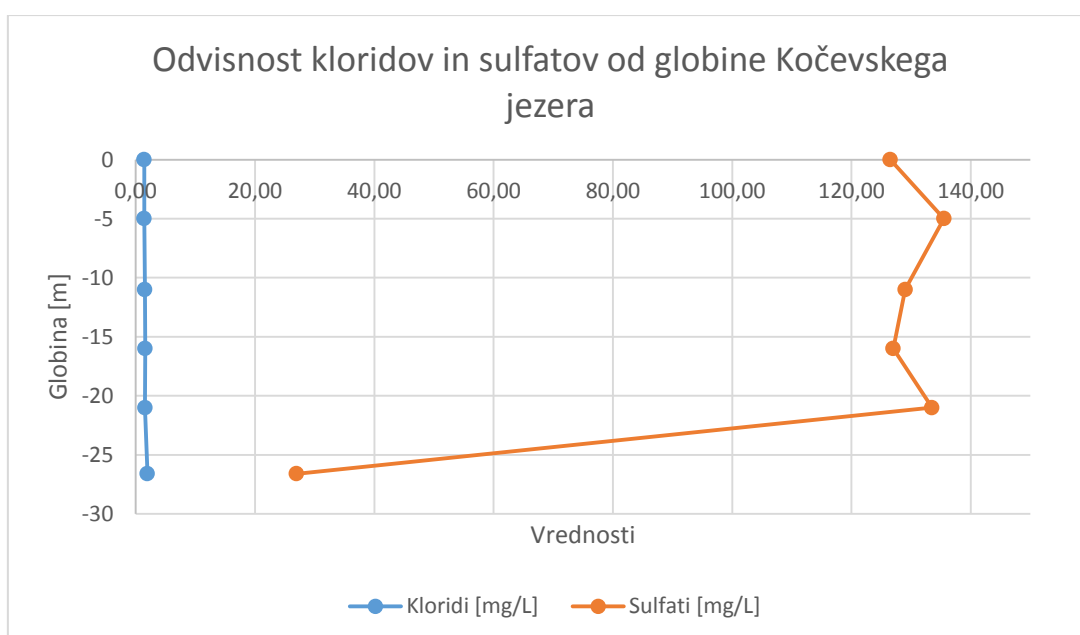
Kloridi

Po globini jezera je koncentracija kloridov dokaj konstantna od 1,41 - 1,95 mg Cl⁻/L in ne presega kriterija 250 mg Cl⁻/L, ki velja za pitne vode.

Izmerjene vrednosti sulfatov in kloridov so prikazane v naslednji tabeli in grafu.

Preglednica 22: Odvisnost vsebnosti kloridov in sulfatov od globine Kočevskega jezera

Globina [m]	Sulfati [mg/L]	Kloridi [mg/L]
-26,6	27	1,95
-21	134	1,54
-16	127	1,59
-11	129	1,52
-5	136	1,42
0	127	1,41



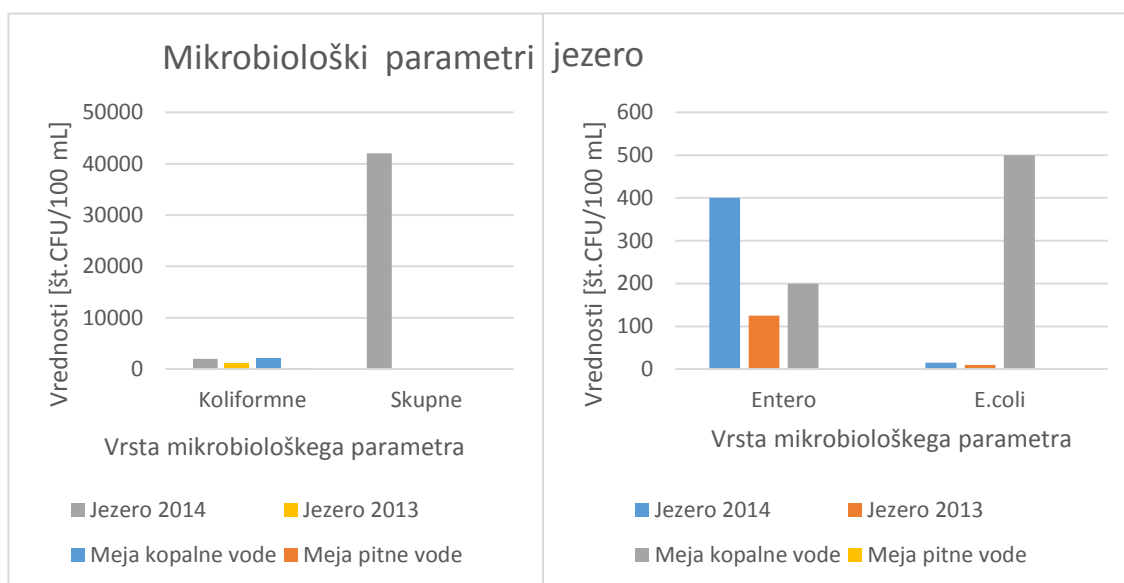
Slika 33: Odvisnost kloridov in sulfatov od globine Kočevskega jezera

4.3.5 Mikrobiološki parametri

V spodnji preglednici in na grafu so prikazani naslednji parametri: rezultati analiz površinske vode Kočevskega jezera iz leta 2014 in vrednosti analiz za površinsko vodo jezera iz leta 2013, kopalne vode in pitno vodo. Intestinalni enterokoki v letu 2014 presegajo predpisane vrednosti za kopalne vode in presegajo vrednosti za pitno vodo ter so višji od vrednosti izmerjenih v letu 2013. *E.coli* ostajajo pod mejnimi vrednostmi za kopalne vode in presegajo vrednosti za pitno vodo ter so primerljive z vrednostmi iz leta 2013. Število koliformnih bakterij v letu 2014 je na meji z mejnimi vrednostmi za kopalno vodo, za pitno vodo jih presegajo. Povišane vrednosti intestinalnih enterokokov kažejo na starejše fekalno onesnaženje. Voda ni primerna za kopanje, ker so vrednosti enterokokov močno presežene glede na mejne vrednosti za kopalne vode.

Preglednica 23: Mikrobiološki parametri v Kočevskem jezeru

	Enterokoki	<i>E.coli</i>	Koliformne bakterije	Skupne
Jezero 2014	400	15	2000	42000
Jezero 2013	125	10	1210	-
Meja kopalne vode	200	500	2000	-
Meja pitna voda	0	0	100	-



Slika 34: Mikrobiološki parametri v Kočevskem jezeru

4.4 Kočevsko jezero in preliv v Rinžo

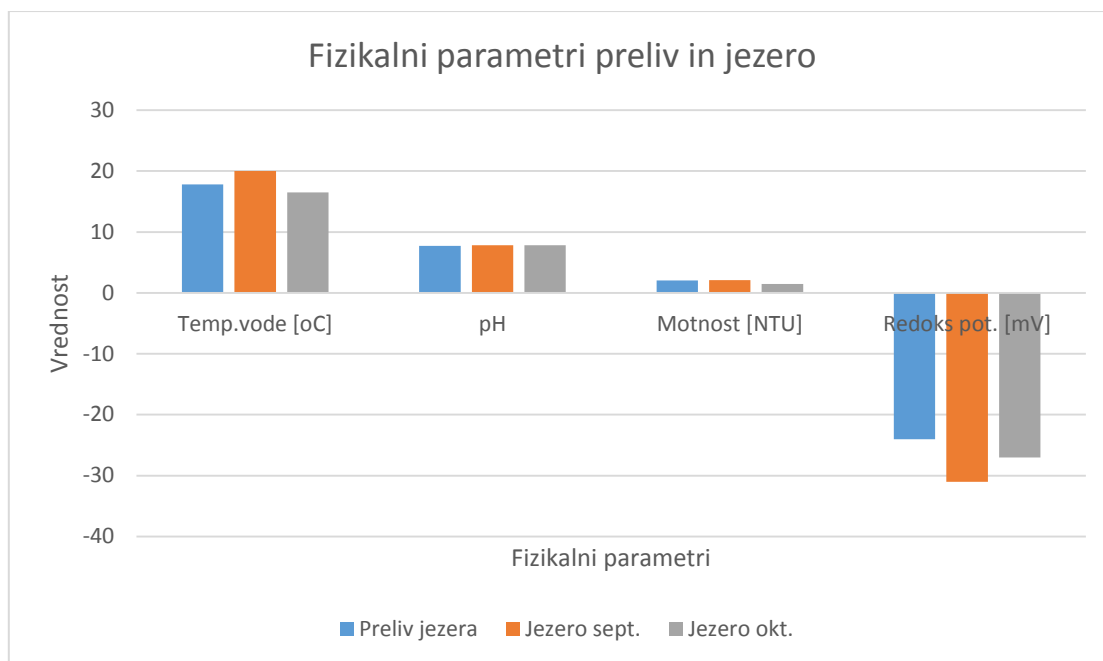
Rezultate, ki sem jih dobila na podlagi analize vzorcev 30.09.2014 preliva jezera v Rinžo sem primerjala z vrednostmi parametrov površine Kočevskega jezera. Želela sem ugotoviti, ali se stanje od jezera do preliva spreminja.

4.4.1 Fizikalni parametri

V spodnji preglednici in grafu so prikazani rezultati za temperaturo vode, pH, motnost in redoks potencial. Preliv jezera ima nekoliko nižji pH od površine jezera, motnost je podobna, prav tako redoks potencial. Zajeti vzorec je imel močan vonj po fekalijah.

Preglednica 24: Fizikalni parametri v prelivu jezera in na površini jezera

	Temp. vode [°C]	pH	Motnost [NTU]	Redoks pot. [mV]
Preliv jezera	17,8	7,70	2,03	-24
Jezero sept.	20,0	7,82	2,08	-31
Jezero okt.	16,5	7,84	1,45	-27



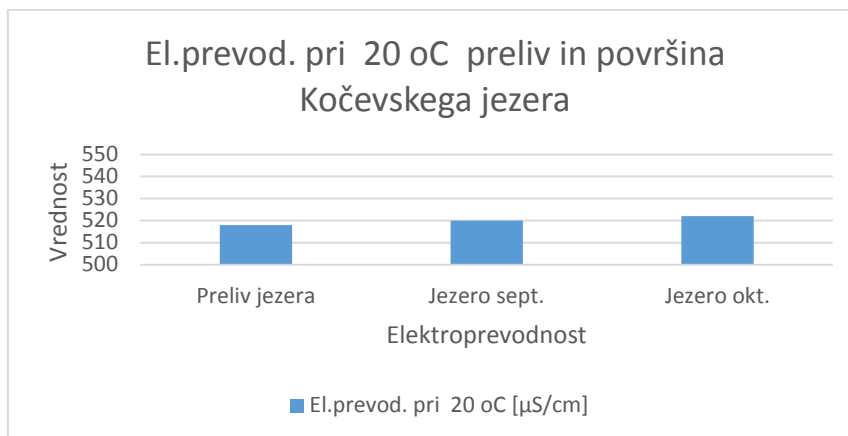
Slika 35: Fizikalni parametri v prelivu jezera in na površini jezera

Električna prevodnost

Električna prevodnost je konstantna glede na čas in kraj vzorčenja in je v mejah od 518 do 522 $\mu\text{S/cm}$, kar pa malo presega kriterij za dobro vodo, ki je od 300 do 500 $\mu\text{S/cm}$.

Preglednica 25: Električna prevodnost v prelivu in na površini Kočevskega jezera

	El.prevod. pri 20 °C [$\mu\text{S/cm}$]
Preliv jezera	518
Jezero sept.	520
Jezero okt.	522



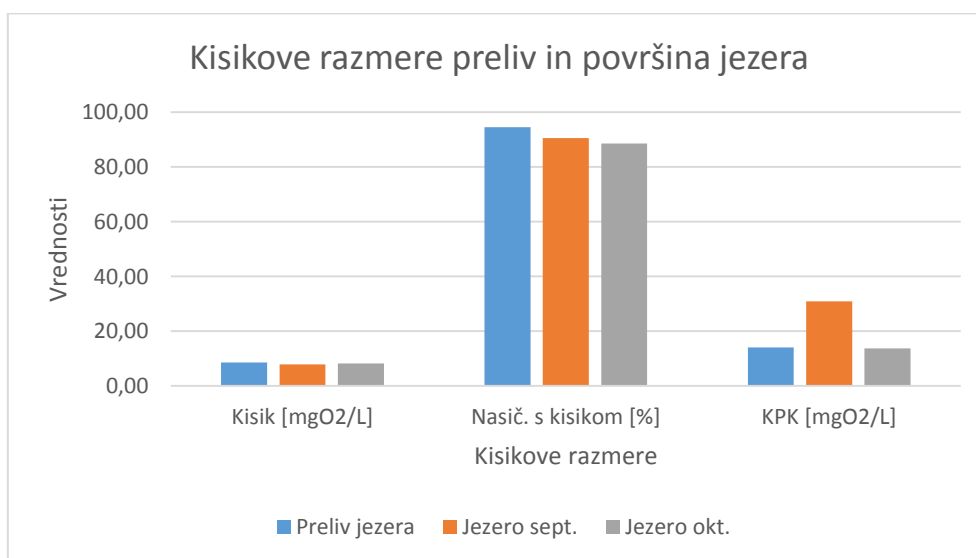
Slika 36: Električna prevodnost preliv in površina Kočevskega jezera

4.4.2 Kisikove razmere

Zahteve direktive 2006/7/ES za kopalne vode se izvajajo v Sloveniji od leta 2010 dalje. V njej so določene orientacijske vrednosti za raztopljen kisik, in sicer 7- 12 mg O₂/L in pa nasičenost s kisikom 80 – 120 %. Vsi parametri so v mejah orientacijskih vrednosti za kopalne vode. Temperatura vode preliva je nižja od temperature vode površine jezera, zato je tudi vsebnost kisika in nasičenost s kisikom višja.

Preglednica 26: Kisikove razmere v prelivu in na površini Kočevskega jezera

	Kisik [mg O ₂ /L]	Nasič. s kisikom [%]	KPK [mg O ₂ /L]
Preliv jezera	8,63	94,5	14,05
Jezero sept.	7,90	90,5	30,85
Jezero okt.	8,21	88,6	13,75



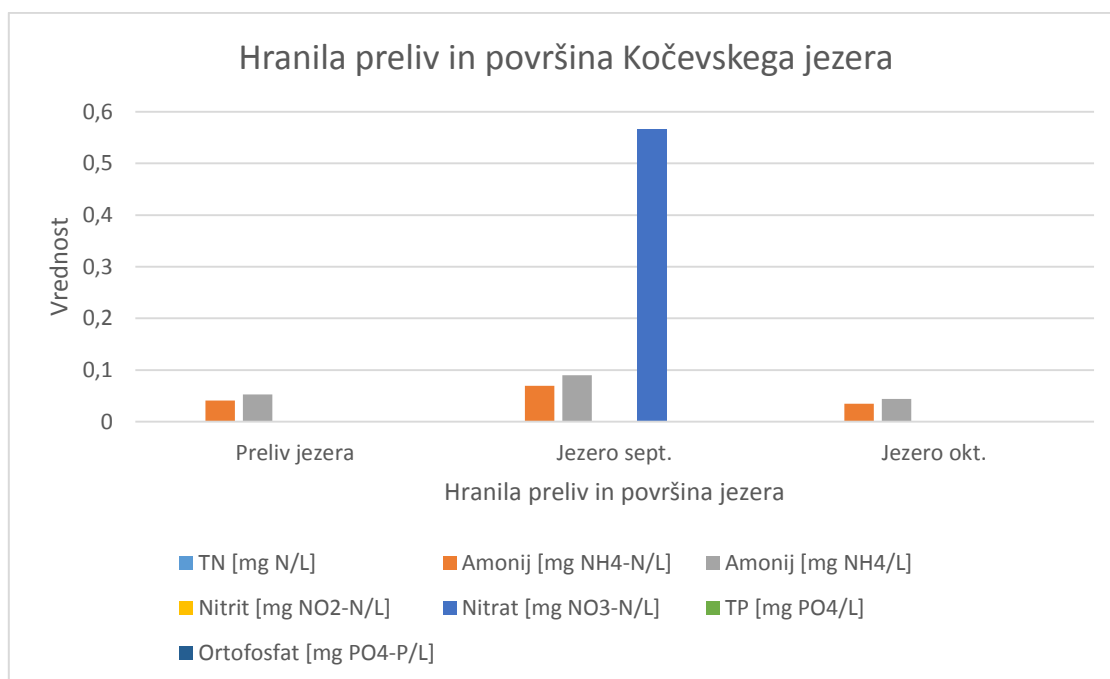
Slika 37: Kisikove razmere v prelivu in na površini Kočevskega jezera

4.4.3 Hranila

Izmerjene vrednosti hranil ne kažejo na onesnaženost jezerske vode. Ker je imel zajeti vzorec močan vonj po fekalijah, sem pričakovala višje vrednosti amoniaka, vendar analiza tega ni pokazala. Kriterij za celotni fosfor, določen za alpska in predalpska jezera, je 8 - 14 µg/l. Za ostala močno preoblikovana vodna telesa jezer kriteriji za določanje ekološkega stanja na podlagi splošnih fizikalno kemijskih parametrov še niso določeni.

Preglednica 27: Hranila v prelivu in na površini Kočevskega jezera

	TN [mg N/L]	Amonij [mg NH ₄ - N/L]	Amonij [mg NH ₄ /L]	Nitrit [mg NO ₂ ⁻ N/L]	Nitrat [mg NO ₃ ⁻ N/L]	TP [mg PO ₄ /L]	Ortofosfat [mg PO ₄ ⁻ P/L]
Preliv jezera	< 1,00	0,041	0,053	<0,015	<0,23	<0,150	<0,05
Jezero sept.	<1,00	0,070	0,090	<0,015	0,568	<0,150	<0,05
Jezero okt.	<1,00	0,035	0,044	<0,015	<0,23	<0,150	<0,05



Slika 38: Hranila v prelivu in na površini Kočevskega jezera

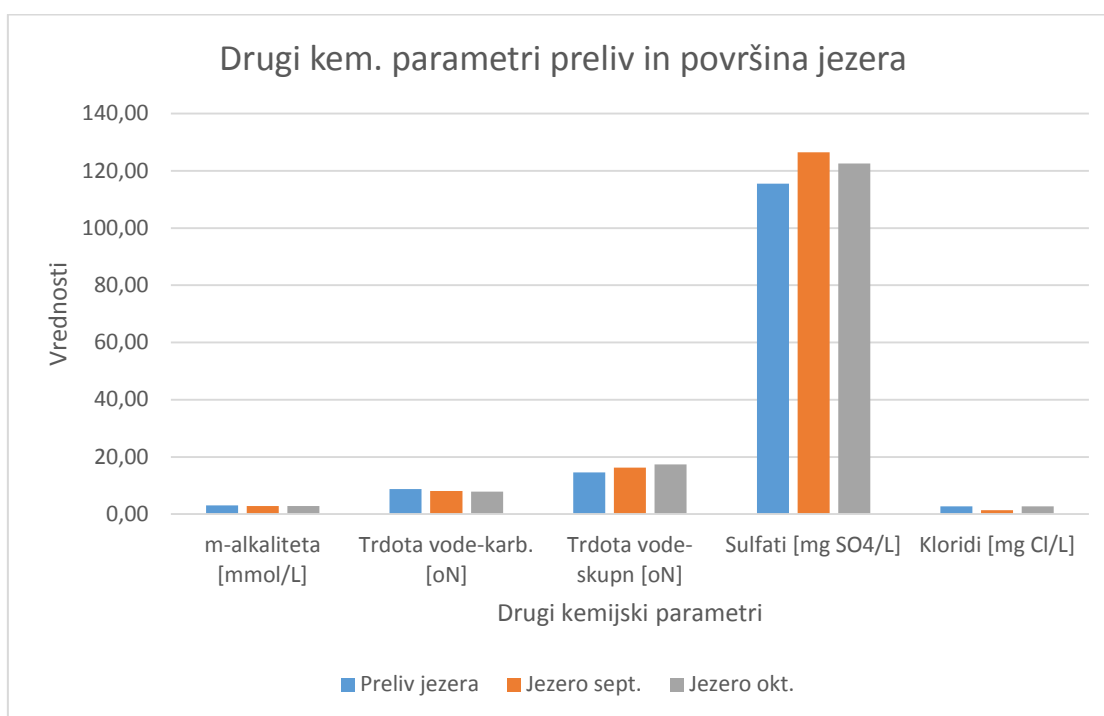
4.4.4 Drugi kemijski parametri

m-alkaliteteta je pokazatelj prisotnosti karbonatov ali hidrogenkarbonatov posamezno oz. zmesi karbonatov in hidrogenkarbonatov v raztopini. Iz njene vrednosti s faktorjem 2,8 izračunamo karbonatno trdoto. M-alkaliteteta in karbonatna trdota preliva sta višji od

vrednosti površine jezera. Skupna trdota je 14,57°N, kar ustreza trdi vodi (14 - 21°N), je pa nižja od skupne trdote površine jezera. Glede na to, da je Kočevsko jezero nastalo v kotanji rudnika premoga, ki vsebuje sulfate, je visoka vrednost sulfatov pričakovana in je 115,5 mg SO₄²⁻/L. Presega mejno vrednost 15 mg SO₄²⁻/L za zelo dobro ekološko stanje, vendar ne presega mejne vrednosti 150 mg SO₄²⁻/L za dobro ekološko stanje, ki so navedene v Prilogi 8 Uredbe o površinskih vodah (Ur.l. RS št. 14/09 z vsemi kasnejšimi dopolnitvami). Koncentracija kloridov je 2,71 mg Cl⁻/L in ne presega kriterija 250 mg Cl⁻/L, ki velja za pitne vode.

Preglednica 28: Drugi kemijski parametri v prelivu in na površini Kočevskega jezera

	m-alkaliteteta [mmol/L]	Trdota vode-karb. [°N]	Trdota vode-skupn [°N]	Sulfati [mg SO ₄ /L]	Kloridi [mg Cl/L]
Preliv jezera	3,11	8,71	14,57	115,5	2,71
Jezero sept.	2,87	8,04	16,31	126,5	1,41
Jezero okt.	2,80	7,84	17,40	122,5	2,71



Slika 39: Drugi kemijski parametri v prelivu in na površini Kočevskega jezera

5 ZAKLJUČKI

Oskrba s pitno vodo zaradi suš na eni strani in obilnih padavin na drugi ter prevelike porabe vodnih zalog postaja vse bolj kritična. Slovenija je bogata z vodnimi viri. Ko si iz pipe natočimo v kozarec hladno, svežo vodo, le redko pomislimo o njeni dragocenosti. Neurejeni izpusti iz gospodinjstev, industrije, nepravilno odlaganje odpadkov, onesnaževanje iz kmetijstva, prometa močno vplivajo na kakovost voda. Vodna direktiva 2000/60/ES določa pravni okvir za zagotavljanje količine kakovostne vode v Evropi s ključnim ciljem doseči dobro stanje vseh voda do leta 2015. Prepustnost krasa omogoča hitro infiltracijo vode v podzemlje, zato so kraške vode močno odvisne od atmosferskih pogojev ter ranljive na posledice različnih človekovih dejavnosti. Da bi vode ustrezno zaščitili in z njimi dobro gospodarili, potrebujemo dobre informacije. Dobimo jih s podatki monitoringa kakovosti voda.

V okviru diplomske naloge sem preverila stanje vodnih virov na Kočevskem, ki je del JV krasa. V analizah, ki sem jih opravila jeseni 2014, sem zajela površinske in podzemne vodne vire, natančneje reko Rinžo, Kočevsko jezero in podzemno vodo iz vrtine v Kočevju. Opravila sem osnovne fizikalno kemijske in mikrobiološke analize izbranih parametrov. Pri oceni sem upoštevala različne dejavnike, ki vplivajo na kakovost, in sicer geografski položaj, pedološke značilnosti, količino padavin, letni čas, poseljenost, potencialne onesnaževalce okolja, denimo industrijo, promet in kmetijstvo. Za primerjavo sem uporabila podatke o kakovosti površinskih in podzemnih vodah, ki sem jih pridobila na ARSO in na Občini Kočevje in veljavne mejne vrednosti za izbrane parametre za posamezne vrste vodnih virov iz veljavnih slovenskih predpisov. Rezultati fizikalno kemijskih analiz so pokazali, da je kakovost vodnih virov na Kočevskem zadovoljiva, ne presega mejnih vrednosti iz predpisov o površinskih, podzemnih in kopalnih vodah. Mikrobiološke analize so na nekaterih mestih pokazale prisotnost fekalnega onesnaženja.

Kar se tiče vsebnosti hranil, to je amonija, nitritov in nitratov, Rinža pred vstopom v mesto, na Marofu, in v samem mestu, pri zapornicah, zadošča kriterijem za dobro ekološko stanje, ki jih določa Uredba o stanju površinskih vodah. Vrednosti so celo nižje od tistih, ki jih predpisuje Pravilnik o pitni vodi. Kemijska potreba po kisiku, s katero lahko hitro ocenimo celotno organsko snov v vodi, je nizka in pomeni, da je v reki prisotnih malo organskih snovi. Voda v Rinži je srednje trda. Mikrobiološko stanje kaže na prisotnost fekalnega onesnaženja. Na Marofu je preseženo število koliformnih bakterij, pri zapornicah v mestu pa število *E.coli* in koliformnih bakterij, tako da voda ni primerna za kopanje.

Za močno preoblikovana vodna telesa, kamor spada tudi Kočevsko jezero, fizikalno-kemijski parametri za ekološko stanje voda še niso določeni. Ko sem merila temperaturo po globini, sem ugotovila, da pada z globino in je najnižja v najglobljem delu, termoklina je na globini 9 m. Vzorec z dna jezera je bil močno rumeno obarvan in je imel močan vonj po sulfidu. Vrednosti fizikalno-kemijskih parametrov se močno spremenijo v hipolimniju. Vsebnost kisika in nasičenost s kisikom padeta, vendar še vedno ustrezata zelo dobremu ekološkemu stanju. KPK se poveča in kaže na prisotnost večje količine organskih snovi, motnost prav tako naraste. Voda v hipolimniju je zelo trda, saj doseže vrednost celo 51°N. Koncentracija sulfatov pa upade, ker pride pri pomanjkanju kisika do redukcije sulfatov v sulfide. Izmerjene vrednosti hranil ne kažejo na onesnaženje jezerske vode. V primerjavi s kriteriji za alpska in predalpska jezera pa so vrednosti totalnega fosforja presežene. Povečanje ali zmanjšane vrednosti parametrov po globini, posebej v hipolimniju, so značilne za poletno stagnacijo in

stratifikacijo jezer. Mikrobiološka analiza vzorca iz površine jezera je pokazala, da voda ni primerna za kopanje, ker je preseženo število intestinalnih enterokokov, kar kaže na starejše fekalno onesnaženje.

Narejena je tudi primerjava vzorcev vode iz površine jezera in preliva jezerske vode v Rinžo. Vzorec iz preliva je imel močan vonj po fekalijah, vendar vrednosti za amonij niso bile visoke. Primerjava je pokazala, da se kakovost vode, ki po cevovodu teče od jezera do preliva, bistveno ne spreminja.

Podzemna voda je zajeta iz vrtine na dvorišču podjetja Melamin d.d. Kočevje. Med analiziranimi parametri podzemne vode imajo le nitrati določen standard kakovosti (50 mg/L), ostali parametri iz te Uredbe niso zajeti v analizi. Primerjava je narejena s kopalnimi in pitnimi vodami ter naravnim ozadjem za hranila v podzemnih vodah. Razmere s kisikom so za podzemne vode predvsem pokazatelj geološko - kemičnih razmer v podzemni vodi. Izmerjena vsebnost kisika in nasičenost s kisikom kažeta na to, da je v vodi malo raztopljenega kisika. Izmerjeni KPK je bil pod merilnim območjem in kaže na majhno prisotnost organskih snovi. Nitrati v podzemni vodi so lahko naravnega izvora in so odvisni od geološke sestave. Analiza je pokazala, da so presežene vrednosti naravnega ozadja, kar pomeni, da je prisotno onesnaženje z nitrati, ki je lahko posledica kmetijstva, vendar pa ne presegajo standarda kakovosti za podzemne vode. Amonij sicer ne predstavlja tveganja za zdravje, je pa dober indikator za mikrobiološko in fekalno onesnaženje, koncentracije niso presegle običajnih vrednosti za podzemno vodo. Izmerjeni fosfati so bili pod merilnim območjem. Voda je trda do zelo trda, kar kaže na prisotnost raztopljenih karbonatov in bikarbonatov. Mikrobiološka analiza je pokazala, da so prisotne koliformne bakterije, vendar bi bila podzemna voda še vedno primerna za kopanje.

Vse tri postavljene hipoteze sem potrdila.

Hipoteza 1: Glede na manjši obseg industrije, sklepam, da je kvaliteta vodnih virov na Kočevskem ustrezna. Hipotezo 1 sem potrdila.

Hipoteza 2: Glede na pretežno kmetijsko področje in na nekaterih območjih neurejene kanalizacijske izpuste so v večji meri prisotna onesnažila nitrati, nitriti in amonij. Hipotezo 2 sem potrdila.

Omenjena onesnažila so sicer prisotna, vendar ne predstavljajo tveganja za okolje.

Hipoteza 3: Na območju Kočevske prihaja do nihanja mikrobiološke kvalitete vode zaradi prisotnosti fekalnih bakterij. Hipotezo 3 sem potrdila.

Ne površinska ne podzemna voda brez predhodne obdelave ni primerna za pitje.

V diplomski nalogi sem sistematično spremljala izbrane parametre kakovosti vodnih virov na Kočevskem v daljšem časovnem obdobju. Če želimo ugotoviti, kakšni so trendi voda na območju, priporočam, da se v prihodnje spremljanje nadaljuje.

6 VIRI

Ambrožič Š., Cvitanič I., Dobnikar Tehovnik M., Gacin M., Grbovič J., Jesenovec B., Kozak Legiša Š., Krajnc M., Mihorko P., Poje M., Remec Rekar Š., Rotar B., Sodja E., 2008. Kakovost voda v Sloveniji. Agencija RS za okolje (ARSO), Ljubljana: str.72
<http://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/kakovost%20voda/Kakovost%20voda-SLO.pdf>, 4.oktober 2014

Atlas okolja 2014.

http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@ARSO, 20.11.2014

Biotehniška fakulteta. Merjenje osnovnih fizikalno-kemijskih parametrov na naravnih vzorcih. http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/groups/2751/Vaja_1.doc, 5.oktober 2014

Ciglič R. 2011. Vodniki Ljubljanskega geološkega društva. V: Ekskurzije Ljubljanskega geografskega društva. Ljubljana: Založba ZRC Sazu, ZRC SAZU, str.65
<http://books.google.si/books?id=79TakzDnZYkC&pg=PA65&lpq=PA65&dq=izvir+rinn%C5%BEEa&source=bl&ots=qpSplTsn9p&sig=8mx9VOziU5VazKFi-XI0VW68ID0&hl=sl&sa=X&ei=XGUcVKjpKob8ygOH3oGwCA&ved=0CF0Q6AEwCTgo#v=onepage&q&f=true>, 26.09.2014

Darko D., Panjan J. 2013. Problematika neustrezne kakovosti pitne vode na kraškem območju ter možne rešitve. Podčetrtak, Inštitut za vode RS, 2013: str. 6
http://konferenca-komunala.gzs.si/pripone/38598/DREV%20Darko_Problematika%20neustrezne%20kakovosti.pdf, 9. oktober 2014

Direktiva Evropskega parlamenta in Sveta 2000/60/ES z dne 23. oktobra 2000, v delu vodna politika. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/sl/dd/15/05/32000L0060SL.pdf>, 20.11.2014

EPA, 2007. Batteries – product stewardship.

<http://www.epa.gov/epawaste/conservation/tools/stewardship/index.htm>, 26.09.2014

Firbas P. 2001. Vsa slovenska jezera : leksikon slovenskih stojećih voda. Ljubljana, DZS: str. 18-19

Gams I., Kunaver J., Radinja D. 1973. Slovenska kraška terminologija. Ljubljana, Katedra za fizično geografijo Oddelka za geografijo.

Gams I. 2004a. Kras v Sloveniji v prostoru in času. Hidrografska conalnost. Knez M. (ur.). Ljubljana, Založba ZRC, ZRC SAZU: str. 38

Gams I. 2004b. Kras v Sloveniji v prostoru in času. Kraški procesi. Knez M. (ur.). Ljubljana, Založba ZRC, ZRC SAZU: str. 65-75

Harlander D. 2002. ZZV Novo mesto. Poročilo o preiskanih vzorcih iz rek Krke, Kolpe, Lahinje, Temenice in Mirne. <http://www.zzv-nm.si/media/reke.pdf>, 6. oktober 2014

IVZ RS 2005a. O posameznih parametrih na kratko.

http://www.ivz.si/Mp.aspx?nn=Print&pi=5&5_id=409&5_PageIndex=0&5_groupId=-

2& 5 newsCategory=IVZ%20kategorija& 5 action=ShowNewsFull, 5. oktober 2014

IVZ RS 2005b. Opisi indikatorskih parametrov, ki jih najdemo v pitni vodi. <http://img.ivz.si/janez/405-458.pdf>, 5. oktober 2014

Kabler P.W., Clark H.F., Geldreich E.E. 1964. Sanitary significance of coliforms and fecal coliform organisms in surface water. Public Health Reports, 79: str. 58-60 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1915497/>, 30.10.2014

Kogovšek J., Pipan T. 2014. Metode monitoringa kakovosti vode. <http://www.razvojkrasa.si/si/voda/109/article.html>, 28.09.2014

Kranjc A. 1970. Kraški svet Kočevskega polja in izraba njegovih tal. V: Geografski zbornik XXIII, 1972. Ljubljana : Znanstvenoraziskovalni center SAZU, Geografski inštitut, 1952-2002.: str. 140-144

Kranjc A. 1990. Dolenjski kraški svet. Kaj je kras. Novo mesto, Tiskarna Novo mesto – Dolenjska založba Novo mesto: str. 12-15

Kranjc A. 1998. Kraško površje, Kraške vode. V: Geografski atlas Slovenije Država v prostoru. Fridl J., Kladnik D., Adamič Orožen M., Perko D. (ur.). Ljubljana, DZS: str. 90-92

Kranjc A. in Lovrenčak F. 1981. Poplavni svet na Kočevskem polju. V: Geografski zbornik XXI. Ljubljana : Znanstvenoraziskovalni center SAZU, Geografski inštitut, 1952-2002: str. 121 – 126

Kranjc U., Toman J.M., Vodopivec R., Oberžan T. 2001. Programi sanacije kakovosti Blejskega jezera in Save Bohinjke V: Hidrologija in ekologija, Mišičev vodarski dan 2001. <http://www.mvd20.com/LETO2001/R9.pdf>, 06.01.2015

Kraški vodovod Sežana 2014. Trdota vode. <http://www.kraski-vodovod.si/?stran=voda-trdota>, 05. oktober 2014

Kuleš M., Habuda Stanić M. 2009. Kondicioniranje voda. Određivanje alkaliteta. Određivanje ukupnog i djelomičnog alkaliteta. § HRN EN ISO 9963-1:1998 en (ISO 9963-1:1994). Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku. Građevinski fakultet. Zavod za hidrotehniku i zaštitu okoliša, 2009: str. 20, <http://www.gfos.hr/portal/images/stories/studij/sveucilisni-diplomski/kondicioniranje-voda/skripta-gf-vjezbe.pdf>, 6. oktober 2014

Likar M. 2000. Mikrobiologija okolja. Ljubljana, ZSTI Slovenije - Zbornica sanitarnih tehnikov in inženirjev Slovenije: str. 89 -114

Lobnik A. 2009. Ekologija in okoljevarstvo, navodila za vaje. Univerza v Mariboru. Fakulteta za strojništvo, Maribor: str. 5 – 17 in 27-30 <http://fs-server.uni-mb.si/si/inst/itkek/lakbp/izpiti/Ekologija%20in%20Okoljevarstvo%20-%20gradivo%20in%20vaje/vaje%2008-09/Navodila%20za%20vaje%2008-09.pdf>, 5. oktober 2014

Luževič M., 2007. Geografija Slovenije. Visoke dinarske planote.

<http://www2.arnes.si/~gkrsloka7/gradiva/visokedinplanote.doc>, 4. oktober 2014

Mele R., Prevc H. 2014. Okoljske analize. Določevanje amonijevih ionov v vodi. ŠC Srednja strojna in kemijska šola Ljubljana. <http://www.kii3.ntf.uni-lj.si/analchemvoc2/file.php/1/html/slo/SPEKTRA/okoljske2.htm>, 9. oktober 2014

Mežnaršič B. 2013. Karakterizacija zaledja kraških izvirov na območju Krma s pomočjo drifta. Diplomsko delo. Nova Gorica 2013. <http://www.unq.si/~library/diplome/OKOLJE/120Meznarsic.pdf>, 4. oktober 2014

Ministrstvo za okolje in prostor 2007. ARSO. Hranila v rekah in samočistilna sposobnost rek. http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=64, 22.10.2014

Ministrstvo za okolje in prostor 2013. ARSO. Nitrati v podzemni vod. http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=632, 22.10.2014

Ministrstvo za okolje in prostor. ARSO. Državna meteorološka služba. <http://meteo.arso.gov.si/met/si/app/webmet/#webmet==8Sdwx2bhR2cv0WZ0V2bvEGc w9ydlJWblR3LwVnaz9SYtVmYh9icIFGbt9SaulGdugXbsx3cs9mdl5Wah91clxXYyNGap ZXZ8tHZv1WYp5mOnMHbvZXZuWYnwCchJXYtVGdlJnOn0UQQdSf;10>, 10. november 2014

Ministrstvo za okolje in prostor. ARSO. Podnebne razmere v Sloveniji (obdobje 1971-2000). Ljubljana, Agencija republike Slovenije za okolje: str. 1-2. http://www.arso.gov.si/vreme/podnebje/podnebne_razmere_Slo71_00.pdf, 9. oktober 2014

Ministrstvo za okolje in prostor 2015. ARSO. Rinža Livold pretok. Sektor za analize in prognoze površinskih voda. Urad za hidrologijo in stanje okolja.

Ministrstvo za okolje in prostor. ARSO. Vreme. Napovedi in podatki. Napovedi in podnebje. <http://www.arso.gov.si/vreme/napovedi%20in%20podatki/kocevje.htm>, in <http://www.arso.gov.si/vreme/podnebje/Kocevje06.pdf>, 6. oktober 2014

Mori N., Brancelj A., Simčič T. 2008. Kaj vse je skrito našim očem. V: Znanost. Delo, Ljubljana, 2008: str. 21 http://ilona.uni-mb.si/novice/2008/delo_kegl.pdf, 4. oktober 2014

Muri G., Brancelj A. 2002. Fizikalne in kemijske lastnosti jezerske vode in ledeni pokrov. V: Visokogorska jezera v vzhodnem delu Julijskih Alp. Brancelj A. (ur.). Ljubljana, Založba ZRC SAZU: str. 91 – 109

NIJZ, Nacionalni Inštitut za javno zdravje RS 2011. O posameznih parametrih na kratko. http://www.ivz.si/Mp.aspx?ni=115&5_id=409&5_action>ShowNewsFull, 06.01.2015

Občina Kočevje 2014a. Občina Kočevje s partnerji pridobila enega od treh projektov LIFE v Sloveniji. <http://www.kocevje.si/index.cgi?m=3&id=1148>, 4. oktober 2014

Občina Kočevje 2014b. Kočevsko jezero. <http://www.kocevje.si/turizem-naravne-znamenitosti-kocevsko-jezero>, 4. oktober 2014

Petrič M., Ravbar N. 2008. Kraški vodni viri in njihovo varovanje. V: Trajnostni razvoj kraške pokrajine. Luthar O., Dobrovoljc H., Pavšek M., Mulec J., Fridl J. Jerneja (ur.).

Hrvatini M., Ljubljana, Založba ZRC: str. 81-84

Petrič M., Ravbar N., Kogovšek J. 2011. Značilnosti kraških vodonosnikov. V: Krasosolovje v razvojnih izzivih na krasu 1, Voda. Knez M., Petrič M., Slabe T. (ur.). Postojna - Ljubljana, Založba ZRC: str. 8-13

Poje M. 2014. Kakovost kopalnih voda v Sloveniji v letu 2013. Ljubljana, Agencija republike Slovenije za okolje 2014. http://www.arso.gov.si/vode/kopalne%20vode/KV%202013_splet.pdf, 26.10.2014

Pravilnik o pitni vodi (Ur.l.RS št. 19/04, 35/04, 26/06, 92/06 in 25/09). Priloga 1. Parametri in mejne vrednosti parametrov. <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV3713>, 26.09.2014

Pravilnik o spremembah in dopolnitvah Pravilnika o določitvi in razvrstitvi vodnih teles površinskih voda (Ur.l. RS št. 32/2011). Priloga 1 <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlurid=20111512>, 27.09.2014

Rajaković Ognjanović V.N. 2014. Univerzitet u Beogradu. Građevinski fakultet. Sulfati. www.grf.bg.ac.rs/~vladana/files/Sulfati.pdf, 5. oktober 2014

Razvojni center Novo mesto, Služba vlade RS za lokalno samoupravo in razvoj, Evropski sklad za regionalni razvoj 2, Limnos d.o.o 2011. Analiza lokalnih specifičnih značilnosti ekoremediacij v občinah Jugovzhodne Slovenije. Poročilo za občino Kočevje. Študija v okviru projekta Trajnostni razvoj JVS z ekoremediacijami- delovno gradivo. http://www.erm-jvs.si/Dokumenti/Zakljucna_porocila/Porocilo_Obcina_Kocevje.pdf, 4. oktober 2014

Remec Rekar Š. in Bat M. 2003. Jezera. V: Vodno bogastvo Slovenije. Ljubljana, ARSO: str.40

Roš M. 2001. Biološko čiščenje odpadne vode. Ljubljana, GV založba

Roš M., Zupančič G.D. 2010. Čiščenje odpadnih voda. Velenje. Visoka šola za varovanje okolja: str. 96

Scholar 2014. Virginia Polytechnic Institute and State University. Oxidation-Reduction (Redox) Reactions and Potentials. [http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-01102003-162857/unrestricted/\(08\)Lit_Rev_2.pdf](http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-01102003-162857/unrestricted/(08)Lit_Rev_2.pdf), 29.10.2014

SURS 1a, Statistični urad republike Slovenije. Prebivalstvo - izbrani kazalniki, občine, Slovenija, polletno. http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/varval.asp?ma=05C4008S&ti=&path=../Database/De m soc/05_prebivalstvo/10_stevilo_preb/20_05C40_prebivalstvo_obcine/&lang=2, 04.11.2014

SURS 1b, Statistični urad republike Slovenije. Gostota naseljenosti in indeks feminitete, občine, Slovenija, polletno. http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/varval.asp?ma=05C4010S&ti=&path=../Database/De m soc/05_prebivalstvo/10_stevilo_preb/20_05C40_prebivalstvo_obcine/&lang=2, 04.11.2014

Tarman K. 1992. Osnove ekologije in ekologija živali, 1. izd. Ljubljana, Državna založba Slovenije

Tehovnik Dobnikar M. 2008. Kakovost voda v Sloveniji. Uvod. Ljubljana, Agencija republike Slovenije za okolje: str. 9

Trišič N., Pavlič U. 2012. Ocenjevanje nizkih zalog podzemne vode vodonosnih sistemov Kočevje – Goteniška gora in Poljanska gora v letu 2009 v Razvoj na področju hidrološkega monitoringa. V: Hidrološki letopis Slovenije 2009. Ljubljana, Agencija republike Slovenije za okolje: str. 19

Trnovšek L. 2007 Okoljska ocena in makrofiti vodotokov Rašica, Črni potok, Šentpavelščica in Kodeljevec. Dipl. delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za biologijo, 2007: str. 10, V: Wetzel R.G., Likens G.E. 1991. Limnological Analyses, 2nd edition. Springer Verlag New York: 391 str. http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/dn_trnovsek_lea.pdf, 5. oktober 2014

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za toplotno tehniko 2014. Mikrobiološka analiza vode, 4. laboratorijska vaja. <http://lab.fs.uni-lj.si/ltt/images/stories/file/2013-2014%20okpt%20lav4.pdf>, 13.10.2014

Urbanič G. 2009. Poročilo o delu IzVRS za leto 2009. Programski sklop: I. Skupna EU politika do voda projekt: I/1/2 ekološko stanje. Ljubljana, 2009.

Uredba o stanju podzemnih voda, Ur.l. RS št. 25/09, 68/12. Priloga 2: Standardi in vrednosti praga. <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED5121>, 26.09.2014

Uredba o stanju površinskih voda, Ur.l.RS št. 14/09, 98/10 in 96/13. Mejne vrednosti razredov ekološkega stanja za splošne fizikalne-kemijske parametre za reke, Priloga 7. <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED5010>, 26.09.2014

Uredba o upravljanju kopalnih voda, Ur.l. RS št. 25/08. Priloga 2: Standardi kakovosti in preskusne metode, preglednica 1. <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED4701>, 13.10.2014

Vodovod kanalizacija 2014. Kako trda je voda v Ljubljani? <http://www.vo-ka.si/aktualno/kako-trda-je-voda-v-ljubljani>, 29.10.2014

Vrhovšek D., Vovk Korže A. 2007. Ekoremediacije. Ljubljana in Maribor, Univerza v Mariboru, Filozofska fakulteta, Mednarodni center za ekoremediacije, Limnos d.o.o., 2007: str. 16-17

Vrhovšek D., Vovk Korže A. 2008. Ekoremediacije kanaliziranih vodotokov. Ljubljana in Maribor, Univerza v Mariboru, Filozofska fakulteta, Mednarodni center za ekoremediacije, Limnos d.o.o., 2008: str. 48-52

Zupan Vrenko D., Kovačič M., Globevnik L. 2009. Uvajanje porazdeljenega okoljskega informacijskega sistema (seis) za kopalne vode v Evropi V: Mišičev vodarski dan 2009. NUV in strokovne podlage s področja upravljanja voda, 2009: str. 122. <http://mvd20.com/LETO2009/R18.pdf>, 13.10.2014

ZZV Celje 2014. Pitna voda. Parametri v pitni vodi. <http://www.zzv-ce.si/okus-vonj->

barva-pitne-vode, 29.10.2014

ZZV Maribor 2010. Inštitut za varstvo okolja. Monitoring podzemne vode in površinskih vodotokov na območju mestne občine Ljubljana za obdobje julij 2008 - julij 2010.

Zaključno poročilo. http://www.ljubljana.si/file/765508/vode_julij2008_julij2010.pdf, 29.10.2014

Žlebir S. 2008. Predgovor. V: Kakovost voda v Sloveniji. Tehovnik Dobnikar M.(ur.). Ljubljana, Agencija republike Slovenije za okolje: str. 5

PRILOGE (ANNEXES)

PRILOGA 1

Terenski list

TERENSKI LIST št. _____ MERILNO MESTO _____
(številka, ime)

Datum vzorčenja: _____	Ura vzorčenja: _____
Opis mesta vzorčenja: _____ (Oceniti širino dna struge, širino omočenega dela struge, morebitna fotografija struge na mestu vzorčenja)	
Vidne odplake: _____ (senzorično, npr. naravnega izvora –les, slama, listje; antropogenega izvora - plastika, guma itd)	
Vidna barva: _____ (senzorično, npr. kalna, rjava itd.)	
Vonj: _____ (senzorično, vonj po ...)	
Okolica merskega mesta: _____ (pontencialni vir onesnaženja)	
Veter: _____ (senzorično, npr. rahel, smer vetra itd.)	Temp. zraka: _____
Vreme pred vzorčenjem: _____ (po spominu oz. pridobiti uraden podatek ARSO, npr. krajše, daljše obdobje suhega vremena)	
Vreme v času vzorčenja: _____ (senzorično, sončno, padavine, oblačnost itd.)	

Nadaljevanje na naslednji strani

Nadaljevanje iz prejšnje strani

Parameter	Enota	Vrednost	Merilni princip
Temperatura vode	°C		
pH			elektrometrija
Kisik	mg O ₂ /L		Elektrometrija
Nasič. s kisikom	%		Elektrometrija
Redoks potencial	mV		elektrometrija