

Mestna občina Celje  
Komisija Mladi za Celje

# BIOLOŠKA IN KEMIJSKA ANALIZA REKE HUDINJE

RAZISKOVALNA NALOGA



Avtorja:

Andraž Šošterič, 9. a

Jan Bajc, 9. a

Mentorica:

Marjeta Gradišnik Mirt,  
predm. učiteljica

Celje, marec 2018

Osnovna šola Ljubečna

# BIOLOŠKA IN KEMIJSKA ANALIZA REKE HUDINJE

RAZISKOVALNA NALOGA

Avtorja:

Andraž Šošterič, 9. a

Jan Bajc, 9. a

Mentorica:

Marjeta Gradišnik Mirt,  
predm. učiteljica

Jezikovni pregled:

Petra Merc, prof.

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, 2018

## Vsebina

POVZETEK .....	1
1 UVOD .....	2
1.1 NAMEN NALOGE .....	2
1.2 HIPOTEZE .....	3
1.3 METODE DELA .....	3
2 REKA HUDINJA .....	5
2.1 GEOGRAFSKI OPIS REKE HUDINJE .....	6
2.2 BIOINDIKATORSKE VRSTE ŽIVALI V POTOKU .....	7
2.3 KAJ JE BIOLOŠKA ANALIZA VODE .....	7
2.4 KAJ JE KEMIJSKA ANALIZA VODE .....	8
3 TERENSKO DELO .....	11
3.1 MESTA ODVZEMA BIOLOŠKIH VZORCEV IN VODE ZA KEMIJSKO ANALIZO .....	12
3.2 ZNAČILNOSTI OBMOČIJ ODVZEMA BIOLOŠKIH VZORCEV .....	14
3.3 POTEK BIOLOŠKE ANALIZE .....	16
3.4 POTEK KEMIJSKE ANALIZE .....	17
4 REZULTATI .....	18
4.1 REZULTATI BIOLOŠKE ANALIZE .....	18
4.2 REZULTATI KEMIJSKE ANALIZE .....	21
5 RAZPRAVA O REZULTATIH .....	24
5.1 POTRDITEV HIPOTEZ .....	25
6 ZAKLJUČEK .....	27
LITERATURA .....	28

## SEZNAM SLIK TABEL IN GRAFOV

SLIKA 1: V RAKOVCU NA POHORJU JE HUDINJA ŠE POTOČEK. ....	2
SLIKA 2: TERENSKO DELO.....	4
SLIKA 3: REKA HUDINJA V SPODNJEM TOKU .....	5
SLIKA 4: LIČINKA VRBNICE .....	7
SLIKA 5: LIČINKI ENODNEVNIC.....	7
SLIKA 6: LIČINKI MLADOLETNIC.....	8
SLIKA 7: POTOČNA POSTRANICA .....	8
SLIKA 8: KEMIJSKA ANALIZA VODE IZ REKE HUDINJE.....	10
SLIKA 9: PRVO MESTO BIOLOŠKE IN KEMIJSKE ANALIZE HUDINJE V RAKOVCU NA POHORJU .....	13
SLIKA 10: DRUGO MESTO BIOLOŠKE IN KEMIJSKE ANALIZE HUDINJE V SOCKI PRED VITANJEM .....	13
SLIKA 11: TRETJE MESTO BIOLOŠKE IN KEMIJSKE ANALIZE HUDINJE V CELJU NAD IZLIVOM VZHODNE LOŽNICE .....	13
SLIKA 12: REGULIRANA IN POGLOBLJENA STRUGA HUDINJE V CELJU .....	14
SLIKA 13: POTEK BIOLOŠKE ANALIZE .....	16
SLIKA 14: POTEK KEMIJSKE ANALIZE .....	17
SLIKA 15: OCENITEV MASNE KONCENTRACIJE FOSFATNIH IONOV IZ VZORCA VODE IZ HUDINJE V CELJU .....	21
TABELA 1: OCENA BISTROSTI IN BARVE VODE.....	11
TABELA 2: ZNAČILNOSTI OBMOČIJ ODVZEMA VZORCEV ZA BIOLOŠKO IN KEMIJSKO ANALIZO VODE IZ HUDINJE .....	15
TABELA 3: REZULTATI BIOLOŠKE ANALIZE .....	18
TABELA 4: REZULTATI KEMIJSKE ANALIZE .....	21
GRAF 1: ODSOTOK BIOINDIKATORSKIH NEVRETEČARJEV 1. KAKOVOSTNEGA RAZREDA.....	19
GRAF 2: ODSOTOK BIOINDIKATORSKIH NEVRETEČARJEV 2. KAKOVOSTNEGA RAZREDA.....	20
GRAF 3: KOLIČINA NITRATOV V ODVZETIH VZORCIH VODE IZ HUDINJE.....	22
GRAF 4: KOLIČINA FOSFATOV V ODVZETIH VZORCIH VODE IZ HUDINJE.....	22
GRAF 5: VODNA TRDOTA V ODVZETIH VZORCIH VODE IZ HUDINJE .....	23

## POVZETEK

Odločila sva se, da bova v svoji prvi raziskovalni nalogi opravila biološko in kemijsko analizo vode iz reke Hudinje na treh lokacijah, ki sva si jih izbrala. V prvi hipotezi sva predvidevala, da bo v zgornjem toku reke Hudinje v vasi Rakovec na Pohorju voda precej bolj čista kot pa v spodnjem toku. Pričakovala sva, da bova v zgornjem toku našla bioindikatorje iz prvega kakovostnega razreda, to so ličinke vrbnic in enodnevnice. Za srednji tok v Socki sva predvidevala bioindikatorske vrste iz prvega in drugega kakovostnega razreda, v spodnjem toku v Celju pa prisotnost bioindikatorskih vrst drugega in tretjega kakovostnega razreda. Za vodo iz Hudinje v Rakovcu in Socki sva prisotnost bioindikatorskih vrst vodnih nevretenčarjev pravilno predvidevala, za vodo v Celju pa ne.

V drugi hipotezi sva predvidevala, da bo v zgornjem toku reke Hudinje zanemarljiva vsebnost nitratov, fosfatov in amonijevih ionov, vzdolž vodotoka pa se bo njihova masna koncentracija povečevala. To velja za nitrate in fosfate, za amonijeve ione pa ne. Menila sva, da bo pH vode vzdolž celotnega vodotoka 7, kar lahko potrdiva. Domnevala sva, da se bo vodna trdota vode v reki Hudinji vzdolž vodotoka višala, saj pritoki izvirajo na področju s karbonatnimi kamninami. Tudi to hipotezo sva v celoti potrdila.

## 1 UVOD

Že vrsto let sva kot gledalca sodelovala na prireditvah, kjer so mladi raziskovalci naše šole vrstnikom in staršem predstavili svoje raziskovalne naloge. Njihove predstavitve so se nama zdele zelo zanimive, zato sva se odločila, da se s tem izzivom spopadeva tudi sama. Temo za raziskovalno nalogo sva si izbrala med poletnimi počitnicami. Oba zelo veliko časa preživiva v naravi. V osrčju Pohorja imajo starši enega od naju hišico na deželi, ki je le nekaj korakov stran od potoka Hudinje. Ta v Celjski kotlini preraste v manjšo reko. Tako sva se preteklo poletje hladila v potoku in obračala kamne ter ugotovila, da se pod njimi skriva zanimiv živalski svet. Odločila sva se, da bova v svoji prvi raziskovalni nalogi opravila biološko in kemijsko analizo reke Hudinje na treh lokacijah, ki sva si jih izbrala. Metode dela sva spoznala na naravoslovnem dnevu, kjer smo s sošolci opravili biološko in kemijsko analizo vode v potoku Vzhodna Ložnica.



Slika 1: V Rakovcu na Pohorju je Hudinja še potoček (osebni arhiv).

### 1.1 NAMEN NALOGE

Namen najine raziskovalne naloge je bil, da na treh različnih odsekih reke Hudinje opraviva biološko in kemijsko analizo vode in na osnovi ugotovitev sklepava na kakovost vode. Tako sva na treh izbranih lokacijah nameravala poiskati vodne nevretenčarje, ki so občutljivi na onesnaženje vode in količino kisika v njej. Biološko analizo vode sva želela dopolniti še s kemijsko analizo. Pri tem sva uporabila kovček za analizo vode, ki ga imamo v šoli. Vprašala sva se, katere predstavnike vodnih nevretenčarjev lahko pričakujeva v zgornjem toku, kjer je Hudinja še potok s strmim padcem in izredno hitrim vodnim tokom,

ki ga prekinjajo tolmeni, brzice in manjši slapovi. Zanimalo naju je, kakšna je kvaliteta vode v reki Hudinji v bližini zajetja pitne vode v Vitanju. Zavedala sva se, da si bova jeseni zelo težko vzela dovolj časa, da bi na večjem številu mest izvajala biološko in kemijsko analizo vode v reki Hudinji. Zato sva sklepala, da bova vse spremembe, ki jih povzročamo ljudje z različnim dejavnostmi ob reki Hudinji, najlažje ugotovila, če je zadnja točka ugotavljanja čistosti vode v reki Hudinji v Celju, preden se Hudinja izlije v Voglajno.

## 1.2 HIPOTEZE

V prvi hipotezi predvidevava, da bo v zgornjem toku Hudinje voda precej bolj čista kot v spodnjem toku. Čistost vode bova preverila z iskanjem bioindikatorskih vrst vodnih nevretenčarjev ter s kemijsko analizo vode. Pričakujeva, da bova v zgornjem toku našla bioindikatorske vrste nevretenčarjev iz prvega kakovostnega razreda, to so ličinke vrbnic in enodnevnice. V delu reke pod Vitanjem pričakujeva bioindikatorske vrste iz prvega in drugega kakovostnega razreda. To so prej našteje vrste, poleg njih pa še potočne postranice in ličinke mladoletnic. V spodnjem toku predvidevava prisotnost vodnih nevretenčarjev iz drugega in tretjega kakovostnega razreda.

V drugi hipotezi predvidevava, da bo v zgornjem toku Hudinje zanemarljiva količina nitratov, fosfatov in amonijevih ionov. Vzdolž reke se bo njihova masna koncentracija v odvzeti vodi iz Hudinje povečevala. V spodnjem toku bo vsebnost nitratnih, fosfatnih in amonijevih ionov v vodi največja, saj se bodo na kakovosti vode poznali vplivi urbanizacije. Od Vitanja navzdol se naseljenost ob reki Hudinji povečuje. Ob njej so obdelane kmetijske površine, iz katerih se gotovo v reko spirajo gnojila in druge snovi.

V tretji hipotezi predvidevava, da bo voda vzdolž vodotoka Hudinje imela pH 7.

V četrti hipotezi predvidevava, da bo trdota vode iz zgornjega toka Hudinje majhna, saj na Pohorju prevladujejo magmatske in metamorfne kamnine. Vzdolž vodotoka se bo vodna trdota povečevala, saj se južno od Pohorja nahajajo predeli, kjer sta matični kamnini apnenec in dolomit. Predvidevava, da je povečana vodna trdota posledica pritokov v Hudinjo, ki izvirajo na področjih, kjer prevladujejo karbonatne kamnine.

## 1.3 METODE DELA

Terensko delo je potekalo dvakrat, in sicer prvič v mesecu septembru in drugič v mesecu oktobru. Prvo mesto opazovanja je bilo v vasi Rakovec v bližini izvira reke Hudinje. Na tem mestu je vodotok še podoben potoku. Drugo mesto opazovanja je bilo za krajem Vitanje, ki je prvo večje naselje, čez katerega teče reka Hudinja. Tretje mesto opazovanja je bilo tik pred izlivom Vzhodne Ložnice v reko Hudinjo. Terensko delo je potekalo na naslednji način:

- opis lastnosti vode v vodotoku, ki je zajemal merjenje temperature vode v primerjavi z zrakom, oceno vonja in bistrosti vode, merjenje povprečne globine in širine struge ter merjenje hitrosti vodnega toka;
- ulov vodnih nevretenčarjev, ki so bioindikatorji;
- prepoznavanje vodnih nevretenčarjev in ocena njihove številčnosti;
- kemijska analiza vode iz vodotoka, ki je zajemala določanje masne koncentracije nitratov, fosfatov in amonijevih ionov, merjenje pH vrednosti in oceno vodne trdote.

V prvih treh alinejah so našteje dejavnosti, ki smo jih opravili na terenu, v četrti alineji pa dejavnost, ki smo jo opravili v šolski učilnici za kemijo, deloma pa tudi na terenu.



Slika 2: Terensko delo (osebni arhiv)



## 2 REKA HUDINJA

Hudinja je reka v osrednji Sloveniji in je desni pritok Voglajne. Izvira na zahodnem gozdnatem pobočju hriba Kraguljišče na osrednjem Pohorju. Je izrazito hudourniška reka in ima alpski dežno-snežni režim z dvema viškoma. Prvi novembrski višek nastopi zaradi obilnejših padavin in manjšega izhlapevanja. Spomladanski višek je v mesecu aprilu. Ob močnih padavinah, bodisi ob dolgotrajnejšem jesenskem deževju ali ob močnih poletnih neurjih, njen pretok zelo hitro naraste in se mestoma razlije po poplavnih ravninah. V zgornjem toku je Hudinja zelo čista in v dobrem ekološkem stanju, tako da nad Vitanjem del vode črpajo v celjski vodovodni sistem. Kakovost vode v reki se je občutno izboljšala, v zadnjih letih tudi zaradi izgradnje čistilnih naprav za komunalne odpadne vode v Vitanju, Novi Cerkvi in Škofji vasi, na katero sta priključena tudi Vojnik in Ljubečna. Kot mnogi naši vodotoki je bila tudi Hudinja v preteklosti izjemno pomemben vir vodne energije. Zaradi hudourniškega značaja reke so morali ponekod mline in žage postavljati nekoliko v stran od glavne struge in vodo nanje dovajati po kratkih mlinščicah, ki so jih morali stalno čistiti in sami skrbeti zanje. Samo na Hudinji je bilo evidentiranih 37 mlinov, 38 žag in 17 drugih obratov. V celotnem porečju Hudinje je bilo kar 238 mlinov, 72 žag in 31 drugih obratov, ki so poleg neposredne gospodarske koristi pomembno prispevali tudi k vzdrževanju rečnih strug in umiritvi rečnega toka ([https://sl.wikipedia.org/wiki/Hudinja\\_\(reka\)](https://sl.wikipedia.org/wiki/Hudinja_(reka)), 23. 1. 2018).



Slika 3: Reka Hudinja v spodnjem toku (osebni arhiv)

Na Hudinji obstaja izrazita razlika v ohranjenosti reke in rečne struge med zgornjim in spodnjim tokom. Medtem ko je zgornji tok skoraj v celoti ohranjen v naravnem stanju, sta srednji in spodnji tok, kjer so bili v strugi opravljeni obsežnejši posegi, zelo spremenjena. Namen spreminjanja struge je bil varovanje naselij ob Hudinji pred poplavami. Zgornji tok Hudinje s pritoki do Vitanja je opredeljen kot naravna vrednota lokalnega pomena, soteska Socka pa je naravna vrednota državnega pomena. Kot naravna vrednota lokalnega pomena je zabeležen tudi Hudinjski slap na Hudinji v soteski Socka

(<http://www.arso.gov.si/vode/reke/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/Poro%C4%8Dilo%20REKE%202011.pdf>, 23. 1. 2018).

V čistih vodah zgornjega toka Hudinje in pritokov nad Vitanjem živi avtohtona potočna postrv (*Salmo trutta*), dolvodno od Vitanja tudi šarenka (*Oncorhynchus mykiss*). V počasneje tekoči vodi v srednjem in spodnjem toku živijo še podust (*Chondrostoma nasus*), klen (*Squalius cephalus*), platnica (*Rutilus virgo*) in mrena (*Barbus barbus*) (<http://www.ribiskekarte.si/ribolovni-revirji/?q=hudinja>, 23. 1. 2018).

## 2.1 GEOGRAFSKI OPIS REKE HUDINJE

Zgornji tok Hudinje nad Vitanjem je v ozki grapi z gozdnatimi pobočji, vrezanimi v pohorske metamorfne kamnine. V njenem dnu ni veliko prostora za naselja, a vendar je v zgornjem delu zaselek Rakovec, kjer je bila nekoč pomembna glažuta. Nahaja se na nadmorski višini 1050 m. Nekoč so bile ob potoku tudi številne manjše žage. Ta del Hudinje ima precejšen strmec, saj se na razdalji dobrih štirih kilometrov reka spusti za več kot 650 m. Tu dobiva tudi nekaj manjših stranskih pritokov, največji med njimi je desni pritok Paška voda, ki izvira na območju naselja Paka in velja za drugi povirni krak Hudinje. Od sotočja naprej ima dolina smer proti jugovzhodu in ostaja razmeroma ozka do malo iznad Vitanja, kjer se ob njej prvič pojavi naplavljen dolinsko dno. V Vitanju teče Hudinja prečno preko Vitanjskega podolja in tu sprejme prva večja pritoka Hočno in Jesenico. Tik pod njima pa se zaje v ozko sotesko, imenovano Socka, po kateri se prebija skozi ožino med Paškim Kozjakom na zahodu in Stenico na vzhodni strani, ki sta večinoma zgrajena iz triasnega apnenca in dolomita. Ta del doline je zelo ozek in slikovit. V njem je komaj dovolj prostora za reko in cesto. Le v kotu pod vitanjskim starim gradom se stiska vitanjska livarna Kovinar in nekoliko nižje na kraju nekdanjih fužin obrat tovarne Unior iz Zreč. Malo pod njim je v strugi 3 m visok Hudinjski slap. Pri vasi Socka se pokrajinska podoba na mah spremeni. Hudinja izstopi iz soteske v širšo dolino z ravnim dnom, ki jo obdaja nizko Dobrnsko gričevje. Pod Novo Cerkvijo se ji v Dobrnskem podolju pridruži desni pritok Dobrnica. Smer toka se obrne proti jugovzhodu, vendar le za dober kilometer, saj se pri Višnji vasi ponovno obrne proti jugu. Še prej se ji pridruži levi pritok Tesnica. Le malo nižje, onstran kratkega, nekoliko ožjega dela doline stoji ob Hudinji naselje Vojnik, kjer reka vstopi v nekoliko širšo ravnino, ki je že del ravninskega dna Celjske kotline. V tem delu teče reka po širši poplavni ravnici, le pri Škofji vasi se na kratkem odseku povsem približa vzhodnemu obrobju Ložniškega gričevja. Nato pa Hudinja nadaljuje svoj tok naravnost proti jugu do Celja. V tem delu mesta je tik ob reki celjsko industrijsko območje in tu se ji z leve pridruži še zadnji pritok Vzhodna Ložnica, ki se je pred regulacijami stekala neposredno v Voglajno. Nekoliko nižje od mostu na današnji cesti Celje–Šentjur je nekdanj tik ob desnem bregu Hudinje stala velika talilnica cinka Cinkarna Celje. Še malo naprej teče reka pod železniško progo Celje–Maribor in se nekaj deset metrov dalje izlije v Voglajno, kjer na nadmorski višini 234 m zaključi svojo 31 km dolgo pot ([https://sl.wikipedia.org/wiki/Hudinja\\_\(reka\)](https://sl.wikipedia.org/wiki/Hudinja_(reka)), 17.1.2017).

## 2.2 BIOINDIKATORSKE VRSTE ŽIVALI V POTOKU

Vrste živih bitij, po katerih lahko sodimo o določenih lastnostih okolja, so indikatorske vrste ali bioindikatorji. Razlikovanje med čistimi in onesnaženimi vrstami vode je mogoče na osnovi ugotavljanja prisotnosti bioindikatorskih rastlin in živali. Bioindikacija je torej uporaben pripomoček pri ugotavljanju onesnaženja okolja, saj nam odkriva populacijske dogodke v preteklosti. Bioindikatorji čiste vode so ličinke pribrežnic, enodnevnice in mladoletnic ter rakci postranice. Bioindikatorji onesnaženih voda so ličinke dvokrilcev hironomid, v blatnih tulcih živeči maloščetinci tubifeksi in rakci vodni oslički (Tarman, str. 26, 27).

## 2.3 KAJ JE BIOLOŠKA ANALIZA VODE

Biološka analiza je metoda, s pomočjo katere določimo kakovost vode in njen kakovostni razred. Znake čistosti nam dajo različni bioindikatorski organizmi v vodi. Kakovost vode torej določimo na podlagi biotske raznovrstnosti v njej. Metoda temelji na različni občutljivosti vodnih nevretenčarjev na onesnaženje in na različni pestrosti njihovih združb. Ločimo pet stopenj onesnaženosti vode. Kadar v vzorcu vode iz potoka ali reke najdemo v nadaljevanju omenjene živali, lahko na tej biološki osnovi vodo razdelimo v:

1. kakovostni razred – neonesnažena voda, v kateri so ličinke enodnevnice in ličinke vrbnic,



Slika 4: Ličinka vrbnice (osebni arhiv)



Slika 5: Ličinke enodnevnice (osebni arhiv)

2.kakovostni razred – malo onesnažena voda, v kateri so ličinke mladoletnic in potočne postranice,



Slika 6: Ličinki mladoletnic (osebni arhiv)



Slika 7: Potočna postranica (osebni arhiv)

3.kakovostni razred – srednje onesnažena voda, v kateri so vodni oslički in ličinke trzače,

4.kakovostni razred – močno onesnažena voda, v kateri so tubifeksi in ličinke kalnice,

5.kakovostni razred – popolnoma onesnažena voda, kjer ni živali

(<http://www.os-miren.si/2017/10/13/bioloska-analiza-vode-reke-vipave/>, 24. 1. 2018).

## 2.4 KAJ JE KEMIJSKA ANALIZA VODE

K oceni kvalitete vode v veliki meri prispeva tudi kemijska analiza vode. V kemijski analizi so glavni pokazatelji onesnaženosti vsebnosti izbranih snovi in vrednosti posameznih parametrov. To so npr. pH vrednost vode, vsebnost amonijevih ionov, vsebnost nitratnih ionov, vsebnost fosfatnih ionov in drugi. Na kvaliteto vode lahko sklepamo tudi iz ocene barve, bistrosti in vonja vode. Ena od metod kemijske analize je kalorimetrična metoda, ki izkorišča lastnosti obarvanih raztopin, da je njihova barva intenzivnejša sorazmerno koncentraciji preiskovanih ionov. Pri kalorimetrični analizi lahko uporabljamo kalorimeter, pri katerem primerjamo barvo raztopin z neznano koncentracijo.

Poenostavljeno lahko primerjamo barvo polja na ustrezni barvni lestvici z barvo raztopine vzorca, ki ga pripravimo po ustreznih navodilih, priloženih kovčku za analizo vode. Kot slepi vzorec vzamemo destilirano vodo. Metode pri takšni analizi so zgolj primerne za oceno kvalitete in niso standardizirane

([http://www.naturesclassroom.si/09/pdf/problemskenalogepp/Problemska\\_naloga\\_Ke\\_mijska\\_analiza\\_vode\\_Darja\\_Hanselic\\_Irena%20\\_Unuk.pdf](http://www.naturesclassroom.si/09/pdf/problemskenalogepp/Problemska_naloga_Ke_mijska_analiza_vode_Darja_Hanselic_Irena%20_Unuk.pdf), 24. 1. 2018).

V neonesnaženih vodah so sezonske spremembe nitratov posledica primarne proizvodnje in odmiranja organizmov, vendar vrednosti navadno ne presegajo 1 mg/l. Koncentracije nad to mejo so posledica spiranja gnojnih kmetijskih površin, zato so v predelih z večjim deležem kmetijskih površin v vodotoku tudi večje količine nitratov v vodi; vrednosti običajno ne presegajo 10 mg/l. Prisotnost višjih koncentracij nitratov v vodnem okolju nakazuje prisotnost komunalnih in industrijskih odpadnih voda. Vrednosti dosežajo do 25 mg/l, v primerih ekstremnega onesnaževanja pa tudi do 900 mg/l (<http://www.zzv-ce.si/nitrati-nitriti>, 24. 1. 2018).

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  $\text{NH}_4^+$  ion, 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  $\text{NH}_4^+$  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 (<http://www.kii3.ntf.uni-lj.si/analchemvoc2/file.php/1/HTML/slo/SPEKTRA/okoljske2.htm>, 24. 1. 2018).

V vodi so fosfati redko prisotni v višjih koncentracijah predvsem zaradi vsrkavanja rastlin. V neobremenjenih vodnih telesih koncentracije ne presegajo vrednosti 0,1 mg/l. Kmetijske površine prispevajo k povišanim koncentracijam v vodotokih. V vodotokih, ki tečejo skozi ekstenzivna kmetijska območja, se vrednosti povzpnejo na 0,25 mg/l, povišanje pa povzročijo komunalne in industrijske odpadne vode, ki vsebujejo čistila, pralne praške in detergente. Visoke koncentracije fosfatov v vodnih telesih nakazujejo prisotnost onesnaževalcev. Ob onesnaženju vodotoka s fosfati ti povzročajo množično razmnoževanje in rast zelenih alg ter modrozelenih bakterij (<http://projekti.gimvic.org/2010/2a/Voda/website/ph.html>, 24. 1. 2018).

pH vrednost je merilo za kislost in bazičnost in se giblje med 0 in 14. pH vrednost vode je pri 25° C okoli 7, kar pomeni, da je nevtralna, torej ni ne kislina ne bazična. Če v vodi raztopimo kislino, se pH vrednost zniža, če raztopimo bazo, se pH poviša. pH vrednost vode se z naraščanjem temperature nekoliko znižuje. Voda v stiku z zrakom je rahlo kislina, ker raztaplja  $\text{CO}_2$  iz zraka (<http://www.primavoda.si/vse-o-vodi/ph-vrednost>, 24. 1. 2018).

Kalcijevi in magnezijevi ioni povzročajo trdoto vode. Voda, ki je trda, vsebuje veliko raztopljenega kalcijevega hidrogenkarbonata, ki se ob izhlapevanju vode nabira kot trden kalcijev karbonat oz. vodni kamen. Kisla deževnica raztaplja sedimentne kamnine (apnenec, dolomit). Pri tem nastajajo ioni ( $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$ ,  $\text{HCO}_3^{-}(\text{aq})$ ), ki povzročajo trdoto vode. Ogljikov dioksid, ki je v zraku, se raztaplja v vodi. Nastane šibka ogljikova kislina, ki je raztopljena v deževnici. Ogljikova kislina povzroči raztapljanje apnenca. Več je raztopljenega kalcijevega hidrogenkarbonata, bolj trda je voda ([http://ekemija.osbos.si/e-gradivo/6-sklop/trdota\\_vode.html](http://ekemija.osbos.si/e-gradivo/6-sklop/trdota_vode.html), 24. 1. 2018).



Slika 8: Kemijska analiza vode iz reke Hudinje (osebni arhiv)

### 3 TERENSKO DELO

V tem poglavju bova opisala, kako je potekalo terensko delo. Ker ima reka Hudinja kar 31 km dolg tok, sva najprej razmislila, na katerih mestih bi bilo smiselno odvzeti biološke vzorce. Odločila sva se, da bo prvo mesto biološke in kemijske analize vode iz reke Hudinje v vasi Rakovec, drugo malo pod naseljem Vitanje v Socki pri vodnem zajetju Jelov dol, tretje pa nad izlivom Vzhodne Ložnice v reko Hudinjo.

Najprej sva na vsakem mestu, kjer sva izvajala biološko analizo vode, opisala lastnosti vode in strugo. Pri vsakem terenskem delu sva zabeležila datum in uro terenskega dela. Nato sva natančneje opisala mesto, kjer sva v vodi lovila vodne nevretenčarje in odvzela vzorec vode za kemijsko analizo.

Sledili so merjenje temperature vode in zraka ter ocena barve in bistrosti vode. Za ta postopek sva potrebovala 2 termometra, dve 250 ml čaši, bel papir, destilirano vodo, flumaster, dve plastenki z zamaškom, pladenj in uro. Merjenje temperature vode in zraka je potekalo tako, da sva en termometer obesila na vejo na senčno stran grma ali drevesa, drug termometer pa sva držala 10 cm pod vodo. Po dveh minutah sva odčitala temperaturo, ne da bi iz vode izvlekla termometer. Vrednosti temperature vode in zraka sva zapisala v tabelo.

Sledila je ocena vonja vode. Prvo plastenko sva do 2/3 napolnila z vodo, ki sva jo zajela v reki. V drugi plastenki je bila za primerjavo enaka količina destilirane vode. Dobro zaprti plastenki sva močno stresala 3 minute. Po pretečenem času sva zamašek odprla in hitro povohala vonjave iz plastenke. Glede na ugotovitve sva lahko izbirala med naslednjimi možnostmi:

- a) vonja ne zaznaš,
- b) vonj zazna samo strokovnjak,
- c) vonj zaznaš, ko te nanj opozorijo,
- d) rahlo zaznaven vonj,
- e) močan vonj.

Nadaljevala sva z oceno bistrosti in barve vode. Postopek sva izvedla tako, da sva v prvo čašo nalila 200 ml destilirane vode, v drugo pa vodo iz reke Hudinje. Na to sva na ravno mesto postavila pladenj z belim listom in nanj postavila obe čaši z vodo. Primerjala sva barvo in bistrost vode iz reke z destilirano vodo. Glede na opažanja sva lahko izbirala med možnostmi, ki so navedene v tabeli 1.

Tabela 1: Ocena bistrosti in barve vode

BISTROST VODE	BARVA VODE
a) bistra voda	a) brez barve
b) komaj opazna motnost	b) rumenkasta
c) motnost	c) rjavkasta
d) vidni trdni delci	d) zelenkasta

Sledil je opis struge reke, kjer sva izvajala terensko delo. Najprej sva glede na bližnje objekte natančno opisala lego mesta vzorčenja bioindikatorskih vodnih nevretenčarjev. Izbrala sva lahko dostopen teren do reke. Opazovala in zapisala sva:

- ali je struga reke naravna ali regulirana,
- ali so bregovi reke poraščeni ali neporaščeni,
- ali je dno potoka kamnito, prodnato, peščeno ali blatno,
- ali je dno poraslo z vodnim rastlinjem.

Sledilo je ugotavljanje hitrosti vodnega toka. Metoda je temeljila na tem, da sva merila čas, ki ga potrebuje košček stiropora, če ga vrževa v vodni tok, na razdalji 5 m. Pri tem sva potrebovala štoparico, daljši meter in koščke stiropora. Najprej sva izbrala raven tok potoka na razdalji 5 metrov. Razdaljo sva natančno izmerila in označila začetek in konec. Na sredino toka sva položila manjši košček stiropora. Eden od naju je s štoparico meril čas, ki ga košček stiropora potrebuje za potovanje na označeni razdalji. Za pomoč sva imela še nekoga, ki nam je pomagal iz vode uloviti stiropor. Za pridobitev čim bolj natančnih meritev sva opravila tri ali več meritev. Meritve sva zabeležila in na koncu izračunala povprečno hitrost potovanja stiropora na omenjeni razdalji vodnega toka in podatek pretvorila v m/s.

Nato je sledilo merjenje globine in širine struge ter ugotavljanje povprečne globine vode na mestu, kjer sva preučevala vodne nevretenčarje. Za delo sva potrebovala daljši meter in palico. Merjenje povprečne globine vode v strugi je potekalo tako, da sva izmerila 5 metrov dolžine struge vodotoka, kjer sva opravljala biološko analizo. Razdaljo sva razdelila na pet delov in jih označila. Na označenih mestih sva vsaj meter od brega z umerjeno palico izmerila globino vode v strugi. Meritve sva vpisala v tabelo in izračunala povprečno globino vode v strugi na mestu, kjer sva lovila vodne nevretenčarje.

### 3.1 MESTA ODVZEMA BIOLOŠKIH VZORCEV IN VODE ZA KEMIJSKO ANALIZO

Prva biološka analiza je potekala v vasi Rakovec na Pohorju, kjer je Hudinja malo večji potoček s strmim padcem. Iskanje vodnih živali je potekalo na območju, kjer je vodni tok še vedno hiter, padec vode pa nekoliko manjši. V okolici je le malo hiš, zato je verjetnost onesnaževanja vode zelo majhna. Ta del Hudinje teče večinoma med gozdovi.

Drugo biološko analizo sva izvedla pod naseljem Vitanje v Socki v neposredni bližini vodnega zajetja Jelševa loka. Živali sva lovila pod pregrado na reki Hudinji, kjer je manjše prodišče, ki nama je omogočalo boljši dostop do vode. V ozki soteski se ob Hudinji nahaja le malo hiš, višje pa tudi dva manjša obrata kovinsko predelovalne industrije.

Zadnje mesto biološke in kemijske analize je bilo že v predmestju Celja, malo nad izlivom Vzhodne Ložnice v Hudinjo. Na mestu, kjer smo tretjič iskali vodne nevretenčarje in



odvzeli vodo za kemijsko analizo, je Hudinja regulirana in zajezena. V okolici reke je več industrijskih obratov.

V vasi Rakovec in pod Vitanjem v Soteski sva biološko in kemijsko analizo vode izvedla dvakrat, v Celju pa je bila zaradi poslabšanja vremenskih pogojev izvedena le enkrat.



Slika 9: Prvo mesto biološke in kemijske analize Hudinje v Rakovcu na Pohorju (osebni arhiv)



Slika 10: Drugo mesto biološke in kemijske analize Hudinje v Socki pred Vitanjem (osebni arhiv)



Slika 11: Tretje mesto biološke in kemijske analize Hudinje v Celju nad izlivom Vzhodne Ložnice (osebni arhiv)

### 3.2 ZNAČILNOSTI OBMOČIJ ODVZEMA BIOLOŠKIH VZORCEV

Voda iz Hudinje na območju Rakovca ni imela nobenega vonja. Vonj vode iz Hudinje v Socki in v spodnjem toku v Celju je bil le rahlo zaznaven. V Rakovcu in Socki je bila voda iz Hudinje povsem bistra, voda v Celju pa je imela komaj opazno motnost. V zgornjem toku v vasi Rakovec voda iz Hudinje ni imela barve, na drugem odvzemnem mestu v Socki je bila rahlo rumenkasta, v Celju pa rahlo rjavkasta.

V Rakovcu je struga Hudinje naravna, bregovi so poraščeni, dno je kamnito in poraslo z algami. V Socki je struga Hudinje ob cesti na levem bregu regulirana, proti gozdu na desnem bregu pa je naravna. Bregovi so na obeh straneh poraščeni. Na levem bregu ob cesti se je razraščala invazivna vrsta japonskega dresnika. Dno reke je prodnato in brez rastlin. V spodnjem toku reke Hudinje v Celju je struga reke regulirana, bregovi niso poraščeni, dno je na mestu odvzema vzorcev prodnato. Prod obraščajo alge in mahovi.



Slika 12: Regulirana in poglobljena struga Hudinje V Celju (osebni arhiv)

Povprečna hitrost vodnega toka je v Rakovcu znašala 0,9 m/s, v Socki in v spodnjem toku v Celju pa 1 m/s.

Globina struge, kjer sva odvezemala iz vode bioindikatorske vrste živali, je vseskozi naraščala. V Rakovcu je znašala 0,5 m, v Socki 3,11 m, v Celju pa že 5,3 m. Tudi širina struge se je povečevala. V Rakovcu je znašala 4,5 m, v Socki 17,2 m, v Celju pa že 35 m.

Povprečna globina vode, kjer sva lovila vodne nevretenčarje, je bila v zgornjem toku v Rakovcu le 20 cm in v Socki 31 cm. V Celju je bila voda na mestu, kjer sva lovila bioindikatorske vrste organizmov, globoka 41 cm. Zaradi lažjega ulova vodnih nevretenčarjev sva za lovljenje živali izbrala takšna mesta, ki so dostopna, in kjer voda ni bila preveč globoka.

Tabela 2: Značilnosti območij odvzema vzorcev za biološko in kemijsko analizo vode iz Hudinje

Značilnosti območij odvzema vzorcev	Mesta odvzema vzorcev za biološko in kemijsko analize vode		
	Rakovec na Pohorju	Socka pri Vitanju	Celje – industrijska cona
Temperatura vode	ob 10.20: 7°C ob 12.00: 7°C	ob 12.50: 10°C ob 14.00: 10°C	ob 13.46: 13°C ob 14.01: 13°C
Temperatura zraka	ob 10.20: 5°C ob 12.00: 13°C	ob 12.50: 11°C ob 14.00: 11°C	ob 13.46: 15°C ob 14.01: 15°C
Vonj vode	vonja ne zaznaš	vonj je rahlo zaznaven	vonj je rahlo zaznaven
Bistrost vode	bistra voda	bistra voda	komaj opazna motnost
Barva vode	voda nima barve	rumenkasta barva	rjavkasta barva
Struga	naravna struga	reguliran le levi breg, desni breg naraven	regulirana struga
Poraščenost bregov	bregovi so poraščeni	bregovi so poraščeni	bregovi niso poraščeni
Dno reke	kamnito in prodnato	prodnato	prodnato
Poraslost vodnega dna	alge	brez rastlin	mah, alge
Povprečna hitrost vodnega toka (m/s)	0,9	1,0	1,0
Globina struge (m)	0,5	3,11	5,3
Širina zgornjega dela struge (m)	4,5	17,2	35
Širina spodnjega dela struge (m)	4,5	5,2	15
Povprečna globina vode (m)	0,20	0,31	0,41

### 3.3 POTEK BIOLOŠKE ANALIZE

Namen biološke analize je bil prepoznati in opazovati nekatere živali in po prisotnosti bioindikatorskih živalskih vrst sklepati na kakovost vode v potoku.

Za delo sva potrebovala: lupe, pincete, žličke, bel pladenj, slikovni ključ za določevanje živali v celinskih vodah in ključ za oceno čistosti vode v potoku. Določevalni ključ, ki sva ga uporabljala, je imel naslov Sladkovodne živali, ki ga je izdala Tehniška založba Slovenije. Avtorja sta Gwen Allen in Joan Denslow.

Najprej sva z metrom odmerila dolžino 7 metrov struge Hudinje. Na tem območju sva v mrežice 30 minut lovila vodne nevretenčarje in druge živali ter jih prenašala v kadičko z vodo. Vzorce vodnih živali sva nabirala tako, da sva nastavila mrežico v smeri vodnega toka. Pri tem sva pogosto privzdignila kakšen kamen ali podrgnila z mrežico po njem. Pazila sva, da je vodni tok zanesel živali v mrežico. Ujete živali sva poplaknila z vodo v banjico. Živali sva najprej opazovala s prostim očesom in nato še s pomočjo lupe. S pomočjo slikovnih ključev sva ugotavljala imena živalim, ki sva jih ujela v mrežico in kasneje opazovala v kadički. Nato sva preštela število predstavnikov iste vrste ter rezultat zabeležila v tabelo. Po opazovanju sva poskrbela, da sva živali vrnila v njihov življenjski prostor.



Slika 13: Potek biološke analize (osebni arhiv)

### 3.4 POTEK KEMIJSKE ANALIZE

Pri kemijski analizi vode iz reke Hudinje sva pri prvi analizi uporabljala kovček za analizo vode in prsti Windaus-Labortechnik GmbH & Co.KG. Pri drugi analizi sva uporabljala reagente iz drugega kovčka za analizo vode Machery Nagel. Pripomočki iz prvega kovčka so bili zaradi pogoste rabe na terenu tako poškodovani, da je bilo natančno delo onemogočeno. Z reagenti v kovčku sva določala količino nitratov, amonijevih ionov in fosfatnih ionov. pH vode sva določala z univerzalnimi indikatorskimi lističi. Tudi vodno trdoto sva ocenila s pomočjo indikatorskih lističev, saj je reagentom za vodno trdoto iz kovčka za kemijsko analizo rok potekel.

Za vse vrste ionov, ki sva jih preiskovala, sva morala v posebej za to namenjeno posodico naliti do črte preiskovani vzorec vode. Nato sva po navodilih dodajala reagente, vsebino v posodi stresala in po odmerjenem času je raztopina lahko spremenila barvo. Barvo raztopine sva primerjala z barvno lestvico in tako sva ocenila masno koncentracijo posameznih ionov v vzorcu vode. Pri delu sva uporabljala zaščitna očala in rokavice.



Slika 14: Potek kemijske analize (osebni arhiv)

## 4 REZULTATI

V nadaljevanju bova predstavila rezultate biološke in kemijske analize vode v reki Hudinji na izbranih mestih v Rakovcu, Socki in Celju. V prvem poglavju bova analizirala rezultate biološke analize, v drugem pa rezultate kemijske analize.

### 4.1 REZULTATI BIOLOŠKE ANALIZE

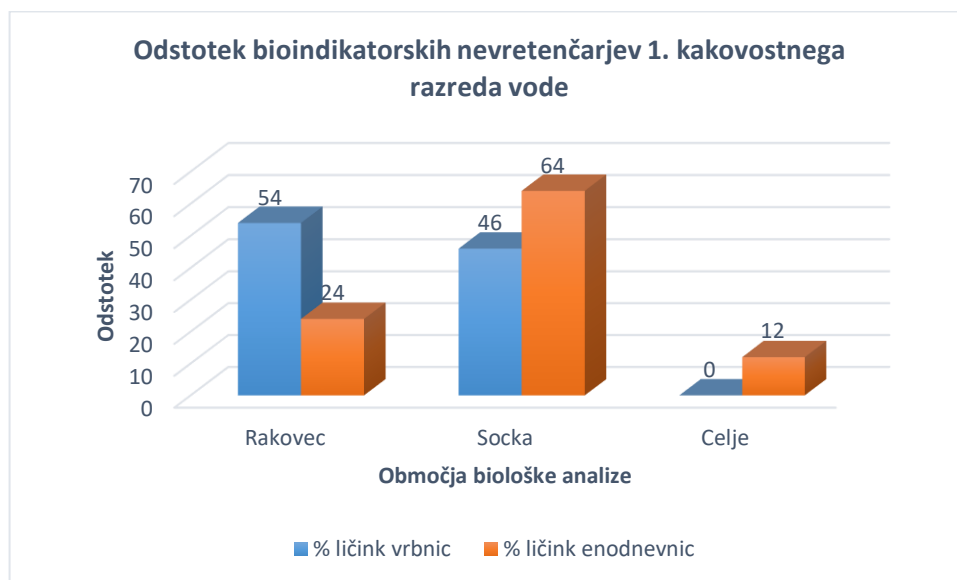
Po opravljeni biološki analizi sva rezultate zabeležila v tabelo 3.

Tabela 3: Rezultati biološke analize

Vodni nevretenčarji – bioindikatorji	Potok Hudinja v vasi Rakovec na Pohorju		Reka Hudinja v Socki pri Vitanju		Reka Hudinja - Celje
	1. biološka analiza	2. biološka analiza	1. biološka analiza	2. biološka analiza	1. biološka analiza
<b>Ličinke vrbnic</b>	12	24	14	17	0
Povprečje:	18		15,5		0
Odstotek:	54		46		0
<b>Ličinke enodnevnice 1</b>	12	9	10	46	5
Povprečje:	10,5		28		5
Odstotek:	24		64		12
<b>Ličinke enodnevnice 2</b>	0	0	25	14	0
Povprečje:	0		19,5		0
Odstotek:	0		100		0
<b>Potočne postranice</b>	6	10	7	3	0
Povprečje:	8		5		0
Odstotek:	62		38		0
<b>Ličinke mladoletnic</b>	5	3	2	1	0
Povprečje:	4		1,5		0
Odstotek:	73		27		0

V tabeli so najprej naštetih vodni nevretenčarji, ki so značilni za prvi kakovostni razred, v nadaljevanju pa vodni nevretenčarji, značilni za drugi kakovostni razred. V Rakovcu in Socki sva biološko analizo opravljala dvakrat, v Celju pa le enkrat. Iz rezultatov obeh bioloških analiz sva najprej izračunala povprečje. To sva storila tako, da sva seštelila število predstavnikov ene vrste iz obeh bioloških analiz ter rezultat delila z dva. Rezultate sva seštelila in delila s številom vseh predstavnikov vrste na vseh območjih in tako iz podatkov pridobila odstotke. Rezultate v odstotkih sva predstavila v obliki histograma (graf 1).

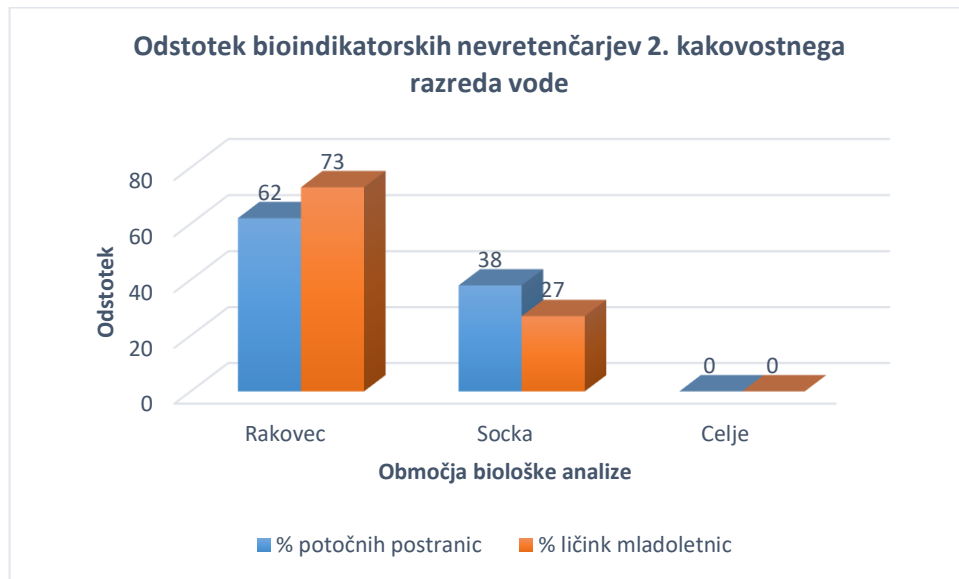
V grafu 1 sva predstavila odstotek bioindikatorskih nevretenčarjev 1. kakovostnega razreda. Diagram je pokazal, da je na področju Rakovca in Socke velik delež bioindikatorskih vrst, značilnih za prvi kakovostni razred. Ličinke vrbnic so prevladovale na območju Rakovca. V vodi iz tega območja je bilo 54 % vrbnic, v vodi iz Socke pa 46 %. Ličinke enodnevnice so prevladovale v vodi Hudinje iz Socke. Na tem območju jih je bilo 64 % od vseh, ki sva jih zajela v vodotoku reke Hudinje. Tu sva opazila tudi dve različni vrsti ličink enodnevnice. Na območju Celja vrbnic v vodi nisva našla. Tukaj sva našla 12 % ličink enodnevnice. Ličinke enodnevnice v spodnjem toku so se razlikovale od ličink enodnevnice v zgornjem toku, kar pomeni, da so pripadale vrsti, ki je v zgornjem toku Hudinje nisva opazila.



Graf 1: Odstotek bioindikatorskih nevretenčarjev 1. kakovostnega razreda.

V grafu številka 2 sva prikazala odstotek bioindikatorskih nevretenčarjev 2. kakovostnega razreda. Na območju Rakovca je bil zelo velik odstotek bioindikatorskih vrst 2. kakovostnega razreda. Na tem območju sva našla 62 % vseh potočnih postranic in 73 % vseh opaženih ličink mladoletnic. Mladoletnice so imele tulec zgrajen iz drobnih kamenčkov. Bile so različnih velikosti. V vodi iz Hudinje v Socki je bilo teh vrst nekoliko manj kot v Rakovcu, vendar so bile vseeno zastopane v velikem številu. Na tem območju

sva opazila v zajetih vzorcih 38 % potočnih postranic in 27 % ličink mladoletnic. V Celju pri biološki analizi vode iz Hudinje predstavnikov drugega kakovostnega razreda nisva našla.



Graf 2: Odstotek bioindikatorskih nevretenčarjev 2. kakovostnega razreda.

V zgornjem toku Hudinje v Rakovcu sva v vodi iz Hudinje opazila še nekaj predstavnikov, ki ne spadajo pod bioindikatorske vrste vodnih nevretenčarjev, prispevajo pa k vrstni raznolikosti živali v potoku. To so bili vodni polži in štiri različne vrste ličink žuželk.

Tudi v vodi iz Hudinje v Socki sva opazila ličinke različnih vrst žuželk. Dihotomni ključ, ki sva ga uporabila za prepoznavanje vodnih živali, nama ni omogočal bolj natančnega prepoznavanja ličink žuželk. Ker so na sprednjem delu telesa imele tri pare členastih nog, sva sklepala, da gre za ličinke žuželk.

V vodi iz Hudinje v Celju sva našla le še eno skupino vodnih nevretenčarjev, in sicer ličinke dvokrilcev. V primerjavi z zgornjim tokom je bilo število ujetih živali nepredstavljivo skromno. Ujela sva še dve vrsti majhnih ribic. S pomočjo strokovne literature (Paul Veenvliet, Jana Kus Veenvliet: Ribe slovenskih celinskih voda – priročnik za določanje) sva ugotovila, da pripadata vrstama globoček in klen.



## 4.2 REZULTATI KEMIJSKE ANALIZE

Pri kemijski analizi sva prav tako po končani analizi vpisala rezultate v tabelo. Tudi kemijsko analizo sva na vseh treh lokacijah izvedla dvakrat. Kemijska analiza vsebnosti nitratov je pokazala, da v zgornjem toku v vasi Rakovec skoraj ni nitratov. S kemijsko analizo sva ugotovila, da je v enem litru vode le 1 mg nitratov. Pri kemijski analizi vode iz Socke sva ugotovila, da se je vsebnost nitratov rahlo povečala. Znašala je 5 mg na liter. V spodnjem toku v Celju je bila vsebnost nitratov najvišja. Znašala je 10 mg na liter.

Masna koncentracija fosfatov je za vodo iz Rakovca znašala 0,5 mg na liter, v Socki v vodi ni bilo prisotnih fosfatov, v spodnjem toku Hudinje v Celju pa je masna koncentracija fosfatov znašala 1,5 mg na liter. Vsi navedeni podatki so pridobljeni iz druge kemijske analize s svežimi kemikalijami. Podatki iz prve kemijske analize so razvidni iz tabele 4.



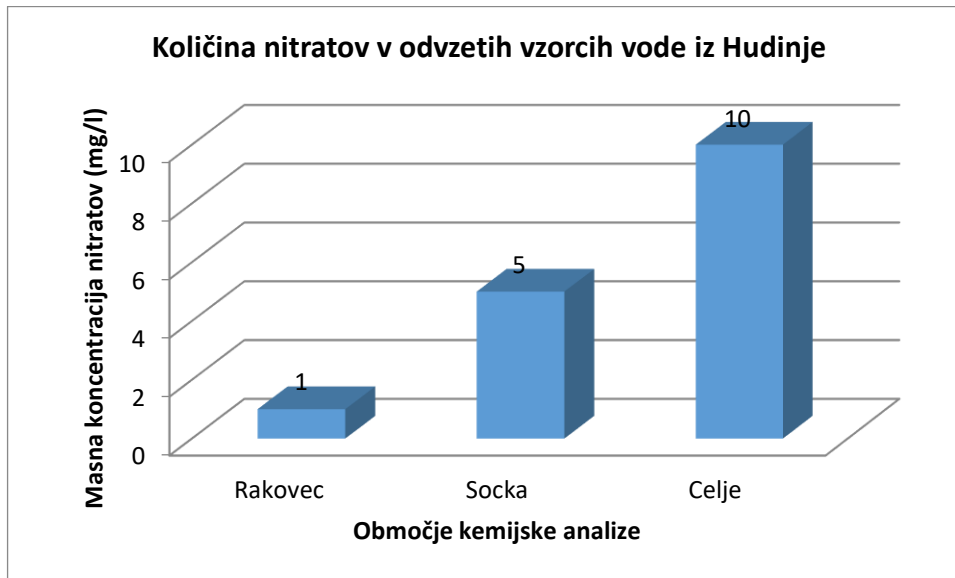
Slika 15: Ocenitev masne koncentracije fosfatnih ionov iz vzorca vode iz Hudinje v Celju (osebni arhiv)

Tabela 4: Rezultati kemijske analize

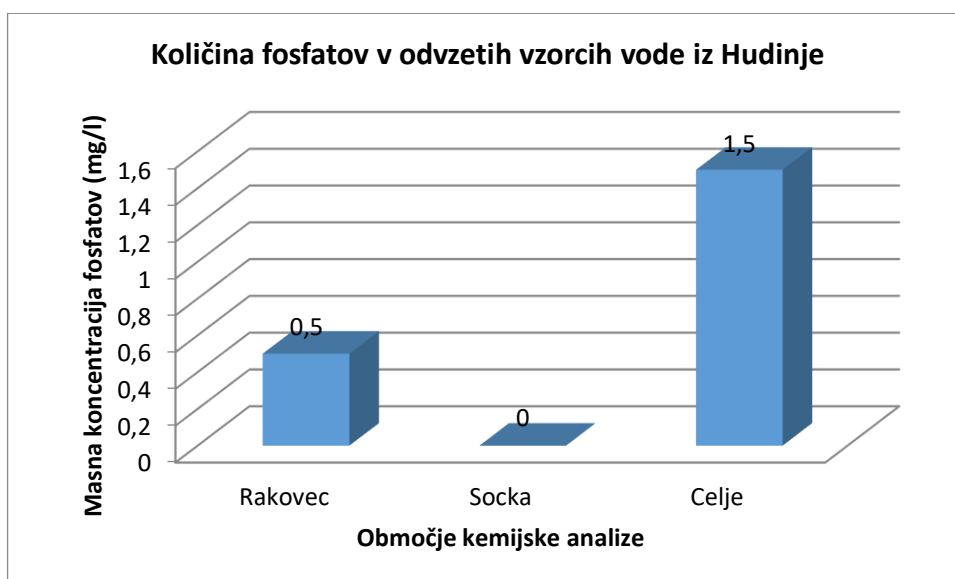
MESTA VZORČENJA	NITRATNI IONI (mg/l)	FOSFATNI IONI (mg/l)	AMONIJEVI IONI (mg/l)	pH VODE	VODNA TRDOTA (°d)
RAKOVEC 30. 9. 2017	med 0 in 10	0	manj kot 0,05	7	med 0 in 5
RAKOVEC 20. 11. 2017	1	0,5	0	7	5
SOCKA 30. 9. 2017	med 0 in 10	0	manj kot 0,05	med 7 in 8	med 10 in 15
SOCKA 20. 11. 2017	5	0	0	7	med 10 in 15
HUDINJA 3. 10. 2017	0	0–0,5	manj kot 0,05	med 7 in 8	15
HUDINJA 20. 11. 2017	10	1,5	0	8	20

V vzorcih vode amonijevi ioni niso bili prisotni.

Graf 3 prikazuje, kako se vzdolž vodotoka v odvzetih vzorcih vode viša masna koncentracija nitratnih ionov. Graf 4 prikazuje masne koncentracije fosfatnih ionov v vzorcih vode, ki so bili odvzeti iz reke Hudinje. V zgornjem toku v Rakovcu sva pri drugi kemijski analizi določila zelo majhen delež fosfatov v vodi. V vodi iz Socke ni bilo fosfatov. V vodi iz Celja je bila največja masna koncentracija fosfatov in je znašala 1,5 mg/l.

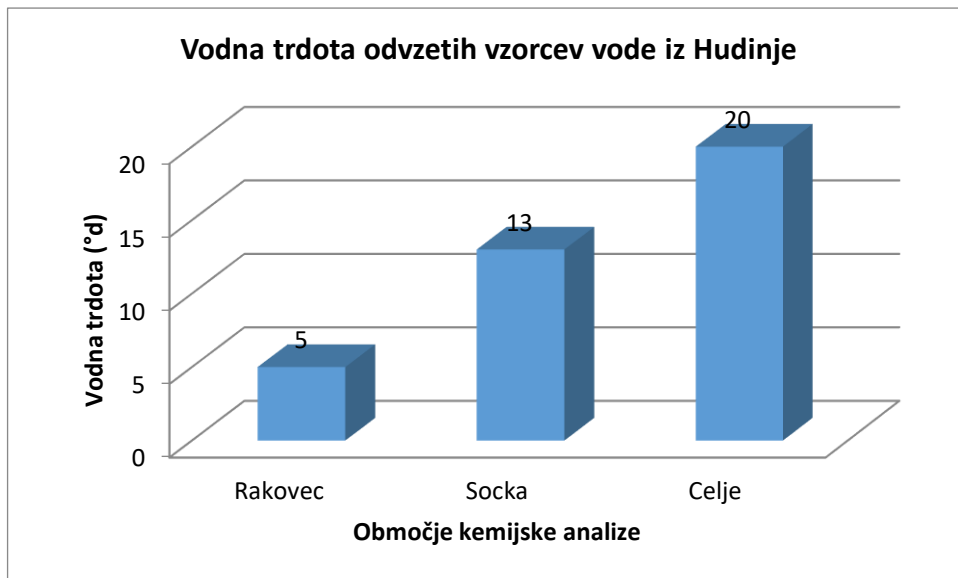


Graf 3: Količina nitratov v odvzetih vzorcih vode iz Hudinje



Graf 4: Količina fosfatov v odvzetih vzorcih vode iz Hudinje

Voda je imela nevtralen pH, vodna trdota pa je naraščala vzdolž reke. Voda iz Rakovca je imela vodno trdoto 5, v Socki že med 10 in 15, v spodnjem toku v Celju pa 20 °d.



Graf 5: Vodna trdota v odvzetih vzorcih vode iz Hudinje

## 5 RAZPRAVA O REZULTATIH

Biološka analiza vode v reki Hudinji je bila za naju velik izziv. Prvi problem je bil ta, da so bila mesta vzorčenja zelo oddaljena. Iz šole sva skupaj z mentorico do Rakovca na Pohorju, kjer je bila prva točka opazovanj in meritev, potrebovala slabo uro. Prav tako se vsepovsod ni dalo pristopati do struge Hudinje, zato je bilo potrebno najti primerna mesta za vzorčenje. Pri tem je bilo za naju tudi pomembno, da voda ni bila pregloboka. Obuta v gumijaste škornje sva namreč z mrežicami brodila po vodi in lovila vodne nevretenčarje. Pri tem ni šlo brez nesreče, saj nas je tudi zalilo v škornje. Pogosto sva pri delu imela še kakšnega pomočnika, da sva hitreje in učinkoviteje opravila meritve na terenu. V mesecu septembru in na začetku oktobra sva imela veliko srečo z vremenom. Prvo terensko delo je potekalo v soboto, drugo in tretje pa v petek popoldan. Na vseh treh lokacijah sva želela biološko in kemijsko analizo opraviti vsaj dvakrat. Za lokaciji Rakovec in Socka nama je to uspelo, za lokacijo v Celju pa ne. Ko je bila na vrsti, se je začelo deževno obdobje. Potem sva čakala na vsaj 5 dni brez dežja. Če je do tega že prišlo, sva imela neodložljive obveznosti, da nisva mogla na teren. Tako je ostalo le pri eni analizi. Sicer pa naju na to mesto ni preveč vleklo tudi zato, ker pri prvem vzorčenju živali nisva v vodi skoraj nič našla. Imela sva idejo, da bi naredila še eno vzorčenje v Arclinu. To nama v času, ki je bil namenjen terenskemu delu, ni uspelo. Zato sva ta načrt iz čiste radovednosti pustila za toplejši spomladanski čas.

Opazila sva, da je voda na vseh odvzemnih mestih bistra, bolj ali manj brez barve in vonja. Po videzu izgleda čista celo v spodnjem toku reke Hudinje. Hitrost vodnega toka je bila okoli en meter na sekundo. Pričakovala sva, da bo v zgornjem toku hitrost višja, v spodnjem pa nižja. Meritve tega niso pokazale, saj sva izbirala mesta vzorčenja tako, da je bil tok primerno hiter za odvzem vzorcev. To so bili bolj ravninski deli struge reke Hudinje. V spodnjem toku je od Vojnika navzdol proti Celju reka Hudinja na novo regulirana in poglobljena. Regulacija je povzročila, da sedaj ob reki ni nobenega rastja in da se je še povečal vodni tok. To dejstvo je najbrž razlog, da v spodnjem toku ni predstavnikov bioindikatorskih vrst organizmov in tudi drugih organizmov je malo. S tem je biotska raznovrstnost v spodnjem delu reke zelo ogrožena. Domnevava, da so prizadete prehranjevalne verige in prehranjevani spleti. Kot posledico takšnega rušenja naravnega ravnovesja na tem območju pričakujeva izginjanje še preostalih rastlinskih in živalskih vrst.

V grafu 3 sva prikazala, kako se vzdolž vodotoka Hudinje povečuje masna koncentracija nitratov v odvzetih vzorcih vode. V neonesnaženih vodah so sezonske spremembe nitratov posledica primarne proizvodnje in odmiranja organizmov, vendar vrednosti navadno ne presegajo 1 mg/l. Tako je bilo v primeru vode iz odvzemnega mesta Rakovec na Pohorju. Koncentracije nad to mejo so posledica spiranja gnojnih kmetijskih površin, zato so v predelih z večjim deležem kmetijskih površin v vodotoku tudi večje količine nitratov v vodi. Vrednosti običajno ne presegajo 10 mg/l. Tako lahko sklepava, da so povečane količine nitratov v vodi iz Hudinje v Celju posledica kmetijske dejavnosti ob reki. V vodi ni višjih koncentracij nitratov – vzrok leži verjetno v tem, da so naselja ob Hudinji komunalno urejena, da so kanalizacijske odplake očiščene v čistilnih napravah in da ni večjih industrijskih obratov, ki bi povzročali onesnaženje Hudinje. Tudi amonijevi ioni v

vodi so posledica komunalnega, kmetijskega in industrijskega onesnaženja, vendar jih v nobenem odvzetem vzorcu vode iz reke Hudinje nisva ugotovila.

V vodi so fosfati redko prisotni v višjih koncentracijah predvsem zaradi vsrkavanja rastlin. Pri drugi kemijski analizi vode iz Hudinje v Rakovcu sva ugotovila manjšo prisotnost fosfatnih ionov. Ker je nad mestom vzorčenja v Rakovcu le nekaj hiš, sklepava da je vir manjšega onesnaženja s fosfati izviral iz teh gospodinjstev. V strokovni literaturi sva prebrala, da so viri fosfatov tudi čistila, pralni praški in detergenti. V neobremenjenih vodnih telesih koncentracije ne presegajo vrednosti 0,1 mg/l in tudi v vodi iz Hudinje v Rakovcu je bilo tako. Kmetijske površine prispevajo k povišanim koncentracijam v vodotokih, zato se ne čudiva, da je voda iz Hudinje v Celju vsebovala 1,5 mg fosfatnih ionov na liter. V vodotokih, ki tečejo skozi ekstenzivna kmetijska območja, se vrednosti povzpnejo na 0,25 mg/l, povišanje pa povzročijo komunalne in industrijske odpadne vode, ki vsebujejo čistila, pralne praške in detergente. Tako je vzorec vode iz Hudinje v Celju imel zelo povečane vrednosti fosfatnih ionov. Delavec, ki je zaposlen na vodnem črpališču za Cinkarno Celje, ki je tik ob mestu odvzema vzorca vode iz Hudinje, nama je povedal, da sta se videz in kvaliteta vode v zadnjem času poslabšala. Pogosto opaža velike količine smeti, predvsem plastičnih vrečk, ki zapolnijo celotno zajezitev Hudinje ob črpališču.

Rezultate kemijske analize podpirajo ugotovitve iz biološke analize vode iz reke Hudinje na treh izbranih lokacijah. V vodi iz Hudinje v Rakovcu sva našla bioindikatorske organizme iz prvega in drugega kakovostnega razreda. To pomeni, da je na tem delu reka Hudinja neonesnažena. Neonesnažena je tudi voda iz Hudinje v predelu Socke, ki je v neposredni bližini vodnega zajetja Jelševa loka. Voda iz reke Hudinje v Celju nima bioindikatorskih vrst, razen ene od vrst ličink enodnevnice, ki so se močno razlikovale od tistih, ki sva jih opazovala v zgornjem toku reke Hudinje. Brez bioindikatorskih vrst ne moreva opredeliti kakovosti vode v reki Hudinji v Celju. Glede na prisotnost ličink enodnevnice bi lahko bila voda malo onesnažena. Vendar vidiva v pomanjkanju vodnih organizmov problem drugje. Brežina reke Hudinje je regulirana. Ponekod je reka poglobljena z namenom preprečevanja poplav. Marsikje so bile porušene pregrade in jezovi, kar prispeva k povečanju hitrosti vodnega toka. Mesto, kjer sva opravljala biološko in kemijsko analizo vode v Celju, ima povečane nanose proda, ki ga prinaša vodni tok. Meniva, da povečan vodni tok odnaša tudi vodne nevretenčarje. Ker so vodni nevretenčarji pomembni člani prehranjevalnih verig, se bojiva, da bodo zaradi pomankanja hrane začele izginjati tudi druge živalske vrste, ki so živele in so se dolgo časa prilagajale na življenjske razmere v prejšnji strugi reke Hudinje.

## 5.1 POTRDITEV HIPOTEZ

V prvi hipotezi sva predvidevala, da bo v zgornjem toku Hudinje voda precej bolj čista kot v spodnjem toku. To hipotezo lahko potrdiva. Pričakovala sva, da bova v zgornjem toku našla bioindikatorske vrste nevretenčarjev iz prvega kakovostnega razreda, to so ličinke vrbnic in enodnevnice. Ta del hipoteze lahko potrdiva, saj sva našla obe bioindikatorski

vrsti prvega kakovostnega razreda. V delu reke pod Vitanjem v Socki sva pričakovala bioindikatorske vrste iz prvega in drugega kakovostnega razreda. Tudi ta del hipoteze lahko potrdiva. Našla sva potočne postranice, ličinke mladoletnic, ličinke vrbnic in ličinke enodnevnice. V spodnjem toku sva pričakovala prisotnost vodnih nevretenčarjev iz drugega in tretjega kakovostnega razreda. Tega dela hipoteze ne moreva potrditi, saj predstavnikov tretjega kakovostnega razreda v vodi iz Hudinje v Celju ni bilo, zasledila sva le nekaj ličink enodnevnice.

V drugi hipotezi sva predvidevala, da bo v zgornjem toku Hudinje zanemarljiva količina nitratov, fosfatov in amonijevih ionov, vzdolž reke pa se bo njihova koncentracija povečevala. To velja za masno koncentracijo nitratov in fosfatov, za masno koncentracijo amonijevih ionov pa ne. Slednjih v nobenem odvzetem vzorcu vode iz Hudinje nisva zasledila. Zato je druga hipoteza delno potrjena.

V tretji hipotezi sva predpostavljala, da bo voda v reki Hudinji vzdolž celotnega vodotoka imela pH 7. To hipotezo potrjujeva. Voda v reki Hudinji ima nevtralen pH.

V četrti hipotezi sva predvidevala, da bo trdota vode iz zgornjega toka Hudinje majhna, saj na Pohorju prevladujejo magmatske in metamorfne kamnine. Vzdolž vodotoka se bo vodna trdota povečevala, saj se južno od Pohorja nahajajo predeli, kjer je matična kamnina apnenec in dolomit. Z rezultati meritev vodne trdote lahko to hipotezo v celoti potrdiva.

## 6 ZAKLJUČEK

V zaključku bi rada povedala, da sva v svoji prvi raziskovalni nalogi zelo uživala. Očaral naju je na prvi pogled očem nevidni svet vodnih živali, ki se skriva pod kamni ali med vodnimi rastlinami tekočih voda. V zgornjem toku je Hudinja le majhen potoček z več izviri in hitrim vodnim tokom. Sprva se nama je zdelo, da v tem potoku ni življenja. Ko pa sva obrnila nekaj kamenčkov, sva spoznala nov živalski svet. Spoznala sva veliko vodnih živali, ki jih v vodah dolinskih rek in potokov v Celju ne najdemo več. Na ličinke vrbnic ne naletimo pogosto, sploh pa ne na tako velike, kot sva jih ujela v vodi iz zgornjega toka reke Hudinje. Zanimive so bile mladoletnice, ki so se skrivale v tulcih, zlepljenih iz drobnih kamenčkov. Priča sva bila tudi prehranjevanju, ko sva opazovala vodne živali, ki sva jih ujela v kadičko. V srednjem in spodnjem toku sva ujela tudi nekaj majhnih ribic, med njimi so bili kleni in mladi globočki. Pri opisu širine rečne struge sva v spodnjem toku uporabila celo Pitagorov izrek. Izpilila sva tudi svoje spretnosti lovljenja bioindikatorskih vodnih nevretenčarjev in izvajanje kemijske analize. Na žalost sta naju letni čas in vreme prehitela in zato nisva uspela narediti druge biološke in kemijske analize na tretjem odvzemnem mestu v Celju. Pri biološki analizi vode iz Hudinje v Celju sva bila zelo razočarana, ker nisva našla skoraj nič bioindikatorskih vodnih nevretenčarjev, nasprotno pa sva bila v Rakovcu in Vitanju vesela, da sva jih našla zelo veliko. Razvijala sva pozitiven odnos do živih bitij, ki sva jih po opazovanju in štetju vrnila v njihovo naravno okolje. Skrbi naju, da regulacija rečne struge Hudinje močno vpliva na biološko raznolikost živali v reki. Zelo nama je bilo všeč, ko sva v Rakovcu opazovala skoraj čisto neokrnjeno naravo.

V najini biološki in kemijski analizi vode iz reke Hudinje zagotovo manjka še nekaj lokacij, da bi dobila še boljšo sliko vplivov urbanega okolja na kakovost vode. Misliiva, da bi morala odvzeti vzorce vode in bioindikatorskih vrst živali iz reke Hudinje še na drugih lokacijah, na primer v Novi Cerkvi in v Vojniku. Če bi naredila kemijsko in biološko analizo še na kakšnem drugem mestu, bi bila najina raziskovalna naloga veliko bolj natančna. K sreči to lahko narediva v naslednji raziskovalni nalogi, ki jo bova imela v naslednjem šolskem letu.

Reka Hudinja je v preteklosti pogosto poplavljala, zato je od Vojnika do Celja regulirana. Lahko bi raziskovala vpliv regulacije reke na vodne organizme, na primer ribe. Pri tem bi se povezala z ribiško družino in povprašala ribiče, kaj menijo o regulaciji Hudinje. V okviru terenskega dela bi lahko opravila kemijske in biološke analize vode iz reke Hudinje v spodnjem toku, to je le od Vojnika do izliva v Voglajno, kjer je reka regulirana.

Ni nama žal, da sva svoj prosti čas posvetila raziskovanju Hudinje. V raziskovalno nalogo sva vložila zelo veliko truda, znanja in časa. Rada bi se zahvalila svoji mentorici, ker naju je podpirala in usmerjala.

## LITERATURA

### PISNI VIRI

Gwen, A., Denslow, J.: Sladkovodne živali, določevalni ključ, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana, 1999.

Tarman, K.: Biologija 6, ekologija, DZS, Ljubljana, 2001.

Veenvliet, P., Kus Veenvliet, J.: Ribe slovenskih celinskih voda – priročnik za določanje, Zavod Symbiosis, Nova vas, 2006.

### SPLETNI VIRI

AnalChem Voc II, Okoljske analize, določanje amonijevih ionov v vodi. Najdeno dne 24. 1. 2018 na spletnem naslovu <http://www.kii3.ntf.uni-lj.si/analchemvoc2/file.php/1/HTML/slo/SPEKTRA/okoljske2.htm>

ARSO. Ocena stanja rek v Sloveniji v letu 2011. Najdeno dne 23. 1. 2018 Na spletnem naslovu <http://www.arso.gov.si/vode/reke/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/Poro%C4%8Dilo%20REKE%202011.pdf>.

E-kemija v 8. razredu. Glavne skupine periodnega sistema, zemeljsko alkalijske kovine, vodna trdota. Najdeno dne 24. 1. 2018 na spletnem naslovu [http://ekemija.osbos.si/e-gradivo/6-sklop/trdota\\_vode.html](http://ekemija.osbos.si/e-gradivo/6-sklop/trdota_vode.html)

NaturesClassroom. Najdeno dne 24. 1. 2018 na spletnem naslovu [http://www.naturesclassroom.si/09/pdf/problemskenalogepp/Problemska\\_naloga\\_Kemijska\\_analiza\\_vode\\_Darja\\_Hanselic\\_Irena%20Unuk.pdf](http://www.naturesclassroom.si/09/pdf/problemskenalogepp/Problemska_naloga_Kemijska_analiza_vode_Darja_Hanselic_Irena%20Unuk.pdf).

OŠ Miren. Biološka analiza reke Vipave. Najdeno dne 24. 1. 2018 na spletnem naslovu <http://www.os-miren.si/2017/10/13/bioloska-analiza-vode-reke-vipave/>.

Petra Čuk in Pavla Lušin, 2.A. Analiza vode pH. Najdeno dne 24. 1. 2018 na spletnem naslovu <http://projekti.gimvic.org/2010/2a/Voda/website/ph.html>.

Primavoda. Vse o vodi, kemijske lastnosti vode, pH vode. Najdeno dne 24. 1. 2018 na spletnem naslovu <http://www.primavoda.si/vse-o-vodi/ph-vrednost>

Ribiške karte. Hudinja. Najdeno dne 23. 1 2018 na spletnem naslovu <http://www.ribiskekarte.si/ribolovni-revirji/?q=hudinja>.

Učilnica v naravi. Kemijska analiza vode. Najdeno dne 24. 1. 2018 na spletnem naslovu <http://www.zzv-ce.si/nitrati-nitriti>.



Wikipedija. Hudinja (reka). Najdeno dne 23. 1. 2018 na spletnem naslovu [https://sl.wikipedia.org/wiki/Hudinja\\_\(reka\)](https://sl.wikipedia.org/wiki/Hudinja_(reka)).