



ŠOLSKI CENTER CELJE

Srednja šola za kemijo, elektrotehniko in računalništvo

# PRIMERJAVA RAZLIČNIH VRST VODA S TESTOM NA VODNE BOLHE

Raziskovalna naloga

Mentor: Mojca Drogenik Čerček, univ. dipl. inž. kem. teh  
Bernarda Podgoršek, univ. dipl. inž. kem. teh

Avtorja: Tia Kristian Tajnšek, K- 4. a  
Žiga Tkalec, K- 4. a

Celje, marec 2011

## Kazalo

1. POVZETEK.....	5
2. UVOD.....	7
3. TEORETIČNI DEL.....	8
3.1 VODE.....	8
3.1.1 Pitna voda.....	8
3.1.2 Tekoče površinske vode.....	9
3.1.3 Odpadne industrijske vode Cinkarne.....	10
3.2 VZORČENJE.....	12
3.3 STRUPENOSTNI TEST.....	13
3.3.1 Vodne bolhe in njihova vzreja.....	13
3.3.2 Priprava razredčevalne vode.....	14
3.3.3 Priprava testnih platojev za strupenostni test.....	14
3.4 KOVČEK Z REAGENTI ZA PREVERJANJE POLUTANTOV V VODI.....	15
3.4.1 Nitrat (V).....	15
3.4.2 Nitrati (III).....	15
3.4.3 Amonijevi ioni.....	15
3.4.4 Fosfati.....	15
3.4.5 pH.....	15
3.4.6 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ .....	16
3.5 VOLUMETRIČNA ANALIZA.....	16
3.6 SET ZA DOLOČANJE KLORA.....	16
4. PRAKTIČNI DEL.....	17
4.1 VALJENJE BOLH.....	17
4.2 VZORČENJE IN VZORCI VOD.....	20
4.3 VZORCI VOD.....	20
4.4 PRENAŠANJE TESTNIH ORGANIZMOV V VZORCE.....	22
4.5 PREVERJANJE ŽIVOSTI ORGANIZMOV.....	22
4.6 DOLOČANJE VSEBNOSTI POLUTANTOV V VZORČNI VODI.....	23
4.6.1 Nitrati (V) / ( $\text{NO}_3^-$ ).....	23
4.6.2 Nitrati (III) / ( $\text{NO}_2^-$ ).....	24
4.6.3 Amonijevi ioni / ( $\text{NH}_4^+$ ).....	24

4.6.4	Fosfati / ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).....	24
4.6.5	pH.....	24
4.6.6	$\text{Ca}^{2+}$ / $\text{Mg}^{2+}$ .....	24
4.7	VOLUMETRIČNA ANALIZA .....	25
4.7.1	Standardizacija $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .....	25
4.7.2	Določanje vsebnosti klora .....	26
4.8	SET ZA DOLOČEVANJE KLORA .....	26
4.9	MERITVE IN REZULTATI .....	27
4.9.1	Volumetrična analiza.....	27
4.9.2	Ustekleničena voda (Zala).....	28
4.9.3	Pitna voda .....	30
4.9.4	Pitna voda - Meškov studenec.....	31
4.9.5	Hudinja nad pregrado .....	33
4.9.6	Prelivna voda iz odlagališča Za Travnikom.....	34
5.	RAZPRAVA .....	36
6.	ZAKLJUČEK .....	38
7.	LITERATURA .....	39
7.1	Viri literature .....	39
7.2	Viri slik.....	39
8.	ZAHVALA .....	40

Slika 1: Tekoča pitna voda.....	9
Slika 2: Ustekleničena pitna voda .....	8
Slika 3: Tekoča površinska voda.....	9
Slika 4: Urejen preliv odpadnih vod iz odlagališča sadre .....	11
Slika 5: Zbiranje podatkov vzorčene vode .....	12
Slika 6: Vodna bolha .....	13
Slika 7: Vsebina kovčka .....	16
Slika 8: Vsebina paketa za določanje klora.....	17
Slika 9: Jajčeca bolh v epruveti.....	18
Slika 10: Spiranje bolh pod tekočo vodo .....	18
Slika 11: Jajčeca bolh v petrijevki za valjenje .....	19
Slika 12: Valjenje bolh na osvetljenem mestu s konstantno temperaturo.....	19
Slika 13: Vzorci vode v plastenkah (na desni) in vzorčna čaša (na levi).....	21
Slika 14: Kvadrateg šablone z petimi živimi organizmi (en organizem nakazan z puščico)...	22
Slika 15: Določanje vsebnosti polutantov .....	23
Slika 16: Standarden inventar za volumetrično analizo .....	25
Slika 17: Delo s paketom za določevanje vsebnosti klora .....	27
Slika 18: Primerjava rezultatov. Določena vsebnost klora (na levi) in kontrola (na desni).....	31

1.

## POVZETEK

V najini raziskovalni nalogi sva se odločila, ob dogovoru s Službo za varstvo okolja Cinkarne Celje, raziskovati, če so industrijske vode, ki pridejo iz predelave in obdelave surovin v industriji, nevarne okolju. Za to raziskavo sva uporabila več vrst voda. Med njih sodijo določene površinske vode, vodovodna voda, voda iz iztoka odlagališča sadre, ki nastaja pri proizvodnji titanovega dioksida v Cinkarni, ter reka v katero se ta voda potem izteče. Vode sva preizkušala s testom na vodne bolhe.

V nalogi sva ugotovila, da so vse vode, ki pridejo iz industrije ustrezno prečiščene, saj je test z vodnimi bolhami pokazal, da je temu tako.

Kot vzorce sva uporabila tudi bolj znane celjske vode, ki so uporabljane iz strani meščanov in imajo sloves zelo dobrih vod. Z najinim delom sva preiskala to področje in ugotovila, da je ta voda res čista, neonesnažena in ustrezna za habitat živih bitij.

V pitni vodi je med testom poginilo nekaj vodnih bolh, zato sva poskušala poiskati vzrok pogina.

S preučevanjem različnih virov sva ugotovila, da so vodne bolhe občutljive na veliko vrst onesnaževalnih agentov med drugimi tudi na klor, ki se uporablja za dezinfekcijo pitne vode. Ta voda tudi naj ne bi bila uporabljena kot gojilna voda za vodne bolhe.

S pomočjo hitrih testov, ki se uporabljajo v analiznih laboratorijih, sva določevala količine različnih snovi, ki povzročajo smrt organizmov.

## RESUME

In our research we decided, on initiative of ecological depart of Cinkarna company, to research if the industrial water, that comes of processing and treatment of resources are dangerous to the environment. For our research we used many types of water. The different types of water include various surface water, plumbing water, water of the outlet of industrial plant that process the titanium dioxide in Cinkarna, and the river, in which this water of that plant goes into.

In the work we determined that all of the water, that come of industry is purified, because the results of test with Daphnia showed, that it is.

We used as a sample more known waters of Celje, that are used by the citizens and are recognised as very healthy and good water. With our work we researched that area and we determined, that this water is really pure, usefull as habitat of many living creatures and it is not polluted.

In drinkable water, in time of test, died some Daphnia test organisms. On base of that, we were to research, why that happened. We concluded, as it is known from many different sources, that Daphnia died because they are really sensitive on some agents of pollution. Those pollutants are in the drinkable water too, and one of them is free chlorine. This water, because Daphnia are sensitive of chlorine, couldt be used as water in which we breed the organism.

On a base on quick tests, that are used in analitical laboratories also, we determined quantities of substances, which are causing death of living organisms.

Zanimanje za okolje je prisotno pri vseh ljudeh, nekaterih bolj kot drugih. Vsekakor pa ne more nihče zatrditi, da ga okolje popolnoma nič ne zanima, saj že najmanjše zanimanje za okolje pomeni hkrati tudi zanimanje za naš način življenja. Razlike, ali človek živi v dobrem ali slabem okolju, so vidne. Kažejo se predvsem v načinu življenja ljudi in njihovih željah po spremembah.

Vse lastnosti okolja, oziroma lastnosti njegovih komponent pa v končni fazi vplivajo na njegovo kakovost. Ta v zadnjem času zbuja čedalje večje zanimanje, saj želimo tako zase kot za naše potomce kakovostno življenje v kakovostnem okolju. Na tem področju se izvaja veliko projektov in raziskav, vendar problemi ostajajo.

Že prej smo omenili lastnosti posameznih komponent v okolju. Verjetno bi se vsak odločil za vodo kot najpomembnejši faktor okolja, zato so tudi njene lastnosti in kakovost najbolj pomembne. Ne glede na to, s katerega zornega kota gledamo, nam voda omogoča življenje. Zato je tudi zanimanje zanjo, njeno kakovost in spremembe tako zelo pomembno.

V zadnjem času so najbolj zaskrbljujoče odpadne vode industrije, saj se te vračajo v reke s primesmi. Čeprav zakonodaja prepoveduje izpust škodljivih in strupenih snovi nazaj v reke, dvom vseeno ostaja. Na Celjskem se največji dvomi med ljudmi porajajo glede odpadnih voda Cinkarne, saj ta odlaga, sicer očiščeno, a rdečo sadro na odlagališče Za Travnikom.

Zanimalo naju je, kaj se pravzaprav dogaja na tem področju in Cinkarna Celje nama je to omogočila. Skupaj z zaposlenimi sva vzorčila vode in opravila stupenostni test z vodnimi bolhami. Test sva opravila s petimi različnimi vzorci voda, ustekleničeno vodo, pitno vodo, tekočo površinsko vodo, vodo iz studenca in seveda odpadno vodo Cinkarne Celje, za katero sva sumila, da je strupena za organizme.

Postavila sva si začetno hipotezo:

- **Odpadne vode Cinkarne so strupene za vodne organizme**

Med samim raziskovalnim delom pa se nama je postavilo vprašanje, zakaj so vodne bolhe v vzorcu poginile. Glede na določene karakteristike vzorca sva si postavila še drugo hipotezo.

- **Vodne bolhe so v pitni vodi pomrle zaradi vsebnosti klora**

Pri raziskovalnem delu sva opravila strupenostni test z vodnimi bolhami, hitre teste za preverjanje polutantov, volumetrično analizo in hitri test za dokazovanje klora.

### 3.

## TEORETIČNI DEL

### 3.1 VODE

Voda je brezbarvna tekočina, praviloma brez vonja in okusa. Najdemo jo skoraj povsod na Zemlji in je nujno potrebna za vse znane oblike življenja. Vodo pa lahko ločimo, npr. na površinske tekoče in stoječe vode, pitno vodo, odpadno vodo, podtalnico, ipd.

#### 3.1.1 Pitna voda

Pitna voda je voda, ki v naravnem ali predelanem stanju ustreza predpisanim mejnim vrednostim. Vsebuje lahko le minimalne količine onesnažil, ki so zdravju povsem neškodljiva. Ustreznost pitne vode ugotavljamo na podlagi pozitivnih lastnosti vode (okus, vonj, barva, motnost, pH, vsebnosti kisika, ionskih zvrsti, anorganskih in organskih sestavin) ter lastnosti in značilnosti čistega (vsebnosti nevarnih ali zdravju škodljivih snovi v vodi).

V Sloveniji mora pitna voda ustrezati zahtevam, ki so določeni v pravilniku o pitni vodi. Pravilnik o pitni vodi vsebinsko povzema Direktivo Sveta EU o kakovosti vode, ki je namenjena za prehrano ljudi. V Pravilniku je pitna voda opredeljena kot voda v njenem prvotnem stanju ali po pripravi, ki je namenjena pitju, kuhanju, pripravi hrane ali kakršni koli drugačni gospodinjski uporabi, ne glede na njeno poreklo in ne glede na to, ali prihaja iz vodovodnega omrežja, cisterne ali kot predpakirana voda. K pitni vodi prištevamo tudi vso vodo, ki jo uporabljamo za proizvodnjo in promet živil. Pravilnik natančno določa tudi, kdaj je voda zdravstveno ustrezna in skladna. Za oskrbo s pitno vodo lahko uporabljamo podzemne, izvorne ter tekoče in zajezne površinske vode. Reka Rižana ima kraški izvir, zato sodi med površinske vode, kamor prištevamo vse kraške izvire in ponikalnice. Praviloma velja, da te vode brez predhodne obdelave niso pitne. (*povzeto po literaturi (1)*).

Na slikah 1 in 2 sta prikazani dve obliki pitne vode.



Slika 1: Tekoča pitna voda



Slika 2: : Ustekleničena pitna voda



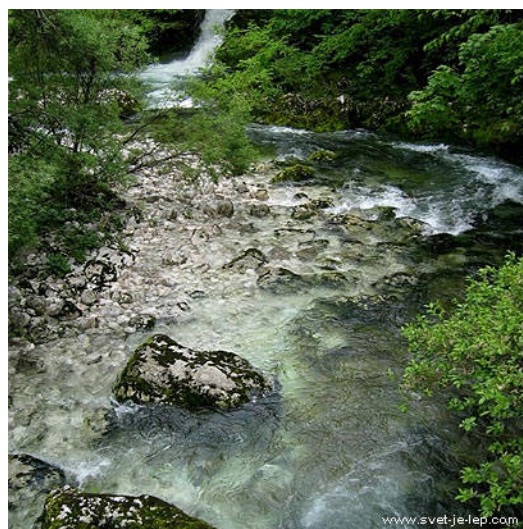
### 3.1.2 Tekoče površinske vode

Skupna dolžina rek in stalnih pritokov v Sloveniji znaša 7400 km, kar v povprečju ustreza gostoti 400 m/km<sup>2</sup>. Dolžina vodotokov, ki so daljši od 20 km, je nekaj nad 4700 km. Z izjemo kraških pokrajin, kjer se je večina slovenskih površinskih tekočih voda zaradi zakrasedanja bila prisiljena umakniti pod apnenčasto površje, označuje vse ostale slovenske pokrajine velika gostota rečne mreže. Naše vode so v dolgih milijonih let s svojo erozijo močno izklesale osnovno zunanjo podobo naše dežele, zarezale ozke doline v goratem in nasule rečne doline v ravninskem svetu. Splošna značilnost porečij največjih rek (Sava, Drava, Mura, Soča) je dokaj podobna: njihova povirja so v goratem, močno namočenem svetu, nato pa prehajajo skozi predalpski in gričevnati svet v ravninskega. Slovenija je povirna dežela, saj s štirih petin njenega ozemlja vode že po okoli 100 km dolgem toku v enem ali dveh dneh zapustijo naše ozemlje. Istočasno pa je skupno porečje rek, ki izvirajo v Sloveniji ali njeno ozemlje le prečkajo, več kot dvakrat večje (nad 43000 km<sup>2</sup>), kot je velikost njenega ozemlja. Drava in Mura imata povirna dela porečij v namočenem, alpskem svetu Avstrije, na popotovanju po Sloveniji pa se njuna pretoka še okrepita.

Po ozemlju Slovenije se v rekah in potokih letno pretoči okoli 34 milijard m<sup>3</sup> vode, kar predstavlja sicer le 0,4 % svetovnih zalog sladke vode, vendar je navedeni delež nekajkrat večji, kot znaša delež Slovenije v svetovnem prebivalstvu oz. njen delež v svetovnem kopnem. Po skupni količini rečne vode na prebivalca se uvršča Slovenija med najbogatejše evropske države, saj skoraj štirikrat presega evropsko povprečje.

Naše nasute rečne doline in kotline so kmetijsko pomembne, najbolj gosto naseljene in gospodarsko najbolj razvita območja. Neposredno ob rečnih bregovih, pogosto tudi ob sotočju rek, so nastala in se razvila naša največja mesta. Razen vodooskrbne vloge je potrebno podčrtati tudi energijski pomen rek, saj hidroelektrarne na Dravi, Savi, Soči in drugih rekah prispevajo dobro tretjino proizvedene električne energije. (*povzeto po literaturi (3)*).

Na sliki 3 je prikazan primer tekoče površinske vode.



Slika 3: Tekoča površinska voda

### 3.1.3 Odpadne industrijske vode Cinkarne

Odpadne industrijske vode so vode, ki jih izločajo industrijski obrati. Voda, ki je zadržana v industrijskem obratu se tam prečišča in nato izpusti v vodotok ali za to vodo posebej zgrajeno zbiralno jezero ali pa se vodi na dodatno čiščenje na Centralno čistilno napravo. Kot vzorec za analizo uporabimo vodo iz odlagališča Za Travnikom, kamor se iztekajo industrijske vode iz proizvodnje titanovega dioksida Cinkarne Celje. Te so prečiščene. Proizvodnja in prečiščevanje se vrši nekaj kilometrov stran od tega jezera, na sedežu Cinkarne Celje in v obratu filtracija sadre na samem odlagališču sadre Za Travnikom.

Proizvodnja  $TiO_2$ : snovi, ki sodelujejo pri proizvodnji titanovega dioksida, so ilmenit, žlindra in žveplova (VI) kislina. Ilmenit, v katerem se nahaja titanov dioksid, vmešajo v koncentrirano žveplovo (VI) kislino. Nastane trden polprodukt, ki ga raztopijo v razredčeni žveplovni (VI) kislini. Neraztopljene delce in nezreagirani produkt odstranijo s posedanjem v dveh stopnjah. Produkt prečistijo s filtriranjem, temu pa sledi hidroliza. Pri hidrolizi nastane netopni hidratizirani titanov dioksid, ki je raztopljen v 23 % žveplovni (VI) kislini. Del te kisline se ponovno uporabi, preostanek pa nevtralizirajo in dobijo sadro, kalcijev sulfat dihidrat,  $CaSO_4 \times 2 H_2O$ . Del nastale sadre v obliki bele sadre prodajo, preostanek pa se vgrajuje v neojezerjeni del odlagališča in postopoma tudi v ojezerjeni del.

Oborino titanovega dioksida s filtriranjem ločijo iz raztopine ostalih sulfatov in dvakrat sperejo z vodo. Suspenzijo opranega filtrata osušijo. V rotacijskih pečeh filtrat očistijo ostankov žveplove (VI) kisline in vode.  $TiO_2$  kalcinat iz kalcinacijskih peči nato zmeljejo. Zmleti kalcinat, suspendiran v vodi, zmeljejo še v mlinih, da ga razbijejo na še manjše delce. Nastali produkt površinsko obdelajo z nanašanjem kombinacij silicijevega dioksida, hidratiziranega aluminijevega oksida in/ali cirkonijevega oksida, pranjem in sušenjem. Na koncu pigment embalirajo ali pa ga odpremijo v rzsuti obliki.

Odlagališče Za Travnikom je monodeponija za sadro iz proizvodnje titanovega dioksida. Na tem odlagališču je, skladno z okoljevarstvenim dovoljenjem za obratovanje naprave za odstranjevanje odpadkov, dovoljeno odlaganje sadre. Odlagališče se nahaja v dolini z glinenim dnom, ki je na severu zaprta s pregradnim nasipom. Odlagališče se je do marca 2008 polnilo tako, da so sadro po visokotlačnem cevovodu črpali iz obrata nevtralizacija (PE  $TiO_2$ ) na odlagališče, od takrat dalje pa sadro vodijo v obrat za filtriranje sadre, ki je zgrajen na obrobju odlagališča Za Travnikom. Tu se sadra na membranskih filtrnih stiskalnicah osuši do vsebnosti vlage 27 % do 32 % in se suho zapolnjuje ob in v odlagališče.

Filtrat iz obrata se vodi v ojezerjeni del odlagališča, od koder se skupaj s padavinskimi in zalednimi vodami iz okoliškega prispevnega območja izteka po prelivnem kanalu v potok Dobje.

## Tehnika čiščenja odpadne vode

V proizvodnji  $\text{TiO}_2$  nastajajo močno kisle in šibko kisle odpadne vode, ki se očistijo v obratu »Nevtralizacija«, kjer se izvaja dvofazna nevtralizacija. V prvi fazi se izvaja nevtralizacija s kalcijevim karbonatom, v drugi fazi pa večstopenjsko s hidratiziranim apnom. Del sadre po prvi fazi nevtralizacije iz suspenzije izločijo s centrifugo in jo v obliki bele sadre prodajajo kot Cegips (npr. za proizvodnjo cementa) preostalo suspenzijo sadre in kovinskih hidroksidov pa odvajajo na odlagališče sadre Za Travnikom v obrat za filtracijo. Filtrat iz obrata gre v ojezerjeni del odlagališča (slika 4), kamor se je do marca 2008 črpala suspenzija sadre. Nad usedeno sadro je vedno približno enaka količina vode, preostanek pa se izliva po prelivnem kanalu v potok Dobje. Kvaliteta prelivnih vod se zaradi spremenjenega načina zapolnjevanja sadre (suho namesto mokro) ni spremenila. [1]



Slika 4: Urejen preliv odpadnih vod iz odlagališča sadre

### 3.2 VZORČENJE

Odpadne vode se vzorčijo po standardiziranem postopku. Za vsako vzorčeno vodo se napiše poročilo, ki zajema mesto vzorčenja in njegovo šifro, za lažjo evidenco. Vsebuje tudi hidrometeorološke podatke in časovni okvir vzorčenja ter meritve vzorca, ki se izvedejo na mestu vzorčenja, to so temperatura vzorca, pH, električna prevodnost in vsebnost kisika (slika 5).

Pomembno je, da pri vzorčenju napolnimo steklenice do vrha, da vzorci niso v stiku z zrakom. Najbolje je, če vzorce analiziramo čim prej - najkasneje v 6 urah od odvzema vzorca. Če je časovni interval daljši, je potrebno vzorce hraniti na hladnem (2 - 4° C ) in jih analizirati v roku 48 ur. Ob primeru daljšega časovnega razmika se vzorci zamrznejo (pri -20° C ), ob tem se pred zamrznitvijo odlije 20 % vzorca, in se analizirajo v dveh mesecih. Vzorcem nikoli ne dodajamo nobenih kemikalij, kadar izvajamo strupenostni test.



Slika 5: Zbiranje podatkov vzorčene vode

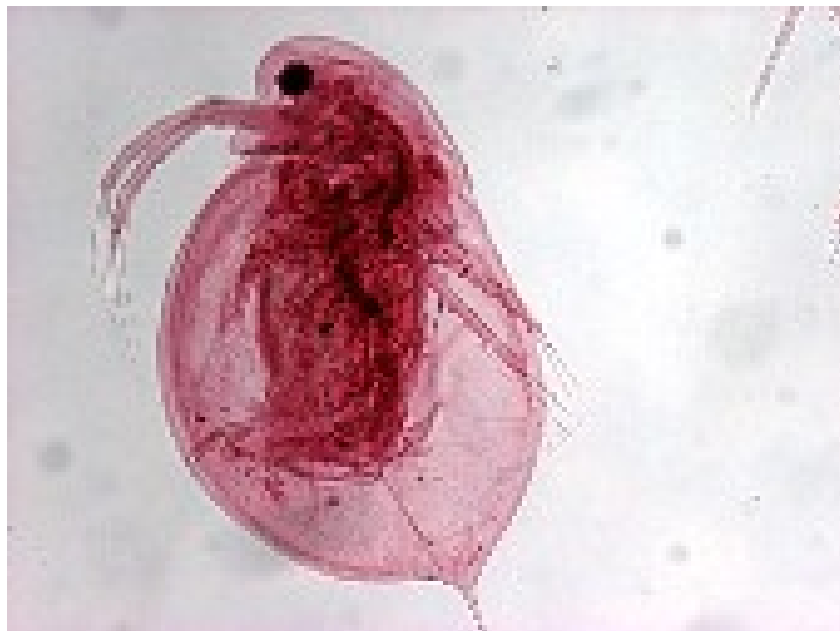
### 3.3 STRUPENOSTNI TEST

#### 3.3.1 Vodne bolhe in njihova vzreja

Vodne bolhe – Cladocera (lat.) uvrščamo v razred rakov, Clustacera, in v podrazred listonožcev. Znanih je približno deset vrst vodnih bolh. Največkrat se goji velika vodna bolha (*Daphnia magna*) in navadna vodna bolha (*Daphnia pulex*). Navadna vodna bolha zraste do največje velikosti 4 mm. Telo imajo kratko in iz majhnega števila nejasno ločenih členov. Vodne bolhe plavajo z drugim parom tipalnic, ki so velike, močne in razcepljene, kot lahko vidimo na sliki 6. Imajo eno samo sestavljeno oko, ki je nastalo z zraščanjem dveh očes. Hrano in kisik si dovajajo z vrtinčenjem vode, ki jim ga omogoča utripanje nog. Množijo se največkrat partogenetsko, to je nespolno, v slabih razmerah pa zaradi ohranjanja genske raznolikosti spolno.

Prehranjujejo se z enoceličnimi algami, bakterijami in organskim drobirjem, ki se ulovi v dlačice njihovih utripalk. Veliko vodnih bolh najdemo v vodah, ki so rahlo onesnažene z organskimi snovmi. Pomemben dejavnik je tudi kakovost vode, odsotnost rib, kar pa ni nujno in mirujoča in čista vodna gladina. [2]

Testne organizme vzgojimo tako, da sprana jajčeca prenesemo v petrijevko v kateri je razredčevalna voda. Petrijevko inkubiramo 72 – 84 h pri temperaturi 20 - 22° C, na konstantni svetlobi. Za opravljanje strupenostnega testa potrebujemo minimalno 120 organizmov, ki niso starejši od 24 h. Od začetka inkubacije ne sme preteči več kot 90 h.



Slika 6: Vodna bolha

### 3.3.2 Priprava razredčevalne vode

Standardna vodna raztopina se uporablja za gojenje testnih organizmov in kot razredčevalna raztopina za pripravo različnih koncentracij osnovnega vzorca za strupenostni test. Za pripravo razredčevalne vode uporabimo destilirano ali deionizirano vodo. Pred uporabo izmerimo prevodnost, ki ne sme presegati 10  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , in trdoto vode.

Razredčevalno vodo lahko pripravimo na dva načina. Iz kupljenih koncentratov, pri čemer vsebino stekleničk zlijemo v destilirano vodo, in iz v laboratoriju pripravljenih raztopin, pri čemer sami pripravimo raztopine, ki jih dodamo vodi. Pri tem je zelo pomembno, da uravnavamo pH in preprihavamo vodo, da dosežemo nasičenost s kisikom.

Razredčevalno vodo lahko hranimo v hladilniku na temperaturi 2 - 4° C in je uporabna še 3 dni. Pred uporabo jo moramo segreti na sobno temperaturo.

### 3.3.3 Priprava testnih platojev za strupenostni test

Dve uri pred testom je potrebno testne organizme nahraniti. Hrano v prahu zmešamo z razredčevalno vodo in jo vlijemo v petrijevko z organizmi. Med testom organizmov ne hranimo.

Testni platoji so izdelani iz inertne plastike. Pred uporabo jih je potrebno dobro očistiti in sprati z destilirano vodo, nato pa še z razredčevalno vodo. Za sprejemljivo statistično vrednotenje vplivov na izvedbo strupenostnega testa je potrebno test ponoviti štirikrat pri enaki koncentraciji vzorca. Zato ima vsak vzorčni plato 4 testne posodice vodoravno (A,B,C,D), ki so namenjene štirim paralelkam istega vzorca, in šest posodic navpično (za razredčevalno vodo in 5 vzorcev).

Za prenos testnih organizmov uporabljamo mikropipete. Ker so testni organizmi zelo majhni, si pomagamo tako, da plato namestimo na transparentno osvetljeno podlago. V vsako posodico prenesemo 5 aktivno plavajočih organizmov v čim manjši količini tekočine. Organizme izpustimo v testne posodice pod gladino vzorca, saj se drugače zaradi površinske napetosti ujamejo na površini in tam tudi poginejo.

Plato tesno pokrijemo s pripadajočim pokrovom in ga postavimo v temen prostor s temperaturo 20° C.

Po 24 h inkubacije preštejemo mrtve oz. negibne organizme in izračunamo odstotek umrljivosti. Takoj po končanem testu izmerimo vsebnost kisika v vzorcih, ki mora biti večja ali enaka 2 mg / L O<sub>2</sub>, sicer test ni veljaven in ga je potrebno ponoviti.

### 3.4 KOVČEK Z REAGENTI ZA PREVERJANJE POLUTANTOV V VODI

V kovčku so reagenti za določitev različnih polutantov v vodi. Označeni so s vsak svojo barvno kodo oz. zamaškom (slika 7).

#### 3.4.1 Nitrat (V)

Nitrate lahko zasledimo v vseh vrstah vod. So znak onesnaževanja s kanalizacijskimi vodami ali pa so jih iz naravno ali umetno gnojnih tal spirajo padavine. Vsebujejo jih mnoge industrijske vode. Ker jih za svojo rast uporabljajo rastline, se iz voda odstranjujejo na naraven način.

#### 3.4.2 Nitrati (III)

Dušik v naravi kroži v ciklusu, katerega del sta tudi vmesno oksidacijsko/redukcijski stopnji, nitrat (V) in nitrat (III). V naravi se nitrati (V) in nitrati (III) pojavljajo tudi kot posledica človekove dejavnosti: zaradi uporabe umetnih in naravnih gnojil, nahajajo se v komunalnih odplakah, uporabljajo se v industriji. V vodi so dobro topni.

#### 3.4.3 Amonijevi ioni

Dušik je sestavni element beljakovin, klorofila in številnih drugih bioloških sestavin. Kompleksna struktura organskih snovi odmrlih rastlin in živali ter njihovih ostankov razpade zaradi mikrobiološke aktivnosti na enostavnejše sestavine. Beljakovine se razkrojijo v aminokislino in nadalje v amonijak ( $\text{NH}_3$ ).

#### 3.4.4 Fosfati

Fosfati so sestavni del živalskih iztrebkov, zato velike količine tovrstnih spojin prehajajo v vodo zaradi gnojenja kmetijskih površin. Komunalne odpadne vode prav tako predstavljajo velik izvor fosfatov v površinskih vodah. Prevelike količine fosfatov se pojavljajo v vodi zaradi uporabe pralnih praškov, detergentov in umetnih gnojil, ki jih padavine spirajo iz umetno gnojnih tal.

#### 3.4.5 pH

Vrednost pH je merilo za kislost ali bazičnost raztopin. Raztopine so kisle kadar je vrednost pH manjša od sedem, nevtralne je kadar je enaka sedem, in bazične kadar je pH večji od sedem.

### 3.4.6 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$

Trdoto vode v zelo veliki meri določajo kalcijeve soli, raztopljene v vodi. Višja kot je vsebnost kalcijevih soli, bolj je voda trda. Trdoto vode merimo v nemških stopinjah ( $^{\circ}\text{d}$ ). Trdota pitne vode ne povzroča prevelikih težav, trdota vode za analizo pa je zelo pomembna, zato se v laboratorijih uporablja destilirana ali deionizirana voda, ki je mehka.



Slika 7: Vsebina kovčka

## 3.5 VOLUMETRIČNA ANALIZA

Volumetrična analiza je analizna metoda, pri kateri znani prostornini vzorca, v katerem je neznana snov, ki ji določamo koncentracijo, dodajamo znano raztopino znane koncentracije toliko časa, da popolnoma zreagira s snovjo v vzorcu in nato natančno izmerimo prostornino dodane raztopine. Vzorec raztopine je v erlenmajerici, titrna raztopina pa v bireti. S tem ko poznamo prostornino in koncentracijo titrne raztopine, poznamo tudi količino dodane snovi. Ker poznamo prostornino vzorca in kemijsko reakcijo med vzorcem in titrno raztopino, lahko izračunamo tudi količino in koncentracijo snovi v vzorcu. Najbolj natančni moramo biti pri določevanju ekvivalentne točke, ko reakcija poteče oz. ko je dodana vzorcu ekvivalentna količina titrne raztopine. To točko lahko določamo z indikatorji, z opazovanjem spremembe barve raztopine, z merjenjem pH, prevodnosti ipd. Najbolj znane volumetrične titracije so nevtralizacije kislin z bazami in obratno, titracije s kalijevim permanganatom, titracije z jodovico idr.

## 3.6 SET ZA DOLOČANJE KLORA

Pri pH vrednosti med 5 in 6 klor reagira z N,N-dietil-1,4-fenildiaminom (DPD) in tvori rdeče/vijolično obarvanje. Ob prisotnosti jodovih ionov se lahko določi vsebnost vsega klora (prostega in vezanega). Test za klor se nahaja v priročnem paketu Chlorine 2 za takojšnjo uporabo. Območje določitve klora v tem paketu je od 0,1 do 2 mg / L vzorca. Paket vsebuje tri posodice, v katerih so različni reagenti, ki jih dodajamo postopno do obarvanja. Ko pride



do obarvanja, določimo jakost in odtenek barve ter tako približno določimo vrednost raztopljenega klora v vodi.



Slika 8: Vsebina paketa za določanje klora

#### 4. PRAKTIČNI DEL

Del praktičnega dela smo opravljali na sedežu podjetja Cinkarna Celje, v Službi za varovanje okolja. Tam opravljajo del analiz vod, ena izmed teh je strupenostni test z vodnimi bolhami. Ta test smo opravljali v njihovem laboratoriju. Ostalo delo smo opravili v šolskem laboratoriju.

##### 4.1 VALJENJE BOLH

Pred izvajanjem strupenostnega testa z vodnimi bolhami je bilo potrebno zvaliti bolhe iz jajčec. Jajčeca bolh so spravljena v majhnih epruvetkah (slika 9), kjer so varno zapakirana. To epruvetko z določeno količino jajčec stresemo v valilnico. Pred tem jajčeca v drobnem cedilu dobro speremo z vodo (slika 10). Kot valilnico smo uporabljali petrijevko s čisto vodo (slika 11). Ko so jajčeca vodnih bolh v valilnici, jo postavimo na osvetljeno mesto z umetno svetlobo na konstantno temperaturo 20° C (slika 12). Ker so bile zunanje razmere v času dela neprimerne, je bil prostor, v katerem je bila valilnica, pod stalno klimatizacijo. Bolhe smo pustili 72 ur, da so se zvalile in postale primerne velikosti za nadaljnjo analizo.



Slika 9: Jajčeca bolh v epruveti



Slika 10: Spiranje bolh pod tekočo vodo



Slika 11: Jajčeca bolh v petrijevki za valjenje



Slika 12: Valjenje bolh na osvetljenem mestu s konstantno temperaturo

## 4.2 VZORČENJE IN VZORCI VOD

### 4.3 VZORCI VOD

Za najino analizo sva vzela pet vzorcev vod. Ker naju je poleg odpadne vode Cinkarne Celje zanimala tudi primerjava med različnimi vodami, ki jih srečamo v našem življenju sva si izbrala različne vrste vod.

Vzorci, ki sva jih vzela, sva izbrala po domnevni problematičnosti oz. kakovosti.

Za vzorce sva izbrala:

- pitno vodo Zalo

Ta vzorec je bil izbran zaradi tega, ker smo s kvaliteto te vode seznanjeni in je neoporečna, se nahaja v avtomatih, torej je voda, ki je primerna za nas, iz česar sklepava, da je primerna tudi za življenje drugih živali in je neonesnažena.

- pitno vodo iz pipe

Vzorec sva izbrala zaradi tega, ker je to voda, s katero smo v našem življenju najbolj pogosto v kontaktu. Ta voda je prečiščena voda, ki jo črpamo iz podtalnice in izvirov ter jo po predelavi črpamo v naše gospodinjstvo. Ta voda je pitna, zato sklepava, da je ustrezna tudi za druga živa bitja.

- pitno vodo iz Meškovega studenca

To vodo pride točit veliko ljudi. Verjamejo namreč, da je ta voda zelo visoke kvalitete, neonesnažena in zdrava, zato sva se odločila, da to preveriva in sva jo izbrala kot vzorec. Studenec izvira izpod bližnjega hriba v Celju.

- voda iz reke Hudinje nad pregrado

To je rečna voda, ki teče skozi Celje, vanjo pa se izlivajo domnevno prečiščene vode iz Cinkarne. V Hudinjo se izliva več pritokov, ta reka pa se izliva v Savinjo. Kakovost te vode sva preverjala, ker sva hotela dognati, ali vplivajo iztočne industrijske vode na življenjske pogoje v teh vodah.

- iztok prelivnih vod iz odlagališča Za Travnikom v potok Dobje

To je umetno jezero, iz katerega se voda preliva v bližnji potok Dobje. Za ta vzorec sva se odločila, ker sva hotela preveriti stanje v odlagališčih industrijskih vod, ki se iztečejo v vode, ki so po obdelavi namenjene za našo uporabo, v njej pa živi tudi veliko živih bitij.

Isti dan smo odvzeli vzorce vseh vod, ki smo jih analizirali. Vzeli smo pet vzorcev: vzorec 1 - voda iz izliva cinkarniške industrijske vode v zajezeno umetno jezero – prelivna voda, vzorec 2 - voda iz reke Hudinje, kamor se izteče del izpustnih prečiščenih vod iz cinkarniške industrije, vzorec 3 - pitna voda iz avtomata (Zala), vzorec 4 - voda iz celjskega vodovoda in vzorec 5 - voda iz Meškovega studenca.

Vzorce smo vzeli na teh štirih zajetjih tako, da smo najprej vodo natočili oz. zajeli v pollitrsko plastično čašo in v tej izvedli meritve. Merili smo pH, temperaturo, vsebnost kisika in prevodnost vode. Po izvedenih meritvah smo vodo prelili v pollitrske plastenke, dobro zaprli, tako da smo iz plastenke iztisnili odvečen zrak in shranili za poznejšo uporabo. Na sliki 13 je plastenka z vodo, v kateri smo merili prej naštetе parametre in vzorčna čaša.



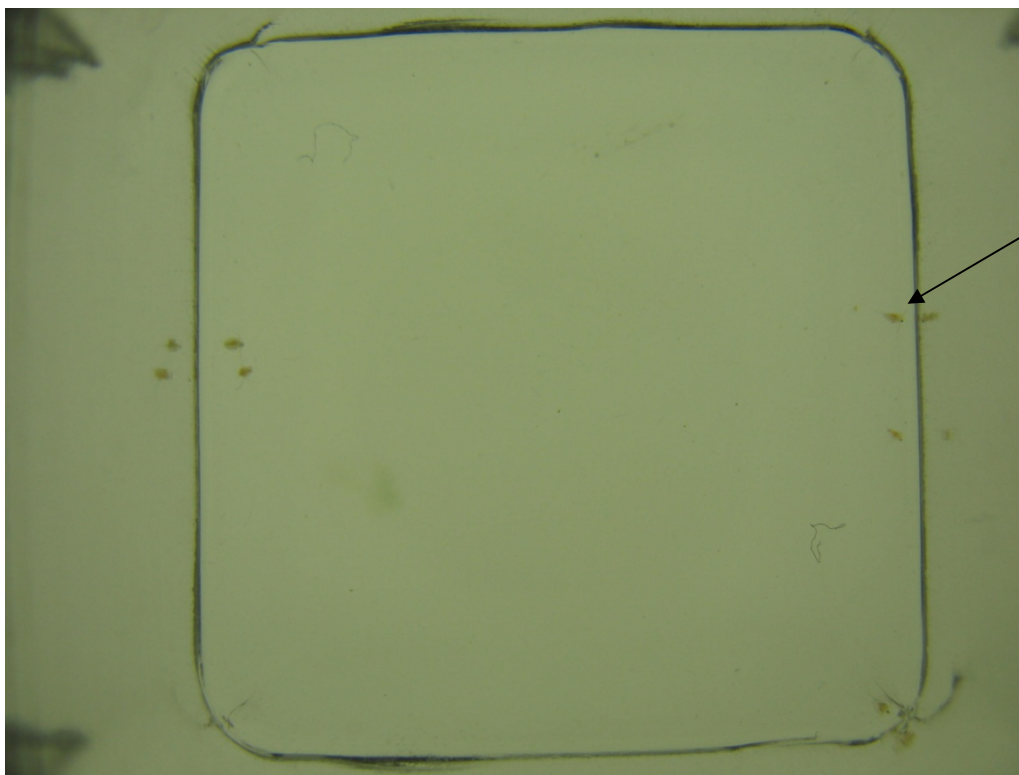
Slika 13: Vzorci vode v plastenkah (na desni) in vzorčna čaša (na levi)

#### 4.4 PRENAŠANJE TESTNIH ORGANIZMOV V VZORCE

V laboratoriju smo dobili šablono (slika 14), kamor smo s pipeto dali po pet odmerkov po 10 mL od vsakega testnega vzorca. S tem smo zagotovili ponovljivost rezultata. V šabloni je bilo 25 okenc in še dodatnih 5 okenc za »kontrolno«. »Kontrola« je bila voda, v kateri so bolhe prej živele in vemo, da je neoporečna.

S stekleno kapalko smo nato morali prenesti v vsako okence po pet bolh z vsakim zajemom. Dno kapalke se ni smelo dotakniti površine vzorca vode, paziti pa smo morali tudi, da smo poleg petih organizmov – bolh zajeli res nizko količino vode, da ne bi onesnažili vzorca.

Celotno delo se je izvajalo v laboratoriju na osvetljeni površini, tako da je bila žarnica pod prosojno površino, na kateri je potekalo delo z bolhami. To šablono smo pokrili s pokrovom in jo shranili.



Slika 14: Kvadrateg šablone z petimi živimi organizmi (en organizem nakazan z puščico).

#### 4.5 PREVERJANJE ŽIVOSTI ORGANIZMOV

Po določenem času inkubacije bolh v vzorčni vodi (1 dan) smo prišli v laboratorij in pregledali rezultate. Pregledovali smo, koliko bolh od petih danih v vzorec je mobilnih, kar je bil dokaz, da je organizem živ. Pregledali smo vsak kvadrateg petih paralelk vzorcev in nato analizirali rezultate.

## 4.6 DOLOČANJE VSEBNOSTI POLUTANTOV V VZORČNI VODI

Na šoli smo nato s testnimi reagenti iz kovčka in dodatnimi testnimi seti določali vsebnost polutantov v vodi (slika 15). Snovi, ki smo jih določali so bili klor, raztopljen v vodi, kloridni ioni, amonijevi ioni, fosfati (V), nitrati (V) in nitrati (III). Vse našteje snovi so pokazatelji onesnaženja voda in vsak od teh parametrov bi lahko bil razlog za pogin testnih organizmov – vodnih bolh.

Teste smo opravili po navodilu, ki je priložen v kovčku ali dodatnih setih za določanje železa.

Pri delu v laboratoriju smo uporabljali zaščitna sredstva, to so zaščitna halja, zaščitna očala, rokavice in primerna obutev.



Slika 15: Določanje vsebnosti polutantov

Vsebino določenega polutanta določimo tako, da testno posodico napolnimo do oznake nato pa:

### 4.6.1 Nitrati (V) / ( $\text{NO}_3^-$ )

Dodamo 2 merici reagenta 1. Zapremo posodico in stresamo, dokler se ves reagent ne raztopi. Odpremo posodico in dodamo 1 merico reagenta 2. Zapremo in stresamo eno minuto. Pustimo stati 10 minut, nato odpremo posodico in primerjamo barvo vzorca z barvami na priloženi skali.

#### 4.6.2 Nitrati (III) / ( $\text{NO}_2^-$ )

Dodamo 2 merici reagenta. Zapremo posodico in stresamo dokler se reagent ne raztopi. Pustimo stati 3 minute, nato odpremo in primerjamo barvo vzorca z barvani na barvni skali.

#### 4.6.3 Amonijevi ioni / ( $\text{NH}_4^+$ )

Dodamo 10 kapljic reagenta 1. Narahlo premešamo, da se vzorec in reagent zmešata. Dodamo 1 merico reagenta 2. Zapremo posodico in stresamo, da se reagent 2 raztopi. Pustimo stati 5 minut. Odpremo posodico in dodamo 15 kapljic reagenta 3, narahlo premešamo. Ponovno pustimo stati 7 minut. Odpremo posodico in primerjamo barvo vzorca z barvami na priloženi barvni skali.

#### 4.6.4 Fosfati / ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

Dodamo 10 kapljic reagenta 1 in narahlo premešamo. Dodamo 1 kapljico reagenta 2 in ponovno premešamo. Pustimo stati 5 minut. Odpremo posodico in primerjamo barvo vzorca z barvami na priloženi barvni skali.

#### 4.6.5 pH

Dodamo 3 kapljice reagenčne zmesi in narahlo premešamo. Odpremo posodico in primerjamo barvo vzorca z barvami na priloženi barvni skali.

#### 4.6.6 $\text{Ca}^{2+}$ / $\text{Mg}^{2+}$

Dodamo 1 kapljico reagenta in premešamo s stresanjem. Če se nam na tej točki vzorec obarva modro, je voda zelo mehka in ima največ 1 nemško stopinjo trdote. Če se nam obarva rahlo roza, nadaljujemo test. Po kapljicah dodajamo reagent, medtem ko stresamo testno posodico. Test je končan, ko barva vzorca preskoči iz rožnate barve v modro. Število dodanih kapljic je enako številu nemških stopinjah trdote.

- mehka voda  $< 5^\circ \text{ n}$
- srednje trda voda  $5 - 15^\circ \text{ n}$
- trda voda  $15 - 30^\circ \text{ n}$
- zelo trda voda  $> 30^\circ \text{ n}$



## 4.7 VOLUMETRIČNA ANALIZA

S to analizo smo hoteli določiti količino aktivnega klora v pitni vodi. Zaradi nizke koncentracije ta analiza ni uspela. Za postopke volumetrične analize smo uporabljali standardni inventar, ki je prikazan na sliki 16.

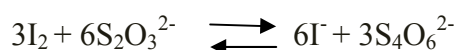


Slika 16: Standarden inventar za volumetrično analizo

### 4.7.1 Standardizacija $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

Natančno koncentracijo natrijevega tiosulfata določamo s primarnimi standardi, kot so: kalijev jodat (V), kalijev dikromat, kalijev bromat (V) in drugi kemično čisti oksidanti. Osnova določitve je oksidacija jodida do joda in titracija ekvivalentne množine joda z natrijevim tiosulfatom v navzočnosti škroba, kot indikatorja.

Raztopini natrijevega tiosulfata določimo natančno koncentracijo s kalijevim jodatom (V). v kisli raztopini jodat(V) oksidira jodid do joda, izloči se ekvivalentna množina joda, ki jo titriramo z raztopino natrijeve tiosulfata.



Za vsako titracijo odtehtamo 80 - 100 mg  $\text{KIO}_3$  in ga raztopimo v 50 mL vode. Raztopini dodamo 5 mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1:4), približno 1g trdnega KI ter počakamo nekaj minut, da poteče reakcija oksidacije. Rjavo obarvano raztopino (zaradi izločenega joda) titriramo z  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  do svetlo rumene barve, nato raztopini dodamo 1mL škrobovice in nadaljujemo titracijo do spremembe barve iz temno modre v brezbarvno.

Škrobovica: za pripravo raztopine škroba odtehtamo 1g škroba, dodamo majhen volumen destilirane vode, da dobimo gosto tekočo zmes in to zmes vlijemo v 100 mL vrele vode, ter kuhamo 1-2 minuti. Ohladimo in filtriramo, če je to potrebno. Raztopina je obstojna največ 2 dni.

#### 4.7.2 Določanje vsebnosti klora

Vsebnost klora v vzorcu se določa po enakem principu, kot poteka standardizacija  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .

10 mL vzorca odpipetiramo in kvantitativno prenesemo v 250 mL merilno bučko, v kateri je že nekaj vode. Bučko do oznake dopolnimo z destilirano vodo in premešamo. Za analizo odpipetiramo alikvotni del, 50 mL v erlenmajerico, v kateri je že približno 100 mL vode. Dodamo 1 g KI, 5 mL koncentrirane očetne kisline, ter počakamo nekaj minut, da poteče reakcija. Rjavo obarvano raztopino titriramo s standardno raztopino natrijevega tiosulfata do svetlo rumene barve, dodamo 1 mL škrobovice in nadaljujemo titracijo do spremembe barve iz temno modre v brezbarvno.

#### 4.8 SET ZA DOLOČEVANJE KLORA

Najprej damo 5 mL vzorca vode v eno izmed priloženih čaš, za kar uporabimo brizgo, ki je dodana v paketu. V drugo čašo damo tri kapljice reagenta  $\text{Cl}_2$ -1. Temu dodamo še tri kapljice reagenta  $\text{Cl}_2$ -2. Tej zmesi damo 5 mL vzorca vode z brizgalko, zapremo čašo in pretresemo. Nato čašo odpremo in jo postavimo na mesto, označeno s črko B na primerjalnem listu, ki je priložen in vsebuje barvne lestvice, ki ustrezajo koncentraciji klora. Nemudoma odčitamo koncentracijo, tako da prestavljamo čašo po lestvici, dokler ne najdemo enake barve. Pri tej barvi je na dodanem primerjalnem listu zapisana količina klora.

##### Določanje celokupnega klora v vzorcu (slika 17)

V čašo damo vzorec do oznake in tri kapljice reagenta  $\text{Cl}_2$ -3. Zapremo čašo in pretresemo. Po dveh minutah odpremo čašo in s pomočjo primerjalnega lista določimo koncentracijo celokupnega klora v vzorcu.

Po preizkusu se lahko odpadki zavržejo kar v odtok, saj kemikalije niso škodljive in nevarne okolju.



Slika 17: Delo s paketom za določevanje vsebnosti klora

#### 4.9 MERITVE IN REZULTATI

Vzorcem smo določali parametre, s katerimi bi lahko ugotavljali vplive na preživelost testnih organizmov. Po tem smo prešteli število preživelih organizmov v paralelkah. Določevanje drugih polutantov sva opravila s kovčkom. Kovček je primeren le za približno določanje vsebnosti snovi v vodi, je pa primerna zato, da se določi neka mejna vrednost, ki jo nato lahko primerjamo z znanimi standardi in se nato sklicujemo na razdruženje dovoljenih in dobljenih vrednosti.

Opomba: testi za trdoto so bili neuspešni (pokvarjeni ali prestari reagenti).

##### 4.9.1 Volumetrična analiza

- Standardizacija  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ :

$V$  (vzorca) = 10,0 mL

$V$  (škrobovice) = 1 mL

$V$  ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )<sub>1, 2, 3</sub> = 5 mL

$M$  (KI)<sub>1, 2, 3</sub> = 1,0 g

$m_1$  ( $\text{KIO}_3$ ) = 0,0837 g

$m_2$  ( $\text{KIO}_3$ ) = 0,0969 g

$m_3$  ( $\text{KIO}_3$ ) = 0,0836 g

$V_1$  (  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  porabljenega) = 22,60 mL

$V_2$  (  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  porabljenega) = 23,20 mL

$V_3$  (  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  porabljenega) = 23,60 mL

Račun:

$$c = \frac{m(\text{KIO}_3) \cdot 6}{M(\text{KIO}_3) \cdot V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}$$

Rezultat: Povprečna koncentracija natrijevega tiosulfata je 0,1069 mol/L.

- Določanje klora:

$V$  (vzorca)<sub>1</sub> = 50,0 mL

$V$  (vzorca)<sub>2</sub> = 50,0 mL

$V$  (vzorca)<sub>3</sub> = 150,0 mL

$V$  (vzorca)<sub>4</sub> = 200,0 mL

$m$  (KI)<sub>1, 2, 3, 4</sub> = 1 g

$V$  (conc. oetne kisline) = 5 mL

Opomba: pri paralelkah ni prišlo do rumenorjavega obarvanja, za to titracija in določitev klora nista možni. Verjetno zaradi premajhne vsebnosti klora.

#### 4.9.2 Ustekleničena voda (Zala)

- Meritve ob vzorčenju

*Tabela 1: Meritve ob vzorčenju.*

$T_{\text{vzorca}}$	pH	el.prevodnost [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	conc.O <sub>2</sub> [mg/L]	$T_{\text{zunanja}}$
19,6° C	8	465	8,76	21° C

- Število preživelih testnih organizmov

*Tabela 2: Število preživelih organizmov v primerjavi s kontrolo.*

ponovitve	kontrola	vzorec
A	5	5
B	5	5
C	5	5
D	5	5

- Vsebnost polutantov

*Tabela 3: Vsebnost polutantov.*

Test	vrednost [mg/L]
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	≤ 0,02
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,2
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0
pH	8
Ca <sup>2+</sup> /Mg <sup>2+</sup>	//

- Drugi testi

*Tabela 4: Vrednosti različnih meritev.*

temperatura ob testiranju	7,7° C
pH	7
Prevodnost	433 μS/cm <sup>2</sup>
Fe	2 mg/L

#### 4.9.3 Pitna voda

- Meritve ob vzorčenju

*Tabela 5: Meritve ob vzorčenju.*

T <sub>vzorca</sub>	pH	El.prevodnost [ $\mu$ S/cm]	conc.O <sub>2</sub> [mg/L]	T <sub>zunanja</sub>
28,4° C	7,6	484	7	21° C

- Število preživelih testnih organizmov

*Tabela 6: Število preživelih testnih organizmov v primerjavi z kontrolo.*

ponovitve	kontrola	vzorec
A	5	0
B	5	1
C	5	1
D	5	1

- Vsebnost polutantov

*Tabela 7: Vsebnost polutantov.*

Test	vrednost [mg/L]
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	≤ 0,02
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,2
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0
pH	8
Ca <sup>2+</sup> /Mg <sup>2+</sup>	//

- Drugi testi

Tabela 8: Vrednosti različnih meritev.

temperatura ob testiranju	20,1° C
pH	7,5
prevodnost	440 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$
Fe	2 mg/L

Vsebnost klora (preverjena z setom) je 0,1 mg/L. Rezultati se določajo s primerjavo obarvanja, kar je prikazano na sliki 18.



Slika 18: Primerjava rezultatov. Določena vsebnost klora (na levi) in kontrola (na desni)

#### 4.9.4 Pitna voda - Meškov studenec

- Meritve ob vzorčenju

Tabela 9: Meritve ob vzorčenju.

$T_{\text{vzorca}}$	pH	El.prevodnost [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	conc.O <sub>2</sub> [mg/L]	$T_{\text{zunanja}}$
11,1° C	7,4	485	10,3	11° C

- Število preživelih testnih organizmov

*Tabela 10: Število preživelih testnih organizmov v primerjavi s kontrolo.*

ponovitve	kontrola	vzorec
A	5	5
B	5	5
C	5	5
D	5	5

- Vsebnost polutantov

*Tabela 11: Vsebnost polutantov.*

Test	vrednost [mg/L]
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	≤ 0,02
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,2
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0
pH	8
Ca <sup>2+</sup> /Mg <sup>2+</sup>	//

- Drugi testi

*Tabela 12: vrednosti različnih meritev*

temperatura ob testiranju	19,9° C
pH	8
prevodnost	446 μS/cm <sup>2</sup>
Fe	2 mg/L



#### 4.9.5 Hudinja nad pregrado

- Meritve ob vzorčenju

*Tabela 13: Meritve ob vzorčenju.*

T <sub>vzorca</sub>	pH	El.prevodnost [ $\mu$ S/cm]	conc.O <sub>2</sub> [mg/L]	T <sub>zunanja</sub>
10° C	8	321	10,9	11,1° C

- Število preživelih organizmov

*Tabela 14: Število preživelih organizmov v primerjavi s kontrolo.*

ponovitve	kontrola	vzorec
A	5	5
B	5	5
C	5	5
D	5	5

- Vsebnost polutantov

*Tabela 15: Vsebnost polutantov.*

Test	vrednost [mg/L]
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	≤ 0,02
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,2
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	2
pH	8
Ca <sup>2+</sup> /Mg <sup>2+</sup>	//

- Drugi testi

*Tabela 16: Vrednosti različnih meritev.*

temperatura ob testiranju	19,2° C
pH	7,5
prevodnost	374 $\mu\text{S}/\text{cm}^2$
Fe	2 mg/L

#### 4.9.6 Prelivna voda iz odlagališča Za Travnikom

- Meritve ob vzorčenju

*Tabela 17: meritve ob vzorčenju*

$T_{\text{vzorca}}$	pH	El.prevodnost [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	conc.O <sub>2</sub> [mg/L]	$T_{\text{zunanja}}$
11,2° C	7,6	6820	8,51	10,6° C

- Število preživelih organizmov

*Tabela 18: število preživelih organizmov v primerjavi z kontrolo*

ponovitve	kontrola	vzorec
A	5	5
B	5	5
C	5	5
D	5	5

- Vsebnost polutantov

*Tabela 19: Vsebnost polutantov.*

Test	vrednost [mg/L]
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	≤ 0,02
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,0
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0
pH	7,5
Ca <sup>2+</sup> /Mg <sup>2+</sup>	//

- Drugi testi

*Tabela 20: Vrednosti različnih meritev.*

temperatura ob testiranju	15,6° C
pH	7
Prevodnost	6,44 mS/cm <sup>2</sup>
Fe	2 mg/L

Pri najinem delu sva se seznanila s profesionalnim delom v ekološkem laboratoriju, saj sva opravljala del naloge v laboratoriju podjetja Cinkarna.

Pri delu z živimi organizmi sva morala biti izjemno previdna, saj bi lahko testne živali pri prenosu poškodovala in test ne bi bil več veljaven. Pri določenih testnih vzorcih se mora vzorec razredčiti, zato se opravi preliminarni test. V našem primeru so že v prvem primeru vsi organizmi preživeli, zato ne bi imelo smisla, da bi to vodo še razredčevali.

Razredčevalna voda je zmes kemikalij, pri katerih nastanejo pogoji, ki so optimalni za organizme, torej ni bilo potrebno določiti koncentracije vode, pri kateri so organizmi še obstojni, saj so preživeli že v koncentriranem vzorcu. Razlika je bila edino v pitni vodi, kjer je bilo negibno veliko število organizmov. Sklepala sva, da je za to kriv klor, ki ga dodajajo za razkuževanje vode. Ker so testni organizmi občutljiva bitja, so ob prisotnosti klora poginila.

Ko smo jemali vzorec prelivne vode v cinkarniškem jezeru, sva opazila zanimive madeže na površju vode, tudi voda je bila oranžne barve, to pa je posledica, kot pravijo v Cinkarni, določene vsebnosti železovih ionov. Ruda, ki se uporablja za proizvodno titanovega dioksida poleg visoke vsebnosti titanovih spojin vsebuje tudi železove spojine, ki se v procesu odstranijo in ostanejo v odpadni sadri, ki se suho zapolnjujejo na odlagališču Za Travnikom. Železo je delno v topni obliki, zato se izloča v odpadni vodi. Zanimivo se nama zdi, da so v tem primeru vsi organizmi preživeli in da najin test določitve železovih ionov ni pokazal višje koncentracije teh, kot v ostalih vzorcih, kljub močni obarvanosti.

Na podlagi tega lahko sklepamo, da je cinkarniška voda ustrezno prečiščena in ne ogroža življenja okoli izpusta oz. da oranžna, kalna voda s plavajočimi madeži ni strupena za organizme.

V vzorcih vodovodne vode, Hudinje in vode Meškovega studenca so preživele vse bolhe. Na podlagi tega sklepava, da je industrijska voda, ki se prelije iz Cinkarne v Hudinjo, dovolj prečiščena za obstoj živih bitij in ni ekološko oporečna. Ta voda steče v Savinjo. Ljudje v okolici Celja hodijo k Meškovemu studencu po vodo za domačo uporabo, ker naj bi imela dobre lastnosti. Na podlagi tega sva vzela vzorec in s testi ugotovila, da je res tako.

Zala, pitna voda na avtomatih, je tudi zelo primerna voda, saj v njej preživijo vsi organizmi, analize pa pokažejo nizko vsebnost onesnaževalnih agentov. pH vrednost vode je nekoliko višja, vendar je to najverjetneje posledica njene embalaže.

Ker sva predpostavila, da je glavni razlog za smrt vodnih bolh v vzorcu pitne vode raztopljen klor, sva testirala to vodo na prisotnost klora. Pokazalo se je, da je koncentracija klora v mejah, ki so zapisane kot dovoljene količine klora v pitnih vodah. Podatka, kakšno količino klora vodne bolhe še preživijo, pa nisva našla. V Cinkarni sva prosila še za eno ponovitev testa z vodnimi bolhami, pri kateri bi pitno vodo razredčila in določila tisto koncentracijo

klora, pri kateri še preživijo in tako potrdila najino hipotezo, da je za pogin bolh kriv klor, vendar za to ni bilo časa.

Pri raziskovanju in testiranju vode kot najpomembnejšega faktorja v našem okolju sva se seznanila s pravilnim vzorčenjem voda, ki je pomembno za nadaljnje raziskave. Prav tako sva izkusila delo na terenu in pomembnost pripravljenosti na muhasto vreme. Sodelovala sva pri vzreji živih organizmov iz epruvete za osrednji test raziskovalne naloge in bila seznanjena z nujnimi pogoji za optimalne rezultate. Po preverjenih rezultatih strupenostnega testa sva ovrgla prvo hipotezo najinega raziskovanja.

Vzorci vod smo še naknadno testirali v šoli z reagenti v testnih kovčkih in testnimi seti ter titracijo, ki pa ni primerna za določanje tako majhnih koncentracij. Kot stransko ugotovitev lahko dodamo, da je za določanje vsebnosti klor v (pitni) vodi najbolj primeren poseben paket, ki je namenjen izključno za testiranje vsebnosti klor v vzorcih. To metodo uporabljajo tudi v akreditiranih analiznih laboratorijih, kar sva izvedela pri poizvedovanju o tej analizi na Zavodu za zdravstveno varstvo Celje.

Po končanih poskusih v šoli smo potrdili polovico druge hipoteze, da pitna voda vsebuje zaznavno količino klor. Ob iskanju in preverjanju na internetnih straneh pa smo lahko potrdili še drugo polovico druge hipoteze, tako da je druga hipoteza v celoti potrjena. Za nadaljnje raziskave priporočamo, da raziskovalci poskusijo poiskati točno ali mejno količino klor, ki je smrtna za organizme.

Najina hipoteza, da *So odpadne vode Cinkarne strupene za organizme*, je OVRŽENA.

Hipoteza o tem, da *So vodne bolhe v pitni vodi pomrle zaradi vsebnosti klor*, pa je POTRJENA.

## 7.

## LITERATURA

### 7.1 Viri literature

- (1) [http://www.rvk-jp.si/pitna\\_voda\\_lastnosti](http://www.rvk-jp.si/pitna_voda_lastnosti)
- (2) <http://www.pitna-voda.si/>
- (3) <http://www.egss.si/media/Timko/voda/reke.htm>
- (4) <http://www2.arnes.si/~afirma/pouk/odpadne.htm>
- (5) <http://www.caudata.org/daphnia/>

### 7.2 Viri slik

- (6) [http://papa.rkc.si/blog/wp-content/fotogalerija/razno/voda\\_iz\\_pipe.jpg](http://papa.rkc.si/blog/wp-content/fotogalerija/razno/voda_iz_pipe.jpg)
- (7) <http://sobotainfo.com/slike/novice/1437751a77305a0c4c8d44127bd8c285/630x630a52f3f3a931f32acc4d67f3100584bee1248284538.jpg>
- (8) <http://cst.fs.uni-mb.si/index/untitled.jpg>
- (9) [http://diskus.slohost.net/hrana/3/slike/Vodna%20bolha578\\_.jpg](http://diskus.slohost.net/hrana/3/slike/Vodna%20bolha578_.jpg)

[1] – povzeto po razlagi gospe Andreje Podlesnik, koordinatorke ekološkega oddelka Cinkarne Celje

[2] – povzeto iz knjige; Podobnik Andrej, Biologija 4 in 5, Raznolikost živih bitij, - Ljubljana : DZS, 1999

8.

## ZAHVALA

Pri najinem delu nama je pomagalo veliko ljudi.

Posebna zahvala gre najini mentorici Mojci Drofenik Čerček in Andreji Tkalec, ki je lektorirala najino nalogo. Zahvaljujeva se tudi celotnemu kolektivu Srednje šole za kemijo, elektrotehniko in računalništvo, posebej laborantkama in vsem zaposlenim na Službi za varstvo okolja Cinkarne Celje, posebej pa gospe Bernardi Podgoršek.