

Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za farmacijo*



Ovrednotenje vzorca naravne vode

Esej

Katja Kunčič, 1. letnik Laboratorijske biomedicine

Analizna kemija

Mentorica: Prof. dr. Nataša Gros

Ljubljana, 14.5.2013

1 Uvod

Pri vaji analiza vod bi želela analizirati dva vodna vira. Prvi vir je naravni vir v bližini Iga, na Ljubljanskem barju in je vsaj 1 km oddaljen od bližnje prometnice Ižanske ceste. Ta vir me zanima, ker naj bi bilo splošno znano, da je to dobra voda in jo kot pitno vodo kljub obstoječem vodovodu uporablja precejšnje število okoliških prebivalcev. Voda izvira skozi umetno izvodilo. To je en izmed izvirov Iščice (Ižice), ki pred izvirov teče kot podtalnica po prodnati osnovi. Po celotnem Ljubljanskem barju, torej tudi v okolici tega vira, je razširjeno kmetovanje in s tem tudi uporaba gnojil.

Drugi vir je vodnjak (štirna) pred mojim domom. Lociran je na obrobju Ljubljanskega barja, natančneje na Rudniku. V bližini je precej prometna Dolenjska cesta, povsod okoli pa so hiše. Precej stanovalcev ima vrtove, na katerih uporabljajo gnojila. Vodnjak v premeru meri 1 m, globok pa je približno 6 m. V njem se zbira talna voda (neke vrste podtalnica, vendar bolj stoječa). Vodnjak je betoniran, tla pa so iz polžarice (to je ilovica, ki vsebuje fosile živali, prebivajočih v jezeru, ki je včasih prekrivalo Ljubljansko barje).

Ta vir me zanima tudi zaradi tega, ker ga je pred približno šestimi leti analizirala že sestrična. V tem času se je v naselju uredila kanalizacija, pri čemer pa je bilo tudi nekaj zapletov. Po pridobitvi svojih rezultatov, jih bom lahko primerjala z njenimi in ugotovila vzroke za morebitne spremembe.

2 Hipoteze

2.1 Prvi vir

- Voda bo trda, saj teče kot podtalnica in spirala iz kamnin minerale. Vsebovala bo visoke koncentracije HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} ;
- Vrednost pH bo v okviru mejnih vrednosti za pitno vodo (6,5-9,5), a bolj bazičen;
- Nitritni in nitratni ioni bodo prisotni zaradi kmetovanja v okolici (uporaba gnojil).

2.2 Drugi vir

- Voda bo mehka, saj se ne pretaka po kamninah. Vsebovala bo nizko koncentracijo HCO_3^- , nizko koncentracijo Ca^{2+} in nizko koncentracijo Mg^{2+} ;
- Vrednost pH bo v okviru mejnih vrednosti za pitno vodo (6,5-9,5), vendar bolj kisel;
- Koncentracija nitritnih in nitratnih ionov bo nizka (urejena kanalizacija, uporaba gnojil).

3 Odvzem vzorca

Vzorec, v poročilu označen kot prvi, sem ob 19:00 odvzela na Ljubljanskem barju, v bližini naselja Ig. Voda je bila bistra in brezbarvna.

Vzorec, ki sem ga v poročilu označila kot drugi vzorec, sem vzela iz vodnjaka na domačem dvorišču v Ljubljani na Rudniku, 6. 5. 2013 ob 19:50. Voda je bila bistra, a malce zelenkasta.

Ob odvzemu sem vsako plastenko najprej trikrat sprala s preiskovano vodo, nato pa sem plastenki napolnila.

4 Rezultati in razprava

4.1 Metode

Titracija je določanje analita v preiskovani raztopini, z dodajanjem titrirnega sredstva v taki množini, da dosežemo stanje kemijske ekvivalence. S titracijo smo določali koncentracijo hidrogenkarbonata in celotno trdoto vode.

Spektrometrija temelji na merjenju neke lastnosti svetlobe (moči, absorpcije), ki prehaja skozi preiskovano raztopino. Spektrometrično analizo smo delali s pomočjo spektrometra Spektra™, ki omogoča hitre določitve kemijskih parametrov v vzorcih. Zasnovan je na svetleči tribarvni svetleči diodi z emisijskimi maksimumi pri 430 nm (modra), 565 nm (zelena) in 625 nm (rdeča). Spektrometrično smo določali koncentracijo kalcija, hidrogenfosfata, klorida in nitrita.

Potenciometrija je elektrokemijska analizna metoda, pri kateri z merjenjem napetostne razlike med referenčno in indikatorsko elektrodo ugotavljamo koncentracijo analita. S potenciometrično analizo smo ugotavljali pH vzorca.

4.2 Spektrometrična določitev kalcija v vodi

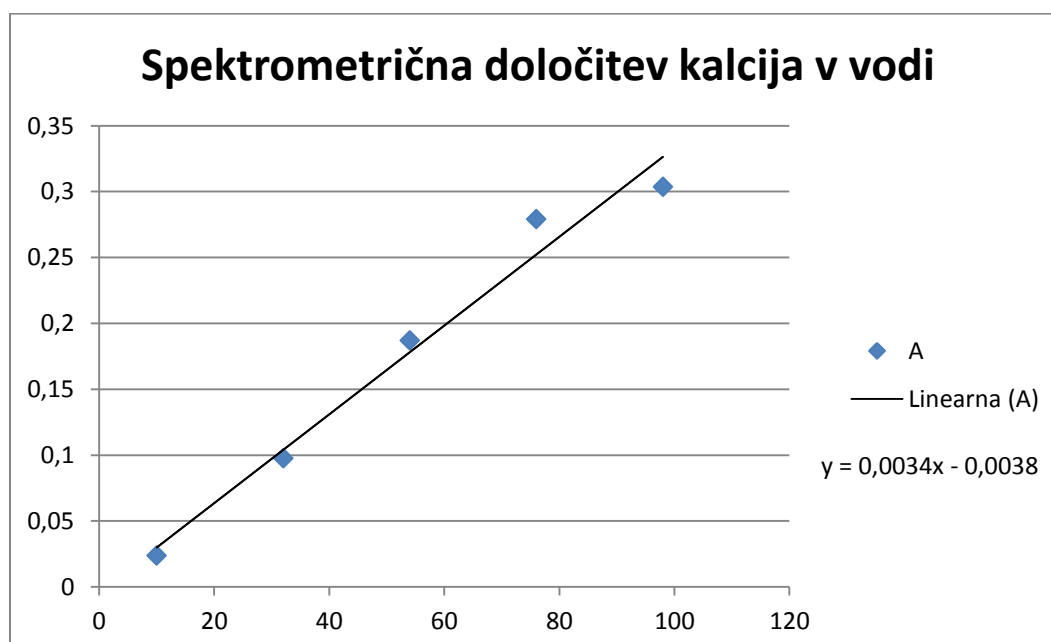
Koncentracijo kalcijevih ionov v vzorcu vode smo določili s spektrometrom Spektra™ (zelena dioda) in s kalibracijsko premico^[6].

4.2.1 Rezultati

$\gamma_{Ca^{2+}}$ [mg/L]	10	32	54	76	98	Vzorec 1	Vzorec 2
T [%]	94,7	79,9	65,0	52,6	49,7	54,4	69,3
A	0,0237	0,0975	0,1871	0,2790	0,3036	0,2644	0,1593

Absorbanco sem izračunala po formuli $A = -\log T$

Graf spektrometrične določitve kalcija v vodi in kalibracijska premica ter njena enačba:



Izračun masne koncentracije kalcija in množinske koncentracije kalcija v vzorcih:

$$c_{\text{Ca}^{2+}} = \frac{\gamma_{\text{Ca}^{2+}}}{M_{\text{Ca}}}$$

$$M_{\text{Ca}} = 40,08 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$\gamma_1 = \frac{y + 0,0038}{0,0034} = \frac{0,2644 + 0,0038}{0,0034} = 78,88 = 79 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$c_1 = \frac{\gamma_1}{M_{\text{Ca}}} = 1,968 = 1,97 \frac{\text{mmol}}{\text{L}}$$

$$\gamma_2 = \frac{y + 0,0038}{0,0034} = \frac{0,1593 + 0,0038}{0,0034} = 47,97 = 48 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$c_1 = \frac{\gamma_2}{M_{\text{Ca}}} = 1,197 = 1,20 \frac{\text{mmol}}{\text{L}}$$

4.2.2 Razprava

Glede na spektrometrično analizo, je moj prvi vzorec vseboval 1,97 mmol/L kalcija, kar pomeni, da spada med srednje trde vode, kamor prištevamo večino vodovodnih voda. Prvo hipotezo za prvi vzorec sem torej le delno potrdila, saj je voda mehkejša, kot sem pričakovala. Pojasnilo morda lahko najdemo v tem, da je dan pred odvzemom in na dan odvzema vzorca, na tistem območju močno deževalo. Vzorec tako ni nujno bil reprezentativen za to določitev. Po lestvici trdote vode bi morala voda z Iga oziroma iz bližine Iga imeti trdoto 13-23°dH^[3], vzorec pa je imel trdoto le 11,3°dH (8 – 18 °dH srednje trda voda^[2]). Srednje trde vode so primerne za vse namene, tudi kot pitne vode^[5].

Moj drugi vzorec je vseboval 1,20 mmol/L kalcija, iz česar je razvidno, da sodi med mehke vode, kamor prištevamo tudi deževnice. Po lestvici trdote je imela namreč voda drugega vzorca trdoto 6,7°dH (4 – 8 °dH mehka voda^[2]). S tem rezultatom sem potrdila prvo hipotezo za drugi vzorec. Mehka voda je primerna za pitje, pranje in kopanje^[5]. Rezultat je smiseln tudi zaradi dejstva, da se v vodnjaku voda zbira. Vzorec je bil odvzet v času obilnega deževja, kar pojasni prevladujoč značaj deževnice.

V primerjavi z drugimi vzorci glede na koncentracijo kalcija, voda mojega prvega vzorca spada med trše izmed analiziranih. Koncentracija kalcija v mojem drugem vzorcu uvršča to vodo med mehkejše, vendar so bili nekateri drugi analizirani vzorci precej bolj mehki.

4.3 Spektrometrična določitev hidrogenfosfata

Hidrogenfosfat smo določati s spektrometrom Spektra™ (rdeča dioda) in z enotočkovno kalibracijo^[6].

4.3.1 Rezultati

	T [%]	A	$\gamma_{\text{HPO}_4^{2-}}$ [mg/L]
Standard	97,8	0,00966	0,5
Vzorec 1	99,5	0,00218	0,11284
Vzorec 2	99,1	0,00393	0,20342

Izračun masne koncentracije fosfatnih ionov v vzorcih:

$$\gamma_{\text{vzorec}} = \frac{A_{\text{vzorec}} \times \gamma_{\text{standard}}}{A_{\text{standard}}}$$

$$\gamma_1 = \frac{0,00218 \times 0,5 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{0,00966} = 0,113 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\gamma_2 = \frac{0,00393 \times 0,5 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{0,00966} = 0,203 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

4.3.2 Razprava

Mejna vrednost za količino hidrogenfosfata prisotnega v vodi v Sloveniji je 0,40 mg/L. Oba vzorca sta glede na analizo vsebovala hidrogenfosfat (prvi vzorec 0,113 mg/L, drugi vzorec pa 0,203 mg/L), vendar ta vsebnost ni preseгла mejne koncentracije. Obe vodi glede na hidrogenfosfat lahko uporabljamo tudi kot pitni.

Glede na rezultate analize, ki so jih dobili kolegi, moj prvi vzorec sodi med vzorce z nižjo koncentracijo hidrogenfosfata, drugi pa med vzorce s srednjimi koncentracijami hidrogenfosfata. Večjo koncentracijo kot moj prvi vzorec je imelo še 13/21 vod, večjo koncentracijo hidrogenfosfata od drugega vzorca pa je imelo 9/21 vzorcev vod.

4.4 Spektrometrična določitev klorida v vodi

Klorid smo določali s spektrometrom Spektra™ (modra dioda) in z enotočkovno kalibracijo^[6].

4.4.1 Rezultati

	T [%]	A	c_{Cl^-} [mmol/L]	γ_{Cl^-} [mg/L]
Standard	91,8	0,037	0,200	7,09
Vzorec 1	96,3	0,016	0,086	3,07
Vzorec 2	68,0	0,167	0,903	32,1

Izračun množinske in masne koncentracije kloridnih ionov v vzorcih:

$$c_{\text{vzorec}} = \frac{A_{\text{vzorec}} \times c_{\text{standard}}}{A_{\text{standard}}}$$

$$\gamma = c \times M$$

$$M_{\text{Cl}} = 35,45 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$c_1 = \frac{0,016 \times 0,200 \frac{\text{mmol}}{\text{L}}}{0,037} = 0,086 \frac{\text{mmol}}{\text{L}}$$

$$\gamma_1 = 0,086 \frac{\text{mmol}}{\text{L}} \times 35,45 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 3,07 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$c_2 = \frac{0,167 \times 0,200 \frac{\text{mmol}}{\text{L}}}{0,037} = 0,903 \frac{\text{mmol}}{\text{L}}$$

$$\gamma_2 = 0,903 \frac{\text{mmol}}{\text{L}} \times 35,45 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 32,1 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\gamma_{\text{standard}} = 0,200 \frac{\text{mmol}}{\text{L}} \times 35,45 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 7,09 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

4.4.2 Razprava

Mejna vrednost za klorid v pitni vodi je 250 mg/L. »Kloridi v pitni vodi so lahko naravnega izvora, lahko pa so iz komunalnih ali industrijskih odpadnih vod, so posledica površinskega spiranja zaradi soljenja cest ali uporabe gnojil [...]«(Priloga I Pravilnika o pitni vodi, del C, Indikatorski parametri. 2005. Str. 8).

Glede na rezultat analiz je vsebnost klorida v vzorcih, ki sem ju preiskovala, zelo nizka. Prvi vzorec je vseboval 3,07 mg/L klorida, drugi pa 32,1 mg/L. Možen vzrok za višjo koncentracijo kloridnih ionov v drugem vzorcu bi lahko bila bližnja prometnica, ki je bila letošnjo zimo parkrat soljena. Lahko bi šlo tudi za napako v kanalizaciji ali pa vpliv gnojil. Vpliv gnojil se mi kot glaven vpliv ne zdi zelo verjeten, saj je kmetovanje bolj obsežno v okolici območja odvzema prvega vzorca. Poleg tega sta bila vzorca odvzeta v času, ko je bilo okoliško kmetovanje minimalno, tako da bi glede na pozno zimo bil vpliv spiranja soli s cest bolj smiseln. Drugi vzorec sem odvzela iz vodnjaka, v katerem je stoječa voda. Vodnjak do nedavnega ni bil v uporabi, tako da to še bolj podpira teorijo o prisotnosti klorida kot posledici spiranja soli s cest.

V primerjavi z ostalimi analiziranimi vzorci sodi moj prvi vzorec med vzorce z najnižjo koncentracijo klorida, saj ima le en vzorec nižjo. Drugi vzorec sodi med vzorce z najvišjo koncentracijo, saj je med ostalimi vzorci le en, ki ima koncentracijo klorida še višjo.

4.5 Spektrometrična in kolorimetrična določitev nitrita

Nitrit smo določali s spektrometrom Spektra™ (zelena dioda) in z enotočkovno kalibracijo^[6]. Kolorimetrično sem nitrit določila s primerjavo standarda, slepe in vzorcev.

4.5.1 Rezultati

Vizualna ocena (kolorimetrična določitev): Standard je bil kar močno obarvan, slepa in vzorca pa približno enako. Domnevala sem, da v vzorcih nitrita ne bo, ali pa bo prisoten v majhni količini.

	T [%]	A	$\gamma_{\text{NO}_2^-}$ [mg/L]
Standard	99,5	0,0022	0,5
Vzorec 1	99,6	0,0017	0,3864
Vzorec 2	100,0	0	0

Izračun masne koncentracije nitrita v vzorcih:

$$\gamma_{\text{vzorec}} = \frac{A_{\text{vzorec}} \times \gamma_{\text{standard}}}{A_{\text{standard}}}$$

$$\gamma_1 = \frac{0,0017 \times 0,5 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{0,0022} = 0,3864 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\gamma_2 = \frac{0 \times 0,5 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{0,0022} = 0 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

4.5.2 Razprava

»Dušik v naravi kroži v ciklusu, katerega del sta tudi [...] nitrat in nitrit. V naravi se nitrati in nitriti pojavljajo tudi kot posledica človekove dejavnosti: uporaba umetnih in naravnih gnojil, nahajajo se v komunalnih odplakah, uporabljajo se v industriji. V vodi so dobro topni.«(Priloga I Pravilnika o pitni vodi, del B, Kemijski parametri. 2009. Str. 19).

Mejna vrednost za koncentracijo nitrita v pitni vodi je 0,50 mg/L. Vzorca, ki sem ju analizirala sta vsebovala zelo različni količini nitrita. Prvi vzorec je vseboval 0,3864 mg/L nitrita, kar lahko pojasnimo z morebitnim okoliškim kmetovanjem. Drugi vzorec je imel koncentracijo nitrita 0 mg/L, kar je smiselno, glede na to, da je v okolici urejena kanalizacija, kmetovanje ter uporaba gnojil pa sta bila v tistem času verjetno minimalna.

Glede na rezultate sem potrdila hipotezo o prisotnosti nitritnih ionov v prvem vzorcu. Zadnjo hipotezo za drugi vzorec sem potrdila delno, saj sem ugotovila, da v drugem vzorcu vode nitritni ioni sploh niso bili prisotni.

Ob primerjavi z ostalimi vzorci moj prvi vzorec spada med vzorce z najvišjo koncentracijo nitrita. Drugi vzorec nitrita ne vsebuje, prav tako kot še štirje preostali vzorci.

4.6 Titrimetrična določitev koncentracije hidrogenkarbonata v vodi

Koncentracijo hidrogenkarbonata v vzorcih vod smo določili z acidimetrično titracijo v poenostavljeni in miniaturizirani izvedbi^[6]. Titrali smo s HCl, vzorcu pa smo za določitev končne točke dodali indikator bromkrezol modro^[6].

4.6.1 Rezultati

Izračun množinske in masne koncentracije hidrogenkarbonata v vzorcih:

$$c_{\text{HCO}_3^-} = \frac{c_{\text{HCl}} \times V_{\text{HCl}}}{V_{\text{vzorec}}}$$

$$\gamma_{\text{HCO}_3^-} = c_{\text{HCO}_3^-} \times M_{\text{HCO}_3^-}$$

$$M_{\text{HCO}_3^-} = 61,00 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$c_{\text{HCl}} = 0,1 \text{ mol/L}$$

$$V_{\text{vzorec}} = 10 \text{ ml}$$

$$V_{1\text{HCl}} = 0,615 \text{ ml}$$

$$c_{\text{HCO}_3^-} = \frac{0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 0,615 \text{ ml}}{10 \text{ ml}} = 6,15 \frac{\text{mmol}}{\text{L}}$$

$$\gamma_{\text{HCO}_3^-} = 6,15 \frac{\text{mmol}}{\text{L}} \times 61,00 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 375,15 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$V_{2\text{HCl}} = 0,145 \text{ ml}$$

$$c_{\text{HCO}_3^-} = \frac{0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 0,145 \text{ ml}}{10 \text{ ml}} = 1,45 \frac{\text{mmol}}{\text{L}}$$

$$\gamma_{\text{HCO}_3^-} = 1,45 \frac{\text{mmol}}{\text{L}} \times 61,00 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 88,45 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

4.6.2 Razprava

Trdota vode je naravna lastnost pitne vode^[1]. V vodi najdemo raztopljene različne snovi, katerih vrsta in količina sta odvisni od področja, kjer voda izvira in kemične sestave podlage, preko katere teče.

Trdoto vode povzročajo raztopljene mineralne snovi, predvsem Ca in Mg hidrogenkarbonat, ki ju voda raztopi iz prsti in kamnin^[2]. Za pitno vodo je običajno, da je srednje trda do trda^[1].

Glede na primerjavo z ostalimi vzorci moj prvi vzorec spada med najtrše vzorce izmed analiziranih, saj je samo še v enem vzorcu koncentracija hidrogenkarbonata višja. Moj drugi vzorec spada med najmehkejše.

Na podlagi predanaliznih informacij o podlagi vodnih virov so ti rezultati smiselni, saj voda prvega vzorca teče po kamninski podlagi. Voda drugega vzorca je bolj stoječa in ne teče po kamninah, s katerih bi lahko spirala hidrogenkarbonat in je posledično mehka.

Z analizo obeh vzorcev vod za skupno trdoto vode, sem potrdila del prvih hipotez za prvi in drugi vzorec.

4.7 Titrimetrična določitev skupne koncentracije kalcijevih in magnezijevih ionov – celotna trdota vode

Skupno trdoto (skupno koncentracijo kalcijevih in magnezijevih ionov) vzorcev smo določali s poenostavljeno in miniaturizirano kompleksometrično titracijo^[6]. Kot titrant smo uporabili raztopino dinatrijeve soli EDTA, za določitev končne točke pa smo vzorcu dodali še indikator eiochrom črno T^[6].

4.7.1 Rezultati

Izračun skupne množinske koncentracije kalcijevih in magnezijevih ionov v vzorcih:

$$c_{\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}} = \frac{c_{\text{EDTA}} \times V_{\text{EDTA}}}{V_{\text{vzorec}}}$$

$$c_{\text{EDTA}} = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$V_{\text{vzorec}} = 10 \text{ ml}$$

$$V_{1\text{EDTA}} = 0,3 \text{ ml}$$

$$c_{1\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}} = \frac{0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 0,3 \text{ ml}}{10 \text{ ml}} = 0,003 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 3,0 \frac{\text{mmol}}{\text{L}}$$

$$V_{2\text{EDTA}} = 0,08 \text{ ml}$$

$$c_{2\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}} = \frac{0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 0,08 \text{ ml}}{10 \text{ ml}} = 0,0008 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 0,8 \frac{\text{mmol}}{\text{L}}$$

Izračun množinske in masne koncentracije magnezija v vzorcih:

$$c_{\text{Mg}^{2+}} = c_{\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}} - c_{\text{Ca}^{2+}}$$

$$\gamma_{\text{Mg}^{2+}} = c_{\text{Mg}^{2+}} \times M_{\text{Mg}}$$

$$M_{\text{Mg}} = 24,31 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$c_{1\text{Ca}^{2+}} = 1,97 \frac{\text{mmol}}{\text{L}}$$

$$c_{1\text{Mg}^{2+}} = 3,0 \frac{\text{mmol}}{\text{L}} - 1,97 \frac{\text{mmol}}{\text{L}} = 1,03 \frac{\text{mmol}}{\text{L}}$$

$$\gamma_{\text{Mg}^{2+}} = 1,03 \frac{\text{mmol}}{\text{L}} \times 24,31 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 25,08 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$c_{2\text{Ca}^{2+}} = 1,20 \frac{\text{mmol}}{\text{L}}$$

$$c_{\text{Mg}^{2+}} = 0,8 \frac{\text{mmol}}{\text{L}} - 1,20 \frac{\text{mmol}}{\text{L}} = -0,397 = -0,4 \frac{\text{mmol}}{\text{L}}$$

4.7.2 Razprava

V prvem vzorcu, ki sem ga analizirala, je bila koncentracija raztopljenih Ca in Mg ionov 3,0 mmol/L, kar pomeni, da je ta voda srednje trda. Koncentracija Mg v prvem vzorcu je bila 25,08 mg/L.

V drugem vzorcu je bila koncentracija raztopljenih Ca in Mg ionov 0,8 mmol/L. To bi pomenilo, da ta voda sodi med mehke vode, med katere sodi tudi deževnica. Pri tej tehniki je prišlo do napake, tako da ne morem sklepati, kaj je pravzaprav pravilen rezultat. Možen vzrok bi lahko bilo to, da miniaturizirana titracija z EDTA ni dovolj natančna metoda. Napaka bi lahko bila tudi moja, na primer napačno odčitavanje barve ali volumna porabljenega EDTA.

Oba rezultata, čeprav je drugi neveljaven, sta glede na hipoteze in določitev hidrogenkarbonata smiselna. Z rezultati te analize sem potrdila še drug del prve hipoteze prvega vzorca.

4.8 Potenciometrična določitev pH vode

pH vzorcev vod smo določali potenciometrično in z dvotočkovno kalibracijo. Kalibracijo smo izvedli pred meritvijo, z uporabo kalibracijskih pufrov pH 4 in pH 10^[6]. »Merilni sistem so sestavljali mV-meter, kombinirana pH elektroda s stekleno membrano in temperaturnim senzorjem ter preiskovana raztopina.« (Analize vod s spektrometrom SpektraTM. 8. poglavje)

4.8.1 Rezultati

Asimetrični potencial	Strmina elektrode	pH vzorca 1	pH vzorca 2
76 mV	-59,0 mV/enoto pH	7,61	7,60

4.8.2 Razprava

»S pH vrednostjo vode izražamo stopnjo kislosti oz. bazičnosti vode. pH 7 pomeni, da je voda nevtralna, pod to vrednostjo je kislja, nad to vrednostjo pa bazična. V večini naravnih vod je pH povezan z ravnotežjem ogljikovega dioksida, hidrogenkarbonata in karbonata in s tem tudi s trdoto vode (mehke vode imajo nižjo pH vrednost, trde vode pa višjo).« (Priloga I Pravilnika o pitni vodi, del C, Indikatorski parametri. 2005. Str. 10)

Glede na dobljene rezultate je razvidno, da imata analizirana vzorca skoraj enaki vrednosti pH. Obe vodi sta torej bazični in naj bi bili razmeroma trdi. Vrednosti pH obeh vzorcev sta v obsegu mejnih vrednosti za pitno vodo (pH 6,5-9,5). Na podlagi rezultatov potenciometrične določitve pH sem potrdila drugo hipotezo za prvi vzorec, drugo hipotezo pa drugi vzorec pa sem zavrnila.

V primerjavi z ostalimi vzorci, pH vrednosti mojih vzorcev ne odstopata, ampak ležita v območju srednjih vrednosti ($\bar{x}_{\text{pH}} = 7,69619$).

5 Sklep

5.1 Prvi vzorec

Na podlagi izvedenih analiz sem potrdila vse tri hipoteze za prvi vzorec.

Prvi vzorec spada med srednje trde vode, kar sem ugotovila s spektrometrično določitvijo kalcija, titrimetrično določitvijo prisotnosti hidrogenkarbonata v vzorcu in s titrimetrično določitvijo celotne trdote vode (skupna koncentracija kalcijevih in magnezijevih ionov) in je bil med analiziranimi eden najtrših. V vodi prvega vzorca je bil hidrogenfosfat prisoten v koncentraciji pod mejno vrednostjo koncentracije hidrogenfosfata v pitni vodi. Klorid je bil prav tako prisoten v koncentraciji pod mejno vrednostjo. Koncentracija nitrita je bila povišana, vendar ni presegla mejnega parametra za pitno vodo. pH prvega vzorca, ki sem ga analizirala, je bil rahlo bazičen.

5.2 Drugi vzorec

Glede na analize sem delno potrdila prvo hipotezo (napaka), zavrnila drugo hipotezo in v celoti potrdila tretjo hipotezo.

Voda drugega vzorca sodi med mehke vode, kar sem potrdila s spektrometrično določitvijo kalcija in titrimetrično določitvijo prisotnosti hidrogenkarbonata v vzorcu. Med analiziranimi vzorci je bil eden najmehkejših. V tem vzorcu nisem ugotovila prisotnosti nitritnih ionov. Prisotni so bili hidrogenkarbonatni in kloridni ioni, vendar v koncentracijah, ki nista presegli parametričnih vrednosti koncentracij hidrogenkarbonata in klorida za pitno vodo. pH te vode je bil prav tako rahlo bazičen.

5.2.1 Primerjava s sestričnino analizo iz leta 2007

	γ_{Cl^-} [mg/L]	c_{Cl^-} [mmol/L]	$\gamma_{\text{HCO}_3^-}$ [mg/L]	$c_{\text{HCO}_3^-}$ [mmol/L]	$c_{\text{Ca+Mg}}$ [mmol/L]	$c_{\text{Ca}^{2+}}$ [mmol/L]	$\gamma_{\text{Ca}^{2+}}$ [mg/L]	$\gamma_{\text{NO}_2^-}$ [mg/L]	$\gamma_{\text{HPO}_4^{2-}}$ [mg/L]
7.5.2013	32,1	1,2	88,45	1,45	0,8	1,20	47,97	0	0,203
13.11.2007	42,5	0,903	329,0	5,40	2,9	1,28	51,69	0,255	0,242

Primerjava rezultatov obeh analiz kaže, da se je sestava vode v zadnjih petih letih in pol kar precej spremenila. Najbolj me je zanimala koncentracija nitritnih ionov, zaradi ureditve kanalizacije v letu 2010^[7]. Iz koncentracij nitritnih ionov se da razbrati, da je bila ureditev kanalizacije uspešna kljub težavam, ki so takrat nastopale. V vodi nitritni ioni niso več prisotni. Očitna je tudi razlika v trdoti vode. Čez ta leta se je voda znatno zmežčala.

6 Literatura

1. <http://www.vo-ka.si/informacije/kaksno-vodo-pijemo/trdota-vode>, 13.5.2013
2. http://www2.arnes.si/~fperdi/VKI_3.html, 13.5.2013
3. Poročilo o trdoti vode na <http://www.obcina-ig.si/vodovod-kanalizacija-ro/>, 13.5.2013
4. http://www.ivz.si/Mp.aspx?ni=115&pi=5&_5_id=405&_5_PageIndex=0&_5_groupId=245&_5_newsCategory=&_5_action=ShowNewsFull&pl=115-5.0., 13.5.2013
5. http://www2.arnes.si/~breber1/zg/Analiza_voda/navodilo_za_delo_analiza_dopustne%20vrjednosti07.pdf, 13.5.2013
6. http://www.kii3.ntf.uni-lj.si/analchemvoc2/file.php/1/HTML/slo/SPEKTRA/water_intro.htm, 13.5.2013
7. <http://ljublanski.projekti.si/vodovod-na-spodnjem-rudniku.aspx>, 14.5.2013

7 Priloge

- Priloga I – rezultati analize vod 1. skupine

Priloga I

Osnovni podatki o vzorcih vod

Datum: 7.5.2013

Skupina: 1. skupina, LBM

Št. vzorca	Vodni vir	Kraj odvzema	Čas odvzema	Odvzel	pH
1	Potok Bistrica	Slovenska Bistrica	5.5.2013 15:30		7,58
2	Kraški izvir Veliki Obrh	Laze pri Gorenjem jezeru	1.5.2013 12:00		7,83
3/1	Soča	Kanal ob Soči	5.5.2013 16:00		8,36
3/2	Soča	Deskle	5.5.2013 16:00		8,46
4	Vodnjak (Mali Otok)	Mali Otok	5.5.2013 17:30		7,38
5	Kokra	Visoko pri Kranju	6.5.2013 19:55		8,20
6	Šentviški potok	Šentvid pri Stični	6.5.2013 17:30		8,08
7	? potok	Dragonja vas	5.5.2013 14:00		7,6
8	Grčenica	Skaručna	7.5.2013 10:00		7,86
9	Ptujsko jezero	Ptuj	6.5.2013 14:00		7,92
10	Ljubljanica	V centru Ljubljane	20.4.2013 12:00		7,45
11	Unica	Planinsko polje	6.5.2013 18:00		8,04
12	Jablaniški potok	Breg pri Litiji	6.5.2013 18:00		8,12
13	Vodnjak	Černelavci	5.5.2013 17:20		7,35
14	Izvir na Lubniku	Zalubnik	4.5.2013 15:00		6,08
15	Ljubljanica	Zalog, pri izlivu vode iz Toplarne	6.5.2013 14:40		8,06
16	Izvir naravne mineralne vode (Jezernica)	Jezersko	6.5.2013 18:05		6,66

17/1	Izvir na Barju	Lj. Barje, v bližini lga	6.5.2013 19:00	Katja Kunčič	7,61
17/2	Vodnjak na Rudniku	Obrobje Lj. barja, Rudnik	6.5.2013 19:50	Katja Kunčič	7,60
18	Ribnik Reš	Radlje ob Dravi	5.5.2013 15:00		7,76
19	Reka Temenica	Prečna, Novo mesto	5.5.2013		7,62

Evidenca dela

	Določitev HCO_3^-	Določitev celotne trdote vode	Določitev Ca^{2+}	Določitev Cl^-	Določitev HPO_4^{2-}	Ocena za NO_2^-
Št. vzorca	V_{HCl} [ml]	$V_{\text{Na}_2\text{EDTA}}$ [ml]	T [%]	T [%]	T [%]	$V_{\text{NO}_2^-}$ [mg/L]
1	0,4	0,3	95,0	91,1	98,4	/
				92,4	99,6	
2	0,28	0,22	57,8	98,8	99,6	0,06
				95,5	98,7	
3/1	0,21	0,12	68,5	/	99,8	0,118
3/2	0,22	0,13	67,7	/	99,9	0,147
4	0,515	0,26	47,6	90,5	98,0	/
				81,1	97,2	
5	0,3	0,14	62,5	91,8	98,7	0,34
				99,2	99,5	
6	0,52	0,3	62,6	91,8	98,7	0,34
				99,2	98,5	
7	0,12	0,1	99,6	/	/	1,5
				98,8		
8	0,19	0,09	69,0	99,8	99,6	0,055
				98,4	98,5	
9	0,15	0,12	70,5	91,8	/	/
				92,8	/	
10	0,2	0,15	72,6	/	/	0
				96,5	99,8	
11	0,31	0,20	55,8	90,5	98	
				92,7	99,8	
12	0,55	0,15	66,1	/	/	/
				87,0	98,5	
13	0,35	0,32		91,1	98,4	
				78,2	100,4	
14						
15	0,35	0,19	56,8	96,4	98,7	0,3630
				91,7	98,3	
16	0,94	0,5	40,8	96,2	98,7	/
				94,1	99,8	
17/1	0,615	0,3	54,4	91,8	97,8	0
				96,3	99,5	
17/2	0,145	0,08	69,3	91,8	97,8	0
				68,0	99,1	
18	0,35	0,2	53,6	91,1	98,4	0,75
				82,6	99,5	
19	0,44	0,28	51,5	98,8	99,6	0,6255
				92,7	99,7	

Rezultati - osnovne sestavine

Št. vzorca	$\gamma_{\text{HCO}_3^-}$ [mg/L]	$c_{\text{HCO}_3^-}$ [mmol/L]	$c_{\text{Ca+Mg}}$ [mmol/L]	$c_{\text{Ca}^{2+}}$ [mmol/L]	$c_{\text{Mg}^{2+}}$ [mmol/L]	$\gamma_{\text{Ca}^{2+}}$ [mg/L]	$\gamma_{\text{Mg}^{2+}}$ [mg/L]	γ_{Cl^-} [mg/L]	c_{Cl^-} [mmol/L]
1	244	4	3	0,233	2,76	9,35	67,1	6,005	0,169
2	170,8	2,8	2,2	1,78	0,42	10,2	9,72	27,05	0,76
3/1	128,1	2,1	1,2	1,245	/	49,9	/	/	
3/2	134,2	2,2	1,3	1,283	0,0172	51,41	0,4181	/	
4	314,15	5,15	2,6	2,3937	0,2063	95,94	5,0154	14,88	
5	183	3	1,4	1,6	/	64,86	/	0,67	0,02
6	317,2	5,2	3,0	2,04	0,96	81,82	23,3	8,19	0,231
7	73,2	1,2	1	1,21	/	48,21	/	7,09	0,2
8	115	1,9	0,9	1,22	/	48,98	/	9,57	
9	91,5	1,5	1,2	1,4	/	56,12	/	6,13	0,1746
10	122	2,0	1,5	1,049	0,451	42,03	10,96	2,954	0,00832
11	189,1	3,1	2,0	1,89	0,11	75,56	2,67	7,13	0,20
12	335,5	5,5	1,5	1,349	0,151	54,06	3,671	5,663	0,1597
13	213,5	3,5	3,2	2,53	0,67	101,41	16,29	18,7	0,527
14	6.1	0,1	0,1	0,09626	0,00374	3,858	0,09092	4,105	0,11576
15	213,5	3,5	1,9	1,848	0,052	74,05	1,264	16,76	0,47
16	573,4	9,4	5,0	3,007	1,972	120,52	47,9	11,14	0,314
17/1	375,15	6,15	3,0	1,97	1,03	79	25,08	3,07	0,086
17/2	88,45	1,45	0,8	1,20	/	48	/	32,1	0,903
18	213,5	3,5	2	2,97	/	119,15	/	14,70	0,4146
19	268	4,4	2,8	2,142	0,658	85,853	15,99	44,517	1,255765

Rezultati - onesnaževala

Št. vzorca	$\gamma_{\text{NO}_2^-}$ (mg/L)	$\gamma_{\text{HPO}_4^{2-}}$ (mg/L)
1	je nad mejo standarda	0,124
2	0,06	1,632
3/1	0,118	0,1246
3/2	0,147	0,0623
4	0	0,703
5	0,34	0,193
6	/	0,614
7	1,5	0,5631
8	0,055	1,89
9	0	0
10	0	0.083
11	0	0,0495
12	je pod mejo standarda	0,5360
13	0,375	0,0
14	je pod mejo standarda	3,579
15	nad mejo (0,3630)	nad mejo (0,6551)
16	pod mejo standarda	0,0763
17/1	0,3864	0,113
17/2	0	0,203
18	0,75	0,1554
19	0,6255	0,3747