

Kvaliteta pitkih voda i voda u prirodi na području Gorskoga kotara

Klasanović, Tea

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Medicine / Sveučilište u Rijeci, Medicinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:379722>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-27**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Medicine - FMRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI
MEDICINSKI FAKULTET
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ
SANITARNO INŽENJERSTVO

Tea Klasanović

KVALITETA PITKIH VODA I VODA U PRIRODI NA PODRUČJU GORSKOGA
KOTARA

Diplomski rad

Rijeka, 2024.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
MEDICINSKI FAKULTET
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ
SANITARNO INŽENJERSTVO

Tea Klasanović

KVALITETA PITKIH VODA I VODA U PRIRODI NA PODRUČJU GORSKOGA
KOTARA

Diplomski rad

Rijeka, 2024.

Mentor rada: izv. prof. dr. sc. Aleksandar Bulog, dipl. sanit. ing.

Diplomski rad obranjen je dana _____ u/na _____

_____, pred povjerenstvom u sastavu:

1. _____

2. _____

3. _____

Rad sadrži 43 stranice, 15 slika, 17 tablica , 21 literaturnih navoda.

Zahvala

Za početak se želim zahvaliti izv. prof. dr. sc. Aleksandru Bulogu dipl. sanit. ing. Na prihvaćanju uloge mentora za diplomski rad i ujedno završetak fakultetskog obrazovanja.

Veliko hvala zaslužuje i moja obitelj odnosno roditelji i brat koji su mi pružali veliku potporu u svih pet godina studiranja, a posebice u ovoj zadnjoj godini koja je bila puna izazova. Još jedna zahvala ide mom dečku Branimiru koji je bio tu uz mene kroz cijelo fakultetsko obrazovanje pa tako i prošao sa mnom i sva stresna razdoblja. Hvala.

Posebno želim istaknuti svoju desetogodišnju prijateljicu Danijelu s kojom sam dijelila srednjoškolske klupe pa zatim i fakultetske. Bez nje ovo putovanje bilo bi u potpunosti drugačije i prazno. Veliko hvala na svakoj upućenoj riječi podrške i utjehe.

SAŽETAK

Kao izvor pitke vode koriste se različite vrste vode poput atmosferske, površinske ili podzemne vode te svaka od njih ima različite karakteristike. Voda koja se koristi kao voda za piće odgovara najstrožim kriterijima. Atmosferska voda se smatra vodom koja se prirodno destilira te dolazi od kiše, snijega ili drugih oborina. Površinske vode se smatraju vodama poput rijeka, jezera ili mora. Gorski kotar zauzima 35,46% teritorija Primorsko – goranske županije te čak 77% vodotoka se nalazi na području Gorskog kotara. Sama vodoopskrba Gorskog kotara odvija se kroz tri područja: Čabar, Delnice i Vrbovsko. Praćenje zdravstvene ispravnosti vode za piće propisano je zakonom te nadzor provode županijski zavodi za javno zdravstvo. Parametri su propisani zakonima kao što je "Zakon o vodama" (NN 66/19, 84/21, 47/27) te "Pravilnik o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode namijenjene za ljudsku potrošnju" (NN 64/2023). Propisana je učestalost uzorkovanja vode te MDK vrijednosti za različite parametre.

U ovom radu ispitivani su fizikalno – kemijski parametri za vodu na području Gorskog kotara točnije područja Delnica, Čabra i Vrbovskog kroz godinu dana odnosno kroz 2023. godinu. Fizikalni parametri koji su ispitivani su: temperatura, boja, mutnoća, miris i okus, pH, elektrovodljivost, utrošak KMnO_4 , kloridi, nitrati, nitriti i amonij. Cilj ovoga rada bio je utvrditi kvalitetu pitkih i prirodnih voda na području Gorskog kotara

Svi rezultati prikazuju zadovoljavajuću kvalitetu pitkih i prirodnih voda na području Gorskog kotara kada su u pitanju fizikalno – kemijski parametri.

Ključne riječi: pitka voda, prirodna voda, Gorski kotar, fizikalno – kemijski parametri, kvaliteta

SUMMARY

As a source of drinking water, different types of water are used, such as atmospheric, surface or underground water, and each of them has different characteristics. Water used as drinking water meets the strictest criteria. Atmospheric water is considered water that is naturally distilled and comes from rain, snow or other precipitation. Surface waters are considered waters such as rivers, lakes or seas. Gorski kotar occupies 35.46% of the territory of the Primorsko -Goranske County, and even 77% of the watercourses are located in Gorski kotar. The water supply of Gorski kotar takes place through three areas: Čabar, Delnice and Vrbovsko. Monitoring of the healthiness of drinking water is prescribed by law and is supervised by county public health institutes. The parameters are prescribed by laws such as the "Zakon o vodama" (NN 66/19, 84/21, 47/27) and the "Pravilnik o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode namijenjene za ljudsku potrošnju" (NN 64 /2023). The frequency of water sampling and MDK values for different parameters are prescribed.

In this paper, the physico-chemical parameters of water in the area of Gorski Kotar, more precisely the areas of Delnice, Čabra and Vrbovsko, were examined for one year, i.e. through 2023. The physical parameters that were tested are: temperature, color, turbidity, smell and taste, pH, electrical conductivity, consumption of KMnO₄, chlorides, nitrates, nitrites and ammonium. The aim of this work was to determine the quality of drinking and natural waters in the area of Gorski kotar

All results show a satisfactory quality of drinking and natural waters in the area of Gorski kotar when it comes to physical and chemical parameters.

Keywords: drinking water, natural water, Gorski kotar, physical-chemical parameters, quality

SADRŽAJ

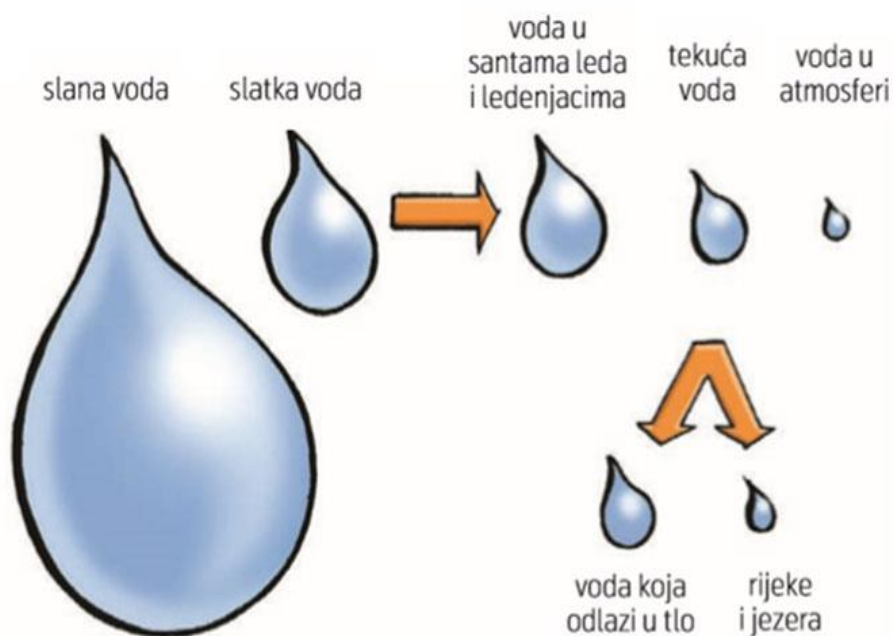
1. UVOD	1
1.1. Vrste vode.....	2
1.1.1. Atmosferska voda	2
1.1.2. Površinska voda	2
1.1.3. Podzemna voda	3
1.1.4. Izvorska voda	3
1.1.5. Mineralna voda	4
1.1.6. Stolna voda	4
1.2. Položaj Gorskog kotara	4
1.3. Zakonska regulativa	7
1.4. Monitoring vode za ljudsku potrošnju	9
1.5. Fizikalni parametri	10
1.5.1. Temperatura vode.....	10
1.5.2. Boja	11
1.5.3. Mutnoća vode.....	11
1.5.4. Miris i okus.....	11
1.6. Kemijski parametri.....	11
1.6.1. Slobodni rezidualni klor.....	12
1.6.2. pH vrijednost	13
1.6.3. Elektrovodljivost.....	14
1.6.4. Utrošak kalijevog permanganata	15
1.6.5. Kloridi.....	15
1.6.6. Nitriti i nitrati	16
1.6.7. Amonijak	16
2. CILJEVI RADA	18
3. MATERIJAL I METODE	19
3.1. Student T – test	19
3.2. ANOVA test.....	19
3.3. Određivanje temperature	19
3.4. Određivanje boje	20
3.5. Određivanje mutnoće	20
3.6. Određivanje pH vrijednosti.....	21

3.7.	Određivanje električne vodljivosti.....	22
3.8.	Određivanje utroška kalijeva permanganata (KMnO_4)	23
3.9.	Određivanje klorida.....	23
3.10.	Određivanje nitrita i nitrata	24
3.11.	Određivanje amonijaka	24
4.	REZULTATI	25
5.	RASPRAVA	34
6.	ZAKLJUČAK.....	37
7.	LITERATURA	39
8.	POPIS SLIKA.....	43

1. UVOD

Voda je najvažniji prirodni resurs Zemlje i kao takva predstavlja osnovni preduvjet za razvoj života. Količine vode na Zemlji uvelike premašuju ljudske potrebe, ali velik dio nije pogodan ni dostupan za ljudsku potrošnju.

Hidrosfera pokriva 71 % Zemljine površine, ali čak više od 97 % te vode otpada na slanu vodu, a najveća količina nalazi se u oceanu, moru te slanim jezerima. Slatka voda čini manje od 3 % ukupne vode od čega se 77 % nalazi zarobljeno u ledenjacima te na Antarktiku i Arktiku. Ostala slatka voda nalazi se u rijekama, jezerima, atmosferi i zemlji, što predstavlja resurse koji se mogu koristiti kao izvor pitke vode (slika 1).



Slika 1. Raspodjela vode na Zemlji

Izvor: [Geografija 5 - 2.3. Treći kamenčić od Sunca, Voda na Zemlji \(carnet.hr\)](#)

Voda za piće treba biti čista, bezbojna, bez mirisa, bez štetnih mikroorganizama, bez štetnih i otrovnih tvari te zdravstveno ispravna prema standardima mikrobiološke, fizikalne i kemijske kontrole. Velik dio vode koja je dostupna za korištenje ne zadovoljava higijenske standarde, zakonske standarde i smjernice koje čine vodu sigurnom za ljudsku potrošnju. Sigurna voda za piće Ujedinjeni narodi su 2010. godine prepoznali kao temeljno ljudsko

pravo. Poboljšanje vodoopskrbe i sanitacije te bolje upravljanje vodnim resursima može unaprijediti gospodarstvo zemlje i doprinijeti smanjenju siromaštva u zemlji. (1)

1.1. Vrste vode

Kao izvori pitke vode koriste se različite vrste vode: atmosferske vode, površinske vode i podzemne vode. Svaka vrsta vode ima različita svojstva koja su određena putem kojima voda prolazi. Razlike između vrsta vode vrlo su važne jer utječu na kvalitetu vode i način upravljanja istom. Voda koja se koristi za piće mora zadovoljavati najstrože kriterije u usporedbi sa bilo kojom drugom vodom.

1.1.1. Atmosferska voda

Atmosferska voda je prirodno destilirana voda nastala od oborina kao što su kiša, snijeg i tuča. Takva voda prolazi kroz atmosferu, u njoj se otapaju plinovi i čestice te stvara složene otopine. Kao takva reagira s ugljikovim dioksidom u zraku stvarajući slabe ugljikovodične kiseline. Klasificira se kao meka voda odnosno sadrži mali udio soli magnezija i kalcija. pH se kreće od 4 do 5 upravo zbog nastanka ugljikovodičnih kiselina pa kao takva djeluje korozivno i nagriza vodoopskrbni sustav. Ovakva voda zahtijeva postupke pročišćavanja, a karakterističan postupak za atmosfersku vodu je postupak otkiseljavanja. Koristi se u vodooskudnim krškim područjima ili kao zamjenski izvor pitke vode. (2)

1.1.2. Površinska voda

Površinska voda odnosi se na sve vode na Zemljinoj površini (jezera, rijeke, potoci, akumulacije...). Postoje dva izvora površinskih voda, jedan dio dolazi od oborinske vode koja direktno pada u vodno tijelo, a drugi izvor dolazi od podzemnih voda. Površinske vode su tvrđe nego atmosferske jer su u dužem dodiru s tlom ili stijenama. pH vrijednosti su između 7 i 8,5 zbog otapanja organskih i anorganskih tvari. Dijelimo ih na: gorske potoke, brdske i

nizinske rijeke, jezera, močvare i mora. Gorski potoci predstavljaju najbolji izvor od navedenih iz razloga što je u malom kontaktu sa čovjekom dok more predstavlja budućnost za dobivanje pitke vode. (2)

1.1.3. Podzemna voda

Podzemna voda se nalazi ispod površine Zemlje te tamo dolazi infiltracijom ili gravitacijskim procjeđivanjem s površine. Podzemna voda se prirodno filtrira i tako se voda prirodno pročišćava kroz fizičke, kemijske i biološke procese. Stoga se takva voda smatra kvalitetan izvor pitke vode. Podzemna voda je bistra i bez boje te ima odgovarajuće senzorske karakteristike. Ova vrste vode kao pitka voda ima dobru kvalitetu, dobru dostupnost te je vrlo dobro zaštićena od onečišćenja. Podzemne vode dijele se na temeljnice i pukotinske vode. Glavna razlika između ove dvije vrste vode je u tome što se kroz tlo kreću na različite načine.

1.1.4. Izvorska voda

Prirodna izvorska voda se crpi iz zaštićenog podzemnog rezervoara i kao takva se konzumira u prirodnom stanju. Pojavljuje se spontano na površini zemlje ili iz bušenih izvora. Ovakva voda zadovoljava mikrobiološke kriterije te fizikalno kemijske, a temperatura treba ostati konstanta odnosno unutar okvira prirodnih varijacija. Neke od karakteristika koje odlikuju izvorsku vodu su:

- Čistoća vode – ona dolazi iz podzemnih izvora te je na takav način zaštićenija od vanjskih onečišćenja nego ostale vrste vode
- Mineralni sastav – upravo zbog svoje lokacije u podzemlju prolazi kroz razne pukotine i na takav način prikuplja minerale iz stijena poput magnezija i natrija. Mineralni sastav uveliko ovisi o sastavu tla kroz koji voda prolazi
- Neutralni okus – karakterističan je za izvorsku vodu zbog prirodne filtracije
- Temperatura – izvorske vode većinom godine je stabilna i ne prelazi 12°C (3)

1.1.5. Mineralna voda

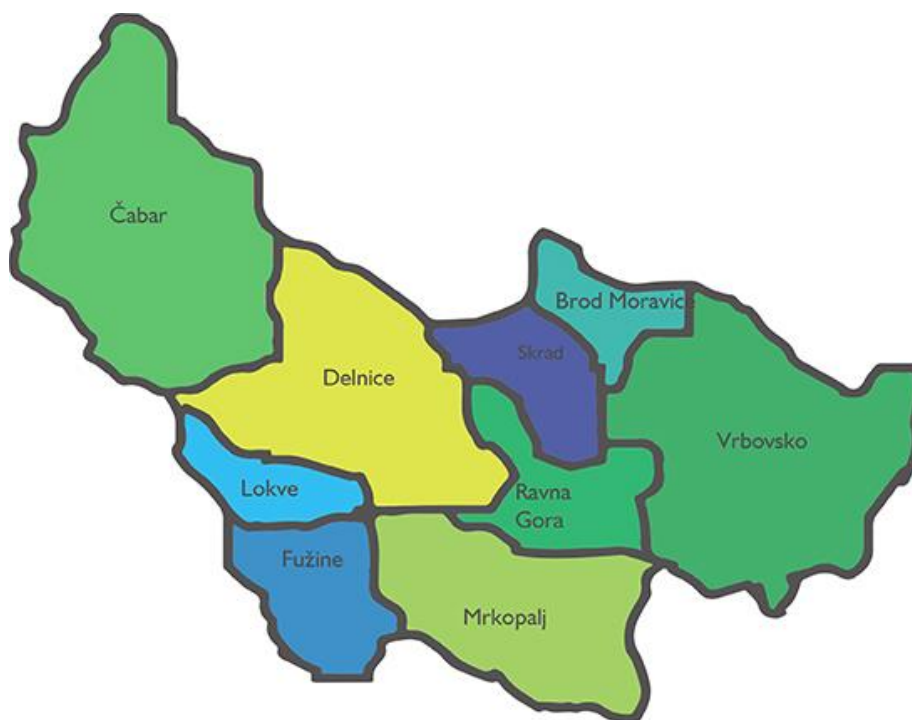
Izvori mineralne vode mogu biti umjetni ili prirodni. Dolazi iz podzemnih rezervoara koji su zaštićeni od onečišćenja. Ovakva vrsta vode pomaže ljudskom tijelu reguliranjem i aktiviranjem različitih metaboličkih putova jer sadrži prirodne minerale koje naše tijelo ne proizvodi. Izdvajaju se od ostalih pitkih voda zbog stalne razine minerala i ostalih elemenata u tragovima. Prirodne mineralne vode se kategoriziraju prema mineralnom sastavu pa tako razlikujemo vode s visokim udjelom magnezija, natrija, kalcija i sulfata. Određene mineralne vode mogu u svom sastavu imati otopljen ugljikov dioksid i na takav način dobivaju prirodnu gaziranost (4).

1.1.6. Stolna voda

Stolna voda dobivena je iz vode za piće, mineralne vode ili slatke vode. Stolna voda mora zadovoljavati propisanu kvalitetu. Voda se može pročišćavati mehanički ili kemijski. Ovoj vrsti vode smije se dodavati ugljikov dioksid, kalcijev klorid, natrijev klorid, natrijev karbonat ili hidrogenkarbonat.

1.2. Položaj Gorskog kotara

Gorski kotar smješten je u zapadnom dijelu Republike Hrvatske, u najužem dijelu Dinarskog gorja, između Sredozemnog mora i Panonske regije i sastavni je dio Primorsko – goranske županije (PGŽ). Od ukupne površine Primorsko – goranske županije 35,46% čini Gorski kotar koji se prostire na 1275,04 km². Neki od gradova u Gorskom kotaru su Delnice, Vrbovsko i Čabar, dok su općine Fužine, Lokve, Skrad i ostale (slika 2). Budući da je izolirano i slabo naseljeno, ovo se područje smatra jedno od nerazvijenijih na lokalnoj, ali i nacionalnoj razini.



Slika 2. Područje Gorskoga kotara

Izvor: <https://www.lag-gorskikotar.hr/o-nama/podrucje-lag-a/>

Rijeke kraćega toka koje završavaju u zonama ponora i krški okoliš koji uvjetuje rijetkim površinskim otjecanjima karakteristike su vodenih resursa Gorskog kotara. Od svih vodotoka u Primorsko – goranskoj županiji, 77 % se nalazi u Gorskom kotaru dok je udio jezera 60 %. Jezera su izvor ukupno 1089,48ha vode u županiji, a od toga Lepenica se prostire na 878,33 ha, Bajer na 31,98 ha, a Lokvarsko jezero na 179,17 ha. Sliv izvora Kupe, sliv Crnoluša i sliv jezera Lokvarka rezervoari su vode koja se koristi na području Gorskog kotara. Najznačajniji vodotok u Gorskom kotaru je Kupa. Vrelo Kupe nastaje iz krškog izvora koji nalikuje ovalnom jezeru skrivenom ispod stotina metara strmih litica (slika 3). Izvor je pitke vode, a temperatura vode ne prelazi 5°C. Pritoci su: Čabranka, Dobra i Kupica. Vodoopskrba Gorskog kotara odvija se kroz tri vodoopskrbna sustava na području Čabra, Delnice i Vrbovsko (7).



Slika 3. Izvor rijeke Kupe

Izvor: <https://optimarent.hr/gorski-kotar-zelena-oaza-hrvatske/>

Iako na području Gorskog kotara ima dosta resursa pitke vode, zaliha vode gotovo da i nema pa je izuzetno opasno u slučajevima kvara sustava ili vodozahvata. Pojedina mjesta nemaju pristup vodovodnoj mreži, a neki segmenti mreže su neadekvatne veličine. Vodoopskrbni sustavi nisu adekvatno zaštićeni od kontaminacije koja može spriječiti ljude da koriste određene izvore vode na dulje vrijeme. Najhladniji mjesec je siječanj, a najtopliji mjesec srpanj. Rujan je najoblačniji, a studeni i prosinac magloviti. Najviše padalina ima u studenom i prosincu, a prosječne godišnja količina padalina u planinskom području je 2486 mm, a prosječna godišnja količina padalina u Risnjaku je 3579 mm. Ovakvi uvjeti uveliko pridonose fizikalnim, ali i kemijskim parametrima pitkih i prirodnih voda na tom području.

1.3. Zakonska regulativa

Zdravlje stanovništva ovisi o zdravstvenoj ispravnosti vode za piće, stoga je praćenje zdravstvene ispravnosti vode za piće vrlo važan faktor. Na nacionalnoj razini provodi ga ministar zdravstva, savjetuje ga i koordinira Hrvatski zavod za javno zdravstvo, a program nadzora provode Hrvatski županijski zavodi za javno zdravstvo. Praćenjem se može sustavno pratiti zdravstvena ispravnost vode koju ljudi konzumiraju, otkrivajući osjetljivost sustava i potencijalne opasnosti (16).

Sve kontrole provedene su s ciljem dobivanja podataka o senzorskim, fizikalno – kemijskim, ali i mikrobiološkim parametrima. Svi parametri propisani su sa nekoliko zakona i propisa i to su:

- "Zakon o vodama" (NN 66/19, 84/21, 47/23)
- "Zakon o vodi za ljudsku potrošnju" (NN 30/23)
- "Strategija upravljanja vodama" (NN 91/09)
- "Pravilnik o parametrima sukladnosti, metodama analiza i monitorinzima vode namijenjene za ljudsku potrošnju" (NN 64/2023)

Zakon o vodama stupio je na snagu 04.05.2023. godine i prema njemu se prati pravni status vode te upravlja kvalitetom i količinom vode. Zakon je usklađen sa direktivom Europske unije koja je prije bila na snazi "Direktiva (EU) 2020/2184 Europskog parlamenta i Vijeća" koja se odnosila na vodu koja se koristi za ljudsku upotrebu, ali je usklađena i sa svim ostalim direktivama. U članku 47. posebno je propisan standard kakvoće vode za površinsku, morsku vodu i podzemne vode (17).

Zakon o vodi za ljudsku potrošnju na snagu je stupio 16.03.2023., a s njim je propisana zaštita i očuvanje vode za ljudsku potrošnju te parametri sukladnosti vode. Prema pravilniku sukladnost kvaliteta vode za piće temelji se na fizikalnim, kemijskim i mikrobiološkim parametrima koji označavaju zdravstvenu ispravnost vode (slika 4 i 5). Također je propisana i učestalost uzrokovanja vode, maksimalna dopuštena koncentracija (MDK) (slika 6) i mjesta koja se uzorkuju.

PARAMETRI SKUPINE A
Fizikalno-kemijski i kemijski pokazatelji
Boja
Mutnoća
Okus
Miris
Koncentracija vodikovih iona (pH vrijednost)
Vodljivost
Amonij
Nitriti
Nitrati
Kloridi
Oksidativnost/ Utrošak KMnO ₄
Rezidue dezinficijensa (slobodni klor, kloriti, klorati, ozon,...)
Temperatura

Slika 4. Parametri kvalitete vode

Izvor: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2023_06_64_1057.html

Mikrobiološki pokazatelji
<i>Escherichia coli</i> (<i>E.coli</i>)* Napomena 1.
Ukupni koliformi
Enterokoki* Napomena 1.
Broj kolonija na temperaturi od 22 °C
Broj kolonija na temperaturi od 36 °C
<i>Clostridium perfringens</i> (uključujući spore)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>
Ostali pokazatelji

Slika 5. Parametri kvalitete vode

Izvor: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2023_06_64_1057.html

Parametar	Vrijednost parametra/ MDK vrijednost	Jedinica
Amonij	0,50	mg/l
Klorid	250	mg/l
Boja	20	jedinica boje Pt/ Co skale
Vodljivost	2 500	$\mu\text{S cm}^{-1}$ na temperaturi od 20 °C
Koncentracija vodikovih iona	$\geq 6,5 - \leq 9,5$	pH jedinica
Miris	bez	
Oksidativnost/Utrošak KMnO ₄	5,0	mg/l O ₂
Mutnoća	4,0	NTU
Slobodni rezidualni klor*	0,50	mg/l
Temperatura*	25	°C
Nitrat	50	mg/l
Nitrit	0,50	mg/l

Slika 6. MDK fizikalno - kemijskih parametara

Izvor: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2023_06_64_1057.html

1.4. Monitoring vode za ljudsku potrošnju

Praćenje kvalitete vode koju ljudi konzumiraju podrazumijeva sustavno praćenje ispravnosti te vode kako bi se održala zdravstvena ispravnost.

Monitoring i ispitivanja u laboratoriju provode županijske službe odnosno zavodi za javno zdravstvo i Hrvatski zavod za javno zdravstvo. Hrvatski zavod odgovoran je obavijestiti ministarstvo zdravstva nadležno za zdravstvenu ispravnu vodu.

Najveće dopuštene vrijednosti nalaze se u pravilniku o vodama NN 64/2023. Prema pravilniku ispituju se mikrobiološki, fizikalni i kemijski parametri vode.

Samo uzorkovanje vode propisano je pravilnicima pa se tako za analizu fizikalno – kemijskih parametara koriste nesterilne boce koje imaju žute čepove, a za ispitivanje

mikrobioloških parametara koriste se sterilne boce. Kada se uzimaju uzorci za mikrobiološku analizu tada se boce ne pune do vrha nego se ostavlja prazan prostor do čepa (17).

1.5. Fizikalni parametri

Fizikalni parametri se koriste za određivanje svojstava vode te određivanje kvalitete. Određuje se temperatura, boja, mutnoća vode, miris i okus.

Tablica 1. Fizikalni parametri

Parametri	MDK – vrijednost	Mjerna jedinica
Temperatura	25	°C
Boja	20	Pt/Co
Mutnoća	4,0	NTU
Miris	bez	/
Okus	bez	/

1.5.1. Temperatura vode

Jedna od fizikalnih parametara kakvoće vode za piće je temperatura vode. Mjeri se pomoću uređaja poznatog kao termometar, a mjerna jedinica koja se koristi za izražavanje su Celzijevi stupnjevi (°C). Podložna je oscilacijama i najviše ovisi o vanjskim čimbenicima,, kao što su dinamika terena i klima. Temperatura značajno utječe na topljivost kemijskih tvari i količinu kisika u vodi. Povišena temperatura vode smanjuje razine kisika te dolazi do povećanog rasta mikroorganizama što je usko povezano sa bojom, okusom, ali i mirisom vode. Iako je maksimalna temperatura vode za piće 25 °C, smatra se da je najidealnija temperatura 15°C. (5)

1.5.2. Boja

Pitka voda ne bi trebala imati nikakvu boju odnosno trebala bi biti bezbojna, ali ponekad ima blagu nijansu zbog različitih otopljenih tvari. Boja vode koja potječe od otopljenih tvari naziva se prividna boja, a obično je uzrokuju soli željeza ili mangana, koje vod daju crvenkastosmeđu nijansu, dok joj ugljikohidrati i proteini daju žuto – smeđu nijansu. Budući da su prividne boje rezultat raspršenih tvari, kao takve nisu dobre za ljudsku konzumaciju. Boje se mogu ukloniti filtriranjem. Mjerna jedinica za boju je mg/l prema Pt/Co skali. (6)

1.5.3. Mutnoća vode

Mutnoća vode povezuje se s niskom kvalitetom vode i onečišćenjem vode. Najčešće je uzrokovana suspendiranim organskim ili anorganskim česticama. Povećana mutnoća vode sprječava prodiranje svjetlosti te na takav način ometa se proces fotosinteze. Posljedica toga su smanjene koncentracije otopljenog kisika u vodi što dovodi do povećane anaerobne razgradnje. Iako zamućenost vode obično nema zdravstvenih značaj na zdravlje ljudi ipak stvara odbojnost. (6)

1.5.4. Miris i okus

Pitka voda koja je čista trebala bi biti bez mirisa i okusa. Mogu dolaziti od otopljenih mineralnih soli ili kao posljedica raspadnute organske tvari. Neugodan miris najčešće dolazi od plinova neugodnog mirisa koji nastaju pri anaerobnoj razgradnji. Idealna temperatura za dobar okus vode iznosi 12°C. Organoleptičkom analizom utvrđuje se okus i miris, a ovisi o kojem svojstvu se radi ovisi i temperatura. Zbog jačeg intenziteta na višoj temperaturi, miris se mjeri na 40°C, dok se za analizu okusa koristi voda pri 12°C. (5)

1.6. Kemijski parametri

Kemijski parametri koriste se za određivanje kvalitete vode, a neki od parametara koji se određuju kod ispitivanja vode su: slobodni rezidualni klor, pH vrijednost, elektrovodljivost, utrošak kalijeva permanganata (KMnO_4), kloridi, amonij, nitriti i nitriti.

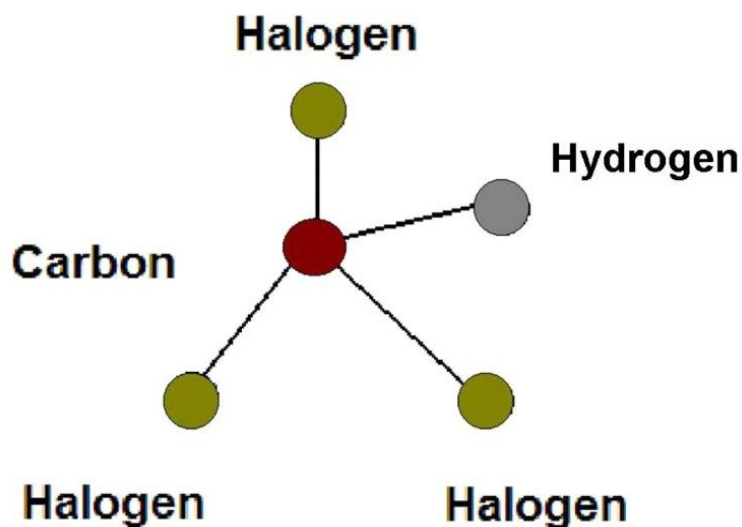
Tablica 2. Kemijski parametri

PARAMETAR	MDK VRIJEDNOST	MJERNA JEDINICA
Slobodni rezidualni klor	0,50	mg/l
pH vrijednost	>6,5 - <9,5	pH
Elektrovodljivost	2500	μS/cm
Utrošak kalijevog permanganata	5,0	mg/l O ₂
Kloridi	250	mg/l
Nitrati	50	mg/l
Nitriti	0,50	mg/l
Amonij	0,50	mg/l

1.6.1. Slobodni rezidualni klor

Voda prirodno ne sadrži klor, ali se dodaje vodi i otpadnim vodama u svrhu dezinfekcije s ciljem eliminacije mikroorganizama. Osim klora za dezinfekciju se još koriste i klor dioksid ili ozon. Klor je otrovan u svom čistom obliku, ali u razrijeđenim vodenim otopinama ne predstavlja opasnost za zdravlje ljudi. Prilikom dezinfekcije vode treba uzeti u obzir da se kod iste vode u različitim prilikama ili godišnjim dobima troše različite količine klornih pripravaka. Dezinfekcija se smatra uspješnom ako se u vodi pojavi višak klora i nakon završetka dezinfekcije i uspostavi se ravnoteža. Višak koji nastaje naziva se slobodni rezidualni klor. Idealna rezidualna razina klora u vodi za piće iznosi oko 0,2 mg/l, a prihvatljive razine su do 0,5 mg/l. Ispravnost vode i njezina kakvoća osigurava se održavanjem odgovarajućih koncentracija rezidualnog klora u distribucijskim sustavima vode. (8)

Trihalometani ili THM (slika 7) su opasne tvari koje se mogu stvoriti kada klor reagira s organskim materijalima u vodi. Ovi spojevi su kancerogeni jednako kao i kloroform (CHCl₃). Obično se za kvantifikaciju rezidualnog klora koristi spektrofotometar ili klorometrijski test.

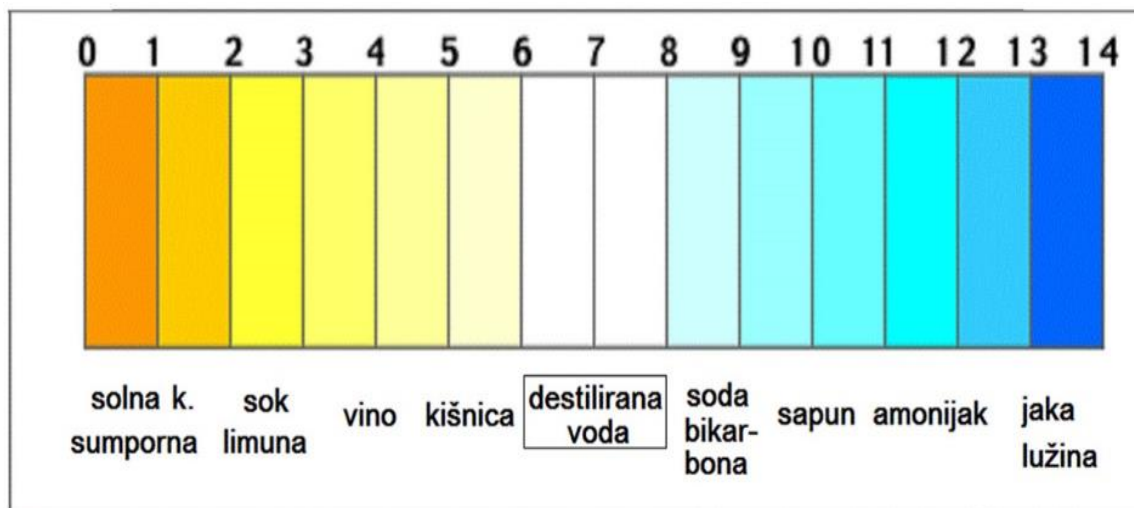


Slika 7. Struktura trihalometana

Izvor : [OIP.h-SUk8dLtseLc81Rw8HvFQHaDI \(474×200\) \(bing.com\)](https://www.bing.com/images/search?view=detailv2&thid=OIP.h-SUk8dLtseLc81Rw8HvFQHaDI)

1.6.2. pH vrijednost

Jedan od najvažnijih aspekata kvalitete vode je pH. Definira se kao negativan logaritam koncentracije vodikovih iona. pH ljestvica pokazuje koliko je vodena otopina kisela, a ljestvica je logaritamska, a ne linearna. Logaritamska skala nam govori da je otopina koja ima pH 5 deset puta kiselija od one otopine kojoj je pH 6. U vodi koja je kiselije prirode nalazi se više vodikovih iona (H^+), a u vodi koja je lužnatija ili alkalnija nalazi se više hidroksidnih iona (OH^-). Tipično, pH ljestvica ima raspon od 0 do 14, gdje 7 predstavlja neutralnost. Ako je pH veći od 7 to predstavlja lužnatu otopinu, a pH manji od 7 predstavlja kiselu otopinu (slika 8). Siguran raspon pH za vodu za piće iznosi od 6,5 do 8,5. Takva voda se smatra pogodnom za kućanstvo, ali i za potrebe organizma. (9)



Slika 8. pH skala

Izvor: https://edutorij-admin-api.carnet.hr/storage/extracted/1e40c8b9-6d5d-45ae-8776-fe29974fbdfc/html/288_aktivnosti_za_samostalno_ucenje.html

Visoki pH čini vodu gorkom, ali i smanjuje učinkovitost dezinfekcije klorom što dovodi do veće upotrebe klora. Količina kisika u vodi raste proporcionalno sa rastom pH-a. Voda s niskim pH uzrokuje štete na metalnim cijevima jer nagriza ili otapa metal. Vrlo je važno kontrolirati pH vode iz razloga što mnogi teški metali poput kadmija, kroma i olova se lako otapaju u kiseloj vodi te na takav način postaju mnogo otrovniji. (5)

Ugljikov dioksid, mineralne kiseline i hidrolizirane soli poput aluminijevih i željezovih sulfata tipično su uzroci za kiselost vode. Primarni uzroci alkalnosti vode osim hidroksida su i bikarbonati (HCO_3^-) i karbonati (CO_3^{2-}) ili njihova kombinacija.

1.6.3. Elektrovodljivost

Elektrovodljivost je sposobnost vode da provodi električnu struju koju prenose ioni pa tako i vodljivost raste s povećanjem koncentracije iona. Elektrovodljivost mjeri se u mikrosimensima po centimetru ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Destilirana voda ima električnu vodljivost od 0,01 do 0,05 mS/cm . Vodljivost vode ovisi o temperaturi, pH, kalciju, alkalitetu i koncentraciji klorida. Na električnu vodljivost utječe temperatura i mijenja se za otprilike 2% za svaki stupanj Celzijusa. Standardna temperatura na kojoj se mjeri električna vodljivost iznosi 25°C što se smatra sobnom temperaturom prilikom mjerenja. Mjerenje se treba provesti na točno

određenoj temperaturi ili što bliže njoj kako bi se smanjile pogreške. Iako ima blagi učinak na vodljivost, otopljeni ugljikov dioksid ne može se ukloniti iz tvrde vode bez taloženja. Zbog toga se pri mjerenju elektrovodljivosti zanemaruje utjecaj ugljikova dioksida. (10)

1.6.4. Utrošak kalijevog permanganata

Potrošnja kalij – permanganata (KMnO_4) u standardiziranim uvjetima mjera je sadržaja organske tvari u vodi. Ako se radi o uvjetima koji nisu standardizirani tada se kalijev permanganat može trošiti i za oksidaciju neorganskih tvari poput: nitrita i dvovalentnog željeza. Za oksidaciju organske tvari utroši se određena količina KMnO_4 , odnosno oslobađa se kisik u vodi. Oslobođeni kisik oksidira zatim organsku tvar koja se nalazi u vodi, a količina organske tvari izračunava se na temelju količine utrošenog KMnO_4 (11,12).

1.6.5. Kloridi

Iako se klorid prirodno nalazi u jezerima, potocima i podzemnim vodama, relativno visoka količina klorida u slatkoj vodi može biti znak onečišćenja. Površinska voda može biti kontaminirana kloridima iz različitih izvora, kao što su otpadne vode, stijene koje sadrže kloride i poljoprivredni otpad. Velike količine kloridnih iona (Cl^-) pitkoj vodi daju loš okus, ali nemaju negativne posljedice na ljudsko zdravlje (13).

Najčešći kloridi u većini prirodnih voda su natrijev klorid (NaCl), kalcijev klorid (CaCl_2) i magnezijev klorid (MgCl_2). Koncentracija klorida se u krškim vodama mijenja iz razloga što ovisi o vodostaju ili oborinama. Kloridni ioni zastupljeniji su u sušnim sezonama. Prag okusa za kloridne ione kreće se od 200 do 300 mg/l. Voda za piće sadrži 10 do 30 mg klorida po litri. Ne preporučuje se konzumirati vodu za piće s više od 250 mg/l (13).

1.6.6. Nitriti i nitrati

Nitriti (NO_2^-) su prirodna komponenta ciklusa dušika. Zbog svoje nestabilnosti nitritni ion oksidira u nitrata uz pomoć bakterije Nitrobacter i kisika. Kemijska industrija koristi nitrite kao oksidanse i gnojiva. Nitrati u vodi također mogu biti znak nedavne fekalne kontaminacije. Kada se u vodi otkriju velike koncentracije nitrata to ukazuje na bakterijsku kontaminaciju voda i nedovoljnu dezinfekciju.

Nitrati (NO_3^-) su soli dušične kiseline i nusprodukt oksidacije dušika. Nitrati nastaju u tlu, a zatim prodiru u okolni okoliš, završavajući u zraku, hrani i vodi. Povišene razine očekivane su u područjima primjene gnojiva, tijekom razgradnje životinjskih i biljnih ostataka, u otpadnim vodama te industrijskom otpadu. Prevelike koncentracije nitrata u vodi za piće može dovesti do ozbiljnih zdravstvenih problema.

Visoke koncentracije nitrata mogu djelovati na apsorpciju kisika, odnosno dolazi do ometanja prilikom prijenosa kisika što dovodi do "plavkastog sindroma" koji je najopasniji za dojenčad. Osim zdravstvenih problema visoke koncentracije stvaraju probleme i u prirodi. Prekomjerne količine dovode do eutrofikacije tla što uzrokuje takozvano gušenje vodenog sistema (14).

1.6.7. Amonijak

Amonijak dolazi u dva oblika, odnosno kao čisti amonijak (NH_3), a može biti i kao amonijev ion (NH_4^+) te u oba oblika može se pronaći u vodi. pH i temperatura uveliko određuju u kojem obliku će biti. Koncentracije amonijaka u toplijoj vodi su veće od amonijevih iona te isto tako veće koncentracije čistog amonijaka pronalaze se u kiselijim vodama.

Najčešći razlozi nastanka amonijaka u vodi su kemijsko onečišćenje, onečišćenje poljoprivrednom proizvodnjom ili životinjskim otpadom. Amonijak u plinovitom obliku se otapa u vodi i nastaje amonijev hidroksid. Amonijak uvelike smanjuje kvalitetu vode za piće

iako u malim količinama nije štetan za ljudsko zdravlje. Kada se amonijak nalazi u vodi kojoj je dodan klor za dezinfekciju, nastaje spoj kloramin. Kloramini u vodi za piće daju neugodan miris i okus. Klor se dodaje kao dio sustava za pročišćavanje vode. Na kvalitetu vode utječe i kada amonijak ostane u vodi za piće kao slobodni amonijak. Ako razine amonijaka u pitkoj vodi nisu jako visoke, obično nisu štetne za ljudsko zdravlje, ali produljena uporaba takve vode može imati štetne posljedice po zdravlje (15).

2. CILJEVI RADA

Cilj ovog rada je utvrditi kvalitetu, odnosno fizikalno – kemijske parametre pitkih voda i voda koje se nalaze u prirodi na području Gorskog kotara tijekom perioda kroz 2023. godinu te usporediti rezultate. Ispitivana su tri područja, a to su Čabar, Delnice i Vrbovsko. Dobivene vrijednosti uspoređene su sa zakonskom regulativom odnosno sa MDK vrijednosti za određene parametre.

3. MATERIJAL I METODE

Materijali korišteni u svrhu ovoga diplomskog rada dobiveni su od strane Nastavnog Zavoda za javno zdravstvo Primorsko – goranske županije koje provodi godišnji monitoring za ispitivanje voda na području Gorskog kotara.

Za određivanje fizikalno – kemijskih parametara korištene su važeće HRN EN ISO norme. Svi podaci dobiveni su u obliku Excel tablica te su statistički obrađeni pomoću student t-testa i ANOVA testa.

3.1. Student T – test

Statistička analiza Student T-test koristi se za procjenu hipoteza koje se odnose na srednje vrijednosti jedne ili dvije "populacije". Jedan je od najčešćih statističkih testova u slučaju kada je mali broj uzoraka u pitanju.

Kod T-testa razlikujemo dvije vrste:

- nezavisni T-test kada rezultati ne ovise jedni o drugima
- zavisni T-test za uzorke koji su povezani.

3.2. ANOVA test

ANOVA (Analysis of variance) je statistička metoda koja se određuje za utvrđivanje statistički značajnih razlika između više skupina. ANOVA testira hipotezu da su sve srednje vrijednosti iste, a ako je test značajan to upućuje na to da se jedna skupina razlikuje od ostalih. Razlikujemo jednosmjernu i dvosmjernu ANOVU gdje se u jednosmjernoj uspoređuju vrijednosti jedne varijable između više skupina dok se u dvosmjernoj uspoređuju dvije varijable te njihov utjecaj. Tijekom statističke obrade rezultati p vrijednosti koji su veći od 0,05 ukazuju na statistički značajnu razliku (19-20).

3.3. Određivanje temperature

Temperatura vode određuje se pomoću digitalnog termometra, a rezultati se prikazuju u Celzijevim stupnjevima (°C). Temperatura vode određuje se iz posude u kojoj se i prikuplja te se mjerenje ponavlja tri puta i izračunava se srednja vrijednost. Maksimalna vrijednost vode propisana je pravilnikom NN 64/2023 i iznosi 25°C, a procijenjeno je da je idealna temperatura vode za piće oko 15°C.

3.4. Određivanje boje

Određivanje boje primjenjuje se kod vode za ljudsku potrošnju, stolnim, podzemnim, bazenskim te prirodno izvorskim vodama. Boja se mjeri u koncentracijskom području 5 – 100 jedinica Pt/Co skale. Dijeli se na pravu i prividnu boju, a razlikuju se u podrijetlu obojenja i načinu mjerenja. Prividna boja mjeri se prije obrađivanja uzoraka dok se prava boja mjeri nakon filtracije. Boja vode određuje se spektrofotometrijski (slika 9) gdje se koristi valna duljina (λ) 456nm. S obzirom da se iskazuje u Pt/Co skali sami uzroci se uspoređuju sa standardnom otopinom platin – kobalta. Analizu je potrebni napraviti unutar 24 sata kako bi rezultati bili što točniji. Poželjno je za analizu koristiti vodu sobne temperature. Uzorke vode potrebno je filtrirati kako bi se dobili rezultati za pravu boju.



Slika 9. UV-VIS spektrofotometar

Izvor: [P1-P4-Spectrophotometer.jpg \(600×450\) \(ybotech.com\)](http://P1-P4-Spectrophotometer.jpg)

3.5. Određivanje mutnoće

Za određivanje mutnoće koristi se optički instrument turbidometar odnosno nefelometrijsko određivanje mutnoće (slika 10). Metoda se primjenjuje prema međunarodnoj normi HRN EN ISO 7027 – 1:2016. Ovakva metoda određivanja koristi se samo za vode u

prirodi i pitke vode pa se tako izražavaju kao "formazin nephelometric units" (FNU). Rezultati se iskazuju između 0 – 40 FNU. Osim FNU jedinica moguće je iskazivanje i u "nephelometric turbidity units" (NTU) gdje se 1 NTU može iskazati kao 1 FNU. Prije samog stavljanja uzorka u instrument potrebno ga je promućkati kako bi se dobili što točniji rezultati, a mutnoća se očitava na digitalnom ekranu.



Slika 10 Turbidimetar

Izvor : [HACH 2100N TURBIDIMETER LABORATORY - \(sonoransurplus.com\)](http://sonoransurplus.com)

3.6. Određivanje pH vrijednosti

pH vrijednost mjeri se pomoću pH metra, Metler Toledo (slika 11). Određuje se aktivnost H^+ iona sa staklenim elektrodama. Prije samog korištenja elektrodu je potrebno isprati sa destiliranom vodom te je obrisati staničevinom. Nakon uranjanja elektrode u instrument na ekranu se dobiju rezultati koji se direktno očitavaju. Mjerenje se vrši prema HRN EN ISO 10523:2012.



Slika 11 pH metar

Izvor : [S20 SevenEasy™ pH - Overview - METTLER TOLEDO \(mt.com\)](https://www.mt.com)

3.7. Određivanje električne vodljivosti

Postupak mjerenja električne vodljivosti vrši se pomoću konduktometra (slika 12) prema normi HRN EN ISO 27888:2008. Električna vodljivost je sposobnost vodenih otopina da provode električnu struju, a ono ovisi o ionima, ali i o temperaturi mjerenja. Rezultati se očitavaju sa instrumenta nakon što se elektroda uroni u uzorak vode te se izražavaju u $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Slika 12. Konduktometar

Izvor: <https://metroteka.com/blog/wp-content/uploads/2020/11/image1-30.jpeg>

3.8. Određivanje utroška kalijeva permanganata (KMnO_4)

Ovaj postupak naziva se još i određivanje oksidativnosti u vodi. Metoda je također propisana normom HRN EN ISO 8467:2001. Metoda se koristi za vode kojima su koncentracije klorida ispod 300 mg, a ako je permanganatni indeks veći od 10 mg/l tada se prije analiziranja uzorak treba razrijediti. Permanganatni indeks (PI) naziva se još i utrošak KMnO_4 , masena koncentracija kisika jednaka je količini PI potrošenog u uzorku.

3.9. Određivanje klorida

Određivanje klorida u vodi provodi se prema normi HRN EN ISO 9297:1998. Metoda kojom se određuje klorid je volumetrijska sa srebrnim nitratom, primjenjuje se u koncentraciji od 5 do 150 mg/. Kloridi u reakciji sa srebrnim ionima stvara srebrnim klorid koji se netopljiv, a srebro u suvišku stvara crveno – smeđe obojenje što ujedno prikazuje i završnu točku titracije. Uzorak vode titrira se sa srebrnim nitratom, a kao indikator se koristi kromat.

3.10. Određivanje nitrita i nitrata

Određivanje nitrita provodi se prema normi HRN EN ISO 26777:1998. Određivanje je spektrofotometrijska metoda odnosno Molekularna apsorpcija. Spektrofotometrija se provodi pri 540 nm valne duljine. Nitriti uz dodatak fosforne kiseline stvara rozo obojenje. Analizu uzorka poželjno je provesti unutar 24 sata od uzorkovanja.

Određivanje nitrata provodi se prema normi HRN EN ISO 10304 – 1:2009. Metoda kojom se određuju nitrati je ionska kromatografija. Ionska kromatografija temelji se na razdvajanju iona prema njihovom afinitetu sa ionskim izmjenjivačem ili nosačem.

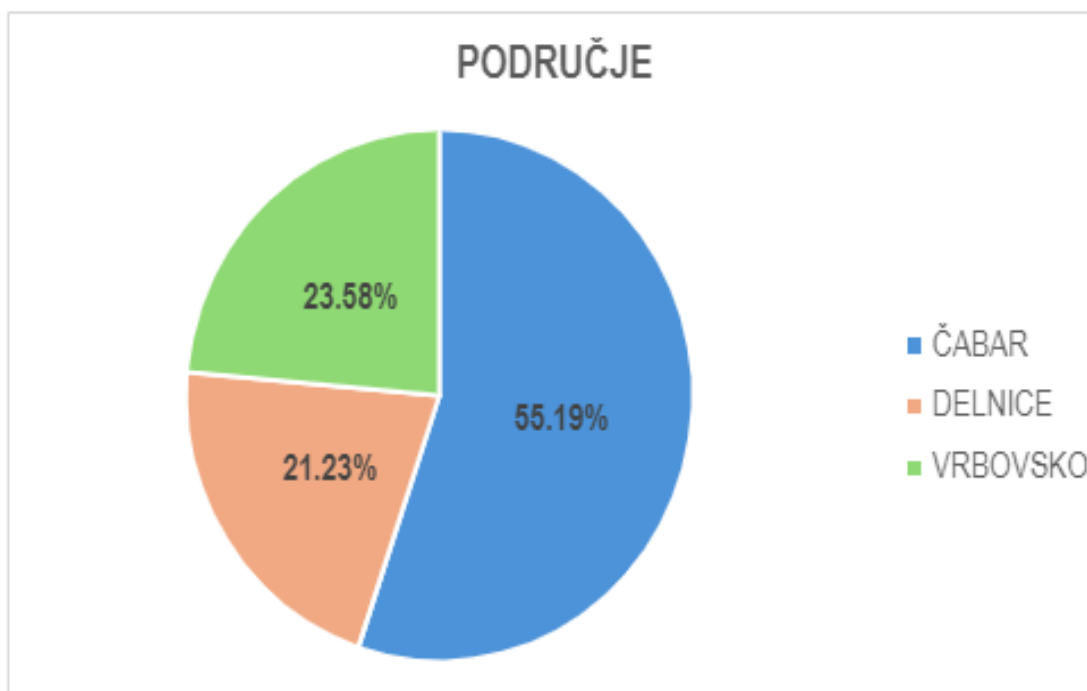
3.11. Određivanje amonijaka

Određivanje amonijaka provodi se prema normi HRN EN ISO 7150 – 1:1998. Za određivanje amonijaka koristi se spektrofotometrijska metoda, a mjeri se pri valnoj duljini 655 nm. Amonij reagira salicilatima i hipokloritnim ionima uz prisustvo natrij – nitroprusida što dovodi do zelenog kompleksa.

4. REZULTATI

U periodu kroz 2023.godinu ispitivani su fizikalno – kemijski parametri za pitku vodu i vodu u prirodi na području Gorskog kotara. Područja mjerenja su Čabar kojem pripadaju vodovod Gerovo sokoli, Prezid, Gorači, Mandli, Plešće, Tršće i Čabar, zatim područje Delnice kojima pripadaju vodovodi Brod Moravice, Mrkopalj, Fužine, Lokve Crni lug, Ravna gora i Skrad te područje Vrbovskom kojem pripadaju Ljubošina, Gomirje i Vrbovsko.

U istraživanju je promatrano ukupno 212 uzoraka vode s tri ispitivana područja. Od ukupnog broja uzoraka njih 117 (55,19 %) je s područja Čabra, 45 (21,23 %) s područja Delnica te 50 uzoraka (23,58 %) s područja Vrbovskog. (slika 10)



Slika 13. Prikaz uzoraka po području

MDK vrijednosti za temperaturu vode iznosi 25°C. Rezultati t-testa pokazuju da su za sva tri područja temperatura vode statistički značajno manje od 25°C. Dakle, za sva tri područja temperature vode su zadovoljavajuće odnosno vrlo su blizu takozvanoj idealnoj temperaturi vode.

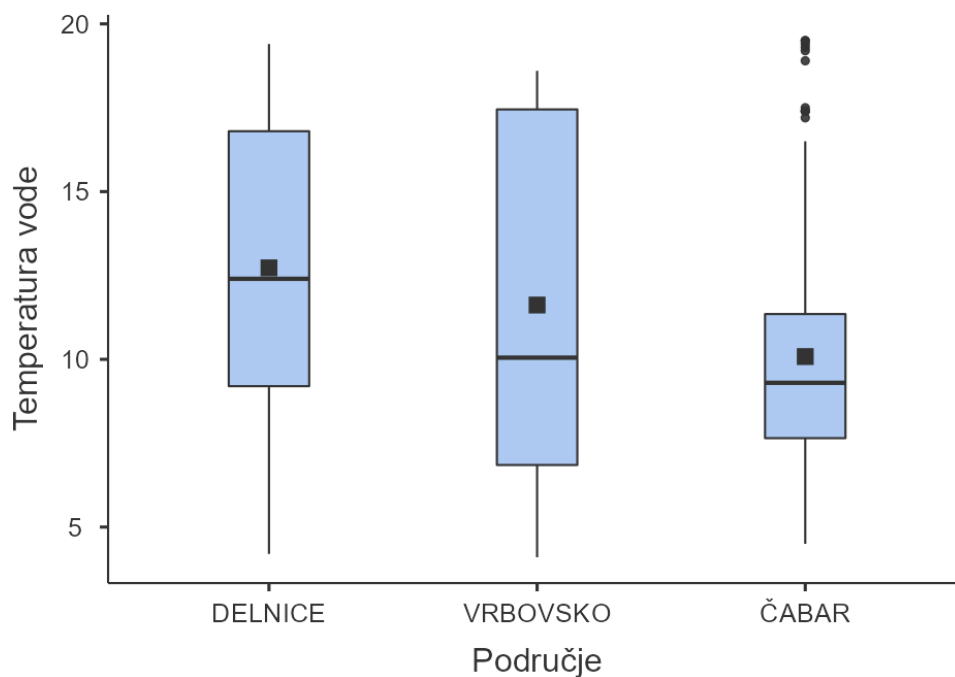
Područje	M	SD	t	df	p
Čabar	10.08	3.63	-42.54	106	<0.001
Delnice	12.73	4.54	-18.13	44	<0.001
Vrbovsko	11.62	5.20	-12.08	21	<0.001

Tablica 3. Deskriptivna statistika i rezultati t – testova

Nadalje, rezultati ANOVA testa ($F(2,171)=6,93$, $p = 0,001$) pokazuju da postoji statistička značajna razlika u temperaturi vode između promatranih područja te rezultati post hoc testa pokazuju da je voda na području Delnica toplija od vode na području Čabra, dok između preostalih područja nema značajne razlike.

Tablica 4. Rezultati ANOVA post hoc testa

Područje	Područje	Mean Difference	df	t	p
Delnice	Vrbovsko	1.11	171	1.04	0.553
Delnice	Čabar	2.64	171	3.63	0.001
Vrbovsko	Čabar	1.54	171	1.60	0.248



Slika 14. Prikaz temperature vode po područjima

Za boju MDK vrijednosti iznose 20 mg/l prema Pt/Co skali. Rezultati t- testa pokazuju da su za sva tri područja vrijednosti za boju statistički značajno manje od 20. Dakle, za sva tri područja vrijednosti parametra boje su zadovoljavajuće.

Tablica 5. Deskriptivna statistika i rezultati t-testova

Područje	M	SD	t	df	p
Čabar	5.48	1.87	-38.75	24	<0.001
Delnice	5.15	0.95	-99.00	39	<0.001
Vrbovsko	5.09	0.42	-239.98	44	<0.001

Nadalje, rezultati ANOVA testa ($F(2,107)=1,10$, $p=0,336$) pokazuju da nema statistički značajne razlike u vrijednostima parametara boje za tri promatrana područja. Dakle, sva tri područja imaju zadovoljavajuće razine boje i nema značajne razlike između područja.

Rezultati t-testa pokazuju da je za sva tri područja vrijednost mutnoće vode statistički značajno manja od 4,0, što je MDK vrijednost za mutnoću vode. Dakle, vrijednosti parametra mutnoće vode su zadovoljavajući za sva tri područja.

Tablica 6. Deskriptivna statistika i rezultati t- testova

Područje	M	SD	t	df	p
Čabar	0.80	1.03	-15.45	24	<0.001
Delnice	1.17	2.17	-8.47	41	<0.001
Vrbovsko	1.11	0.83	-24.31	48	<0.001

Nadalje, rezultati ANOVA testa ($F(2,113)=0,5$, $\alpha=0,605$) pokazuju da nema statistički značajne razlike u mutnoći vode između promatranih područja.

Rezultati t-testa pokazuju da sva tri područja imaju ph vrijednosti unutar intervala od 6.5 do 8.5 što se smatra sigurnim rasponom za vodu za piće. Dakle, sva tri područja imaju zadovoljavajuće ph vrijednosti.

Tablica 7. Deskriptivna statistika i rezultati t-testova

Područje	M	SD	df	t1	p1	t2	p2
Čabar	7.69	0.58	24	10.35	<0.001	-7.02	<0.001
Delnice	7.81	0.44	39	19.03	<0.001	-9.97	<0.001
Vrbovsko	7.69	0.27	48	30.65	<0.001	-20.78	<0.001

Nadalje, rezultati ANOVA testa ($F(2,111)=1.11$, $p=0.334$) pokazuju da nema statistički značajne razlike u ph vrijednostima između tri promatrana područja.

Rezultati t-testa pokazuju da je za sva tri područja razina električne vodljivosti statistički značajno manja od 2500, što je MDK vrijednost za električnu vodljivost vode. Dakle, vrijednosti parametra vodljivosti vode su zadovoljavajuće za sva tri područja.

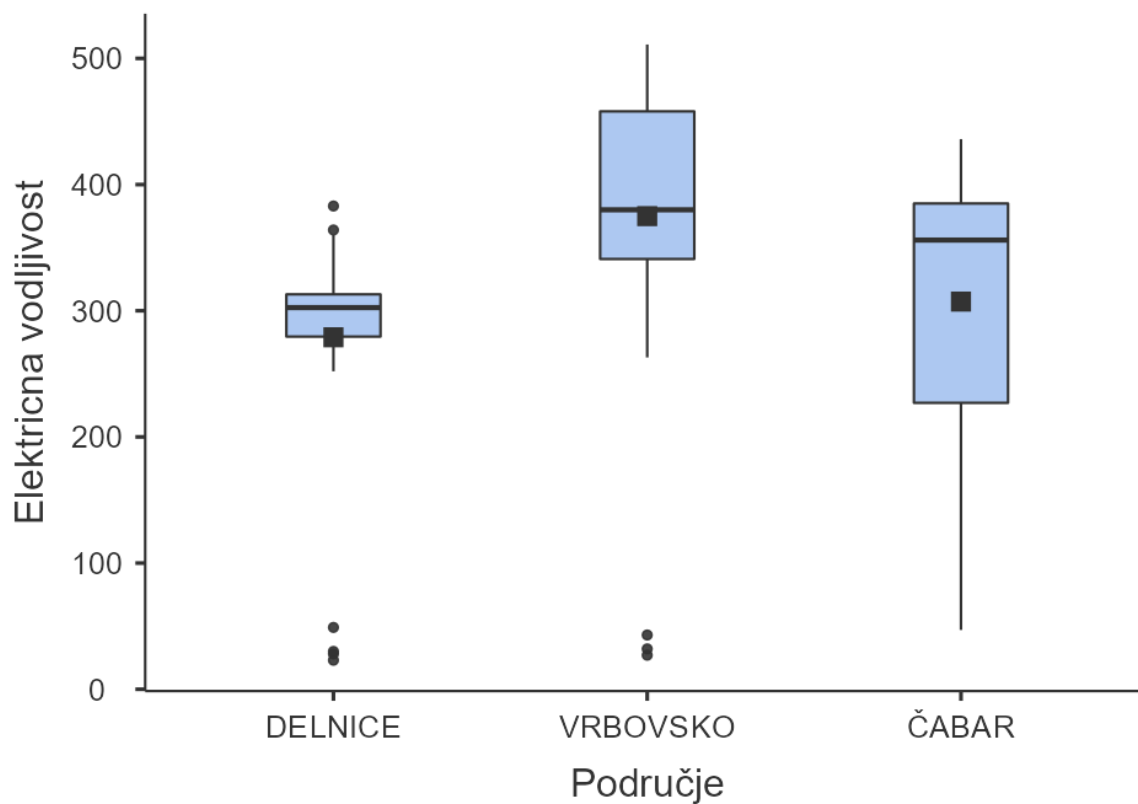
Tablica 8. Deskriptivna statistika i rezultati t – testova

Područje	M	SD	t	df	p
Čabar	307.24	115.89	-94.6	24	<0.001
Delnice	278.95	88.41	-158.88	39	<0.001
Vrbovsko	374.98	106.51	-139.65	48	<0.001

Nadalje, rezultati ANOVA testa ($F(2,111)=10.18$, $p<0.001$) pokazuju da postoji statistički značajna razlika u vodljivosti između tri promatrana područja te voda s područja Vrbovskog ima značajno veću vodljivost od vode s područja Delnica i Čabra, dok nema značajne razlike u vodljivosti između Delnice i Čabra.

Tablica 9. Rezultati ANOVA post hoc testa

Područje	Područje	Mean Difference	df	t	p
Delnice	Vrbovsko	-96.03	111	-4.39	<0.001
Delnice	Čabar	-28.29	111	-1.08	0.528
Vrbovsko	Čabar	67.74	111	2.68	0.023



Slika 15. Prikaz električne vodljivosti po područjima

MDK za utrošak kalijevog permanganata iznosi 5.0 mg/l O_2 . Rezultati t-testa pokazuju da su vrijednosti utroška kalijevog permanganata statistički značajno manje od 5.0 za sva tri područja. Dakle, razine utroška kalijevog permanganata su zadovoljavajuće za sva tri područja.

Tablica 10. Deskriptivna statistika i rezultati t - testova

Područje	M	SD	t	df	p
Čabar	0.61	0.51	-42.90	24	<0.001
Delnice	0.50	0.25	-114.28	39	<0.001
Vrbovsko	0.57	0.23	-89.72	21	<0.001

Nadalje, rezultati ANOVA testa ($F(2,84)=0,83$, $p=0,439$) pokazuju da nema statistički značajne razlike u razinama kalijevog permanganata između tri promatrana područja.

Za ovaj parametar MDK vrijednost iznosi 250 mg/l. Rezultati t-testa pokazuju da su razine klorida statistički značajno manje od MDK vrijednosti za sva tri promatrana područja. Dakle, razine klorida su zadovoljavajuće za sva tri područja.

Tablica 11. Deskriptivna statistika i rezultati t – testova

Područje	M	SD	t	df	p
Čabar	3,03	1,76	-343,24	5	<0.001
Delnice	6,09	2,87	-268,32	9	<0.001
Vrbovsko	7,80	6,17	-96,13	5	<0.001

Nadalje, rezultati ANOVA testa ($F(2,19)=2.40$, $p=0.118$) pokazuju da nema statistički značajne razlike u razinama klorida između tri promatrana područja.

MDK vrijednost za nitrite iznosi 0.5 mg/l. Za sva promatrana područja svi uzorci su imali zanemarive razine nitrita. Dakle, razine nitrita su zadovoljavajuće za sva tri područja.

Tablica 12. Deskriptivna statistika za nitrite

Područje	M	SD	Min	Max
Čabar	0.00382	0.00340	0.003	0.017
Delnice	0.00317	0.00048	0.003	0.005
Vrbovsko	0.00300	0	0.003	0.003

MDK vrijednost za nitrate iznosi 50 mg/l. Rezultati t-testa pokazuju da su razine nitrata statistički značajno manje od MDK vrijednosti za sva tri promatrana područja. Dakle, razine nitrata su zadovoljavajuće za sva tri područja.

Tablica 13. Deskriptivna statistika i rezultati t - testova

Područje	M	SD	t	df	p
Čabar	2.17	1.72	-68.12	5	<0.001
Delnice	2.50	1.20	-124.98	9	<0.001
Vrbovsko	3.35	2.24	-50.97	5	<0.001

Nadalje, rezultati ANOVA testa ($F(2,19)=0.82$, $p=0.455$) pokazuju da nema statistički značajne razlike u razinama nitrata između tri promatrana područja.

MDK vrijednost za amonijak iznosi 0.5 mg/l. Rezultati t-testa pokazuju da su razine amonijaka statistički značajno manje od MDK vrijednosti za sva tri promatrana područja. Dakle, razine amonijaka su zadovoljavajuće za sva tri područja.

Tablica 14. Deskriptivna statistika i rezultati t - testova

Područje	M	SD	t	df	p
Čabar	0.0050	0.00412	-495.00	16	<0.001
Delnice	0.0041	0.00028	-8605.13	23	<0.001
Vrbovsko	0.0058	0.00716	-419.88	36	<0.001

Nadalje, rezultati ANOVA testa ($F(2,75)=0.798$, $p=0.454$) pokazuju da nema statistički značajne razlike u razinama amonijaka između tri promatrana područja.

5. RASPRAVA

Pravilnik o monitoringu vode koja je namijenjena za ljudsku potrošnju i samim parametrima sukladnosti uveliko je utjecao na kvalitetu ispitivane vode i na zadovoljavajuće rezultate. Analiza je provedena prema pravilniku NN 64/2023.

U periodu kroz 2023. godinu ispitivali su se uzorci vode na području Čabra, Delnica i Vrbovskog odnosno 212 uzoraka. Području Čabra pripadaju vodovod Gerovi sokoli, Prezid, Gorači, Mandli, Plešće, Tršće i Čabar odnosno 55,19 % uzoraka. Području Delnica kojima pripadaju vodovodi Brod Moravice, Mrkopalj, Fužine, Lokve Crni lug, Ravna gora i Skrad pripada 21,23% uzoraka te područje Vrbovskom kojem pripadaju Ljubošina, Gomirje i Vrbovsko odnosno 23,58% uzoraka. Kada se postotci pretvore u brojke na Čabru je analizirano 117 uzoraka, na Delnicama 45, a na Vrbovskom 50 uzoraka.

Fizikalno kemijski parametri koji su ispitivani su temperatura, miris i okus, boja, mutnoća vode, pH vrijednost, električna vodljivost, utrošak kalijeva permanganata, kloridi, nitrati, nitriti i amonij.

Voda na svim analiziranim područjima je bez okusa i mirisa što ukazuje na njezinu ispravnost.

Najviša temperatura vode zabilježena je na području Delnica, a prosječna vrijednost iznosi 12,73°C. Na području Čabra prosječna vrijednost temperature vode iznosi 10,08°C, a na području Vrbovskog 11,62°C. Najviše temperature zabilježene su na vodovodu Mandli, Fužine i Vrbovsko. Uvidom u analizu rezultata možemo zaključiti kako temperature pitkih voda blago variraju od lokacija uzorkovanja zbog geografskog položaja samog područja i reljefa analiziranog područja. Na području Delnica temperatura vode je viša u usporedbi s analiziranim područjem Čabra, dok u usporedbi s ostalim područjima nema razlike. Temperature na svim mjerenim područjima odgovaraju MDK, odnosno sve mjerene temperature su ispod 25°C.

Prisutnost boje u analiziranim uzorcima pitkih voda je u rasponu prosječne vrijednosti od 5,09 do 5,48 mg/l Pt/Co skale. Na području Čabra prosječna vrijednost iznosi 5,48 mg/l Pt/Co skale, na području Delnica 5,15 mg/l Pt/Co skale dok na području Vrbovskog 5,09 mg/l Pt/Co skale. Intenzitet boje uvelike ovisi o osobinama tla gdje voda teče. MDK ovog parametra ne smije prelaziti 20 mg/l Pt/Co skale te uvidom u rezultate našeg istraživanja možemo zaključiti kako su za sva tri analizirana područja vrijednosti za boju značajno manje, što znači

da su rezultati zadovoljavajući. Koncentracija boje na svim mjerenim područjima nalaze se ispod MDK.

Mutnoća vode povezana je s oborinama i ovisi o reljefu analiziranog područja. Prema podacima prosječna godišnja količina padalina za 2023.godinu na području Gorskog kotara iznosila je 2000 mm, Gorski kotar kao regija poznata je po većim količinama padalina zbog svog geografskog položaja. Prosječna vrijednost ovog parametra značajno se ne razlikuje od lokacije uzorkovanja, a vrijednosti analiziranih uzoraka u niti jednom trenutku ne prelaze MDK iznad 4,0 NTU. Prosječna vrijednost na području Čabra iznosi 0,80 NTU, na području Delnica 1,17 NTU te na području Vrbovskog 1,11 NTU.

pH vrijednosti za sva analizirana područja nalaze se u intervalu od 6,8 do 8,5 pH jedinica. Možemo primijetiti kako su pitke vode na području Gorskog kotara blago lužnate, ali unutar sigurnosnog raspona za ljudsku potrošnju s MDK ovog parametra od 6,5 do 9,5 pH jedinica.

Elektrovodljivost pitkih voda ovisi o koncentraciji klorida koja ujedno utječe na kvalitetu vode. Prosječne vrijednosti koncentracija klorida znatno je manja od MDK vrijednosti za vode koja iznosi 250 mg/l. Prosječne vrijednosti na području Čabra iznosi 3,03 mg/l, na području Delnica 6,09 mg/l, a za područje Vrbovskog 7,80 mg/l. Uvidom u rezultate istraživanja možemo zaključiti kako postoji statistički značajna razlika u analiziranim područjima gdje područje Vrbovskog ima značajno veću elektrovodljivost u odnosu na vode s područja Delnica i Čabra, prilikom čega se vode s tog područja međusobno ne razlikuju. Vrijednosti elektrovodljivosti manja su od 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ što ujedno daje zadovoljavajuću ocjenu tog parametra.

Vrijednosti KMnO_4 zadovoljavajući su za sva tri područja gdje ne postoji statistički značajna razlika u analiziranim područjima, a vrijednosti utroška KMnO_4 nalaze se ispod MDK koji iznosi 5 mg/l O_2 . Izmjerene su prosječne vrijednosti KMnO_4 na području Čabra u iznosi 0,61 mg/l O_2 , na području Delnica 0,50 mg/l O_2 te na području Vrbovskog 0,57 mg/l O_2 .

Vrijednosti nitrita i nitrata su zadovoljavajući za sva sva tri područja i ne postoji statistički značajna razlika između analiziranih područja, a vrijednosti su ispod MDK koji za nitrate iznosi 50 mg/l, a za nitrite 0,5 mg/l. Prosječne vrijednosti nitrita za sva tri područja kreću se oko 0,003 mg/l što je uveliko ispod MDK. Prosječne vrijednosti nitrata za područje Čabra iznosi 2,171 mg/l za područje Delnica 2,501 mg/l, a za Vrbovsko 3,352 mg/l. Glavne

poveznice između nitrita i nitrata je upravo u tome što nitritni ioni oksidiraju u nitrate i upravo iz tog razloga MDK vrijednosti su veće za nitrate nego za nitrite.

Koncentracije amonija uveliko ovisi o temperaturi vode, ali o pH vrijednosti. Veće koncentracije pronalaze se u toplijim i kiselijim vodama. Rezultati ukazuju na niske razine amonija upravo zbog nižih temperatura vode i lužnatije vode na ispitivanim područjima. MDK vrijednost za amonij iznosi 0,5 mg/l, a na tri analizirana područja prosječne vrijednosti kreću se od 0,004 mg/l do 0,005 mg/l što ukazuje na zadovoljavajuću kvalitetu vode.

U petogodišnjem istraživanju Vukić Lušić i suradnika ispitivala se zdravstvena ispravnost vode za piće na području Gorskog kotara u razdoblju od 2011. do 2015.godine. Ispitani rezultati u manjoj mjeri su bili nesukladni prema fizikalno – kemijskim parametrima odnosno 37% rezultata prelazili su dozvoljene granice. U većoj mjeri odstupao je pH odnosno razine pH bile su niže od propisanih kod 16% uzorka, ali to se prepisivalo samoj prirodi izvora kao što su Vrbovsko Gerovi sokoli, Mandli i Ravne gore. Osim pH odstupao je i rezidualni klor kod 15 % uzoraka, ali on za razliku od pH je bio u višim koncentracijama od dozvoljenih (21).

Uspoređujući navedeno istraživanje i analizu iz 2023. godine vidljivo je poboljšanje u kvaliteti pitkih voda i voda u prirodi na području Gorskog kotara. Prema vidljivim rezultatima i analizama svi parametri su ispod MDK vrijednosti.

Analizom kvalitete pitkih i prirodnih voda na području Gorskog kotara može se primijetiti kako su rezultati zadovoljavajući s obzirom da je 100 % uzoraka zadovoljavajuće kvalitete.

6. ZAKLJUČAK

Na temelju analiziranih uzoraka i dobivenih rezultata za kvalitetu pitkih voda i voda u prirodi na području Gorskog kotara za period kroz 2023.godinu može se zaključiti:

- Ukupno je analizirano 212 uzoraka od čega je 117 uzoraka s područja Čabra, 45 uzoraka s području Delnica i 50 uzoraka s područja Vrbovskog
- Svi analizirani uzorci vode su bez mirisa i okusa što se smatra zadovoljavajućom kvalitetom vode
- Temperatura vode razlikuje se na područjima odnosno na području Delnica voda je nešto toplija nego na području Čabra. Može se zaključiti da je voda na području Delnica nešto toplija zbog viših prosječnih temperatura nego na području Čabra što ima utjecaj i na samu temperaturu voda u prirodi. S obzirom da je MDK vrijednost za temperaturu vode 25°C rezultati prikazuju zadovoljavajuću temperaturu te su svi rezultati blizu idealne temperature koja iznosi 15°C.
- Rezultati boje vode prikazuju pravu boju koja je mjerena nakon filtriranja . Za boju MDK vrijednost iznosi 20 mg/l prema Pt/Co skali, a rezultati analize su značajno manji od toga što ukazuje na zadovoljavajuću kvalitetu vode
- Mutnoća vode povezuje se sa niskom kvalitetom vode, a MDK vrijednost za mutnoću iznosi 4 NTU te analiza prikazuje da su za sva tri područja razine mutnoće značajno manje od MDK.
- Rezultati analiza prikazuju da Čabar, Delnice i Vrbovsko imaju vrijednosti pH unutar intervala od 6,5 do 8,5 što se smatra sigurnim za vodu za piće. Između analiziranih uzoraka nema statistički značajne razlike te svi uzorci su zadovoljavajuće kvalitete.
- Elektrovodljivost za vodu na području Gorskog kotara značajno su manji od MDK vrijednosti koja iznosi 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Statističkom analizom utvrđena je statistički značajna razlika vode s područja Vrbovskog u usporedbi sa Delnicama i Čabrom.
- Utrošak KMnO_4 u analiziranim uzorcima nalazi se u malim koncentracijama što ukazuje na prisutnost organske tvari u vodi. MDK vrijednost je do 5 mg/l O_2 pa iako je prisutna organska tvar u vodi ona je u vrlo malim koncentracijama koje ne utječu na ispravnost vode za piće.
- Za kloride MDK vrijednost iznosi 250 mg/l. Rezultati analiza ukazuju na značajno manje razine klorida na sva tri ispitivana područja. Kloridi su prirodno prisutni u

vodama osim ako su prisutni u visokim koncentracijama tada su znak onečišćenja. Vidljivo je da se u vodama Gorskog kotara ne radi o onečišćenju voda već o samoj prirodi vode.

- Nitrati su prisutni u malim količinama dok je MDK vrijednost 50 mg/l. Mogući razlozi koncentracije nitrata u vodama su primjena gnojiva u blizini vode ili samo prodiranje kroz tlo. Nitrati i nitriti se statistički značajno ne razlikuju na ispitivanim područjima.
- Vrijednosti MDK za amonij iznosi 0,5 mg/l, a analizom su utvrđene znatno manje koncentracije koje su povezane sa nižim temperaturama vode u Gorskom kotaru.
- Statistički značajna razlika na mjerenim područjima uočljiva je samo za temperaturu i električnu vodljivost što se može povezati sa samim položajem Gorskog kotara odnosno određenih područja.
- Razlog ispravne kvalitete pitkih voda i voda na području Gorskog kotara prema svim fizikalno – kemijskim parametrima leži u poboljšanju sanitarno – tehničkih uvjeta, ali i u samom projektiranju i investicijama za vodoopskrbu na području Gorskog kotara.

7. LITERATURA

1. Brezovnjački, A. Mitovi i činjenice o pitkoj vodi : šest pitanja, četiri scenarija i dva komentara zbog čega je pitka voda najvažniji hrvatski prirodni resurs. Zagreb, AGM, 2011.
2. Bulog, A., Kendel Jovanović, G., Linšak, Ž., Lušić, D., Pavičić Žeželj, S., Tomić Linšak, D., & Vukić Lušić, D. (2022). Zdravstvena ekologija. [citirano 14.04.2024.] Dostupno na: [Zdravstvena ekologija | Repozitorij Medicinskog fakulteta u Rijeci \(uniri.hr\)](#)
3. Casado Á, Ramos P, Rodriguez J, Moreno N, Gil P, Types and Characteristics of Drinking Water for Hydration in the Elderly, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2013, [citirano 14.04.2024.], Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24915336/>
4. Quattrini, S., Pampaloni, B., & Brandi, M. L. (2016). Natural mineral waters: chemical characteristics and health effects. Clinical cases in mineral and bone metabolism : the official journal of the Italian Society of Osteoporosis, Mineral Metabolism, and Skeletal Diseases, [Internet] 13(3),173–180.[citirano14.04.2024.] Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5318167/>
5. Omer NH. Water Quality Parameters, Water Quality – Science, Assessments and Policy [Internet] 2019, [citirano 14.04.2024.] Dostupno na: <https://www.intechopen.com/books/water-quality-science-assessments-and-policy/water-quality-parameters>
6. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality, 4th edition, incorporating the 1st addendum, [Internet] 2017, [citirano 15.04.2024.] Dostupno na: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>
7. Prigoda.hr [Internet] Plan razvoja Gorskog kotara za razdoblje 2022. – 2027., [citirano 15.04.2024.].Dostupno na:<https://prigoda.hr/wp-content/uploads/2021/09/VODOOPSKRBNI-SUSTAVI.pdf>

8. Rice E, Baird R, Eaton A. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition [Internet]. Dostupno na: <https://yabesh.ir/wp-content/uploads/2018/02/Standard-Methods-23rd-Perv.pdf>
9. Gorde S, Jadhav M. Assessment of Water Quality Parameters: A Review. *Journal of Engineering Research and Applications* [Internet]. 2013;3:2029-2035. [citirano 16.04.2024.]. Dostupno na: https://www.ijera.com/papers/Vol3_issue6/LV3620292035.pdf
10. Kuleš M.; Habuda – Stanić M. Analiza vode. Prehrambeno tehnološki fakultet, Osijek 2000
11. Voda za piće – Standardne metode za ispitivanje higijenske ispravnosti [Internet]. Tehnologijahrane.com. 2014 [citirano 24.04.2024.]. Dostupno na: <https://www.tehnologijahrane.com/knjiga/voda-za-pie>
12. Drljo E, Nusprodukti u vodi za piće kao posljedica dezinfekcije hipokloritom [Internet] 2015, [citirano 24.04.2024.] Dostupno na: <https://repozitorij.fkit.unizg.hr/islandora/object/fkit%3A187/datastream/PDF/view>
13. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating the first and second addenda [Internet] (2022). Dostupno na: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>
14. Nujić M, Habuda-Stanić M. NITRATI I NITRITI, METABOLIZAM I TOKSIČNOST. Hrana u zdravlju i bolesti : znanstveno-stručni časopis za nutricionizam i dijetetiku [Internet]. 2017 [citirano 24.04.2024.] ; 6(2):72–2. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/198897>
15. Bejuk, B. Kvaliteta pitke vode, [Internet] repozitorij.mev.hr. 2017 [citirano 24.04.2024.] Dostupno na: <https://repozitorij.mev.hr/islandora/object/mev:585/datastream/PDF>

16. Hrvatski zavod za javno zdravstvo, Izvještaj o zdravstvenoj ispravnosti vode za ljudsku potrošnju u Republici Hrvatskoj za 2021. godinu [Internet]. [citirano 28.04.2024.] Dostupno na: <https://www.hzjz.hr/aktualnosti/izvjestaj-o-zdravstvenoj-ispravnosti-vode-za-ljudsku-potrosnju-u-republici-hrvatskoj-za-2021-godinu/>
17. Narodne novine, Zakon o vodama - Zakon.hr [Internet] . [citirano 28.04.2024.] Dostupno na: <https://www.zakon.hr/z/124/Zakon-o-vodama>
18. Narodne novine, Zakon o vodi za ljudsku potrošnju - Zakon.hr [Internet] citirano [28.04.2024.] Dostupno na: <https://www.zakon.hr/z/584/Zakon-o-vodi-za-ljudsku-potro%C5%A1nju>
19. Analiza varijance Mijatović, Katarina [Internet]. [citirano 25.08.2024.].Dostupno na: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/unipu%3A8180/datastream/PDF/view>
20. Arnerić J, Protrka K. Modeli analize varijance (ANOVA) [Internet]. [citirano 25.08.2024.]. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/347554>
21. Vukić Lušić D, Đandara A, Piškur V, Linšak Ž, Bilajac L, Lušić D. Zdravstvena ispravnost vode za piće u Gorskom kotaru u petogodišnjem razdoblju od 2011. do 2015.. Medicina Fluminensis [Internet]. 2017 [pristupljeno 14.08.2024.]; 53(2):216-224. Dostupno na: https://doi.org/10.21860/medflum2017_179762

ŽIVOTOPIS

Tea Klasanović rođena 22.08.1999. godine u Zadru. Osnovnoškolsko obrazovanje završava u Zadru u školi Šimuna Kožičića Benje 2014.godine te iste te godine upisuje srednju medicinsku školu Ante Kuzmanića smjer farmaceutski tehničar. Nakon četiri godine srednje škole upisuje Zdravstveno veleučilište u Zagrebu gdje završava preddiplomski studij sanitarnog inženjerstva 2022.godine. Diplomski studij upisuje u Rijeci na Medicinskom fakultetu gdje završava svoje akademsko obrazovanje.

8. POPIS SLIKA

Slika 1. Raspodjela vode na Zemlji	1
Slika 2. Područje Gorskoga kotara.....	5
Slika 3. Izvor rijeke Kupe	6
Slika 4. Parametri kvalitete vode	8
Slika 5. Parametri kvalitete vode	8
Slika 6. MDK fizikalno - kemijskih parametara	9
Slika 7. Struktura trihalometana	13
Slika 8. pH skala	14
Slika 9. UV-VIS spektrofotometar	20
Slika 10 Turbidimetar	21
Slika 11 pH metar	22
Slika 12. Konduktometar	23
Slika 13. Prikaz uzoraka po području	25
Slika 14. Prikaz temperature vode po područjima	27
Slika 15. Prikaz električne vodljivosti po područjima	30