

Razine THM-a u bazenskim vodama Primorsko-goranske županije

Miletić, Danijela

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:184:585400>

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
SANITARNOG INŽENJERSTVA

Danijela Miletić

**RAZINE THM-A U BAZENSKIM VODAMA
PRIMORSKO-GORANSKE ŽUPANIJE**

Diplomski rad

Rijeka, 2024.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
MEDICINSKI FAKULTET
SVEUČILIŠNI DIPLOMSKI STUDIJ
SANITARNOG INŽENJERSTVA

Danijela Miletić

RAZINE THM-A U BAZENSKIM VODAMA
PRIMORSKO-GORANSKE ŽUPANIJE

Diplomski rad

Rijeka, 2024.

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

Diplomski rad ocjenjen je dana: u _____ na _____.

Pred povjerenstvom u sastavu:

- 1.
- 2.
- 3.

Rad sadrži 39 stranica, 11 slika, 9 tablica, 29 literaturnih navoda.

Zahvala

Prvenstveno se želim zahvaliti svojem mentoru izv. prof.dr. sc. Aleksandru Bulogu dipl. sanit ing.koji je prihvatio voditi me kroz ovo putovanje pisanja diplomskog rada i samim time čini neizostavan čimbenik ovog uspjeha. Hvala Vam!

Najveću zahvalu dugujem najtoplijim i najbrižnijim osobama u svom životu, koje su uvijek tu za mene, bez obzira bilo dobro ili loše. Hvala mojoj mami i sestri na najčvršćem osloncu, na svakoj riječi utjehe i ohrabivanja. Hvala i mom desetogodišnjem bratu koji se radovao svakom sestriinom dolasku kući. Bez njih ovaj rad ne bi imao ovako veliki značaj. Volim vas!

Također se želim zahvaliti i svima onima koje sam srela na ovom petogodišnjem putovanju i koji su ga svojim prisustvom učinili zanimljivijim Posebice se želim zahvaliti svojoj prijateljici Tei s kojom sam dijelila i srednjoškolske radosti i s kojom sada svoje školovanje privodim kraju. Hvala ti što si u svakom trenutku bila tu za mene. Volim te Tea i hvala ti što si postala dio moje obitelji.

Sažetak

Bazensko kupalište prikladno je za medicinske, sportske i rekreacijske aktivnosti, ali je od ključne važnosti da bazenska voda i prostor bazenskog kupališta ispunjavaju sanitarno-tehničke i higijenske uvjete propisane važećim pravilnicima. Osiguravanje zdravstveno ispravne vode, kao i odgovarajuće održavanje i stroga kontrola bazena, ključni su za smanjenje zdravstvenih rizika na minimum. Za postizanje prvobitnog cilja zdravstveno ispravne bazenske vode potrebno je osigurati educirano osoblje te prikladan pribor i opremu za nadzor određenih parametara poput temperature vode, pH vrijednosti, razine dezinfekcijskog sredstva i slobodnog klora u bazenskoj vodi.

Istraživanje je provedeno u razdoblju od 01.siječnja do 31.prosinca 2023. godine na području Primorsko-goranske županije. Tijekom istraživanja analizirano je 1795 uzoraka bazenske vode ispitanih na ukupno 12 fizikalno-kemijskih i mikrobioloških parametara. Cilj istraživanja bio je utvrditi razine trihalometana u odnosu na vrstu bazena i tip vode za punjenje. Analizom rezultata istraživanja dokazano je da otvoreni bazeni i kupališta ispunjena slanom vodom imaju više razine trihalometana u odnosu na zatvorene bazene te kupališta ispunjena slatkom vodom.

Rezultati istraživanja također pokazuju zadovoljavajuću kvalitetu bazenske vode zahvaljujući primjenom pravilnika te redovitom analizom određenih parametara kvaliteta.

Ključne riječi: bazensko kupalište, bazenska voda, fizikalno-kemijski parametri, mikrobiološki parametri, trihalometani

Summary

The swimming pool is suitable for medical, sports and recreational activities, but it is of crucial importance that the pool water and the area of the swimming pool meet the sanitary-technical and hygienic conditions prescribed by the current regulations. Ensuring healthy water, as well as proper maintenance and strict pool control, are key to reducing health risks to a minimum. In order to achieve the original goal of healthy pool water, it is necessary to provide trained personnel and suitable accessories and equipment to monitor certain parameters such as water temperature, pH value, level of disinfectant and free chlorine in the pool water.

The research was conducted in the period from January 1 to December 31, 2023 in the area of Primorsko-goranska County. During the research, 1795 pool water samples were analyzed for a total of 12 physico-chemical and microbiological parameters. The aim of the research was to determine the levels of trihalomethanes in relation to the type of pool and the type of filling water. The analysis of the research results proved that open pools and swimming pools filled with salt water have higher levels of trihalomethanes compared to closed pools and swimming pools filled with fresh water.

The research results also show satisfactory pool water quality thanks to the application of the regulations and regular analysis of certain quality parameters.

Key words: swimming pool, pool water, physical-chemical parameters, microbiological parameters, trihalomethanes

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1 Bazensko kupalište i bazenska voda.....	1
1.1.1 Vrste bazena.....	2
1.2 Pokazatelji kvalitete bazenske vode.....	4
1.3 Fizikalno-kemijski pokazatelji kvalitete.....	5
1.3.1 Temperatura vode.....	5
1.3.2 Slobodni rezidualni klor.....	6
1.3.3 Boja.....	6
1.3.4 Mutnoća vode.....	7
1.3.5 pH vrijednost.....	8
1.3.6 Elektrovodjivost.....	8
1.3.7 Utrošak KMnO ₄	9
1.3.8 Trihalometani.....	9
1.4 Mikrobiološki pokazatelji kvalitete.....	10
1.4.1 Ukupne koliformne bakterije.....	10
1.4.2 Escherichia coli.....	10
1.4.3 Broj aerobnih mezofilnih bakterija.....	11
1.4.4 Clostridium perfringens.....	11
1.4.5 Pseudomonas aeruginosa.....	11
1.5 Dezinfekcija bazenske vode.....	12
1.5.1 Dezinfekcijska sredstva na bazi klora.....	12
1.5.2 Dezinfekcijska sredstva na bazi broma.....	13
1.5.3 Dezinfekcija ozonom i ultraljubičastim zračenjem.....	13
1.5.4 Nusprodukti dezinfekcije.....	14

1.6	Trihalometani.....	16
1.7	Održavanje bazenskog kupališta.....	18
1.8	Kontrola bazenske vode.....	18
2.	CILJ RADA.....	20
3.	MATERIJALI I POSTUPCI.....	21
3.1	Materijali.....	21
3.2	Postupci.....	21
3.2.1	Uzorkovanje bazenske vode.....	21
3.2.2	Određivanje trihalometana.....	22
3.3	ANOVA test.....	23
4.	REZULTATI.....	24
5.	RASPRAVA.....	31
6.	ZAKLJUČAK.....	35
7.	LITERATURA.....	36
8.	POPIS SLIKA.....	40

1. UVOD

Sastavni dio svih živih bića je voda i nezamjenjiva je za osnovne životne uvjete, esencijalni spoj koji je općenito najzastupljeniji i najvažniji za zemaljski život (1). Unošenje tekućine u ljudski organizam neophodno je i osnovni je preduvjet za pravilan rad organa i krvožilnog sustava, aktivno sudjelujući u mnogobrojnim kemijskim reakcijama u tijelu, transportu hranjivih i otpadnih tvari te uvelike pridonosi u regulaciji tjelesne temperature. Prirodni resursi su kvalitativno i kvantitativno ograničeni te su nejednoliko raspoređeni. Potrebnija za vodom sve je veća, upotrebljavajući se u različite svrhe, a milijarde kubičnih metara godišnje se potroši na vodoopskrbu, poljoprivredu, industrijske djelatnosti, u uslužnim sektorima te na sport i rekreaciju. Pitku vodu koriste svi stanovnici na Zemlji, bez obzira na njihov socioekonomski status i geografski položaj, vjeru ili rasu, a osigurati dovoljne količine zdravstveno ispravne vode predstavlja izazovan zadatak. Opskrbljivanje zdravstveno ispravnom vodom jedan je od društvenih načela i temeljnih uvjeta (1).

Bazeni su prostori ispunjeni vodom koji mogu služiti za sport, relaksaciju, u rekreativne i zdravstvene svrhe. Mnogobrojne su pogodnosti korištenja bazena i bazenskih prostora, istovremeno postoje značajni fizikalno-kemijski i mikrobiološki rizici. Pravilnik za kontrolu zdravstvene ispravnosti bazenske vode, koji je donesen 2000.godine od strane Svjetske zdravstvene organizacije (WHO), služi kao smjernica. U Republici Hrvatskoj trenutno je važeći ‘‘ Pravilnik o sanitarno-tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda ‘‘ (NN 59/2020).

1.1 Bazensko kupalište i bazenska voda

Bazen i okolni prostori, uključujući prostorije garderobe, sanitarne čvorove te preostale prostorije s određenom opremom ujedineni su i opisuju pojam bazensko kupalište. Bazensko kupalište sastoji se od čistog dijela koji obuhvaća bazen i prostor oko njega, a preostali prostori poput garderobe, sanitarnih čvorova i ostalih prostorija s određenom opremom zajedno sačinjavaju nečisti dio bazenskog kupališta. Prostor oko bazena fizički treba biti prilagođen i adaptiran na način da voda s tog područja ne otječe nazad u bazen. Neposredno prije ulaska u

čisti dio, korisnici bazenskog kupališta moraju proći predbazenski dio za tuširanje i pranje nogu. Predbazenska voda mora biti adekvatno dezinficirana ili hiperklorirana.

Postupak pripreme bazenske vode obuhvaća cijeli niz sanitarno-tehničkih i higijenskih uvjeta vezanih za zdravstvenu ispravnosti. Bazenska voda mora odgovarati uvjetima zdravstvene ispravnosti vode namijenjene za ljudsku potrošnju, što znači da mora biti čista i bezbojna. Upravo takva voda ne smije sadržavati štetne tvari u koncentracijama opasnim za ljudsko zdravlje, također prijeko potrebno je da bude mikrobiološki ispravna, sukladna kriterijima propisanim " Pravilnikom o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju " (2).

Prvenstveno je za cilj postići da bazenska voda odgovara higijenskim zahtjevima, no pod različitim utjecajima može doći do kontaminacije vode i razvoja mikrobioloških patogena, što za posljedicu ima narušavanje kvalitete i zdravstvene ispravnosti bazenske vode. Stoga je nužno da se prilikom izgradnje koristi prikladan materijal koji u kontaktu s vodom ne utječe na njena fizikalno-kemijska i mikrobiološka svojstva. Potrebno je obratiti pažnju da materijal bude lako periv, otporan na kemikalije, a podovi trebaju biti protuklizni (3). Održavanje ispravne pH vrijednost, dezinfekcija i reguliranje razine dezinfekcijskog sredstva u vodi od ključne su važnosti za postizanje prvobitnog cilja čiste bazenske vode, bez obzira na utjecaje iz okoline, broj korisnika i ostale čimbenike.

Educirano osoblje, odgovarajući pribor i oprema za nadzor određenih parametara poput temperature, pH vrijednosti, razine dezinfekcijskog sredstva i slobodnog klora u bazenskoj vodi, znatno mogu utjecati na kriterije kvalitete propisane prethodno navedenim pravilnicima pa se na takav način razina infekcije može smanjiti na minimum.

1.1.1 Vrste bazena

S obzirom na razliku u građevinskoj strukturi, bazeni se mogu podijeliti na dva tipa bazena; otvorene i zatvorene.

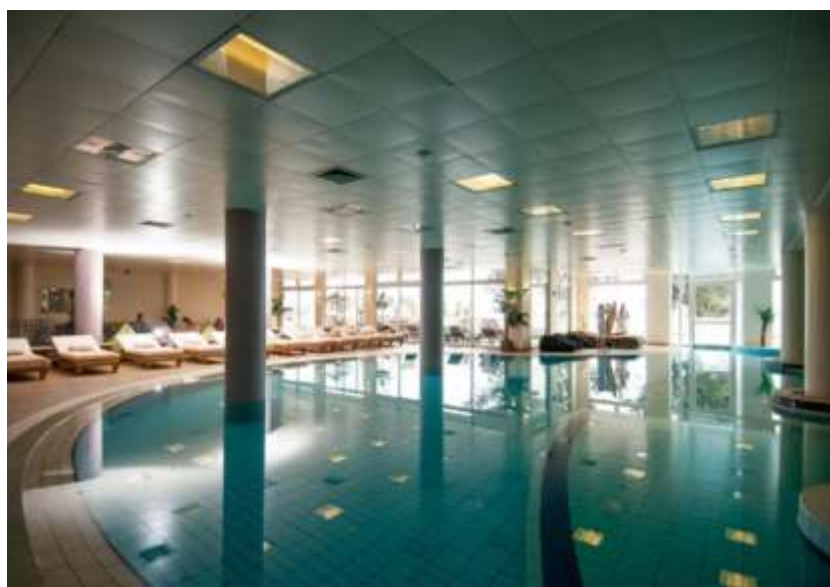
Otvoreni bazeni lokacijski su smješteni na prostoru bez krova, a njihov broj prevladava na javnim i privatnim površinama te u hotelima. Korištenje ove vrste bazena značajno je popularna u toplijem dijelu godine jer njihova funkcionalnost ovisi o vremenskim uvjetima. Održavanje otvorenih bazena može biti prilično izazovno, između ostalog zbog izloženosti elemenata iz prirode poput lišća, insekata i tome sličnih tvari koje se mogu pronaći u vodi i stvarati nečistoće.

Zatvoreni bazeni lokacijski su smješteni u prostoru gdje vremenske prilike nemaju utjecaj na njihovu primjenu, prilikom čega elementi iz prirode nisu u izravnom kontaktu s bazenskim površinama. Broj zatvorenih bazena prevladavajući je u hotelima, wellness i sportskim centrima. Održavanje zatvorenih bazena znatno je jednostavnije u usporedbi s otvorenim bazenom.



Slika 1. Otvoreni bazen

Izvor: <https://banja-junakovic.rs/foto-galerija/otvoreni-bazeni-banje-junakovic>



Slika 2. Zatvoreni bazen

Izvor: <https://www.amadriapark.com/hr/facilities/bazen/>

Također, ovisno o vrsti vode, bazeni se dijele na one punjene sa slatkom i sa slanom vodom.

Bazeni punjeni slanom vodom, odnosno morskom vodom, brojčano su prevladavajući u hotelima i na kruzerima, a upravo ova vrsta punjenja predstavlja adekvatnu zamjenu za tradicionalne bazene s klorom. S druge strane, bazeni punjeni slatkom vodom opskrbljuju se vodom za ljudsku potrošnju, a zbog dodatka klora u takvu vrstu vode često se nazivaju i klorirani bazeni. Neovisno o vrsti vode, važno je provoditi niz mjera kako bi se ispunili kriteriji propisani pravilnicima o fizikalno-kemijskim i mikrobiološkim parametrima kvalitete.

1.2 Pokazatelji kvalitete bazenske vode

Fizikalno-kemijski i mikrobiološki parametri pokazatelji su kvalitete koji moraju ispunjavati kriterije propisane pravilnikom da bi uzorak bazenske vode bio smatran zdravstveno ispravan.

1.3 Fizikalno-kemijski pokazatelji kvalitete

U tablici 1. navedeni su fizikalno-kemijski pokazatelji kvalitete bazenske vode te metode ispitivanja.

Tablica 1. Metode za analizu fizikalno-kemijskih pokazatelja kvalitete bazenske vode

FIZIKALNO-KEMIJSKI POKAZATELJI KVALITETE	MJERNA JEDINICA	METODA ISPITIVANJA
Temperatura vode	°C	SM 24th Ed. 2023.2550 B
Slobodni rezidualni klor	mg/l	HRN EN ISO 7393-2:2018
Boja	mg/L Pt/Co skale	SM 24th Ed. 2023. 2120 C
Mutnoća vode	NTU	HRN EN ISO 7027-1:2016
pH vrijednost	pH jedinica pri 25 °C	HRN EN ISO 10523:2012
Elektrovodljivost	µS/cm/20°C	HRN EN ISO 27888:2008
Utrošak KMnO ₄	mg/l O ₂	HRN EN ISO 8467:2001
Trihalometani	µg/l	HRN EN ISO 10301:2002

1.3.1 Temperatura vode

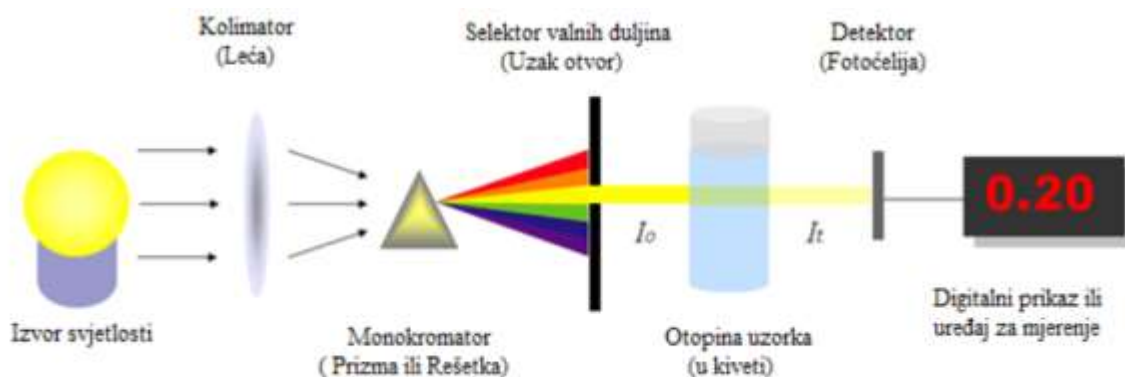
Mjerenje temperature vode provodi se u skladu prema Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 24th ed.2023.2550 B čiji se rezultati izražavaju prema Celzijevoj ljestvici (°C). Temperatura vode oscilira ovisno o vrsti bazenskog kupališta, npr. za plivačke bazene propisan je raspon od 25°C do 26°C, dok se za rekreacijske bazene preporučuje raspon od 28°C do 30°C. Za konvencionalne bazene temperatura vode nije definirana. Temperatura bazenske vode može oscilirati unutar raspona od 0,5°C pri čemu se sigurnosni sustav za regulaciju automatski prilagođava kako bi održao adekvatnu i optimalnu temperaturu (4).

1.3.2 Slobodni rezidualni klor

Razine slobodnog rezidualnog klora određuju se sukladno prema međunarodnoj normi HRN EN ISO 7393-2:2018 koja se bavi kvalitetom vode - Određivanje slobodnog i ukupnog klora. Metoda koja se koristi je kolorimetrijska metoda s N,N-dietil-1,4-fenilendiaminom u svrhu rutinske kontrole, a dobiveni rezultati se izražavaju se u mg/L. Prema ovoj normi, razine slobodnog rezidualnog klora u bazenskoj vodi utvrđuju se na terenskim i laboratorijskim ispitivanjem, prilikom čega se utvrđuje apsorpcija i intenzitet boje vizualno ili pomoću fotometra te se uspoređuje boja sa standardnom ljestvicom koja se redovito kalibrira (5). Razina slobodnog rezidualnog klora izuzetno je bitna za dezinfekciju i aktivnosti bazenske vode.

1.3.3 Boja

Ispitivanje boje provodi se u skladu s Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24th ed.2023.2120 pri čemu se rezultati iskazuju u mg/L Pt/Co skale. U navedenoj metodi propisano je spektrofotometrijsko određivanje boje pri valnim duljinama od 250nm do 465nm, koristeći standardizirane otopine kobalta i platine slijedeći Lambert-Beerov zakon (6).

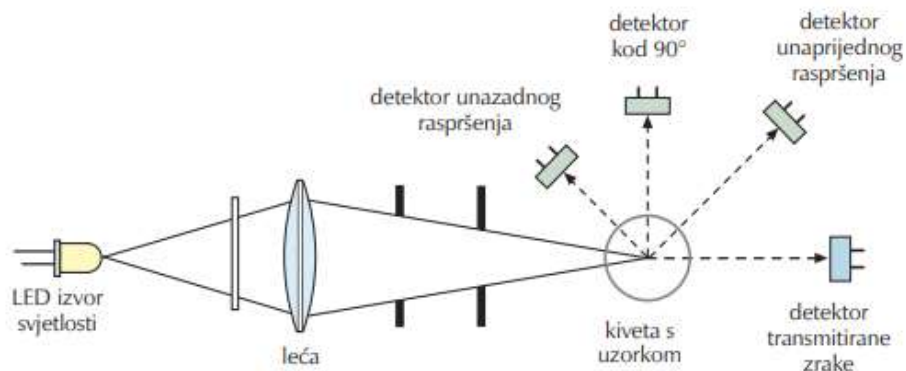


Slika 3. Shema spektrofotometrijskog određivanja boje

Izvor: <https://repositorij.kemija.unios.hr/islandora/object/kemos%3A260/datastream/PDF/view>

1.3.4 Mutnoća vode

Mutnoća vode definirana je i opisana sukladno važećoj međunarodnoj normi HRN EN ISO 7027-1:2016* (Kvaliteta vode – Određivanje mutnoće – 1.dio: Kvantitativne metode). Standardna mjerna jedinica za mutnoću izražava se u NTU (eng. Nephelometric Turbidity Units). Prema navedenoj međunarodnoj normi definirane su kvantitativne metode koje upotrebljavaju optički turbidimetar i nefelometar tijekom procesa mjerenja mutnoće.



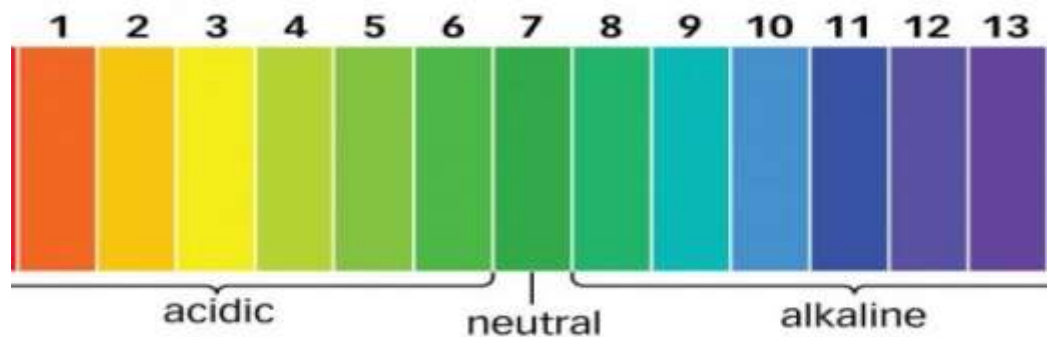
Slika 4. Shema turbidimetrije

Izvor: <https://hrcak.srce.hr/file/360391>

Postupak turbidimetrije definiran je i primjenjiv prilikom jačeg zamućenja vode, a temelji se na mjerenju intenziteta prigušenja tijekom zračenja. Za nisko zamućenje vode primjenjuje se analitička tehnika poznata kao nefolometrija. Nefolometrija je postupak koji se temelji na određivanju koncentracije suspendirane tvari u obliku sitnih čestica, bilo da se nalaze u kapljevini ili plinu. Postupak se bazira na usporedbi količine svjetlosti koju raspršuje uzorak s količinom svjetlosti koja se raspršuje standardnom suspenzijom pod istim uvjetima mjerenja. Sukladno navedenoj normi, osnovna standardna suspenzija je polimer formazin, definirane koncentracije zamućenosti od 4000 NTU (7).

1.3.5 pH vrijednost

Metoda ispitivanja pH vrijednosti opisuje se u međunarodnoj normi HRN EN ISO 10523:2012* (Kvaliteta vode – Određivanje pH vrijednosti). Postupak mjerenja definiran je korištenjem uređaja pH metra, pri čemu se pH vrijednosti izražavaju u rasponu od 0 do 14. Prilikom mjerenja vrijednosti raspona od 0 do 7 definira kiselu otopinu, vrijednost 7 definira neutralnu otopinu, dok raspon vrijednosti od 7 do 14 pH jedinica definira lužnatu otopinu. Sukladno navedenoj normi, pH vrijednost vode za kupanje utvrđuje se uranjanjem sonde u uzorak bazenske vode.



Slika 5. pH vrijednosti

Izvor: <https://www.botanika.hr/botanopedija/sto-je-ph-i-kako-utjece-na-rast-biljaka>

1.3.6 Elektrovodljivost

Postupak mjerenja elektrovodljivosti definiran je međunarodnom normom HRN EN ISO 27888:2008* (Kakvoća vode – Određivanje električne vodljivosti). Za to se koristi uređaj nazvan konduktometar, a dobivene vrijednosti izražavaju se u $\mu\text{S}/\text{cm}$ pri 20°C . Konduktometar, osim mjerenja elektrovodljivosti, može također mjeriti količinu ukupno otopljenih tvari te recipročnu vrijednost elektrovodljivosti, poznatu kao električni otpor, izražen u ppm (8).

1.3.7 Utrošak KMnO₄

Utrošak permanganatnog iona određuje se titrimetrijskom metodom definiranoj sukladno prema međunarodnoj normi HRN EN ISO 8467:2001* (Kakvoća vode – Određivanje permanganatnog indeksa), a dobiveni rezultati se izražavaju u mg/L O₂. Postupak se temelji na zagrijavanju uzorka u kipućoj vodi zajedno s kalijevim permanganatom i sumpornom kiselinom u određenom vremenskom intervalu. Tijekom ovog procesa, permanganatni ioni u uzorku se reduciraju, a potrošeni permanganat određuje se titracijom s otopinom oksalata.

1.3.8 Trihalometani

Trihalometani nastaju kao nusprodukti tijekom dezinfekcije klorom u reakciji s organskim tvarima u vodi. Izrazito velik problem predstavljaju ovi halogeni spojevi zbog svojih štetnih učinka na ljudski organizam, prvenstveno na središnji živčani sustav te organe poput jetre i bubrega. Razine trihalometana koje mogu nastati kao nusprodukti, ovise o samoj vrsti i koncentraciji organskih tvari prisutnih u vodi, kao i o fizikalnim faktorima vode. Karakteristika trihalometana je takva da mogu ući u ljudski organizam prilikom samog udisaja ili kontaktom preko kože, čime ujedno narušavaju kvalitetu ljudskog zdravlja (9).

Razine trihalometana određuje se sukladno prema međunarodnoj normi HRN EN ISO 10301:2002* (Kakvoća vode – Određivanje lakohlapljivih halogeniranih ugljikovodika - Metode plinske kromatografije). Uzorak se injektira u kolonu s mobilnom fazom i zajedno putuju do cijevi za separaciju. Kao mobilna faza koristi se prijenosni plin, najčešće dušik ili helij. U koloni se uzorak separira na komponente, koje detektor detektira kada izlaze iz kolone. Koncentracija trihalometana u nepoznatom uzorku određuje se usporedbom retencijskog vremena i površine ispod pika standarda i nepoznatog uzroka (10). U većini slučajeva, trihalometani koje je moguće pronaći u uzorku uključuju kloroform, bromoform, triklormetan, bromklormetan i dibromklormetan. Postoji mogućnost uklanjanja trihalometana iz vode, a procesi koji se koriste uključuju:

1. Ozonske oksidacije
2. Koagulacija, filtracija ili taloženja
3. Adsorpcija pomoću aktivnog ugljena

1.4 Mikrobiološki pokazatelji kvalitete

U tablici 2. Navedeni su mikrobiološki pokazatelji kvalitete bazenske vode i metode ispitivanja

Tablica 2. Metode za analizu mikrobioloških pokazatelja kvalitete bazenske vode

MIKROBIOLOŠKI POKAZATELJI KVALITETE	MJERNA JEDINICA	METODA ISPITIVANJA
Ukupne koliformne bakterije	CFU/100 ml	HRN EN ISO 9308-1:2014 HRN EN ISO 9308- 1:2014/A1:2017
Escherichia coli	CFU/100 ml	HRN EN ISO 9308- 1:2014 HRN EN ISO 9308- 1:2014/A1:2017
Broj aerobnih mezofilnih bakterija	CFU/1ml	HRN EN ISO 6222:2000
Clostridium perfringens	CFU/100 ml	HRN EN ISO 14189:2016
Pseudomonas aeruginosa	CFU/100 ml	HRN EN ISO 16266:2008

1.4.1 Ukupne koliformne bakterije

Koliformne bakterije su primarno nepatogeni organizmi koji služe kao pokazatelji fekalnog onečišćenja. Njihova prisutnost određuje se prema međunarodnoj normi HRN EN ISO 9308-1:2014 i međunarodnoj normi HRN EN ISO 9308-1:2014/A1:2017*, a dobivene vrijednosti se izražavaju na 100ml uzorka. Prisutnost koliformnih bakterija usko je povezana s procesima filtracije i temperaturom vode, vrstom dezificijensa te materijalima koji dolaze u dodir s vodom.

1.4.2 Escherichia coli

Escherichia coli je gram-negativna štapičasta bakterija iz obitelji Enterobacteriaceae. Dokazivanje prisutnosti ove bakterije provodi se prema međunarodnoj normi HRN EN ISO 9308- 1:2014 i međunarodnoj normi HRN EN ISO 9308-1:2014/A1:2017*, a dobiveni rezultat izražavaju se na 100ml uzorka. Escherichia coli je pretežno prisutna u prirodi i nalazi se u

probavnom sustavu ljudskog organizma. Predstavljaju problem za ljudsko zdravlje jer se čovjek može zaraziti feko-oralnim putem.

1.4.3 Broj aerobnih mezofilnih bakterija

Broj aerobnih mezofilnih bakterija pri 36°C tijekom 48 sati određuje se sukladno međunarodnoj metodi HRN EN ISO 6222:2000*, a krajnja vrijednost izražava se na 1ml uzorka. Brojne aerobne bakterije žive u prirodnom okolišu, a optimalna temperatura za njihov razvoj je 37°, što je također i čovjekova tjelesna temperatura (11). S obzirom na ovisnost o kisiku, aerobne bakterije mogu biti obvezne, čija se prisutnost povezuje s visokim koncentracijama kisika u zraku, te fakultativne, čiji se razvoj bilježi pri niskim koncentracijama kisika (12).

1.4.4 *Clostridium perfringens*

Clostridium perfringens je gram-pozitivna štapićasta anaerobna bakterija čija se metoda određivanja temelji na međunarodnoj normi HRN EN ISO 14189:2016*. Ova bakterija prirodno je prisutna u ljudskom probavnom sustavu, a uvijek postoji mogućnost zaraze feko-oralnim putem. Spore bakterije klostridija mogu preživjeti u vodi do nekoliko mjeseci, a njihova prisutnost nakon dužeg vremenskog perioda na isprekidane izvore onečišćenja (13). Spore *Clostridium perfringens* izuzetno su otporne na nepovoljne uvjete, široke temperaturne raspone i raspone pH vrijednosti, kao i na dezinfekcijska sredstva.

1.4.5 *Pseudomonas aeruginosa*

Pseudomonas aeruginosa je kratka gram-negativai aerobna štapićasta bakterija čija se prisutnost određuje prema međunarodnoj standardnoj metodi HRN EN ISO 16266:2008*. Bakterije ovog roda su prilagodljive na sve životne uvjete i mogu se razmnožavati na temperaturi od 4°C do 42°C, dok je većina bakterija mezofilna s optimalnom temperaturom rasta od 30°C do 37°C. Prisutnost *Pseudomonasa* u vodi za posljedicu može uzrokovati promjenu boje vode uslijed stvaranja raznih pigmenata, npr. piocijanin je karakterističan za plavi pigment, pioverdin daje žuti pigment, piorubin crveni pigment, dok piomelanin uzrokuje karakterističan crni pigment vode. Prisutnost *Pseudomonasa* u vodi može dovesti do ozbiljnih zdravstvenih problema povezanih s infekcijama sepse, središnjeg živčanog sustava, uha, oka, mekog tkiva, kostiju te infekcije mokraćnog sustava (14).

1.5 Dezinfekcija bazenske vode

Izraz dezinfekcija odnosi se na postupak koji u cilju ima smanjiti broj mikroorganizama na određenom prostoru, a posljedično tome osigurava se zdravstvena ispravnost vode i smanjuje mogućnost širenja zaraze. Nedezinficirana voda predstavlja idealan medij za rast i razmnožavanje mikroorganizama, stoga je kontinuirana dezinfekcija bazenske vode nužna kako bi se zadovoljili zahtjevi definirani pravilnicima o uvjetima bazenskog kupališta i vode. Za učinkovitu dezinfekciju bazenske vode najčešće se koriste dezinfekcijska sredstva na bazi klora, dezinfekcijska sredstva na bazi broma te ozon i ultraljubičasto zračenje.

1.5.1 Dezinfekcijska sredstva na bazi klora

Kloriranje je postupak dezinfekcije na bazi klora te ujedno jedna od najučestalijih primjenjivih metoda dezinficiranja bazenske vode. U suvremenom svijetu postoji mogućnost uporabe klora u različitim oblicima: kao plin, granule (organski klor), tekućina (natrijev hipoklorit) ili tablete (kalcijev hipoklorit). Neovisno o vrsti kloriranog sredstva, potrebno je pratiti razine slobodnog rezidualnog klora koje nastaju, kako bi se osigurala adekvatna dezinfekcija bazenske vode. Dopuštene razine slobodnog rezidualnog klora propisuju se na lokalnoj razini i razlikuju se po svijetu. Prema pravilniku Republike Hrvatske, razine slobodnog klora ne smiju prelaziti koncentraciju od 1,2 mg/l. Također, sukladno pravilniku za bazenske vode s temperaturom iznad 23°C, propisane razine slobodnog klora kreću se u rasponu od 0,7 mg/l do 1,0 mg/l, dok za hidromasažne kade ta razina slobodnog klora može biti u koncentraciji do 3,0 mg/l. Niske koncentracije slobodnog klora dozvoljene su u zdravstvenoj zaštiti pod uvjetom da se klor koristi u kombinaciji s ozonom ili ultraljubičastim zračenjem, te iznimno u kombinaciji s određenim propisanim pravilima, primjerice tuširanje prije ulaska u bazensko kupalište (15).

Najdjelotvornije dezinfekcijsko sredstvo na bazi klora je klorni dioksid, nestabilan spoj otrovnih para. Zbog svojih negativnih svojstava, nije prikladan za transport i skladištenje, pa se vodena otopina proizvodi na mjestu uporabe miješanjem natrijevog klorita i klorovodične kiseline. Pozitivni učinci navedenog spoja uključuju skraćivanje vremena potrebnog za adekvatnu dezinfekciju, duže zadržavanje u bazenskoj vodi te ne stvara nusprodukte dezinfekcije, također služi za smanjivanje koncentracije mangana i željeza u vodi te doprinosi

poboljšanju okusa i mirisa vode (16). Optimalna koncentracija za učinkovitu dezinfekciju s klornim dioksidom u rasponu je od 0,1 mg/l do 0,4 mg/l bazenske vode.

1.5.2 Dezinfekcijska sredstva na bazi broma

Dezinfekcijska sredstva na bazi broma manje su primjenjiva od prethodnih sredstva, a dostupna su u obliku tableta, štapića ili granula. Preporučuje se da razine ukupnog broma budu u rasponu koncentracija od 2,0 mg/l do 2,5 mg/l. Ova dezinfekcijska sredstva posebno su u upotrebi za bazenske površine, imaju produženo djelovanje, doprinosi poboljšanju mirisa vode, ne izazivaju iritacije na koži te učinkovito ubiju mikroorganizme i alge prisutne na bazenskoj površini (17). Osim toga, prikladan je za dezinfekciju bazenske vode visoke temperature i visoke pH vrijednosti. Međutim, zbog sporog djelovanja, manje je učinkovit za velike površine bazenskih kupališta (18).

1.5.3 Dezinfekcija ozonom i ultraljubičastim zračenjem

Dezinfekcija ozonom i ultraljubičastim zračenjem koriste se u kombinaciji s konvencionalnim dezinfekcijskim sredstvima na bazi broma i klora.

Ozon se smatra najučinkovitijim dezinfekcijskim sredstvom, ali zbog svoje nestabilnosti nema dugotrajno djelovanje, stoga se koristi kao pomoćno sredstvo u dezinfekciji s zajedno s konvencionalnim sredstvima. Zbog svog kemijskog sastava i svojstava, da bi bio učinkovit, potrebno ga je prije dospjeća u bazensku vodu treba razgraditi u kisik, što se postiže ugradnjom filtera s aktivnim ugljenom zrnatog oblika (19). Ugradnja uređaja za doziranje konvencionalnih dezinfekcijskih sredstava na bazi broma ili klora omogućava korištenje manjih koncentracija za učinkovitu dezinfekciju bazenske vode (20).

Elektromagnetsko zračenje, koje obuhvaća rasponu valnih duljina od 200 nm do 400 nm naziva se ultraljubičasto zračenje, najefikasnije za dezinfekciju bazenske vode pri 254 nm. Upravo takvo kratkovalno zračenje adekvatno uništava sve prisutne mikroorganizme u vodi bez upotrebe kemijskih sredstava i neovisno o pH vrijednosti (16). U postupku dezinfekcije ultraljubičastim zračenjem koristi se UV lampa, što značajno doprinosi kvaliteti bazenske vode (21).

1.5.4 Nusprodukti dezinfekcije

Postupak dezinfekcije često za posljedicu ima nastajanje nusprodukata u reakciji kemijskih dezinficijensa s tvarima prisutnim u vodi. Vrlo bitno je naglasiti kako nastali nusprodukti predstavljaju izrazito nisku razinu rizika za zdravlje u usporedbi s potencijalnim opasnostima od neadekvatno provedene dezinfekcije. Nastanak nusprodukata dezinfekcije prvenstveno ovisi o kvaliteti bazenske vode i o uvjetima provedbe dezinfekcijskog postupka. Preciznije, pojam kvalitete vode uključuje prisutnost tvari u vodi, kao što su sadržaj organske tvari, pH vrijednosti, koncentraciji amonijaka, koncentraciji broma, temperatura vode i alkalitetu. Na sam postupak dezinfekcije utječu vrsta i doza dezinfekcijskog sredstva, vrijeme provedbe postupka, kao i uklanjanje organske tvari neposredno prije početka postupka dezinfekcije. U tablici 3. navedena su najčešće korištena dezinfekcijska sredstva i njihovi nusprodukti primjenjivi u bazenskoj vodi.

Tablica 3. Dezinfekcijska sredstva i njihovi nusprodukti (4).

DEZINFEKCIJSKO SREDSTVO	NUSPRODUKTI DEZINFEKCIJSKOG SREDSTVA
Klor / Hipoklorit	Trihalometani Halooctenakiselina Haloketoni Kloral hidrat Kloropirkin Cijanogen klorid Klorati Kloramini
Ozon	Bromati Aldehidi Ketoni Karboksilne kiseline Bromoform Bromirane octene kiseline
Klorov dioksid	Klorati Kloriti
Brom / Hipoklorit	Trihalometani Bromati Bromamini

Razine nusprodukata nastalih tijekom postupka dezinfekcije moguće je smanjiti ili kontrolirati uklanjanjem prisutnih prekursora u bazenskoj vodi. Organske tvari koje su prirodno prisutne u vodi mogu se ukloniti pomoću aktivnog ugljena, procesima koagulacije ili membranske filtracije (13).

1.6 Trihalometani

Dezinfekcijsko sredstvo na bazi klora u kombinaciji s prirodno prisutnim organskim tvarima u bazenskoj vodi savršena je kombinacija za nastajanje nuproizvoda trihalometana. Opće je poznato da danas u svijetu postoji preko 600 različitih spojeva trihalometana, koji se, zanimljivo dijele u samo tri temeljne skupine:

1. Trihalometani (THM)
2. Halooctena kiselina (HAA)
3. Kloramini.

Prevladavajući spoj u skupini trihalometana je kloroform. U slučajevima kada su koncentracije broma u bazenskoj vodi povišene, mogu nastati bromirani trihalometani kao što su diklorobrommetan, klordibromometan i bromoform. Kemijska formula THM-a je CHX_3 , pri čemu je X halogeni spoj koji može sadržavati klor ili brom (slika 1).



Slika 6. Strukturna formula THM (13)

Koncentracija klora, huminskih kiselina i bromidnih iona, temperatura i pH bazenske vode ključni su faktori pri nastanku prethodno navedenih spojeva. U usporedbi s prirodnim vodama, u bazenskoj vodi su prisutne znatno veće koncentracije trihalometana. Primjerice, voda u tušu sadrži samo organske tvari prirodno prisutne u vodi, dok u usporedbi s bazenskom vodom koja uz prirodno prisutne organske tvari, također sadrži organske tvari antropogenog podrijetla. Znoj, urin i druge razne tvari koje korisnici bazena mogu unijeti na tijelu, prekursori su za nastanak trihalometana, s obzirom na to da se radi dušikovim spojevima različitog sastava (urea, amonijak i aminokiseline). Bazenska kupališta koja za punjenje kombiniraju podzemne i površinske vode, potencijalno sinergistički doprinose pri nastanku bromidnih trihalometana, jer takva voda sadrži

bromidne ione iz podzemne vode i organske tvari iz površinske vode (22). Po svojoj prirodi su hlapljivi spojevi pa se na takav način mogu pronaći u zraku bazenskog kupališta. Ključni čimbenici kojima je uvjetovan prijenos iz bazena u zrak uključuju koncentraciju trihalometana u bazenskoj vodi, temperaturu i količinu prskanja na površinu bazenskog kupališta. Također, faktori poput ventilacije, veličine bazenskog kupališta i cirkulaciji zraka unutar kupališta utječu na koncentraciju na različitim razinama u zraku iznad bazena.

Na temelju rezultata prethodno provedenih istraživanja, koje je 1975.godine provela Međunarodna agencija za istraživanje raka dokazali su da trihalometani imaju kancerogene i mutagene učinke na ljudski organizam, što na kraju može uzrokovati zdravstvene komplikacije i po život opasne probleme. Ovi spojevi mogu dospjeti u ljudski organizam udisanjem kontaminiranog zraka, gutanjem vode ili kontaktom s kožom. Nakon određenog vremena, napadaju organe jetre i bubrega, oštećuju središnji živčani sustav i povećavaju rizik od nastanka kancerogenih stanica. Preciznije definirano, dugotrajni kontakt s dozom iznad 15mg/kg tjelesne težine može izazvati dugoročne probleme na štitnjači, jetri i bubrezima (23). Haloctena kiselina također ima kancerogeni učinak na ljudske stanice, dok klorati napadaju crvene krvne stanice uzrokujući oksidacijski stres i neurološke probleme kod dojenčadi i beba. Vrlo niske koncentracije klorata mogu dovesti do hemolitičke anemije, dok visoke koncentracije uzrokuju methemoglobinemiju.

Između ostalog, s obzirom na prethodno navedene negativne osobine ovih spojeva, zakonski je definirana najveća dopuštena koncentracija trihalometana u bazenskoj vodi koja ne predstavlja opasnost za ljudsko zdravlje, a može se identificirati. Prema pravilniku Republike Hrvatske NN 59/2020 u prilogu I. definirano je da najveća dopuštena koncentracija trihalometana u konvencionalnim bazenima ne smije prelaziti koncentraciju 100 μ g/L (3). Ispitivanje se provodi jednom mjesečno za ukupnu koncentraciju trihalometana, što podrazumijeva zbroj triklometana, tribrommetana, bromodiklorometana i dibromoklorometana.

1.7 Održavanje bazenskog kupališta

Bazensko kupalište mora se redovito održavati na pravilan i adekvatan način. Primarna namjena održavanja bazenskog kupališta je osigurati sanitarno-tehničke i higijenske uvjete. Preporučuje se da odgovorna osoba na vidljivom mjestu istakne kućni red s preporukama za korištenje bazena. Neophodno je redovito provjetravati prostorije, neprekidno mjeriti razinu slobodnog klora, pH vrijednosti i temperaturu bazenske vode.

Mehaničko čišćenje vode provodi se pomoću dijatomejskih filtera s granuliranim materijalom. Također, koristi se skimmer uređaja koji uklanja sve nečistoće s površine vode, sakupljajući ih u košaru koja se nalazi prije samog ulaska u bazensku cijev. Za postupak čišćenja, pranja i dezinfekcije dna bazena i zidova upotrebljava se mokri usisavači, ručne četke s propisanim sredstvima ili usisne metle s redovitim održavanjem kako ne bi došlo do oštećenja materijala bazenskog kupališta (24). Obvezatno je provesti dezinfekciju bazenske vode kako bi se spriječio svaki oblik kontaminacije i prijenosa zaraze (17).

1.8 Kontrola bazenske vode

Sukladno propisanim pravilnicima NN 107/12 i NN 88/14, provodi se uzorkovanje, laboratorijska analiza te ocjena zdravstvene ispravnosti uzoraka bazenske vode koje izvršavaju Zavodi za javno zdravstvo. Nakon uzorkovanja, vrši se laboratorijska analiza fizikalno-kemijskih i mikrobioloških parametara, koji su navedeni u Tablici 4. U slučaju nesukladnosti uzoraka s propisanim pravilnicima, laboratorij je dužan obavijestiti osobu ovlaštenu za bazensko kupalište i sanitarno inspekcijско tijelo. Sanitarna inspekcija provodi nadzor nad propisanim mjerama koje ovlaštena osoba bazenskog kupališta mora adekvatno i učinkovito provoditi kako bi se osigurala zdravstveno ispravna bazenska voda.

Tablica 4. Laboratorijska analiza fizikalno-kemijskih i mikrobioloških parametara

LABORATORIJSKA ANALIZA	
FIZIKALNO-KEMIJSKI PARAMETRI	Temperatura vode
	Slobodni rezidualni klor
	Boja
	Mutnoća vode
	pH vrijednost
	Elektrovodljivost
	Utrošak KMnO ₄
	Trihalometani
MIKROBIOLOŠKI PARAMETRI	Koliformne bakterije
	Escherichia coli
	Aerobne mezofilne bakterije
	Clostridium perfigens
	Pseudomonas aeuginosa

2. CILJ RADA

Istraživanje je provedeno s ciljem utvrđivanja razine trihalometana (THM) u bazenskim vodama na području Primorsko-goranske županije u periodu od 01.01.2023.god. do 31.12.2023. godine. Uzorci su analizirani na Zavodu za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije, konkretno na Odjelu za zaštitu okoliša i zdravstvenu ekologiju. Analizom podataka utvrđuju se odgovaraju li razine THM-a razinama propisanim pravilnicima NN 59/20 i NN 89/22.

3. MATERIJALI I POSTUPCI

3.1 Materijali

Na zahtjev korisnika ili nadležne službe provodi se analiza bazenske vode.

3.2 Postupci

Laboratorijska analiza fizikalno-kemijskih i mikrobioloških parametra provodi se sukladno međunarodno standardiziranim ISO normama. Analizirani parametri zdravstveno su ispravni pod pretpostavkom da vrijednosti analiziranih parametara zadovoljava kriterije i ispunjavaju zahtjeve propisane pravilnicima. U slučaju nesukladnosti s propisanim zahtjevima, nužno je da laboratorij obavijesti odgovornu osobu bazenskog kupališta i nadležno tijelo sanitarne inspekcije o konkretnom slučaju.

3.2.1 Uzorkovanje bazenske vode

Uzorkovanje bazenske vode provodi se sukladno međunarodnoj normi HRN ISO 19458:2008. Postupak uzorkovanja utječe na kvalitetu analitičkih uzoraka, a vrsta i količina spremnika za uzorkovanje ovise o vrsti analize i broju uzoraka. Preporučuje se poduzeti predstojeće mjere opreza kako bi se spriječilo potencijalno onečišćenje uzorka. Prilikom određivanja fizikalno-kemijskih parametara upotrebljavaju se staklene boce s plastičnim čepom volumena od 500 ml ili Winkler boca s brušenim čepom volumena od 100 ml. Pri određivanju mikrobioloških parametara upotrebljavaju se stakleni spremnici s teflonskim čepom crvene boje, uz dodatak natrij tiosulfata, volumena 500 ml ili 1000 ml. Neki od parametara analiziraju se " in situ " pomoću prijenosnih analitičkih instrumenata, poput temperature vode i zraka, pH vrijednosti te koncentracija klora.

Kriteriji koje " in situ " analiza treba zadovoljiti uključuju:

- Uzorkovanje tijekom radnog vremena
- Uzorkovanje na dijelu kupališta gdje nema korisnika
- Prije uzorkovanja, spremnike je potrebno isprati uzorkom, a nakon provedenog postupka vanjska površina mora biti suha i čista

- Ispunjavanje spremnika vrši se do oznake radi uklanjanja mogućih odstupanja za vrijeme mjerenja.

Kriteriji za laboratorijsku analizu su:

- Uzorkovanje u sterilne spremnike od strane akreditiranog laboratorija
- Za mikrobiološku analizu, uzorci se pune u spremnike najmanje 2,5 cm od poklopca kako bi se olakšala homogenizacija
- Za kemijsku analizu, uzorci se pune do vrha spremnika
- Pribor i oprema za uzorkovanje skladište se na čistom, suhom i prozračnom mjestu
- Uzorci se čuvaju u rashladnoj komori na temperaturi od +2°C do 5°C.

3.2.2 Određivanje trihalometana

Određivanje razine trihalometana u bazenskoj vodi provodi se sukladno međunarodnoj normi HRN EN ISO 10301:2002* koristeći statistički " HEAD-SPACE " metodu na instrumentu vezanog sustava plinskog kromatografa Thermo Trace 1300 GC – spektrometar masa ISQ LT. Plinska kromatografija je vrsta separacijske tehnike koja omogućava da se lakohlapljive komponente smjese mogu izdvojiti iz složenog matriksa, a temelji se na nejednolikoj raspodjeli komponenti uzorka između pokretne i nepokretne faze, ovisno o njihovim koeficijentima (25). Uzorci se dostavljaju u vialkama s propisanim volumenom i nepropusnim čepom, a njihova priprema neposredno prije same analize nije potrebna. Nakon uspostavljene ravnoteže u plinovitoj fazi pri povišenoj temperaturi, uzorak se ubacuje u plinski kromatograf spregnut s MS detektorom. Standardna otopina trihalometana priprema se na način da se pomoću razrjeđenja može odrediti baždarna krivulja. Baždarna krivulja propisana je prethodno navedenom normom, a prilikom izrade za analizu THM-a, analiziraju se standardne otopine u propisanom koncentracijskom području. Krajnji rezultat je kalibracijski pravac iz kojeg se pomoću jednadžbe pravca može izračunati koncentracija određene komponente.

3.3 ANOVA test

ANOVA test je statistička metoda koja se koristi za utvrđivanje postoji li statistički značajna razlika među sredstvima grupe i varijable prilikom čega skupine mogu biti povezane određenim značajkama. Statistička metoda Anova testa primjenjuje se na principu nul-hipoteze koja pretpostavlja da ne postoji značajna razlika između srednjih vrijednosti grupa, dok alternativna hipoteza pretpostavlja da postoji najmanje jedna grupa koja se značajno razlikuje po srednjoj vrijednosti od ostalih grupa.

Anova analiza može biti jednofaktorska ili dvostruka, ovisno o broju faktora koji se analiziraju.

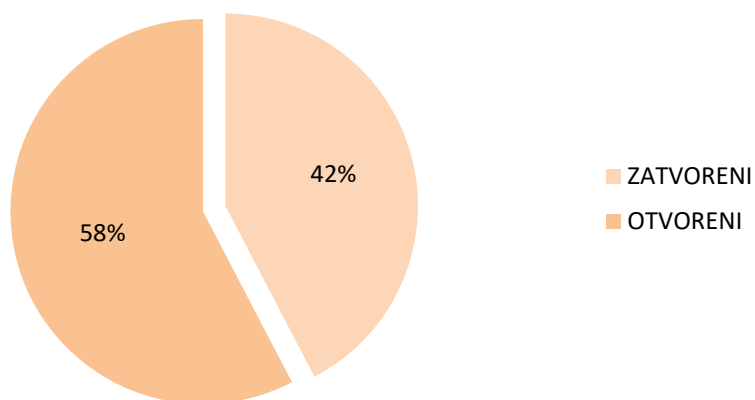
Temeljni koraci u ANOVA testu uključuju:

1. Izračunavanje srednje vrijednosti i varijable za svaku grupu podataka
2. Izračunavanje ukupne vrijednosti koja se sastoji od varijabli unutar skupine podataka i varijabli između skupina
3. Testiranje F-vrijednosti koja se odnosi na vrijednost među skupinama i varijablama unutar njih
4. P- vrijednost koja je definirana na temelju F-vrijednosti i odgovarajućih stupnjeva slobode.

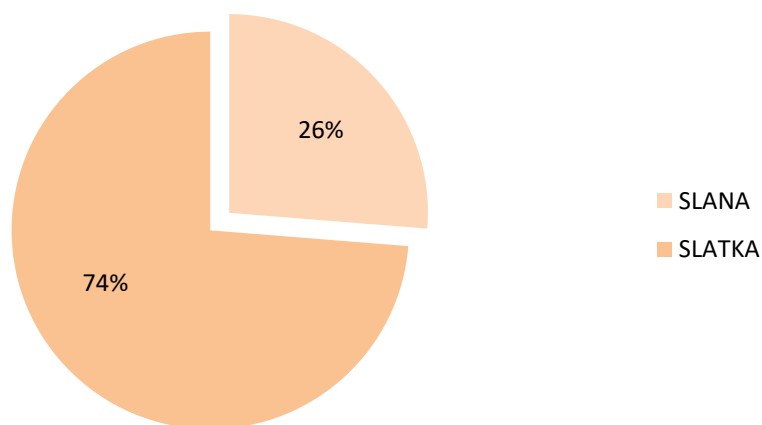
Anova je snažna statistička analiza podataka jer omogućava istraživanje između više varijabli i njihov utjecaj na zavisnu varijablu.

4. REZULTATI

U periodu od 01.01.2023. godine do 31.12.2023. godine na području Primorsko-goranske županije analizirano je sveukupno 1795 uzoraka bazenske vode. Od tog broja, analizirano je 1035 otvorenih bazena i 760 zatvorenih. S obzirom na vrstu vode 1324 bazena punjena slatkom vodom, dok je 471 punjen slanom vodom. Rezultati trihalometana izraženi su kvantitativno u jedinici $\mu\text{g/l}$.

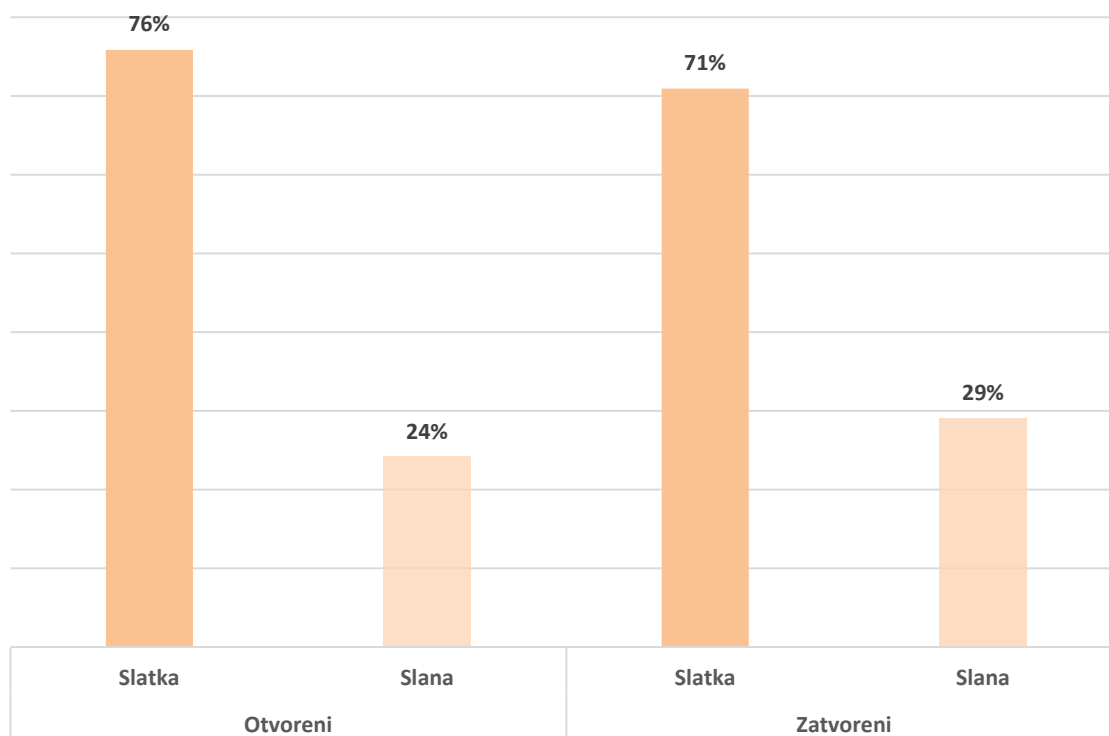


Slika 7. Udio (%) ispitanih uzoraka otvorenih i zatvorenih bazena



Slika 8. Udio (%) ispitanih uzoraka bazena punjenih sa slatkom i slanom vodom

Od ukupnog broja analiziranih otvorenih bazena, 785 (76%) je bilo punjeno slatkom vodom, dok je preostalih 250 (24%) bilo punjeno slanom vodom. U usporedbi sa zatvorenim bazenima vrijedi sličan omjer, s tim da je 539 bazena (71%) punjeno slatkom vodom, a samo 21 bazen (29%) punjeno sa slanom vodom.



Slika 9. Udio (%) vrste vode po tipu bazena

Rezultati aritmetičke sredine i standardne devijacije za varijablu ukupnih trihalometana i slobodnog rezidualnog klora ovisno o tipu bazena prikazane su u tablici ispod.

Tablica 5. Deskriptivna statistika po tipu bazena

Tip bazena	Trihalometani ($\mu\text{g/l}$)		SRK (mg/l)	
	M	SD	M	SD
Otvoreni	96.71	87.88	0.72	0.41
Zatvoreni	53.71	54.63	0.76	0.42

Rezultati aritmetičke sredine i standardne devijacije za varijablu ukupnih trihalometana i slobodnog rezidualnog klora ovisno o tipu vode prikazane su u tablici ispod.

Tablica 6. Deskriptivna statistika po vrsti vode

Tip vode	Trihalometani ($\mu\text{g/l}$)		SRK (mg/l)	
	M	SD	M	SD
Slatka	65.21	75.61	0.78	0.44
Slana	100.41	70.53	0.63	0.31

Rezultati aritmetičkih sredina i standardne devijacije varijabli ukupnih trihalometana i slobodnog rezidualnog klora ovisno o tipu bazena i tipu vode prikazane su u tablici ispod.

Tablica 7. Deskriptivna statistika po tipu bazena i vrsti vode

Tip bazena	Tip vode	Trihalometani ($\mu\text{g/l}$)		SRK (mg/l)	
		M	SD	M	SD
Otvoreni	Slatka	89.63	86.71	0.77	0.44
Otvoreni	Slana	118.83	88.09	0.57	0.27
Zatvoreni	Slatka	40.11	51.30	0.78	0.45
Zatvoreni	Slana	86.01	48.46	0.70	0.34

Pri obradi statističkih podataka utjecaj tipa bazena i vrste vode na količinu trihalometana koristi se dvofaktorska analiza Anova s faktorima tip bazena i tip vode te nezavisna varijabla ukupni trihalometani.

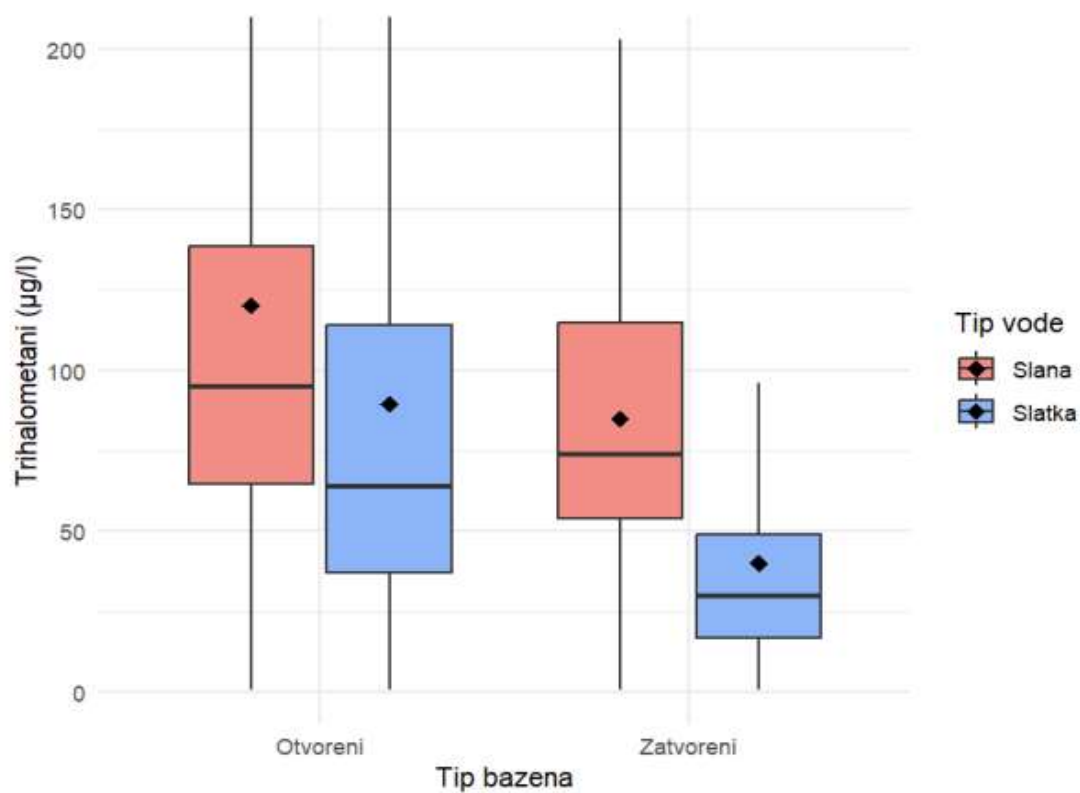
Rezultati analize pokazuju da postoji statistički značajana razlika ovisno o tipu bazena na razinu trihalometana ($F(1,1388)=91.90$, $p<0.001$) te s obzirom na dobivene rezultate otvoreni bazeni imaju veće razine trihalometana od zatvorenih bazena. Također postoji statistički značajna razlika ovisno o vrsti vode na razinu trihalometana ($F(1,1388)=76.46$, $p<0.001$) te s obzirom na dobivene rezultate bazeni punjeni sa slanom vodom imaju veće razine trihalometana od bazena punjenih slatkim vodom.

Statistički gledano prethodno dobivene rezultate ne postoji statistički značajna razlika u interakciji između tipa bazena i tipa vode ($F(1,1388)=3.78$, $p=0.052$) što znači da je efekt tipa vode isti neovisno o tipu bazena te u oba tipa bazena veće razine trihalometana imaju bazeni sa slanom vodom.

Tablica 8. Anova rezultati

ANOVA - Trihalometani (ukupni) $\mu\text{g/l}$					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
TIP VODE (slatka/slana)	382629.47	1	382629.47	76.46	< 0.001
TIP BAZENA (otvoreni/zatvoreni)	459940.38	1	459940.38	91.90	< 0.001
TIP VODE (slatka/slana) * TIP BAZENA (otvoreni/zatvoreni)	18909.71	1	18909.71	3.78	0.052
Residuals	6946361.99	1388	5004.58		

Slika 10. prikazuje statistički značajno veće vrijednosti trihalometana u bazenima punjeni sa slanom vodom.



Slika 10. Razine trihalometana (µg/l) po tipu bazena i tipu vode

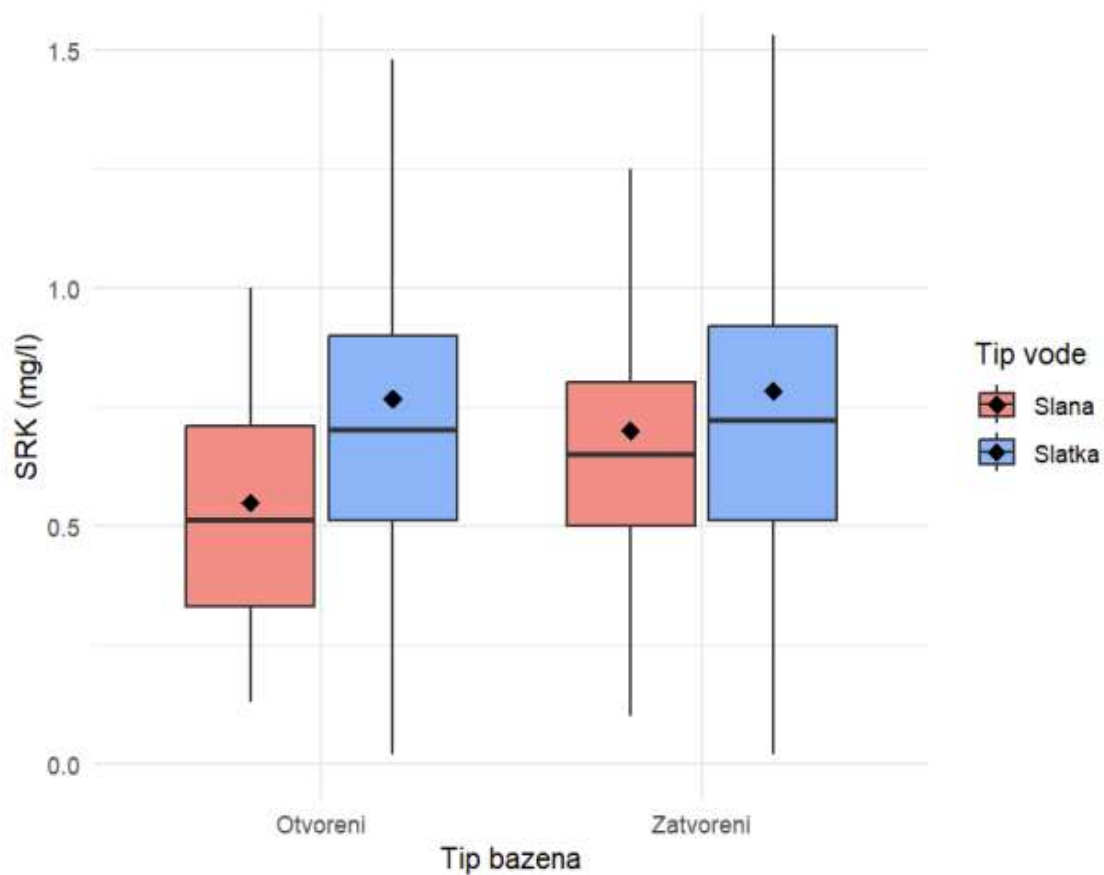
Također, provedena je analiza utjecaja tipa bazena i tipa vode na varijablu slobodnog rezidualnog klora dvofaktorskom analizom Anova s faktorima tip bazena i tip vode te nezavisnom varijablom slobodni rezidualni klor.

Rezultati analize pokazuju da postoji statistički značajna razlika ovisno o tipu bazena na varijablu slobodni rezidualni klor ($F(1,1781)=10.5$, $p<0.001$) te s obzirom na dobivene rezultate zatvoreni bazeni imaju veće vrijednosti slobodnog rezidualnog klora od otvorenih bazena. Također, postoji statistički značajna razlika ovisno o tipu vode na varijablu slobodni rezidualni klor ($F(1,1781)=42.01$, $p<0.001$) i bazeni punjeni sa slatkom vodom imaju veće vrijednosti slobodnog rezidualnog klora od bazena sa slanom vodom. Slijedom navedenog, postoji statistički značajna razlika između tipa bazena i tipa vode ($F(1,1388)=7.61$, $p=0.006$) te je utjecaj tipa vode izraženiji za otvorene bazene nego za zatvorene, odnosno, po pitanju varijable slobodni rezidualni klor ima veću ulogu za otvorene bazene, nego za zatvorene bazene.

Tablica 9. Anova rezultati

ANOVA – SRK mg/l					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
TIP VODE (slatka/slana)	7.07	1	7.07	42.01	0.001
TIP BAZENA (otvoreni/zatvoreni)	1.77	1	1.77	10.50	<0.001
TIP VODE (slatka/slana) * TIP BAZENA (otvoreni/zatvoreni)	1.28	1	1.28	7.61	0.006
Residuals	299.61	1781	0.17		

Slika 11. prikazuje statistički značajno veće vrijednosti slobodnog rezidualnog klora kod bazena punjenih sa slatkom vodom.



Slika 11. Vrijednosti SRK (mg/l) po tipu bazena i tipu vode

5. RASPRAVA

Broj i vrste bazenskih kupališta kontinuirano rastu iz godine u godinu, bilo da se radi o privatnim ili javnim kupalištima te slijednom takvih podataka zabilježena je njihova sve veća popularnost. Takva vrsta kupališta značajno je popraćena mnogobrojnim pozitivnim učincima na zdravlje i dobrobit korisnika. Međutim, s druge strane ukoliko se bazenskim kupalištima ne upravlja ispravno, postoji mogućnost za razvoj kemijskog i mikrobiološkog onečišćenja. Vrlo je važno da se voda tretira na ispravan način kako bi se smanjio rizik zdravstvene opasnosti i zadovoljili uvjeti propisani pravilnikom NN 59/2020. Paralelno s tim, također je važno da se korisnici kupališta pridržavaju propisanih mjera, jer bazenska voda najčešće bude kontaminirana ljudskim fekalijama i znojem. Za održavanje mikrobiološki ispravne bazenske vode najčešće se koriste dezinfekcijska sredstva na bazi klora. Međutim, prisutnost organske i anorganske tvari u bazenskoj vodi glavni su prekursori za nastanak nusprodukata dezinfekcijskog sredstva. U najvećem postotku, kao nusprodukti kloriranja zabilježeni su trihalometani (THM), pri čemu je kloroform jedan od najznačajnijih i toksičnih spojeva.

Tijekom ovog jednogodišnjeg istraživanja bazenske vode na području Primorsko-goranske županije analizirano je 1795 bazena. Od ukupnog broja promatranih bazena, 1035 (58%) je otvorenog tipa, dok je preostalih 760 (42%) zatvorenog tipa kupališta. Većina bazena bila je punjena slatkom vodom, 1324 (74%), dok je preostalih 471 (26%) bilo punjeno sa slanom vodom. Detaljnije, od ukupnog broja otvorenih bazena, njih 785 (76%) bilo je punjeno sa slatkom vodom, dok je 250 (24%) bilo sa slanom vodom. Sličan omjer vrijedi i za zatvorene bazene, gdje ih je 39 (71%) bilo punjeno sa slatkom vodom i 221 (29%) sa slanom vodom. Analizirano je ukupno 12 fizikalno-kemijskih i mikrobioloških parametara, a cilj ovog diplomskog rada bio je utvrditi razine trihalometana u bazenskim vodama Primorsko-goranske županije. Od ukupnog broja analiziranih kupališta, s obzirom na razinu trihalometana i slobodnog rezidualnog klora, ipak je 645 uzoraka bilo neispravno, odnosno 36%.

U Hrvatskoj je prvi pravilnik o bazenskim vodama stupio na snagu 2012. godine, a trenutno je na snazi pravilnik iz 2020. godine koji propisuje uvjete koje bazensko kupalište nužno mora ispunjavati kako bi uzorak vode bio zdravstveno ispravan i kako bi se zdravstvena opasnost smanjila na najmanju moguću razinu. Na razini Europske unije trenutno ne postoji jedinstveni

zakonski okvir za kvalitetu bazenske vode, već je propisano da članice EU na temelju nacionalne razine postavljaju kriterije koje uzorak bazenske vode mora ispunjavati.

Hrvatski zavod za javno zdravstvo (HZJZ), u 2017. godini, u suradnji s laboratorijem za javno zdravstvo županija odnosno grada Zagreba, obradio je i analizirao podatke dobivene tijekom analizirane 1128 javnih bazena te su napravili usporedbu kvalitete otvorenih i zatvorenih bazena te ovisno o tipu vode za punjenje uspoređeni su podaci bazena punjenih slatkom i slanom vodom. Obavljena je fizikalno-kemijska i mikrobiološka analiza na ukupno 7743 uzorka bazenske vode, pri čemu su pojedini bazeni uzorkovani jednom do dva puta mjesečno. Rezultati su pokazali da je većina bazenskih kupališta punjena slatkom vodom 84.8%, dok je 15.2% bazena punjeno slanom vodom. Jednom mjesečno obavljalo se uzorkovanje bazenskih kupališta s automatskim doziranjem i opremom za kontinuirano praćenje temperature, slobodnog klora i pH vrijednosti, a jednom godišnje uzorkovala se voda za punjenje. Kod bazena bez prethodno navedene opreme, uzorkovanje bazenske vode obavljalo se dva puta mjesečno. Kod sezonskih bazenskih kupališta, neovisno o opremi, uzorkovanje se obavljalo dva puta mjesečno, a voda jednom tijekom perioda rada bazenskog kupališta. Uvidom u rezultate analiza, 18% uzoraka bilo je neispravno neovisno o tipu vode, a najčešći uzroci su prisutnost *Pseudomonas aeruginosa* i povišene koncentracije trihalometana, što ujedno ukazuje na neadekvatno provedene mjere dezinfekcije. Detaljnije, veći postotak neispravnih uzoraka utvrđen je kod otvorenih bazena i onih bazena punjenih slanom vodom. Dokazano je da otvorena kupališta sadržavaju dvostruko veće koncentracije trihalometana u odnosu na zatvorena kupališta, također kupališta punjena slanom vodom prosječno tri puta više, nego oni punjeni sa slatkom vodom.

U Republici Hrvatskoj, prema smjernicama Svjetske zdravstvene organizacije, definirana je najviša dopuštena koncentracija za ukupne trihalometane te ona iznosi 100 µg/l.

Tijekom 2017. godine u Poljskoj je provedeno uzorkovanje i analiza zatvorenih bazenskih kupališta s ciljem utvrđivanja razine trihalometana. Uvidom u rezultate istraživanja dokazano je da bazenska kupališta s većim brojem korisnika prate povišene koncentracije trihalometana u vodi. Takvo proporcionalno praćenje podataka podrazumijeva se jer ujedno su povećane potrebe za dezinfekcijskim sredstvima kako bi se održala kvaliteta vode na zdravstveno prihvatljivoj razini. Dakle, bazenska kupališta s većim brojem korisnika prate organsku opterećenost vode te na kraju dovode do povišene razine stvaranja nusprodukata dezinfekcije trihalometana. Rezultati

istraživanja pokazuju značajan broj neispravnih uzoraka bazenske vode, jer su dokazane koncentracije trihalometana u rasponu od 27.6 µg/l do 278.6 µg/l, uspoređujući s najvišom dopuštenom koncentracijom od 100 µg/l. Nesukladni rezultati povezani su s neispravnim i neučinkovitim sustavom sanitacije prilikom čega se u većini slučajeva koriste šljunčani, pješčani i antracitni filtri, a prema literaturnim podacima kad je u pitanju uklanjanje organske tvari iz vode, upravo ovo su najmanje učinkoviti načini (26).

U istraživanju provedenom u Londonu 2002.godine, također su dokazane povišene razine trihalometana u analiziranim uzorcima s prosječnom vrijednost od 132.5 µg/l.

Prisutnost slobodnog rezidualnog klora i održavanje njegove koncentracije izazovan je zadatak, ali nužno neophodan zadatak kako bi se održala zdravstvena ispravnost bazenske vode. Koncentracije klora u vodi nisu stabilne, a ukoliko se duži vremenski period zadrže visoke koncentracije mogu dovesti do neželjenih pojava, konkretno stvaranja trihalometana. Koncentracije slobodnog rezidualnog klora nisu strogo definirane već se značajno razlikuju od države i regije. Primjerice, u Kanadi su dozvoljene koncentracije klora u rasponu od 0.8 do 2.0 mg/l (26), dok su u Sjedinjenim Američkim državama dozvoljene koncentracije slobodnog rezidualnog klora u rasponu od 1 do 5 mg/l (27), a u Francuskoj najviša dopuštena koncentracija iznosi 0.6 mg/L (28). Uspoređujući podatke tijekom ovog istraživanja sa istraživanjem provedenim u Pennsylvaniji, dokazane su skoro pa dvostruko više razine nego kod nas. Prosječna vrijednost slobodnog rezidualnog klora u našem istraživanju iznosi 0.79 mg/l, dok u Pennsylvaniji 1.35 mg/l (29).

Tijekom ovog istraživanja uočena je statistički značajna razlika ovisno o tipu bazena na varijablu slobodni rezidualni klor te s obzirom na dobivene rezultate dokazano je da su veće razine analizirane varijable prisutne u zatvorenim bazenima u odnosu na otvorene bazene. Također, bazeni punjeni sa slatkom vodom imaju veće vrijednosti slobodnog rezidualnog klora od onih bazena punjenih slanom vodom.

Analizom rezultata našeg istraživanja provedenog na području Primorsko-goranske županije možemo primijetiti kako je kvaliteta bazenske vode prilično zadovoljavajuća. Postotak nezadovoljavajućih uzoraka iznosi 36%, što je značajno niže u odnosu na rezultate istraživanja drugih autora. Prema Rješenju Državnog inspektorata za pojedine nezadovoljavajuće uzorke, propisano je da koncentracije slobodnog klora mora biti u rasponu od 1 do 2 mg/l te ako se detaljnije analizira taj postotak nezadovoljavajućih uzoraka bio bi < 36%. Iako su rezultati istraživanja prihvatljivi za zdravlje ljudi, tehnologija za praćenje kvalitete bazenske vode još uvijek može napredovati kako bi se postotak nezadovoljavajućih uzoraka dodatno smanjio. Primjenom pravilnika NN 59/20 kvaliteta bazenske vode podignuta je na višu razinu zbog definiranih sanitarno-tehničkih i higijenskih uvjeta. Redovita analiza te broj analiziranih mikrobioloških i fizikalno-kemijskih parametara u konačnici rezultiraju primjenom zdravstveno ispravne vode za korištenje u bazenskim kupališta.

6. ZAKLJUČAK

Na temelju analiziranih uzoraka i dobivenih rezultata istraživanja bazenske vode tijekom jednogodišnjeg istraživanja na području Primorsko-goranske županije, zaključeno je sljedeće:

- Sveukupno je analizirano 1795 uzoraka bazenske vode, od čega 1035 otvorenih i 760 zatvorenih bazena, te s obzirom na vrstu vode 1324 bazena punjena sa slatkom vodom i 471 slanom vodom.
- Od ukupnog broja analiziranih otvorenih bazena, 785 bazena (76%) punjeno je slatkom vodom, dok je preostalih 250 (24%) punjeno slanom vodom.
- Od ukupnog broja analiziranih zatvorenih bazena, 539 bazena (71%) punjeno je slatkom vodom, a tek 21 bazen (29%) punjen sa slanom vodom.
- Utvrđena je statistički značajna razlika ovisno o tipu bazena na razinu trihalometana te s obzirom na dobivene rezultate utvrđeno je da otvoreni bazeni imaju više razine trihalometana u usporedbi sa zatvorenim bazenima.
- Utvrđena je statistički značajna razlika ovisno o vrsti vode na razinu trihalometana, te s obzirom na dobivene rezultate utvrđeno je da bazeni punjeni sa slanom vodom imaju veće razine trihalometana u usporedbi s bazenima punjenim sa slatkom vodom.
- U interakciji između tipa bazena i tipa vode nije uočena statistički značajna razlika što znači da je efekt vode isti neovisno o tipu bazena, odnosno povišene razine trihalometana imaju bazeni punjeni sa slanom vodom.
- Prema pravilniku Republike Hrvatske NN 59/2020 definirano je da najveća dopuštena koncentracija trihalometana ne smije prelaziti koncentraciju 100µg/L.
- Rezultati istraživanja pokazuju da je 64% uzoraka u skladu s propisanim pravilnicima.
- Postotak nezadovoljavajućih uzoraka iznosi 36%.
- Primjenom pravilnika NN 59/20 kvaliteta bazenske vode podignuta je na višu razinu zbog definiranih sanitarno-tehničkih i higijenskih uvjeta.
- Redovita analiza mikrobioloških i fizikalno-kemijskih parametara rezultiraju zdravstveno ispravnom vodom za korištenje bazenskog kupališta.

7. LITERATURA

1. Puntarić D, Miškulin M, Bošnjir J. i suradnici. Zdravstvena ekologija. Zagreb: Medicinska naklada; 2012.
2. Središnji katalog službenih dokumenata Republike Hrvatske. Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN 125/13, 141/13, 128/15). [Citirano 05.04.2024.]. Dostupno na: <https://sredisnjikatalogrh.gov.hr/sredisnji-katalog/pravni-propisi?query=Pravilnik%20o%20parametrima%20sukladnosti%20i%20metodama%20analize%20vode%20za%20ljudsku%20potro%C5%A1nju&cb=0,1&page=1>
3. Pravilnik o sanitarno – tehničkim i higijenskim uvjetima bazenskih kupališta te o zdravstvenoj ispravnosti bazenskih voda (NN 59/2020). Dostupno na: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_05_59_1186.html
4. Ćorić, F. 'Usporedba mikrobioloških i fizikalno-kemijskih parametara kvalitete bazenske vode: bazeni punjeni slatkom vodom vs morskom vodom', Diplomski rad, Sveučilište u Rijeci, Medicinski fakultet, 2022. [Citirano 07.04.2024.]. Dostupno na: <https://repository.medri.uniri.hr/islandora/object/medri:6869>
5. Kvaliteta vode -- Određivanje slobodnoga i ukupnoga klora -- 2. dio: Kolorimetrijska metoda s N,N-dialkil-1,4-fenilendiaminom u svrhu rutinske kontrole (ISO 7393-2:2017; EN ISO 7393-2:2018) [Internet]. Hrvatski zavod za norme. 2018. [Citirano 07.04.2024.] Dostupno na: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+ISO+7393-2%3A2018>
6. Rodger B, Baird, Andrew D. Eaton EWR. Standard Methods for The Examination Of Water and Wastewater. Am Public Heal Assoc [Internet].1–1545; 2018. [Citirano 13.04.2024.] Dostupno na: <http://dl.mozh.org/upload/StandardMethods23RD.pdf>
7. Bolf N, Mjerenje mutnoće – turbidimetrija i nefelometrija. [Internet]. 69:711–4; 2020. [Citirano 16.04.2024.] Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/360391>
8. Metroteka. Konduktometri i njihovo umjeravanje [Internet]. [Citirano 16.04.2024.] Dostupno na: <https://metroteka.com/>
9. Dogančić D. i suradnici. Određivanje koncentracije trihalometana u vodi, Hrvatske vode. Zagreb; 2020. [Citirano 16.04.2024.] Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/350252>

10. Kakvoća vode -- Određivanje lakohlapljivih halogeniranih ugljikovodika -- Metode plinske kromatografije (ISO 10301:1997; EN ISO 10301:1997). Hrvatski normativni dokument [Internet]. 2002. [Citirano 21.04.2024.]. Dostupno na: <https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+ISO+10301%3A2002>
11. Aerobne mezofilne bakterije [Internet]. [Citirano 22.04.2024.]. Dostupno na: <https://www.zzjzdnz.hr/hr/o-nama/rjecnik-pojmova/960>
12. Aerobne bakterije [Internet]. [Citirano 22.04.2024.]. Dostupno na: <https://hr.womanuntamed.com/aerobicbacteria>
13. Bulog A, Kenđel Jovanović G, Linšak Ž, Lušić D, Pavičić Žeželj S, Tomić Linšak D i Vukić Lušić D. Zdravstvena ekologija; 2022. [Citirano 23.04.2024.]. Dostupno na: [zdravstvena ekologija radna verzija.pdf](#)
14. Kalenić S. i suradnici. Medicinska mikrobiologija. Zagreb, Medicinska naklada; 2013.
15. World Health Organization. Guidelines for safe recreational water environments . Volume 2 - Swimming pools and similar environments. [Internet]. [Citirano 23.04.2024.]. Dostupno na: http://www.who.int/water_sanitation_health/bathing/srwe2full.pdf
16. World Health Organization, Water treatment and pathogen control: Process efficiency in achieving safe drinking-water. [Internet]. London; 2004. Dostupno na: <https://www.who.int/publications/i/item/9241562552>
17. Methods of cleaning and disinfection of water in the pool. [Internet]. Dostupno na: <https://awfrance.com/bathhouses-saunas-and-pools/methods-of-cleaningand-disinfection-of-water-in/>
18. Važnost ispitivanja vode u bazenima i spa, Hanna instruments. [Internet]. [Citirano 25.04.2024.] Dostupno na: <https://blog.hannaservice.eu/hr/vaznost-ispitivanja-vode-u-bazenima-i-spa/>
19. Lakeshore, pools&hottubs. [Internet]. [Citirano 25.04.2024.] Dostupno na: <https://www.lakeshorepoolsandtubs.com/>
20. Dozirani uređaji, dezinfekcija i održavanje bazenske vode. [Internet]. [Citirano 27.04.2024.] Dostupno na: <https://bazeni.hr/bazeni/dozirni-uredaji/>
21. Gulić I. Kondicioniranje voda. Sveučilišni udžbenik, Zagreb; 2003.

22. Panyakapo M, Soontornchai S, Paopuree P. Cancer risk assessment from exposure to trihalomethanes in tap water and swimming pool water; 2008. [Internet]. [Citirano 28.04.2024.] Dostupno na: https://www.researchgate.net/publication/5256759_Cancer_Risk_Assessment_from_Exposure_to_Trihalomethanes_in_Tap_Water_and_Swimming_Pool_Water
23. Villanueva C.M. , Gagniereb B , Monfortc C, Nieuwenhuijsena M.J, Cordierc S. Sources of variability in levels and exposure to trihalomethanes. Environmental Research. [Internet]. [Citirano 28.04.2024.] Dostupno na: <http://www.sciencedirect.com/>
24. Održavanje bazenske vode. [Internet]. [Citirano 03.05.2024.]. Dostupno na: <https://www.kupanac.hr/arhiva/5258>
25. Kolb B. Headspace Gas Chromatography. Handbook of Methods and Instrumentation in Separation Science. Elsevier Ltd, London; 2000.
26. Swimming pool and spa chemicals [Internet]. Government of Canada. 2016. [Citirano 01.06.2024.]. Dostupno na: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthyliving/guidelines-canadian-drinking-water-quality-chlorine-guideline-technicaldocument/page-2-guidelines-canadian-drinking-water-quality-chlorine-guidelinetechnical-document.html>
27. Yang L, Chen X, She Q, Cao G, Liu Y, Chang VWC, et al. Regulation, formation, exposure, and treatment of disinfection by-products (DBPs) in swimming pool waters: A critical review. Environ Int [Internet].121(May):1039–57; 2018. [Citirano 01.06.2024.]. Dostupno na: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.10.024>
28. Cimetière N, De laa J. Effects of UV-dechloramination of swimming pool water on the formation of disinfection by-products: A lab-scale study. Microchem J [Internet]. 112:34–41; 2014.[Citirano 01.06.2024.].Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0026265X13001690?via%3Dihub>
29. Berg AP, Fang TA, Tang HL. Variability of residual chlorine in swimming pool water and determination of chlorine consumption for maintaining hygienic safety of bathers 46 with a simple mass balance model. J Water Health [Internet]. 17(2):227–36; 2019. [Citirano 01.06.2024.]. Dostupno na:

<https://iwaponline.com/jwh/article/17/2/227/65345/Variability-ofresidual-chlorine-in-swimming-pool>

8. POPIS SLIKA

SLIKA 1. OTVORENI BAZEN.....	3
SLIKA 2. ZATVORENI BAZEN	3
SLIKA 3. SHEMA SPEKTROFOTOMETRIJSKOG ODREĐIVANJA BOJE	6
SLIKA 4. SHEMA TURBIDIMETRIJE.....	7
SLIKA 5. PH VRIJEDNOSTI.....	8
SLIKA 6. STRUKTURNA FORMULA THM (13).....	16
SLIKA 7. UDIO (%) ISPITANIH UZORAKA OTVORENIH I ZATVORENIH BAZENA.....	24
SLIKA 8. UDIO (%) ISPITANIH UZORAKA BAZENA PUNJENIH SA SLATKOM I SLANOM VODOM	24
SLIKA 9. UDIO (%) VRSTE VODE PO TIPU BAZENA	25
SLIKA 10. RAZINE TRIHALOMETANA (MG/L) PO TIPU BAZENA I TIPU VODE.....	28
SLIKA 11. VRIJEDNOSTI SRK (MG/L) PO TIPU BAZENA I TIPU VODE.....	30

ŽIVOTOPIS

Danijela Miletić, rođena 04.02.2000. u Gospiću, svoje djetinjstvo provodi s obitelji u malom mjestu Gračac gdje i završava svoje osnovnoškolsko obrazovanje. Upisuje Srednju medicinsku školu Ante Kuzmanića u Zadru te stječe kvalifikaciju farmaceutskog tehničara. Nakon toga odabire preddiplomski studij Sanitarnog inženjerstva na Zdravstvenom veleučilištu u Zagrebu koji završava 2022.godine. Diplomski studij upisuje na Medicinskom fakultetu sveučilišta u Rijeci na kojem završava svoje školovanje.