

Mikrobiološka analiza vode u kuhinjama osnovnih škola u Požegi i okolici

Blažeković, Andrea

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Tourism and Rural Development in Požega / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet turizma i ruralnog razvoja u Požegi**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:277:672399>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-25**



Repository / Repozitorij:

[FTRR Repository - Repository of Faculty Tourism and Rural Development Pozega](#)



**FAKULTET TURIZMA I RURALNOG
RAZVOJA U POŽEGI**



ANDREA BLAŽEKOVIĆ, 0253052131

**MIKROBIOLOŠKA ANALIZA VODE U KUHINJAMA
OSNOVNIH ŠKOLA U POŽEGI I OKOLICI**

ZAVRŠNI RAD

Požega, 2023. godine.

FAKULTET TURIZMA I RURALNOG
RAZVOJA U POŽEGI

PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

**MIKROBIOLOŠKA ANALIZA VODE U KUHINJAMA
OSNOVNIH ŠKOLA U POŽEGI I OKOLICI**

ZAVRŠNI RAD

IZ KOLEGIJA MIKROBIOLOGIJA HRANE

MENTOR: Helena Marčetić, dipl. ing.

STUDENT: Andrea Blažeković

JMBAG studenta: 0253052131

Požega, 2023. godine

SAŽETAK

Voda sadrži mnoštvo mikroorganizama, no ukoliko u doticaj s njom dođu i oni patogeni uzrokuju niz bolesti. Budući da su djeca posebno izložena riziku od bolesti povezanih s vodom, pristup poboljšanim izvorima vode može rezultirati boljim zdravljem, a time i boljim pohađanjem škole, s pozitivnim dugoročnim posljedicama za njihove živote. Mikrobiološko ispitivanje vode proučava odnosno ispituje specifične patogene organizame. Istraživanje se fokusira na analizu vode u više škola u Požegi kako bi se ustanovila kakvoća pitke vode. Rezultati istraživanja pokazuju kako nisu potrebna korektivna djelovanja na vodoopskrbnom mjestu školske populacije jer voda nije zagađena nedozvoljenim bakterijama, te svi uzorci odgovaraju mikrobiološkim kriterijima.

Ključne riječi: mikroorganizmi, voda, škola, analize

ABSTRACT

Water contains many microorganisms, but if those pathogens, come into contact with it, they cause a number of diseases. Since children are particularly at risk of water-related diseases, access to improved water sources can result in better health and thus better school attendance, with positive long-term consequences for their lives. Microbiological testing of water defines specific pathogenic organisms. The results of the research show that no specific corrective actions are needed at the water supply points of the school population because the water is not contaminated with illegal bacteria, and all samples meet the microbiological criteria.

Key words: microorganisms, water, school, analyses

SADRŽAJ:

| | |
|---|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. PREGLED LITERATURE..... | 3 |
| 2.1. Voda..... | 3 |
| 2.2. Pokazatelji kakvoće vode | 4 |
| 2.2.1. Fizikalni pokazatelji kakvoće vode | 5 |
| 2.2.2. Kemijski pokazatelji kakvoće vode..... | 5 |
| 2.2.3. Biološki pokazatelji kakvoće vode..... | 5 |
| 2.2.4. Mikrobiološki pokazatelji kakvoće vode | 6 |
| 2.3. Bakterije u vodi | 6 |
| 2.4. Ostali zagađivači vode..... | 8 |
| 2.5. Posljedice onečišćenja vode | 10 |
| 3. METODE I MATERIJALI ISTRAŽIVANJA..... | 12 |
| 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA | 17 |
| 5. RASPRAVA | 30 |
| 6. ZAKLJUČAK..... | 31 |
| 7. LITERATURA | 32 |

1. UVOD

Preko 2 milijarde ljudi živi u zemljama s nedostatkom vode, što se očekuje da će se pogoršati u nekim regijama kao rezultat klimatskih promjena i rasta stanovništva. Globalno, najmanje 2 milijarde ljudi koristi izvore pitke vode onečišćene fekalijama. Mikrobnna kontaminacija vode za piće kao posljedica kontaminacije fekalijama predstavlja najveći rizik za sigurnost vode za piće. Dok najvažniji kemijski rizici u pitkoj vodi proizlaze iz arsena, fluorida ili nitrata, novi zagađivači kao što su lijekovi, pesticidi, polifluoroalkilne tvari (PFAS) i mikroplastika izazivaju zabrinutost javnosti (Epa.gov, URL).

Prema Kılıç (2020) sigurna i dovoljna količina vode olakšava prakticiranje higijene, što je ključna mjera za sprječavanje raznih bolesti i akutnih respiratornih infekcija i brojnih zapostavljenih tropskih bolesti. Mikrobiološki zagađena voda za piće može prenijeti bolesti kao što su proljev, kolera, dizenterija, tifus i dječja paraliza.

Godine 2020. 74 % globalne populacije (5,8 milijardi ljudi) koristilo je sigurno upravljaju uslugu pitke vode – to jest onu koja se nalazi u objektu, dostupna kada je potrebna i bez kontaminacije. Sigurna i lako dostupna voda važna je za javno zdravlje, bilo da se koristi za piće, kućnu upotrebu, proizvodnju hrane ili u rekreacijske svrhe. Poboljšana opskrba vodom i sanitacija te bolje upravljanje vodnim resursima mogu potaknuti gospodarski rast zemalja i mogu uvelike pridonijeti smanjenju siromaštva.

Neadekvatno ili neprikladno upravljanje uslugama po pitanju vode i kanalizacije izlažu pojedince zdravstvenim rizicima koji se mogu spriječiti. To je osobito slučaj u zdravstvenim ustanovama gdje su i pacijenti i osoblje izloženi dodatnom riziku od infekcije i bolesti kada nema vode, sanitarnih i higijenskih usluga. Globalno, 15 % pacijenata razvije infekciju tijekom boravka u bolnici, s tim da je udio mnogo veći u zemljama s niskim prihodima.

Neodgovarajuće upravljanje urbanim, industrijskim i poljoprivrednim otpadnim vodama znači da je pitka voda stotina milijuna ljudi opasno kontaminirana ili kemijski onečišćena. Prirodna prisutnost kemikalija, osobito u podzemnim vodama, također može biti od zdravstvene važnosti, uključujući arsen i fluorid, dok druge kemikalije, poput olova, mogu biti povišene u pitkoj vodi kao rezultat ispiranja iz komponenti vodoopskrbe u dodiru s pitkom vodom (Epa.gov, URL).

Prema Lin (2022) proljev je najpoznatija bolest povezana s kontaminiranom hranom i vodom, no postoje i druge opasnosti. Zadnjih nekoliko godina više od 220 milijuna ljudi zahtijevalo je preventivno liječenje shistosomijaze – akutne i kronične bolesti koju uzrokuju parazitski crvi zaraženi izlaganjem zaraženoj vodi.

Ukratko bolji i kontroliraniji izvori vode znače i manje izdatke za zdravlje, budući da je manja vjerojatnost da će se ljudi razboljeti i snositi troškove liječenja te su sposobniji ostati ekonomski produktivni. Budući da su djeca posebno izložena riziku od bolesti povezanih s vodom, pristup poboljšanim izvorima vode može rezultirati boljim zdravljem, a time i boljim pohađanjem škole, s pozitivnim dugoročnim posljedicama za njihove živote.

Zadatak rada je provesti analizu mikroorganizama u vodi na primjeru 8 osnovnih škola u gradu Požegi i okolici Požege. U istraživanje su uključeni svi najzastupljeniji patogeni organizmi koji se najčešće nalaze u vodi.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Voda

Oko 71 % Zemljine površine prekriveno je vodom, a oceani sadrže oko 96,5 % sve vode na Zemlji. Voda također postoji u zraku kao vodena para, u rijekama i jezerima, u ledenim kapama i ledenjacima, u tlu kao vlaga, pa čak i čovjekovom organizmu.

U prirodi nailazimo na izvore vode bogate mineralnim tvarima. To su mineralne vode. Zbog otopljenog ugljikovog dioksida često imaju ugodan kiselkasti okus. Ovisno o sastavu otopljenih tvari neke su mineralne vode ljekovite, a često izviru i vruće te se uz njih grade toplice. Prema količini otopljenih tvari prirodne vode dijelimo na tvrde i meke.

Tvrde vode sadrže puno otopljenih tvari osobito kalcijeve i magnezijeve soli. Morska voda te vode u rijekama i jezerima su tvrde vode. Zagrijavanjem takve vode nastaje netopljivi kamenac. Stoga posuđe i cijevi bojlera u kojima se kuha tvrda voda treba povremeno čistiti od naslaga kamenca. Meke vode u prirodi sadrže male količine otopljenih kalcijevih i magnezijevih soli i otopljene plinove. Primjer najmekše vode je kišnica koja osim malo otopljenih plinova ne sadrži nimalo otopljenih soli (Euditorij e-skole, URL).

Prirodne se vode ovisno o količini i vrsti otopljenih tvari razlikuju i prema okusu. Tako vode mogu biti slatke, slane, gorke i kisele. Slane vode imaju najviše otopljene kuhinjske soli, kisele većinom ugljikov dioksid, a gorke magnezijev sulfat. Prirodna slana voda nije upotrebljiva za piće, pripremu hrane ili za poljoprivredu. Od ukupne količine vode na Zemlji svega 3 % otpada na slatku vodu, no najveći njezin dio ljudima nije dostupan. Ta je voda uglavnom zaleđena na polovima i u ledenjacima, a dio je onečišćen raznim tvarima. Pitke vode je dostupno manje od 1 %, a njene su najveće zalihe pod zemljom.

Prema Khublaryan (1991) voda na Zemlji može postojati u tri faze: tekućoj, krutoj i plinovitoj. Vodik i kisik su atomi tvore molekule vode. Atomske jezgre u molekuli tvore jednakokračan trokut s dva protona na bazi i tupim kutom kod atoma kisika. Kemijski sastav površinske vode nastaje u procesu kruženja vode na Zemlji, koji povezuje hidrosferu s atmosferom, litosferom i biosferom. Voda, kao univerzalno otapalo, obogaćena je širokim spektrom raznih tvari u plinovitom, krutom i tekućem stanju, pa se uvelike razlikuje po svom kemijskom sastavu.

Biološka svojstva vodnih sustava uvjetovana su ukupnošću flore i faune. Budući da je gustoća vode znatno veća od gustoće zraka, živi organizmi mogu postojati i nutar vodenog stupca (pelagikal) i na dnu (demerzalno). Najvažnije funkcije vode u sustavu su sljedeće:

- proizvodnja organske tvari, uključujući ribu
- održavanje bioraznolikosti u i vodenih ekosustava
- kruženje materijala u globalnim biokemijskim ciklusima
- samopročišćavanje: prirodni sustav obrade otpada.

Prema Sunardi (2020) voda je prozirna tekućina bez mirisa i okusa, spoj vodika i kisika, koja se smrzava na 32° F ili 0° C i ključa na 212° F ili 100° C, koja u više ili manje nečistom stanju čini kišu, oceane, jezera, rijeke itd. Sadrži 11,188 % vodika i 88,812 % kisika, po težini.

Prema Sunardi (2020) vrste vode su:

- izvorska voda,
- voda dobivena iz podzemlja iz kojeg voda prirodno teče na površinu zemlje,
- pročišćena voda je voda koja je proizvedena destilacijom, deionizacijom, reverznom osmozom ili drugim procesima i
- mineralna voda - prirodna voda koja sadrži najmanje 250 dijelova na milijun ukupno otopljenih čvrstih tvari. Mineralna voda se od ostalih vrsta flaširanih voda razlikuje po konstantnoj razini i relativnim udjelima minerala i elemenata u tragovima na mjestu izbijanja iz izvora. U ovaj proizvod se ne mogu dodavati minerali.

Funkcionalna voda je "poboljšana" pitka voda koja teži poboljšanju zdravlja. Neki su kemijski promijenjeni (tj. dodavanjem povećane količine kisika ili vodika); neki su jednostavno prožeti uljima, ekstraktima ili okusima. Imamo četiri vrste flaširane vode koje se najčešće nalaze na tržištu, a to su mineralna voda, voda s kisikom, demineralizirana voda i alkalna voda.

Demineralizirana voda dobra je za ljudsko zdravlje jer je bez minerala, oksigenirana voda može poboljšati fizičku izvedbu, a alkalna voda može neutralizirati pH razinu našeg tijela. Velika su pitanja bila postoji li "prava funkcionalna voda" i jesu li te funkcionalne tvrdnje ili percepcije samo mitovi ili činjenice. Prema WHO-u, ne preporučuje se piti ili koristiti demineraliziranu vodu pri kuhanju dnevnog obroka. Demineralizirana voda obično se proizvodi umjetno, primjerice destilacijom i reverznom osmozom. Pijenje demineralizirane vode ili vode koja sadrži malo esencijalnih minerala povezano je s raznim zdravstvenim rizicima (Sunardi, 2020).

2.2. Pokazatelji kakvoće vode

Kakvoća vode se određuje prema količini određenih parametara sadržanih u vodi. Postoje fizikalni, kemijski, biološki i mikrobiološki pokazatelji kakvoće vode.

2.2.1. Fizikalni pokazatelji kakvoće vode

Fizikalni pokazatelji vode određuju svojstva vode kao što su izgled, boja, miris, okus i temperatura. Prema Tedeschi (1997) u navedeno spadaju:

- raspršene tvari
- mutnoća
- boja
- okus
- miris
- temperatura

2.2.2. Kemijski pokazatelji kakvoće vode

Kemijski pokazatelji u velikoj mjeri određuju upotrebljivost vode, odnosno stanje pojedinog vodnog sustava. Prema Tedeschi (1997) pokazatelji kojima se procjenjuje stanje kakvoće vode:

- ukupno otopljene tvari
- koncentracija vodikovih iona
- alkalitet
- tvrdoća
- otopljeni plinovi
- organske tvari
- hranjive tvari
- metali

2.2.3. Biološki pokazatelji kakvoće vode

Biološko stanje voda temelji se na međusobnim utjecajima životnih zajednica i staništa.

Prema Tedeschi (1997) kao biološki pokazatelji kakvoće vode primjenjuju se:

- stupanj saprobnosti
- stupanj biološke proizvodnje
- stupanj otrovnosti
- indeks razlike
- mikrobiološki pokazatelji.

2.2.4. Mikrobiološki pokazatelji kakvoće vode

Vrtse mikroorganizama koji djeluju patogeno su bakterije, virusi, protozoe i helminti. Voda sadrži mnoštvo mikroorganizama, no ukoliko u doticaj s njom dođu i oni patogeni posebno fekalnih, uzrokuju niz bolesti prikazanih na tablici 1.

Tablica 1. Bolesti uzrokovane onečišćenjem vode (Euditorij e-skole, URL)

| Patogeni organizmi | Bolest |
|--|--|
| Bakterije: <i>Salmonella paratyphi</i> (A, B, C) <i>Salmonella typhi</i> <i>Shigellae</i> vrste <i>Vibrio cholerae</i> <i>Leptospirae</i> <i>Mycobacterium tuberculosis</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | Paratifus Tifus Dizenterija Kolera Leptospiroza Tuberkuloza Infekcije rana, infekcije oka, meningitis, nekrotizirajuće pneumonije |
| Virusi: Poliovirusi Echovirusi Cocksackievirus (A, B) Hepatitis A Rotavirus Adenovirus | Paraliza, meningitis Meningitis, dišne bolesti Meningitis, dišne bolesti, groznice Miokarditis Infektivna žutica Povraćanje, proljev, dišne bolesti, naročito kod djece, očne infekcije |
| Protozoe: <i>Entamoeba histolytica</i> <i>Giardia lamblia</i> | Amebijaza Lambijaza |
| Helminti: <i>Ascaris lumbricoides</i> <i>Ankylostma duodenale</i> <i>Echinococcus</i> <i>Schistosoma</i> | Askaridoza Ankistolomoza Ehinokokoza shistosomoza |

2.3. Bakterije u vodi

Mikroorganizmi uključuju bakterije, viruse i parazite. Mogu se pronaći po cijeloj površini našeg planeta i nalaze se u ljudskoj kanalizaciji i životinjskom otpadu. Ljudi koji piju vodu za piće koja sadrži mikroorganizme mogu doživjeti gastrointestinalne bolesti i infekcije. Otjecanje vode uslijed padalina ili otapanja snijega može kontaminirati izvore ispiranjem mikroorganizama u sustav ili curenjem u podzemlje. Istjecanjem otpada iz podzemnih

skladišnih spremnika i efluenta iz septičkih polja za ispiranje može doći do izvora vode i rezultirati pojavom mikroorganizama.

Aerobne bakterije u vodi za ljudsku potrošnju uključuju velik raspon bakterija koje za svoj rast koriste izvore organskog ugljika. Broj bakterija općenito pokazuje ukupni teret aerobnih i fakultativno anaerobnih bakterija u vodi. Samim određivanjem ukupnog broja bakterija ne određuje se vrsta detektiranih mikroorganizama.

Koliformne bakterije su najpogodnija grupa indikatorskih bakterija za vrednovanje kvalitete vode. Koliformne bakterije su uobičajene u našem okruženju i generalno nisu štetne. Međutim, prisustvo ovih bakterija u vodi za piće je obično posljedica problema sa sistemima za pročišćavanje vode ili sa cijevima koje distribuiraju vodu i ukazuje da voda može biti kontaminirana bakterijama koje mogu izazvati bolesti.

U rodu *Escherichia* nalazi se nekoliko vrsta bakterija, a za medicinu značajna je samo jedna vrsta - *Escherichia coli*. U toj vrsti nalazi se veliki broj raznih serotipova od kojih neke mogu izazvati bolesti kod ljudi. To je štapičasta Gram - negativna bakterija, neki sojevi imaju kapsulu, većina ima na površini izdanke (flagele) pa su pokretne. Aerobna je i fakultativno anaerobna bakterija, dobro uspijeva u laboratorijskim uvjetima, većini serotipova je optimalna temperatura za razmnožavanje oko 37 °C (Hydrolux.info, URL).

Stvarni ukupni broj bakterija koje su metabolički aktivne može varirati između lokacija, godišnjih doba i između uzastopnih uzoraka na jednoj lokaciji. Ukupan broj bakterija uključuje mikroorganizme koji su dio prirodne (obično neopasne) mikroflore pojedinog izvora odnosno sustava; a u nekim slučajevima, uključuju i organizme dobivene iz različitih izvora zagađivača.

Porasta broja bakterija s vremenom ili nagli porast mogu biti uzrokovani romjenom kvalitete sirove vode, problemima u tehnološkoj preradi vode ili u distribucijskom sustavu zbog neodgovarajućeg održavanja mreže. Povišene razine broja bakterija pojavljuju se posebno u dijelovima cjevovodnih distribucijskih sustava gdje voda stagnira, gdje je omogućen rast biofilmova, u kućnim instalacijama i na uređajima spojenim na instalacije poput omekšivača, karbonskih filtera i automata.

Broj bakterija, sam za sebe, ne predstavlja rizik za ljudsko zdravlje sve dok je pitka voda prihvatljive mikrobiološke kvalitete. Međutim, uzroci porasta bakterija izvan „normalnog“ raspona moraju se istražiti i poduzeti popravne radnje. Glavne odrednice porasta bakterija su temperatura, dostupnost hranjivih sastojaka i nedostatak rezidualnog dezinfekcijskog sredstva. Hranjive tvari mogu potjecati iz vodnog tijela i/ili materijala koji je u kontaktu s vodom.

Raspoloživa istraživanja pokazuju da, u nedostatku fekalne kontaminacije, nema izravne veze između vrijednosti ukupnog broja bakterija u vodi za piće i zdravstvenih učinaka među općom populacijom. Bakterije koje se obično opisuju kao "oportunistički patogeni", a mogu rasti kao heterotrofni mikroorganizmi uključuju sojeve *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter spp.*, *Aeromonas spp.*, *Klebsiella pneumoniae* itd (Javno zdravlje, URL).

2.4. Ostali zagađivači vode

Nitrati i nitriti prisutni su u kemijskim gnojivima, ljudskoj kanalizaciji te životinjskom otpadu i gnojivima. Oni mogu kontaminirati izvor vode kretanjem podzemne vode i curenjem površinske vode i otjecanjem vode. Kada se jednom unesu u tijelo, nitrati se pretvaraju u nitrite. Visoke razine nitrata i nitrita najopasnije su za dojenčad. Visoke razine nitrata/nitrita u pitkoj vodi mogu uzrokovati methemoglobinemiju ili "sindrom plave bebe". Te tvari smanjuju sposobnost krvi da prenosi kisik. Ovo akutno stanje može se pojaviti brzo i to tijekom nekoliko dana. Simptomi uključuju otežano disanje i plavilo kože. Dojenčad ispod šest mjeseci koja piju vodu s visokim sadržajem nitrata mogu se ozbiljno razboljeti i umrijeti.

Teški metali mogu dospjeti u pitku vodu iz kućanskih vodovodnih i uslužnih vodova, rudarskih nalazišta, rafinerija nafte, proizvođača elektronike, komunalnog otpada, tvornica cementa i prirodnih mineralnih naslaga. Teški metali uključuju: arsen, antimon, kadmij, krom, bakar, olovo, selen i mnoge druge. Teški metali mogu zagađiti izvor vode kretanjem podzemnih voda te curenjem i otjecanjem površinskih voda. Ljudi koji konzumiraju visoke razine teških metala riskiraju akutnu i kroničnu toksičnost, oštećenje jetre, bubrega i crijeva, anemiju i rak (Javno zdravlje, URL).

Organske kemikalije nalaze se u mnogim proizvodima za kućanstvo i naširoko se koriste u poljoprivredi i industriji. Mogu se naći u tintama, bojama, pesticidima, bojama, lijekovima, otapalima, naftnim proizvodima, brtvilima i dezinficijensima (Hydrolux.info, URL).

Organske kemikalije mogu dospjeti u podzemne vode i kontaminirati izvor putem odlaganja otpada, izlivanja i površinskih voda. Ljudi koji konzumiraju visoke razine organskih kemikalija mogu patiti od oštećenja bubrega, jetre, krvožilnog sustava, živčanog sustava i reproduktivnog sustava (Jurac, 2009).

Radionuklidi su radioaktivni oblici elemenata kao što su uran i radij. Štetni su za ljude i mogu se ispustiti u okoliš rudarenjem i mljevenjem urana, rudarenjem ugljena i proizvodnjom nuklearne energije. Radionuklidi također mogu biti prirodno prisutni u podzemnim vodama u

nekim područjima. Radionuklidi mogu kontaminirati izvore protokom podzemnih voda, curenjem otpadnih voda i poplavama. Pitka voda s radionuklidima može izazvati toksične učinke na bubrege i povećati rizik od raka.

Fluorid može biti prisutan u vodi te može biti od pomoći u sprječavanju karijesa. Međutim, pretjerana konzumacija fluora može uzrokovati skeletnu fluorozu, stanje koje karakteriziraju bol i osjetljivost kostiju i zglobova. Pretjerana konzumacija fluorida tijekom formativnog razdoblja zubne cakline može uzrokovati zubnu fluorozu, promjenu boje zuba i/ili rupičaste zube (Hydrolux.info, URL).

Kemijski parametri su ključni elementi analize kemijskih sustava koji omogućavaju dublje razumijevanje njihove strukture, svojstava i reakcija. Ovi parametri su mjere različitih karakteristika kemijskih tvari i sustava te imaju važnu ulogu u različitim područjima kao što su kemijska industrija, okolišna zaštita, medicina i mnogi drugi. Ovaj esej istražuje općenito značenje kemijskih parametara, razloge za njihovo određivanje te primjere njihove primjene.

Kemijski parametri su kvantitativne mjerne vrijednosti koje opisuju različite aspekte kemijskih sustava. To mogu biti fizikalna svojstva (poput temperature, tlaka), kemijske koncentracije, reaktivnosti, reakcijske brzine i mnoge druge karakteristike. Ovi parametri pomažu kemičarima da kvantificiraju i interpretiraju ponašanje kemijskih tvari u različitim uvjetima.

Određivanje kemijskih parametara omogućava bolje razumijevanje i kontrolu kemijskih procesa. Bez obzira radi li se o sintezi novih tvari, analizi reakcija ili održavanju okolišne ravnoteže, kemijski parametri pružaju vrijedne informacije koje pomažu znanstvenicima i inženjerima da donose informirane odluke. Na primjer, u farmaceutskoj industriji, poznavanje točnih kemijskih parametara lijeka ključno je za njegovu učinkovitost i sigurnost.

Koncentracija je osnovni kemijski parametar koji označava količinu tvari otopljenih u određenoj količini otapala. Ovaj parametar je ključan u mnogim područjima, uključujući analizu vode i tla u okolišnoj zaštiti te proizvodnji hrane i pića.

pH-vrijednost odražava kiselost ili lužnatost otopine i važan je za razumijevanje kemijske ravnoteže. Kontrola pH-vrijednosti ključna je u procesima kao što su fermentacija u prehrambenoj industriji i regulacija kiselosti tla u poljoprivredi.

Oksidacijsko-Smanjivački Potencijal mjeri sposobnost tvari da primi ili donira elektrone. Koristi se za praćenje oksidacijskih procesa, kao što su korozija metala ili redoks reakcije u biokemiji (Jurac, 2009).

Fizičke karakteristike kao što su talište i vrelište pružaju informacije o temperaturama na kojima tvar prelazi iz čvrstog u tekuće stanje i iz tekućeg u plinovito stanje. Ovi parametri ključni su za dizajn procesa destilacije, kristalizacije i drugih termičkih operacija (Hydrolux.info, URL).

Ukupno gledano, kemijski parametri predstavljaju temeljno sredstvo za razumijevanje i karakterizaciju kemijskih sustava. Njihova određivanja omogućava znanstvenicima, inženjerima i stručnjacima različitih disciplina da bolje analiziraju reakcije, razvijaju nove materijale, osmišljavaju učinkovite procese i održavaju okolišnu održivost. Kroz pravilno mjerenje i interpretaciju ovih parametara, čovječanstvo može ostvariti napredak u mnogim područjima i postići bolje razumijevanje kemijskog svijeta koji nas okružuje (Javno zdravlje, URL).

2.5. Posljedice onečišćenja vode

Jedan od glavnih problema s kojima se danas suočavamo je zagađenje vode. Bilo iz rijeka, mora, oceana, jezera ili akumulacija. Ako ne možemo zaustaviti ovaj problem, opstanak naše vrste i svih živih bića na planeti je ozbiljno ugrožen. Onečišćenje vode nastaje kada se njezin sastav promijeni na način da više ne ispunjava uvjete za potrošnju kao što bi bila u prirodnom stanju. Vrlo je važno brinuti se o ovom vrijednom resursu jer je on najvažniji za život ljudi i životinja, ali i biljaka. Jedan od glavnih uzroka onečišćenja vode je prisutnost kemijskih (ili drugih) tvari u količinama većim od normalnih (Jurac, 2009).

Prema Jurac (2009) glavni uzroci navedenog su:

1. Industrijski otpad: jedan od glavnih izvora onečišćenja. To se događa kada tvrtke bacaju svoj zagađujući otpad u rijeke i vodene kanale. Ovo ne samo da zagađuje vodu u kojoj se nalaze, već mnogi od njih završe u moru.
2. Rastuće temperature: rastuće temperature (zbog globalnog zatopljenja) također uzrokuju onečišćenje vode. To je zato što s povećanjem temperature vode, prisutni ekosustavi trpe promjene, kao što je smanjenje kisika, što na kraju mijenja njihov sastav.
3. Pesticidi koji se koriste u poljoprivredi: gnojiva i kemikalije koriste se u gotovo svim procesima koji se odvijaju u poljoprivredi. Kada dođu u dodir s tlom, filtriraju se u podzemlje i završe u vodi koju na kraju konzumiramo. Vrlo ga je teško tretirati kako bi u konačnici bio pogodan za ljudsku prehranu.

4. Krčenje šuma: masovna sječa uzrokuje presušivanje rijeka, jezera i drugih izvora vode. Sječom drveća dolazi do čupanja korijenja stabala u blizini rijeka te dolazi do pojave taloga i bakterija koje također zagađuju vodu.
5. Izlijevanje nafte: ovo je raširena praksa koja je izuzetno štetna za nas. Izlijevanje sirove nafte i njenih derivata, do kojeg dolazi kada se nafta ne transportira pravilno, filtriranje benzina ili curenje iz spremnika. Ta izlijevanja na kraju dopijevaju u obližnje vode i postaju kontaminirana.

Prema istraživanju Lin (2022) utvrđeno je da više od dva milijuna ljudi diljem svijeta umire svake godine od proljeva, pri čemu su loši sanitarni uvjeti i nesigurna voda za piće vodeći uzrok gotovo 90 % smrti i najviše pogađaju djecu. Više od 50 vrsta bolesti uzrokovano je lošom kvalitetom vode za piće, a 80 % bolesti i 50 % smrti djece povezano je s lošom kvalitetom vode za piće u svijetu. Međutim, onečišćenje vode uzrokuje proljev, kožne bolesti, pothranjenost, pa čak i rak i druge bolesti povezane s onečišćenjem vode. Stoga je potrebno proučiti utjecaj onečišćenja vode na zdravlje ljudi, posebice heterogenost bolesti, te razjasniti važnost čiste pitke vode koja ima važno teoretsko i praktično značenje za ostvarivanje ciljeva održivog razvoja.

Prema Kılıç (2020) kako bi zaštitili prirodni okoliš i tu vrijednost prenijeli na buduće generacije, svi elementi koji čine prirodni okoliš treba promatrati kao neodvojivu cjelinu, a percepciju i svijest da će negativni učinci koji se mogu pojaviti u bilo kojem od njih utječu na ostale elemente u nizu. Iako najvažnija uloga u zaštiti vodnih resursa pripada javnim i privatnim institucijama koje osiguravaju vodu, obrazovanje također ima važnu ulogu. Treninzi ekološke svijesti, osobito u mlađoj dobi, mogu doprijeti do šire publike uz sudjelovanje i roditelja i djece.

3. METODE I MATERIJALI ISTRAŽIVANJA

3.1. Zadatak

Zadatak ovog rada bio je mikrobiološki analizirati kuhinjske vode iz osnovnih škola Požege i okolice. Zbog mogućnosti zagađenja vode, koja se konzumira u radu sa djecom dobivene rezultate potrebno je usporediti sa maksimalno dopuštenom koncentracijom.

3.2. Materijali i metode rada

Korišteni pribor za mikrobiološku analizu:

- Uređaj za membransku filtraciju
- Peristaltička pumpa
- Jednokratni sterilni filter papir
- Špiritna lampa
- Upaljač
- Pinceta sa zakrivljenim vrhom
- Fiziološka otopina
- Hranjive podloge
- Mikropipeta od 1 ml
- Sterilni nastavci za mikropipetu
- Uređaj za inkubaciju

Tablica 2. Maksimalne dopuštene vrijednosti (MDK) bakterija u vodi za piće

| Pokazatelj | Jedinica vode za piće | Maksimalna dopuštena vrijednost |
|-------------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| <i>Escherichia coli</i> | Broj/100 mL | 0 |
| Enterokoki | Broj/100 mL | 0 |
| Ukupni koliformi | Broj/100 mL | 0 |
| Broj kolonija na 22 °C | Broj/1 mL | 100 |
| Broj kolonij na 36 °C | Broj/1 mL | 20 |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | Broj/100 mL | 0 |

3.2.1 Membranska filtracija

Uređaj koji se koristi za membransku filtraciju prije same upotrebe potrebno je dezinficirati uz pomoć vate koju je potrebno prije toga umočiti u 70 % - tni alkohol te se nakon toga sterilizira plamenom iz plamenika. Lijevak je potrebno ukloniti. Pincetu je potrebno sterilizirati plamenom iz plamenika te se s njom prihvati filter papir i mrežastim dijelom koji je okrenut prema dolje postavi se na sredinu držača filtera. Na uređaj se vrati lijevak te se učvrsti držačem. U svaki lijevak je potrebno uliti 100 ml vode što ovisi o tome koliko se uzoraka vode ispituje. Nakon toga se uključi vakuum pumpa i lijevak se ukloni. Membranski filter se sterilnom pincetom prenese na hranjivu podlogu u Petrijevu zdjelicu te se pazi da ne ostanu mjehurići zraka. U slučaju da ostanu membranu treba podići s hranjive podloge i ponovno ju vratiti na hranjivu podlogu. Nakon toga procesa uzorci idu na inkubaciju, a sama temperatura i vrijeme ovise o vrsti bakterija čija se prisutnost ispituje (Arhiva Zavoda za javno zdravstvo Požeško – slavonske županije).

3.2.2 Metoda određivanja ukupnih koliforma

Na pripremljenu hranjivu podlogu stavi se filter papir nakon membranske filtracije te se sve zajedno stavi na inkubaciju 24 h, na 36 °C. Nakon inkubacije prebroje se porasle kolonije (HRN EN ISO 9308-1:2014; HRN EN ISO 9308-1:2014/A1:2017).

3.2.3 Metoda određivanja *Escherichia coli*

Fekalno koliformne bakterije su crvene boje, metalnog sjaja. Koristi se Endo agar. Na pripremljenu hranjivu podlogu stavi se filter papir nakon membranske filtracije te se sve zajedno stavi na inkubaciju 24 h, na 36 °C. Kao rezultat broje se crveno obojene kolonije (HRN EN ISO 9308-1:2014; HRN EN ISO 9308-1:2017/A1:2017).

3.2.4 Metoda određivanja Enterokoka

Nakon procesa membranske filtracije, postavi se filter papir na pripremljenu hranjivu podlogu, te inkubira 24 h na 35 °C. Kolonije enterokoka su bjelkaste, prozirne, konveksnog

oblika, smeđeg ili crnog ruba. Prebrojene nastale kolonije izražavaju se kao broj bakterija u 100 ml filtriranog uzorka (HRN EN ISO 7899-2:2000).

3.2.5 Metoda određivanja *Pseudomonas aeruginosa*

Pseudomonas aeruginosa proizvodi tamno plavi pigment, a druge vrste proizvode žuti, zeleni, smeđi i crveni pigment. Koristi se *Pseudomonas* CN agar. Postavi se filter papir na hranjivu podlogu nakon membranske filtracije. Inkubira 24 h na 35 °C. Porasle bakterije izražavaju se kao broj bakterija u 100 ml filtriranog uzorka (HRN EN ISO 16266:2008)

3.2.6 Metoda određivanja broja kolonija na 36° C i 22° C

Pomoću mikropipete i jednokratnog nastavka u obliku stošca, otpipetira se 1 ml uzorka, uranjanjem nastavka u uzorak i pritiskom na gumb. Nacjepi se na pripremljene hranjive podloge, zatvori i blagom rotacijom zahvati cijela površina. Inkubira se 24 h na 22 °C i 36 °C. Nakon inkubacije prebroje se vidljive bakterije na hranjivim podlogama (HRN EN ISO 6222:2000).

4. REZULTATI

Tablica 3. Rezultati analize škole 1

| Škola 1 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Redni broj uzorka | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Ukupni koliformi (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Escherchia Coli</i> (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Enterokoki (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Broj kolonija na 36 °C (broj/1 mL) | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Broj kolonija na 22 °C (broj/1 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tablica 4. Rezultati analize škole 2

| Škola 2 | | | | |
|---|---|---|----|---|
| Redni broj uzorka | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ukupni koliformi (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Escherchia Coli</i> (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Enterokoki (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Broj kolonija na 36 °C (broj/1 mL) | 0 | 0 | 10 | 0 |
| Broj kolonija na 22 °C (broj/1 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tablica 5. Rezultati analize škole 3

| Škola 3 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Redni broj uzorka | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ukupni koliformi (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Escherchia Coli</i> (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Enterokoki (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Broj kolonija na 36 °C (broj/1 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Broj kolonija na 22 °C (broj/1 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tablica 6. Rezultati analize škole 4

| Škola 4 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Redni broj uzorka | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Ukupni koliformi (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Escherchia Coli</i> (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Enterokoki (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Broj kolonija na 36 °C (broj/1 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Broj kolonija na 22 °C (broj/1 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tablica 7. Rezultati analize škole 5

| Škola 5 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Redni broj uzorka | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ukupni koliformi (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Escherchia Coli</i> (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Enterokoki (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Broj kolonija na 36 °C (broj/1 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Broj kolonija na 22 °C (broj/1 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tablica 8. Rezultati analize škole 6

| Škola 6 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Redni broj uzorka | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ukupni koliformi (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Escherchia Coli</i> (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Enterokoki (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Broj kolonija na 36 °C (broj/1 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Broj kolonija na 22 °C (broj/1 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tablica 9. Rezultati analize škole 7

| Škola 7 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Redni broj uzorka | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Ukupni koliformi (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Escherchia Coli</i> (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Enterokoki (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Broj kolonija na 36 °C (broj/1 mL) | 0 | 0 | 0 | 4 |
| Broj kolonija na 22 °C (broj/1 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tablica 10. Rezultati analize škole 8

| Škola 8 | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Redni broj uzorka | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Ukupni koliformi (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Escherchia Coli</i> (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Enterokoki (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Broj kolonija na 36 °C (broj/1 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Broj kolonija na 22 °C (broj/1 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (broj/100 mL) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

5. RASPRAVA

U ovom istraživanju provedena je mikrobiološka analiza u 8 osnovnih škola u Požegi i okolici. Rezultati su prikazani u tablicama od 3 do 10 po školama, te je vidljivo da svi odgovaraju preporučenim MDK vrijednostima.

Prema tablicama 5, 6, 7, 8 i 10 je vidljivo da u 5 škola nije pronađena niti jedna bakterija. U ostale 3 škole (tablica 3, 4 i 9) porasle su kolonije na 36 °C, u svakoj školi po jedan uzorak. U školi 1 porasle su 2 kolonije, u školi 2 porasle su 4 kolonije i u školi 7 poraslo je 10 kolonija. S obzirom da za ukupan broj bakterija na 36 °C maksimalno dopuštena vrijednost iznosi 20 kolonija i ti uzorci su u redu.

6. ZAKLJUČAK

U radu su analizirani uzorci vode iz kuhinjskih slavina osam javnih osnovnih škola koje koriste djeca u gradu Požegi i okolici. Rezultati dobiveni istraživanjem ukazuju na to da:

- Svi uzorci odgovaraju maksimalno dopuštenim vrijednostima za vodu za piće.
- Sve škole u okolici Požege sadrže vodu koja nije zagađena životinjskim otpadom, niti fekalijama iz kanalizacije.
- Čistoću vode potvrdile su odgovarajuće metode koje se rade prema posebnim normama.

7. LITERATURA

1. Arhiva zavoda za javno zdravstvo Požeško-slavonske županije.
2. Jurac, Z. (2009) *Otpadne vode*. Karlovac: Veleučilište u Karlovcu.
3. Kılıç, Z. (2020) *The importance of water and conscious use of water*. Hydro: Int J Hydro
4. Khublaryan, M. G. (1991) *Types and Properties of Water* - ©Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)
5. Lin, L., Yang H. i Xu X. (2022) *Effects of Water Pollution on Human Health and Disease Heterogeneity: A Review*, Frontiers in Environmental Science, VOLUME=10, DOI=10.3389/fenvs.2022.880246
6. Sunardi, Diana. (2020) *Water types and their functional role: Perception, myth and fact*. World Nutrition Journal. 4. 26. 10.25220/WNJ.V04.S3.0018.
7. Tedeschi, S. (1997) *Zaštita Voda; Hrvatsko društvo građevinskih inženjera*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu.

MREŽNE STRANICE

1. Edutorij.e-skole. URL: <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/4874fe79-8302-4ea2-b516-4657ea249026/kemija-7/m02/j02/index.html> [pristup: 12.6.2023.]
2. Epa.gov. URL: <https://www.epa.gov/privatewells/potential-well-water-contaminants-and-their-impacts> [pristup: 18.6.2023.]
3. Hydrolux.info. URL: <https://www.hydrolux.info/english/06%20problemi/bakterije-u-vodi.html> [pristup: 01.07.2023.]
4. Hrčak.srce. URL:<https://hrcak.srce.hr/file/360391> [pristup: 02.07.2023.]
5. Hrčak.srce. URL:<https://hrcak.srce.hr/file/330171> [pristup: 02.07. 2023.]
6. Javno zdravlje. URL: https://zdravlje.gov.hr/UserDocsImages/2020%20Savjetovanje%20sa%20zainteresiranom%20javno%20C5%A1%C4%87u/Procjena%20rizika%20za%20broj%20kolonija%20i%20ukupne%20koliforme_11-5-2020.docx [pristup: 02.07.2023.]
7. Narodne novine (2017) *Pravilniku o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja*

registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrb. Zagreb: Narodne novine d.d. URL: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_12_125_2848.html [pristup: 02.07.2023.]

POPIS KRATICA I SIMBOLA

ml - mililitar

mm - milimetar

l - litra

h - sat

MDK - maksimalno dopuštena koncentracija

POPIS TABLICA

Tablica 1. Bolesti uzrokovane onečišćenjem vode

Tablica 2: Maksimalne dopuštene vrijednosti (MDK) bakterija u vodi za piće

Tablica 3: Rezultati analize škole 1

Tablica 4: Rezultati analize škole 2

Tablica 5: Rezultati analize škole 3

Tablica 6: Rezultati analize škole 4

Tablica 7: Rezultati analize škole 5

Tablica 8: Rezultati analize škole 6

Tablica 9: Rezultati analize škole 7

Tablica 10: Rezultati analize škole 8

IZJAVA O AUTORSTVU RADA

Ja, **Andrea Blažeković**, pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor završnog/diplomskog rada pod naslovom **Mikrobiološka analiza vode u kuhinjama osnovnih škola u Požegi i okolici** te da u navedenom radu nisu na nedozvoljen način korišteni dijelovi tuđih radova.

U Požegi, 18.09.2023.

ANDREA BLAŽEKOVIĆ

Blažeković