

Utjecaj učestalosti uzorkovanja na godišnju ocjenu mikrobiološke kakvoće mora za kupanje na kaštelanskim plažama

Vidović, Anita

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split / Sveučilište u Splitu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:226:014350>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-15**



Repository / Repozitorij:

[Repository of University Department of Marine Studies](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



SVEUČILIŠTE U SPLITU
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STUDIJE MORA
DIPLOMSKI STUDIJ EKOLOGIJA I ZAŠTITA MORA

Anita Vidović

UTJECAJ UČESTALOSTI UZORKOVANJA NA
GODIŠNJU OCJENU MIKROBIOLOŠKE KAKVOĆE
MORA ZA KUPANJE NA KAŠTELANSKIM PLAŽAMA

Diplomski rad

Split, kolovoz 2023.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STUDIJE MORA
DIPLOMSKI STUDIJ EKOLOGIJA I ZAŠTITA MORA

UTJECAJ UČESTALOSTI UZORKOVANJA NA
GODIŠNJU OCJENU MIKROBIOLOŠKE KAKVOĆE
MORA ZA KUPANJE NA KAŠTELANSKIM PLAŽAMA
Diplomski rad

Predmet: Mikrobiologija mora

Mentor:

Prof. dr. sc. Mladen Šolić

Student:

Anita Vidović

Split, kolovoz 2023.

Ovaj diplomski rad izrađen je u Laboratoriju za mikrobiologiju Instituta za oceanografiju i ribarstvo u Splitu i financiran je projektom Hrvatske zaklade za znanost „Ususret novoj direktivi Europske unije o upravljanju kvalitetom vode za kupanje“ (HRZZ-IP-2020-02-1880, EUROBATH).

Sveučilište u Splitu
Sveučilišni odjel za studije mora
Diplomski studij Ekologija i zaštita mora

Diplomski rad

**UTJECAJ UČESTALOSTI UZORKOVANJA NA GODIŠNJU OCJENU
MIKROBIOLOŠKE KAKVOĆE MORA ZA KUPANJE NA KAŠTELANSKIM
PLAŽAMA**

Anita Vidović

Sažetak

U ovom radu ispitan je utjecaj učestalosti uzorkovanja mora za kupanje na području grada Kaštela na godišnju ocjenu kakvoće mora za kupanje. Ispitivanja su provedena na 11 plaža u razdoblju od 16. svibnja do 29. rujna 2022. Ukupno je ispitano 240 uzoraka a određivan je broj indikatorskih bakterija, crijevnih enterokoka i *Escherichia coli*. Rezultati su pokazali da češće uzorkovanje utječe na godišnju ocjenu kakvoće mora za kupanje. U slučaju standardnog dvotjednog uzorkovanja (10 uzoraka u sezoni), kakvoća je uglavnom bolja u usporedbi s kakvoćom temeljenom na rezultatima tjednog uzorkovanja (20 uzoraka u sezoni). Također, kakvoća mora pri popodnevnom uzorkovanju bila je bolja nego pri jutarnjem uzorkovanju. Kakvoća mora određena prema kriterijima Direktive o upravljanju kvalitetom vode za kupanje bila je bolja od one određene prema hrvatskim kriterijima. Provođenje ispitivanja kakvoće mora za kupanje u vremenskim intervalima češćima od propisanih (20 uzoraka u sezoni u usporedbi s 10 uzoraka u sezoni) dovelo je do snižavanja godišnje ocjene kakvoće mora za kupanje na području Kaštela.

(40 stranica, 15 slika, 13 tablica, 27 literaturna navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Ključne riječi: Kakvoća mora za kupanje, Indikatorski mikroorganizmi, *E. coli*, crijevni enterokoki, godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje, učestalost uzorkovanja, Kaštelanske plaže

Mentor: Prof. dr. sc. Mladen Šolić

Komentor: Dr. sc. Slaven Jozić

Ocjenjivači: 1. Doc. dr. sc. Frano Matić
2. Prof. dr. sc. Mladen Šolić
3. Dr. sc. Slaven Jozić

University of Split
Department of Marine Studies
Graduate study Marine ecology and conservation

MSc Thesis

**INFLUENCE OF SAMPLING FREQUENCY ON ANNUAL ASSESSMENT OF
MICROBIOLOGICAL QUALITY OF MARINE BATHING WATER ON BEACHES
OF KAŠTELA**

Anita Vidović

Abstract

The influence of the frequency of marine bathing water sampling in Kaštela town area on the annual assessment of marine bathing water quality was tested. The research was conducted on 11 marine beach sites from 16 May to 29 September 2022. A total of 240 samples were tested as well as a number of indicator bacteria: intestinal enterococci and *Escherichia coli*. The results show that more frequent sampling has an effect on the annual assessment of marine beach water quality. With standard bi-weekly sampling (10 samples per season), quality was generally better than with weekly sampling (20 samples per season). In addition, marine beach water quality was better when sampled in the afternoon than when sampled in the morning. The quality of marine beach water assessed according to the Bathing Water Directive criteria was better than that graded according to the Croatian criteria. Testing marine bathing water more frequently than it is currently assigned by the law (20 samples per season compared to 10 samples per season) resulted in lower grade for annual marine bathing water quality in Kaštela town area.

(40 pages, 15 figures, 13 tables, 27 references, original in: Croatian)

Keywords: Marine bathing water quality, Indicator bacteria, *E. coli*, intestinal enterococci, Annual marine bathing water grade, Sampling frequency, Beaches of Kaštela

Supervisor: Mladen Šolić, PhD / Full professor

Co-supervisor: Slaven Jozić, PhD / Research Scientist

Reviewers:

1. Doc. dr. sc. Frano Matic
2. Prof. dr. sc. Mladen Šolić
3. Dr. sc. Slaven Jozić

Sadržaj

| | |
|---|----|
| 1. UVOD..... | 1 |
| 1.1. Indikatorski mikroorganizmi..... | 1 |
| 1.1.1. Escherichia coli..... | 2 |
| 1.1.2. Crijevni enterokoki..... | 3 |
| 1.2. Sustav praćenja kakvoće mora za kupanje u RH i EU..... | 5 |
| 1.3. Dosadašnja istraživanja..... | 5 |
| 1.4. Svrha i ciljevi rada..... | 8 |
| 2. MATERIJALI I METODE..... | 9 |
| 2.1. Područje uzorkovanja..... | 10 |
| 2.2. Ispitivanje uzoraka..... | 13 |
| 2.3. Obrada podataka | 15 |
| 3. REZULTATI..... | 17 |
| 3.1. Godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na Kaštelanskim plažama na temelju broja crijevnih enteroka..... | 17 |
| 3.2. Godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na Kaštelanskim plažama na temelju broja Escherichia coli..... | 22 |
| 3.3. Godišnja ocjena kakvoće mora na temelju broja crijevnih enterokoka i Escherichia coli..... | 26 |
| 3.4. Usporedba ocjena kakvoće mora za kupanje mjerene ujutro i poslijepodne..... | 30 |
| 4. RASPRAVA..... | 33 |
| 5. ZAKLJUČCI..... | 37 |
| 6. LITERATURA..... | 38 |

1. UVOD

More je životna sredina živih bića različite stanične strukture, od jednostavnih virusa preko prokariotskih mikroorganizama do jednostaničnih i višestaničnih oblika eukariotskih organizama. Ovi organizmi autohtoni su stanovnici morskih staništa. No, u moru postoje i druge vrste koje se nazivaju alohtonima i kojima more nije prirodna sredina. Ovi alohtoni mikroorganizmi mogu biti izvori zaraznih bolesti i drugih vrsta infekcija kod ljudi. Do zaraze najčešće dolazi tijekom rekreacijskih ili drugih aktivnosti koje uključuju vodu koja sadrži patogene alohtone bakterije i druge mikroorganizme (Jozić i Šolić, 2020).

Na priobalnim područjima diljem svijeta smanjenje kakvoće morske vode postaje sve značajniji problem. Naime, unutar 100 kilometara od obale obitava gotovo 40% svjetske populacije, što intenzivno mijenja priobalni pojas (Martínez i sur., 2007). Ljudske aktivnosti koje utječu na osjetljiv ekosustav priobalnog područja uključuju urbanizaciju, industriju, turizam, akvakulturu i brodarstvo. Učinak ovakvih aktivnosti posebno je vidljiv u većim lučkim i industrijskim gradovima, gdje su one uzrok dodatnog onečišćenja okolnog prostora, koje je istovremeno važno u rekreacijskom i turističkom smislu (Kraus i sur., 2022).

U Republici Hrvatskoj BDP uvelike ovisi o sektoru turizma, a kvaliteta mora za kupanje, osim važnosti za ljudsko zdravlje, također je čimbenik koji utječe na odabir turističkog odredišta (Preißler, 2009).

1.1. Indikatorski mikroorganizmi

Indikatore se može definirati kao pokazatelje potencijalnog rizika od infekcija kod ljudi prilikom njihovog korištenja morskim okolišem. Najbolji bi indikatori bili oni koji pokazuju najveći stupanj korelacije sa stupnjem rizika za ljudsko zdravlje.

Prilikom odabira indikatorskog organizma treba težiti k tome da se njegove značajke u što većem stupnju približavaju značajkama idealnog indikatora, a one su sljedeće:

- Uvijek prisutan kada su prisutni patogeni
- Prisutan u koncentraciji koja je proporcionalna koncentraciji patogena ili stupnju rizika od infekcije

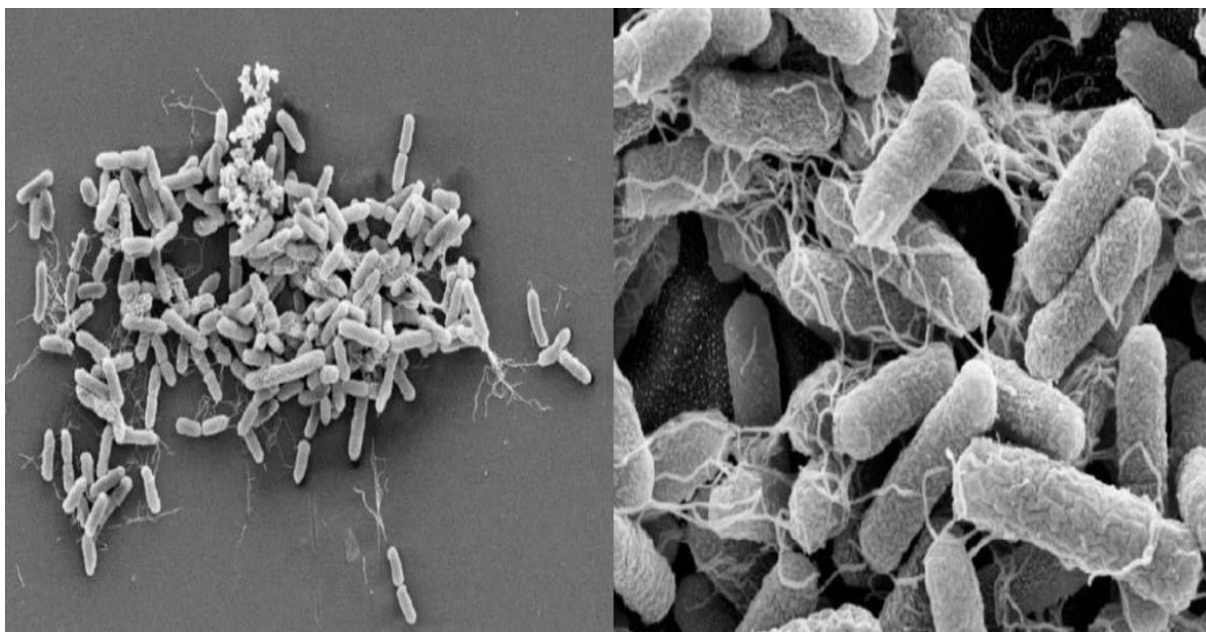
- Prisutan i odrediv u svim tipovima onečišćenih medija
- Ne razmnožava se u onečišćenim medijima
- Nije patogen za čovjeka
- Preživljava u okolišu barem toliko dugo koliko i najotporniji patogen
- Može ga se lako, brzo, precizno i jeftino kvantitativno odrediti
- Metode određivanja moraju biti jednostavne (Krstulović i Šolić, 2002)

Uobičajeni indikatorski organizmi u vodi jesu koliformne bakterije. Koliformi su definirani kao aerobne ili fakultativno anaerobne, gram-negativne, štapičaste bakterije koje stvaraju endospore i fermentiraju laktozu, pri čemu se stvara plin unutar 48 sati od stavljanja u laktozni bujon pri temperaturi od 35°C (Tortora i sur., 2018).

Trenutno se najboljim i najspecifičnijim skupinama indikatorskih bakterija smatraju crijevni enterokoki i koliformne bakterije kao što je npr. *Escherichia coli* (*E. coli*). Uzorci vode u kojima su utvrđene visoke koncentracije ovih bakterija također su u riziku od prisutnosti ostalih vrsta patogena, što za posljedicu može imati negativne učinke na ljudsko zdravlje (izvor: <https://www.umweltbundesamt.de/en/data/environmental-indicators/indicator-bathing-water-quality>) .

1.1.1 *Escherichia coli*

E. coli normalan je stanovnik probavnog trakta čovjeka i drugih toplokrvnih životinja. Kao rezultat toga, javnozdravstveni nadzor rekreacijske i pitke vode često uključuje testiranje na *E. coli* kao pokazatelja fekalne kontaminacije (Mitchell i Dong, 2020). Ubraja se u grupu koliformnih bakterija, odnosno bakterija koje nalazimo u ljudskom probavilu i stolici te prilikom ispitivanja mikrobiološke kakvoće mora služiti kao indikator fekalnog onečišćenja. Ova bakterija (Slika 1) je oportunistički patogen, ne uzrokuje infekcije na mjestu gdje prirodno boravi, ali dospije li u neke druge organe i tkiva, može uzrokovati razne bolesti (Jozić i Šolić, 2020).



Slika 1. Mikrofotografije biofilma *E. coli* formiranog na staklenim pokrovnim stakalcima
(Izvor: <https://bmcmicrobiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2180-14-184/figures/2>)

Iako većina *E. coli* ne uzrokuje bolest, postoji nekoliko patogenih varijanti koje mogu uzrokovati teški proljev i druge komplikacije kod ljudi. Na temelju kliničkih simptoma domaćina i serotipizacije identificirano je nekoliko patotipova *E. coli* povezanih s proljevom (Nataro i Kaper, 1998; Mitchell i Dong, 2020).

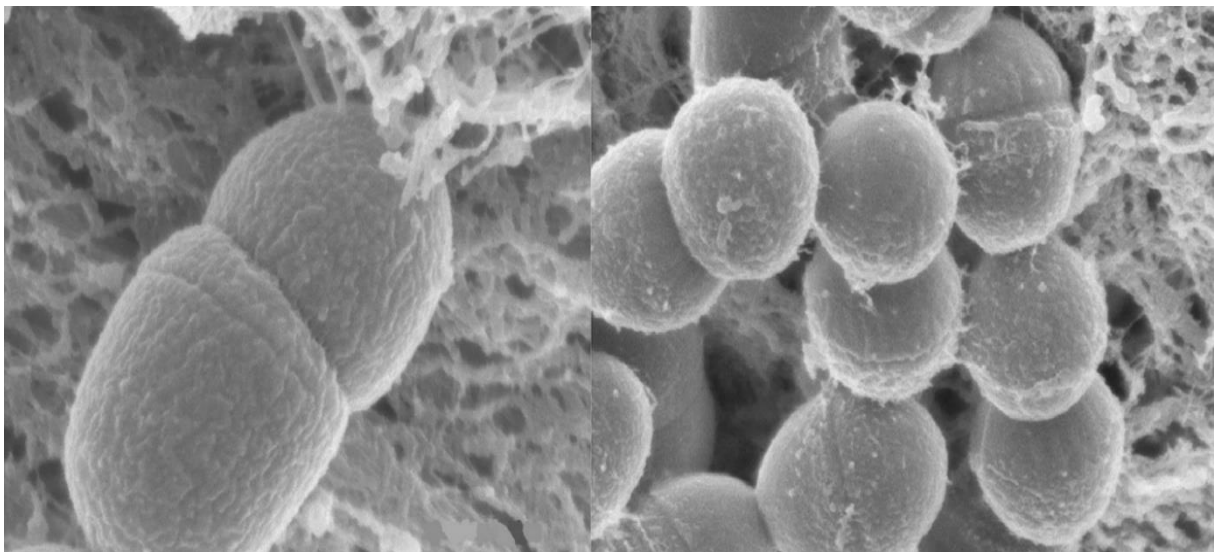
Među njima su sljedeći patotipovi (zajedno s opisima bolesti koje uzrokuju): Enterohemoragična *E. coli* (EHEC) uzrokuje krvavi proljev, hemoragični kolitis i hemolitičko-uremijski sindrom, Enteropatogena *E. coli* (EPEC) uzrokuje proljev u djece i životinja, Enteroagregativna *E. coli* (EAEC) uzrokuje putnički proljev, kronični proljev kod ljudi, svinja i goveda te Enteroinvazivna *E. coli* (EIEC) uzrokuje vodenasti proljev i dizenteriju (Mitchell i Dong, 2020).

1.1.2. Crijevni enterokoki

Crijevni enterokoki su primarno nepatogene bakterije, koje uz koliformne bakterije čine fiziološku floru donjeg probavnog trakta u čovjeka i u toplokrvnih životinja (Stilinović i Hrenović 2009; Antolović i sur., 2016). Broj crijevnih enterokoka u pravilu pozitivno korelira

s ukupnim brojem koliformnih bakterija te u slučajevima da koliformne bakterije nisu dokazane u uzorku, i sam nalaz enterokoka ukazuje na prisutnost alohtonih bakterija. Njihova prednost u bakteriološkom ispitivanju vode je sposobnost dužeg preživljavanja u okolišu u odnosu na koliformne bakterije (Ashbolt i sur., 2001).

Ovu skupinu čine bakterije roda *Enterococcus* s ukupno 16 vrsta, među kojima su, s higijenskog stajališta, najvažniji: *Enterococcus faecalis* (Slika 2), *E. faecium*, *E. durans* i *E. hirae*, koji se izlučuju fekalijama ljudi i toplokrvnih životinja. Ostale vrste enterokoka ne preživljavaju dugo u okolišu, a nefekalne vrste mogu biti prisutne u vodi zbog utjecaja biljnog materijala ili industrijskih otpadnih voda (Tatora i sur., 2018).



Slika 2. Elektronske mikrografije bakterija *E. faecalis* uzgojenih na modelu tkiva srčanih zalistaka

(Izvor:<https://journals.plos.org/plosone/article/figure?id=10.1371/journal.pone.0015798.g005>)

E. faecalis i *E. faecium* uzrokuju endokarditis, infekcije mokraćnog sustava, intraabdominalne infekcije, celulitis i infekcije rana te istovremenu bakterijemiju. Enterokoke koji su povezani s teškim infekcijama teško je iskorijeniti osim ako se ne primijeni kombinacija lijekova koji djeluju na staničnu stijenku bakterije. Uvelike zbog svoje visoke otpornosti na većinu antibiotika, u posljednje su vrijeme postali glavni izvor infekcija povezanih sa zdravstvenom skrbi (Tatora i sur., 2018).

1.2. Sustav praćenja kakvoće mora za kupanje u EU i RH

Republika Hrvatska jedna je od prvih zemalja Sredozemlja i zemalja potpisnica Barcelonske konvencije koja provodi sustavno i kontinuirano praćenje kakvoće mora za kupanje. U pojedinim županijama ispitivanja se provode od 1986. godine, a sustavna i kontinuirana ispitivanja u okviru Nacionalnog programa praćenja duž cijele jadranske obale provode se od 1989. godine. (Izvor: <https://mingor.gov.hr/print.aspx?id=1450&url=print>)

Upravljanje kakvoćom mora za kupanje u Republici Hrvatskoj regulirano je Uredbom o kakvoći mora za kupanje NN 73/2008. Ovom uredbom propisani su kriteriji kakvoće mora za kupanje na morskim plažama i granične vrijednosti mikrobioloških pokazatelja. Kriteriji za ocjenjivanje kakvoće mora na plažama, kao i metode ispitivanja, usklađeni su s Direktivom Europskog parlamenta o upravljanju kakvoćom voda za kupanje 2006/7/EZ. Direktiva propisuje kriterije kakvoće voda za kupanje, granične vrijednosti mikrobioloških pokazatelja te ostale značajke mora koje zadovoljavaju sigurnosne kriterije kakvoće vode namijenjene kupanju, sportu i rekreaciji u zemljama Europske unije.

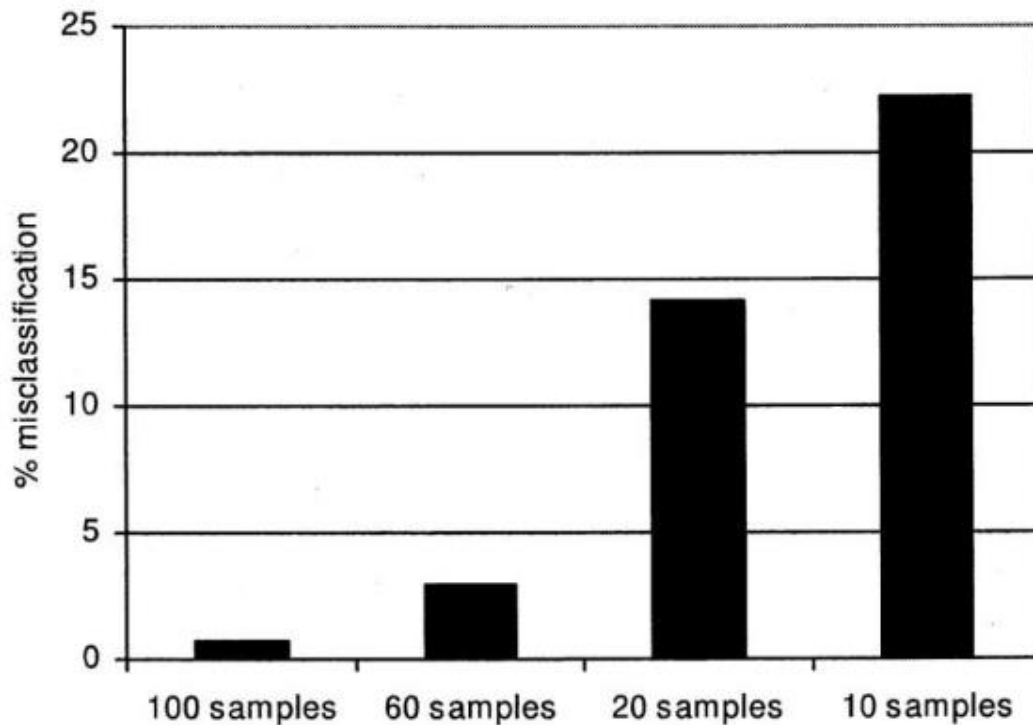
Prema Uredbi o kakvoći mora za kupanje NN 73/2008, sezona kupanja razdoblje je od 1. lipnja do 15. rujna, a praćenje kakvoće mora obavlja se od 15. svibnja do 30. rujna. Prije svake sezone kupanja svaka županija u RH definira točke uzorkovanja. Prije početka svake sezone kupanja ovlaštenik izrađuje kalendar ispitivanja uz suglasnost nadležnog upravnog tijela u županiji. Nadležno tijelo za ispitivanje kakvoće mora za kupanje na području Splitsko dalmatinske županije, pa tako i Kaštelanskog zaljeva Nastavni je zavod za javno zdravstvo Splitsko-dalmatinske županije.

1.3. Dosadašnja istraživanja

Broj uzoraka upotrijebljen u postupku klasifikacije vode za kupanje značajno utječe na ocjenu kakvoće. Minimalni broj uzoraka za konačnu ocjenu temeljen na minimalnom godišnjem broju uzoraka, koji prema Direktivi o upravljanju kvalitetom vode za kupanje iznosi četiri, trenutno je 16, što rezultira značajnim pogreškama u klasifikaciji kupališta.

Kada se za ocjenu upotrebljava samo 16 uzoraka, u 15-20 % slučajeva može doći do pogrešne klasifikacije kupališta. Ako se upotrijebi 80 uzoraka, broj takvih slučajeva smanjuje se na manje na 5%. Pogrešna klasifikacija u smislu precjenjivanja kakvoće može imati neželjene

zdravstvene posljedice za kupaće, a istovremeno može dovesti do ekonomskih gubitaka na lokacijama gdje je more za kupanje pogrešno klasificirano kao nezadovoljavajuće ili zadovoljavajuće (WHO, 2018). Primjer pogrešne klasifikacije pri korištenju različitog broja uzoraka prikazan je na slici 3.



Slika 3. Postotak pogrešne klasifikacije voda za kupanje temeljem različitog broja uzoraka (WHO, 2003)

U kontekstu javnog zdravlja, primjenom epidemiološkog pristupa u WHO-ovim smjernicama (2003), pogrešna klasifikacija ocjene kvalitete mora za kupanje davanjem „dobre“ umjesto „nezadovoljavajuće“ ocjene značila bi zdravstveni rizik od gastroenteritisa veći od 8,4%, u usporedbi s 3-5% koliki je rizik pri točnijem uzorkovanju institucije koja je odgovorna za ispitivanje kakvoće mora. Stoga se preporuča da minimalni godišnji broj uzorkovanja bude 20 po kupalištu, što znači da bi se klasifikacija u Europskoj uniji trebala temeljiti na barem 80 uzorkovanja tijekom četverogodišnjeg razdoblja.

Različita istraživanja utjecaja učestalosti uzorkovanja na godišnju ocjenu mikrobiološke kakvoće mora za kupanje upućuju na to da se sustav praćenja kakvoće mora ponekad služi malim brojem uzoraka. Temeljem rezultata istraživanja mikrobiološke kakvoće mora za kupanje koje su proveli Jozić i sur. (2022) utvrđeno je da je kaštelansko područje još uvijek

onečišćeno malim nekontroliranim ispuštima otpadnih voda te da kakvoću vode na kupalištima u blizini identificiranih ispusta otpadnih voda treba češće pratiti kako bi se otkrilo kratkotrajno onečišćenje. Nadalje, rezultati pokazuju važnost praćenja obaju indikatorskih organizama, *E. coli* i crijevnih enterokoka, jer su prekoračenja u ovoj studiji uglavnom uzrokovana visokim razinama crijevnih enterokoka zbog kasnijeg vremena uzorkovanja, za razliku od prethodnih studija provedenih na istom području, gdje je do većine prekoračenja došlo zbog visokih razina *E. coli* (Jozić i sur., 2022).

Dodatno uzorkovanje kakvoće mora za kupanje u Primorsko-Goranskoj županiji rezultiralo je značajnim vremenskim varijacijama koje utječu na ocjenu kvalitete vode. Vrijeme uzorkovanja predstavlja izazov u rutinskom ispitivanju kakvoće mora za kupanje. (Lušić i sur., 2021)

Na važnost učestalosti uzorkovanja ukazuju i Leecaster i Weisberg (2001) koji su utvrdili da se manji broj ispitivanja kakvoće pokazao neučinkovitim zbog toga što je u oko 70% svih uzoraka kod kojih je prijeđena granična vrijednost kakvoće vode otkriveno jednokratno onečišćenje indikatorskim bakterijama. Visoka učestalost jednokratnih onečišćenja zabrinjavajuća je zbog toga što se javnost obično obavijesti o onečišćenju vode tek 24 – 48 sati nakon prikupljanja uzoraka, što znači da većina upozorenja u trenutku objave kakvoće mora za kupanje više nije učinkovito.

Rezultati uzorkovanja u različito doba dana pokazali su da je koncentracija *E. coli* značajno viša ujutro nego poslijepodne (Whitman i Nevers, 2004), a istovremeno najgora kakvoća morske vode zabilježena je u ranim jutarnjim satima (6 ujutro) zbog nedostatka sunčeve svjetlosti kao najjačeg redukcijskog čimbenika za indikatore bakterija (Lušić i sur., 2017) . Nadalje, rezultati rada Obiri-Danso i sur. (1999) pokazuju da je vrijeme uzorkovanja jedan od glavnih čimbenika koji određuju hoće li ispitivanje kakvoće mora na plažama imati relevantan rezultat. Uzorci prikupljeni rano ujutro vjerojatno neće imati izvrsnu ili dobru ocjenu kakvoće mora za kupanje, dok oni prikupljeni poslijepodne vjerojatno hoće .

Sve upućuje na činjenicu da se ocjenjivanje kakvoće mora ponekad temelji na nedovoljnom broju uzoraka da bi se ispunilo zadane ciljeve upravljanja kakvoćom mora za kupanje. Razvijajući nacionalnu bazu podataka o kakvoći vode za rekreaciju, važno je da strategije uzorkovanja empirijski proizlaze iz temeljitog razumijevanja izvora promjena i pouzdanosti prikupljenih podataka. Veća učinkovitost praćenja kakvoće mora dovest će do boljih odluka na institucionalnoj razini, procjena rizika, programskih ciljeva i buduće korisnosti prikupljenih podataka (Whitman i Nevers 2004).

1.4. Svrha i ciljevi rada

Glavni cilj ovoga rada je pokazati utjecaj učestalosti ispitivanja mora za kupanje na godišnju ocjenu mikrobiološke kakvoće mora za kupanje na kaštelanskim plažama.

Nadalje, svrha rada je utvrditi postoji li značajna razlika u ocjenama kakvoće mora za kupanje temeljenim na tjednom u odnosu na standardno, dvotjedno ispitivanje

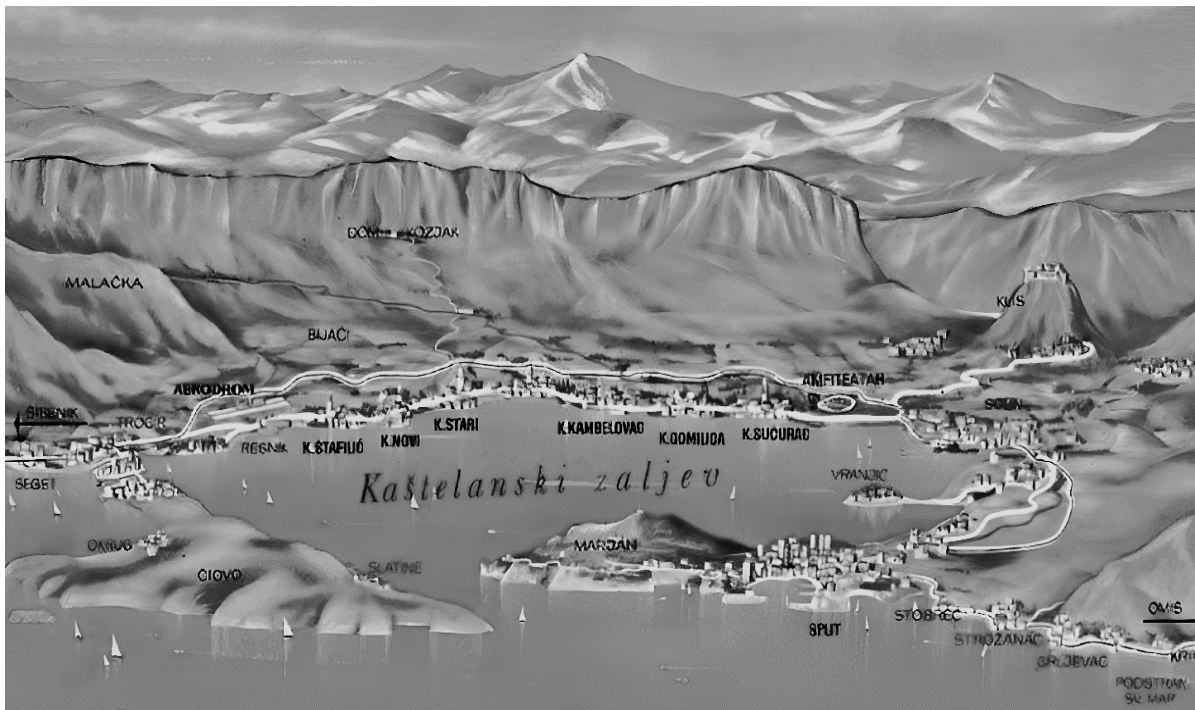
Svrha ovog rada također je utvrditi postoji li razlika između ocjene kakvoće mora za kupanje pri jutarnjem uzorkovanju i ocjene kakvoće mora za kupanje pri popodnevnom uzorkovanju te razlikuje li se ocjena kakvoće mora za kupanje temeljena na kriterijima propisanim Direktivom o upravljanju kvalitetom vode za kupanje od one temeljene na nacionalnim kriterijima.

Naposljetku, ovim radom nastoji se ukazati na važnost učestalosti ispitivanja kakvoće mora za kupanje u svrhu poboljšanja učinkovitosti sustava praćenja kakvoće mora za kupanje i zaštite zdravlja kupaca i okoliša.

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Područje istraživanja

Kaštela su grad koji administrativno pripada Splitsko-dalmatinskoj županiji, a sastoji se od sedam spojenih naselja između Solina i Trogira. Kaštelanski zaljev zatvoren je kopnom sa sjevera i sjeveroistoka, s južne strane ga zatvara Splitski poluotok, a sa zapada i jugozapada omeđuju ga trogirski otok i otok Čiovo. U zaljev se ulijeva rijeka Jadro u Solinu i potok Pantan u blizini Trogira (Lučić i sur., 2016). Kaštelanski zaljev poluzatvoren je morski prostor s izmjenom mora u središnjem dijelu jednom u 30 dana, a rubni prostor zaljeva, naročito njegov istočni dio, ima minimalnu izmjenu mora (Andročec i Ivančić, 2003 i Buljac, 2012). Na području Kaštelanskog zaljeva južna granica Kaštelanskoga polja čini potonulu depresiju između brda Kozjak na sjeveru, poluotoka Marjana i otoka Čiova na jugu (Slika 4). U geološkom smislu prevladavaju fliš i vapnenac. Fliš ne prelazi visinu od 400 m i njegove blage padine, osobito prema moru, prekrivene su obradivim plodnim tlima. Izvori vode izbijaju upravo na crti dodira fliša i vapnenca, i stoga su Kaštela bogata podzemnim i nadzemnim vodama (Lučić i sur., 2016).



Slika 4. Ilustracija Kaštelanskog zaljeva

(Izvor: <https://repositorij.unizd.hr/islandora/object/unizd%3A1374/datastream/PDF/view>)

Ovaj je zaljev dugo bio poznat kao jedna od nekoliko „crnih točaka“ na području Jadrana, kao posljedica zagađenja gradskim i industrijskim otpadnim vodama (Ujević, 2002). Naime, urbanističkim se planiranjem izgradnja, a naročito industrija, usmjeravala u područje Kaštelanskog zaljeva, stoga je mali i kapacitetom ograničen prostor zaljeva uvelike devastiran i zagađen (Andročec i Ivančić, 2003; Buljac, 2012).

2.2. Prikupljanje uzoraka

Prikupljanje uzoraka obavljeno je svaki tjedan u razdoblju od 16. svibnja do 29. listopada 2022. Uzorci su sakupljeni na 11 plaža na području grada Kaštela (Slika 5). Službena ispitivanja (svakih 2 tjedna) obavljao je Nastavni zavod za javno zdravstvo Splitsko-dalmatinske županije – daljnjem tekstu Zavod, dok je preostala, dodatna ispitivanja (svakih 2 tjedna) obavljao Institut za oceanografiju i ribarstvo (IOR).



Slika 5. Lokacije plaža za uzorkovanje u Kaštelanskom zaljevu : 1 – Resnik, 2 – Gabine, 3 – Đardin, 4 – Hotel Palace, 5 – Miljenko i Dobrila, 6 – Puntica, 7 – Šoulavy, 8 – Baletna škola, 9 – Torac, 10 – Kamp, 11 – Gojača

Izvor: <https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html>

Na tri plaže, Torac, Gojača i Kamp, uzorci su uzimani ujutro i popodne.

Uzorci mora prikupljeni su postupkom propisanim Uredbom. Za prikupljanje uzoraka korišten je štap za uzorkovanje na čijem je kraju pričvršćena staklena boca (vol. 500 mL), koju se uranjalo na otprilike 30 cm dubine (Slika 6)



Slika 6. Uzimanje uzoraka morske vode

Boca je prethodno sterilizirana 15 minuta pri temperaturi od najmanje 121°C. Uzorci su, do daljnje obrade u laboratoriju, čuvani u prijenosnom hladnjaku, a ispitivani su u razdoblju od najviše 6 sati od trenutka prikupljanja.

Za vrijeme prikupljanja uzoraka bilježeni su i dodatni parametri, opisani u tablici 1, a koji su propisani Uredbom unutar obrasca UMK (uzorkovanje mora za kupanje).

Tablica 1. Parametri obrasca UMK (uzorkovanje mora za kupanje)

| | | |
|-------------------------|------------------|---|
| Uzorak | | |
| Datum | | |
| Sat | | |
| Vjetar | P/O | Prisutan (P) ili odsutan (O) |
| | Jačina J/U | Jačina: jak (J) ili umjeren (U) |
| | Smjer N/S/E/W | Smjer: sjeverni (N) južni (S) istočni (E) zapadni (W) |
| KPU O/U/J | | Kiša dan prije uzorkovanja (KPU): odsutna (O) umjerena (U) jaka (J) |
| KDU O/U/J | | Kiša na dan uzorkovanja (KDU): odsutna (O) umjerena (U) jaka (J) |
| Vrijeme S/O | | Vrijeme: sunčano (S) oblačno (O) |
| Slanost | | |
| Temp. zraka (°C) | | |
| Temp. mora (°C) | | |
| Vidljivo onečišćenje | | Vidljivo onečišćenje: navesti vrstu i razmjer |
| CE u 100 ml | | Mikrobiološki parametri: crijevni enterokoki (CE) |
| <i>E. coli</i> u 100 ml | | Mikrobiološki parametri: <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>) |

Za vrijeme prikupljanja uzoraka mjereni su i osnovni fizikalno-kemijski parametri morske vode. Za *in situ* mjerenje temperatura i saliniteta korištena je ručna sonda YSI 30 Pro portable probe (Slika 7).



Slika 7. Očitavanje rezultata mjerenja ručne sonde pri prikupljanju uzoraka na terenu

Temperatura zraka mjerena je živinim termometrom. Nakon uzorkovanja, daljnja obrada uzoraka obavljena je u laboratorijima Zavod-a i IOR-a.

2.3. Ispitivanje uzoraka

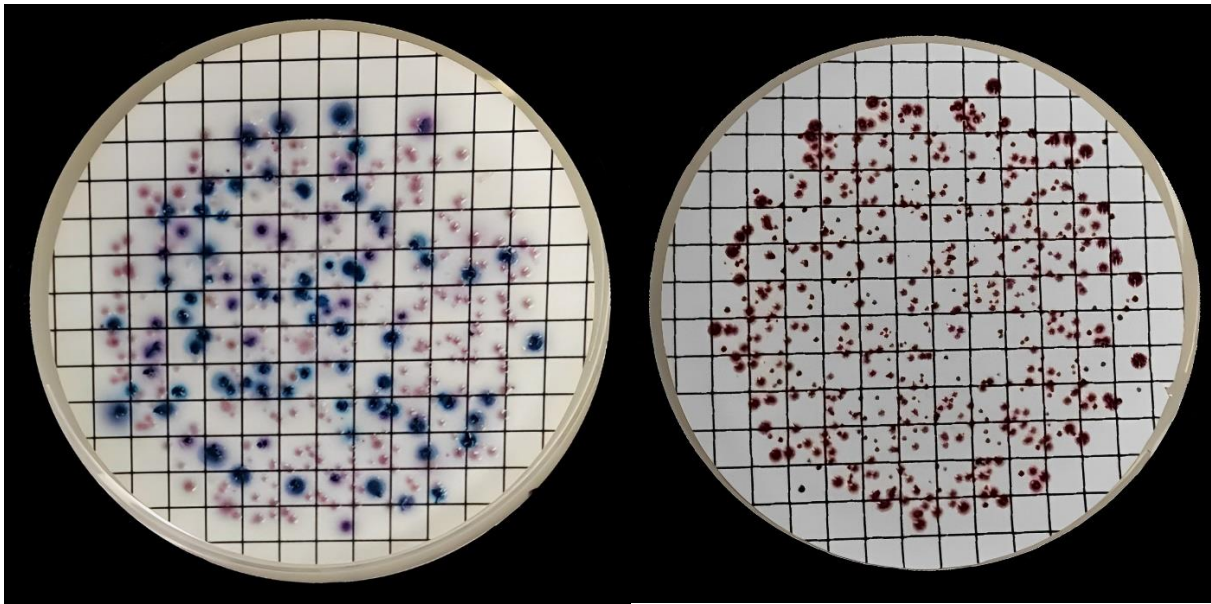
Uzorci su ispitivani metodom membranske filtracije. *E. coli* je određivana temperaturno izmijenjenom metodom HRN EN ISO 9308-1:2014 (Jozić i sur., 2018, dok su crijevni enterokoki određivani ISO 7899-2:2000 metodom. Za filtraciju je korištena aparatura za filtraciju sa 6 mjesta (Slika 8.) Filtrirano je po 100 ml uzorka za svaki pokazatelj.



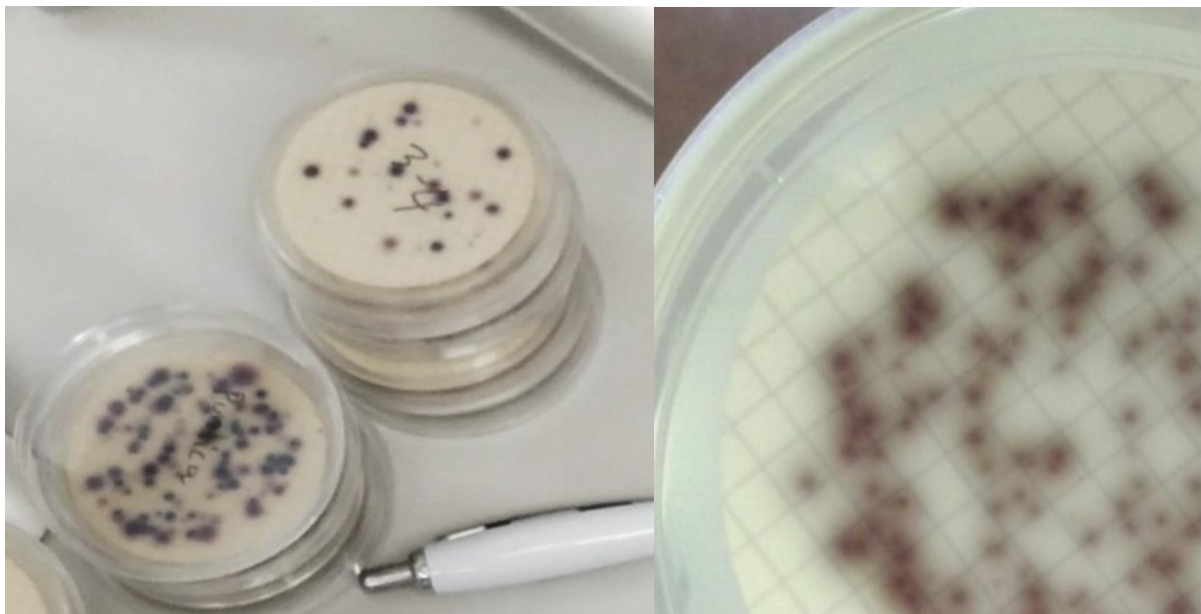
Slika 8. Filtracijska aparatura

Za filtraciju je uporabljen membranski filter veličine pora od $0.45 \mu\text{m}$, promjera 47 mm (Sartorius). Nakon filtriranja lijevci su dvaput isprani deioniziranom vodom, a filtri su sterilnom pincetom stavljene na selektivne podloge, Chromogenic Coliform, Agar (CCA) (Biolife) za određivanje *E. coli* i Slanetz & Bartley agar (SB) (Biolife) za određivanje crijevnih enterokoka. CCA podloge su potom inkubirane 4 sata pri temperaturi od $36 \pm 0.5^\circ\text{C}$, a zatim od 17 do 19 sati pri $44 \pm 0.5^\circ\text{C}$, dok su S&B inkubirane pri $36^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ tijekom 44 ± 4 sata. Nakon inkubacije, za crijevne enterokoke je obavljan potvrdni test, inkubacija na prethodno zagrijanom (44°C) Bile aesculin azide agaru pri temperaturi $44 \pm 0,5^\circ\text{C}$ tijekom 2 sata. Sve ružičaste, crvene ili smeđe kolonije sa S&B (Slika 9) koje su u potvrdnom testu razvile smeđi ili crni halo brojene su kao potvrđeni crijevni enterokoki (Slika 10). Sve tamnoplave do ljubičaste kolonije (β -D-galaktozidaza i β -D-glukuronidaza pozitivne) na CCA brojane su kao *E. coli* (Slika 9).

Rezultat ispitivanja j je izražen kao CFU (colony forming units), tj. broj izraslih kolonija na 100 mL.



Slika 9. Kolonije *E. coli* (lijevo) na CCA i crijevnih enterokoka (desno) na S&B



Slika 10. Vidljivi halo na Bile aesculin agaru kod potvrdnog testa za crijevne enterokoke

2.4. Obrada podataka

Rezultati ispitivanja na prisutnosti indikatorskih organizama onečišćenja u morskoj vodi uporabljeni su za statističku obradu podataka za koju je uporabljen MS Excel (2019 MSO 2305)

Nakon određivanja CFU/100 mL svakog od indikatora za svaku plažu. Izračunat je 90-ti percentil i 95-ti percentil.

Godišnja ocjena temeljena je na 90-tom i 95-om percentilu svih rezultatima iz jedne sezone kupanja, a određuje se prema kriterijima određenim Uredbom (Tablica 2).

Tablica 2. Kriteriji za ocjenu kakvoće mora na kraju sezone kupanja i za prethodne tri sezone kupanja prema Uredbi o kakvoći mora za kupanje

| Parametar | Izvrсна | Dobra | Zadovoljavajuća | Nezadovoljavajuća |
|--------------------------------------|---------|---------|-----------------|-------------------|
| Crijevni enterokoki (cfu/100 ml) | ≤ 100 * | ≤ 200 * | ≤ 185 ** | >185 ** |
| <i>Escherichia coli</i> (cfu/100 ml) | ≤ 150 * | ≤ 300 * | ≤ 300 ** | >300 ** |

(*) Temeljeno na vrijednosti 95-og percentila

(**) Temeljeno na vrijednosti 90-og percentila

Premda je hrvatska Uredba o kakvoći mora za kupanje (NN 73/08) usklađena s europskom Direktivom 2006/7/EZ, hrvatski kriteriji davanja godišnje ocjene za količinu *E. coli* stroži su od europskih, što se može vidjeti u tablicama 2 i 3.

Tablica 3. Kriteriji za ocjenu kakvoće mora na kraju sezone kupanja i za prethodne tri sezone kupanja prema europskoj direktivi 2006/7/EZ

| Parametar | Izvrсна | Dobra | Zadovoljavajuća | Referentne metode ispitivanja |
|--------------------------------------|---------|-------|-----------------|-------------------------------|
| Crijevni enterokoki (cfu/100 ml) | 100 * | 200 * | 185 ** | ISO 7899-1 ili ISO 7899-2 |
| <i>Escherichia coli</i> (cfu/100 ml) | 250 * | 500 * | 500 ** | ISO 9308-3 ili ISO 9308-1 |

(*) Temeljeno na vrijednosti 95-og percentila

(**) Temeljeno na vrijednosti 90-og percentila

3. REZULTATI

Ispitivanja kakvoće mora određivanjem mikrobioloških pokazatelja provedena su jednom tjedno na području Kaštela, od 16. svibnja do 26 rujna 2022. godine. Tijekom sezone kupanja ispitivanja su provedena tako da ih je u jednom tjednu provodio Zavod, a u drugome IOR. Datumi ispitivanja za IOR i Zavod za svaki mjesec prikazani su u tablici 4.

Tablica 4. Raspored ispitivanja kakvoće mora za kupanje na Zavodu i IOR-u tijekom sezone kupanja 2022. godine

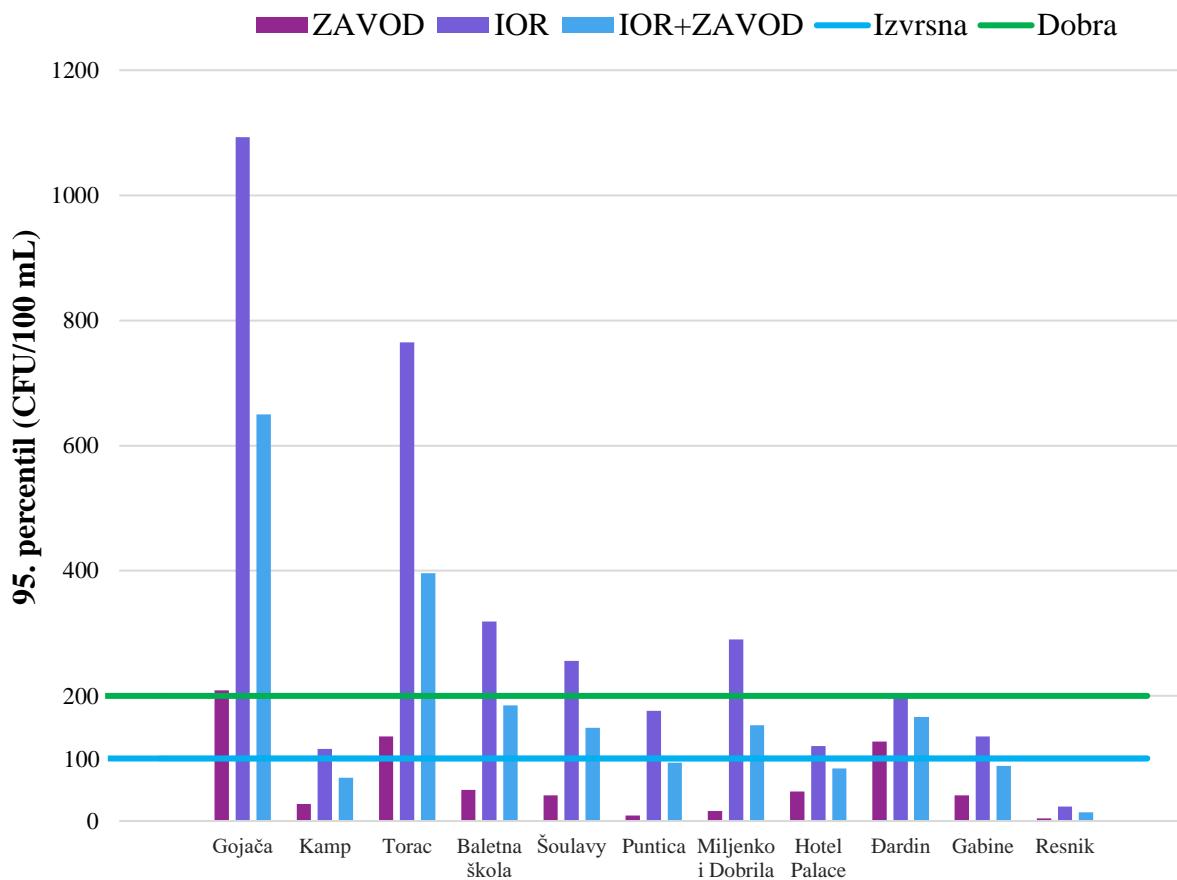
| | Svibanj | Lipanj | Srpanj | Kolovoz | Rujan |
|--------------|---------|--------|--------|---------|-------|
| ZAVOD | 16 31 | 13 27 | 11 25 | 8 22 | 5 18 |
| IOR | 24 | 6 20 | 4 18 | 1 16 29 | 12 26 |

Ispitano je ukupno 240 uzoraka uzetih s 11 plaža. Na kraju sezone kupanja, more za kupanje ocijenjeno je jednom od četiriju ocjena kakvoće temeljem 10 uzoraka ispitanih od strane Zavoda, 10 uzoraka ispitanih od strane IOR-a te temeljem svih 20 uzoraka. S obzirom da su hrvatski kriteriji za određivanje godišnje ocjene temeljem koncentracije *E. coli* stroži od onih propisanih Direktivom o upravljanju kvalitetom vode za kupanje, more za kupanje na ispitivanim plažama ocijenjeno je odvojeno prema nacionalnim i EU kriterijima.

3.1. Godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na temelju crijevnih enterokoka

Na slici 11. prikazane su vrijednosti 95-oga percentila broja crijevnih enterokoka za svih 11 plaža u Kaštelanskom zaljevu. Plava crta označava graničnu vrijednost izvrsne a zelena dobre kakvoće.

Slika 11. Vrijednost 95-og percentila crijevnih enterokoka na kaštelanskim plažama tijekom 2022. godine

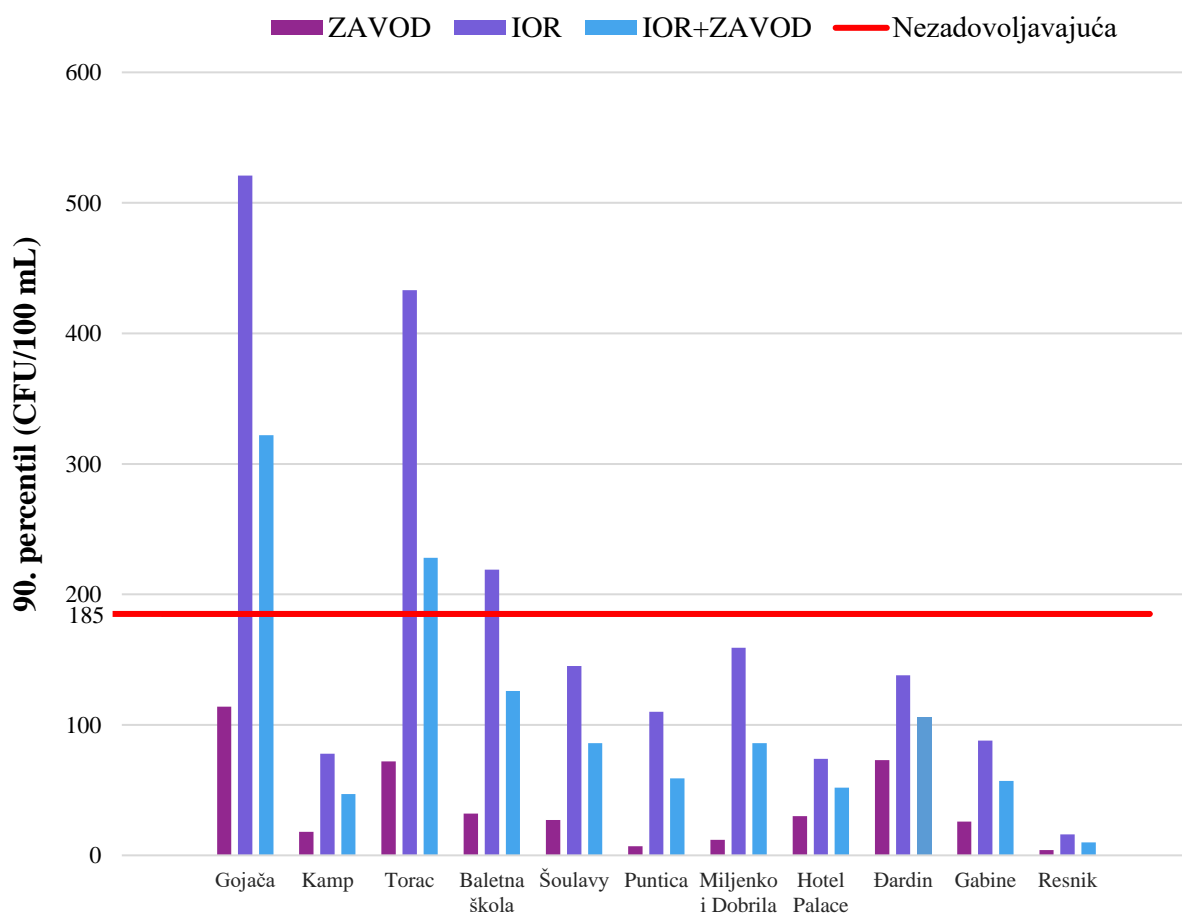


Na plaži Gojača vrijednost 95-og percentila temeljem 10 ispitivanja Zavoda iznosila je 209, temeljem 10 ispitivanjima IOR-a 1093, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a 650 CFU/100 mL. Na plaži Kamp vrijednost 95-og percentila prema ispitivanju Zavoda iznosila je 27, prema ispitivanju IOR-a 115, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a 69 CFU/100 mL. Na plaži Torac vrijednost 95-og percentila prema ispitivanju Zavoda iznosila je 135, prema ispitivanju IOR-a 765, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a 369 CFU/100 mL. Na plaži Baletna škola vrijednost 95-og percentila prema ispitivanju Zavoda iznosila je 50, prema ispitivanju IOR-a 319, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 185 CFU/100 mL. Na plaži Šoulavy vrijednost 95-og percentila prema ispitivanju Zavoda iznosila je 41, prema ispitivanju IOR-a 256, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a 149 CFU/100 mL. Na plaži Puntica vrijednost 95-og percentila prema ispitivanju Zavoda iznosila je 9, prema ispitivanju IOR-a 176, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a 93 CFU/100 mL. Na plaži Miljenko i Dobrila vrijednost 95-og percentila prema ispitivanju Zavoda iznosila je 16, prema ispitivanju IOR-a 290, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a 153 CFU/100 mL. Na plaži Hotel Palace vrijednost 95-og percentila prema ispitivanju Zavoda iznosila je 27, prema ispitivanju IOR-a 115, a prema zbroju rezultata

Zavoda i IOR-a 69 CFU/100 mL. Na plaži Đardin vrijednost 95-og percentila prema ispitivanju Zavoda iznosila je 47, prema ispitivanju IOR-a 120, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a 84 CFU/100 mL. Na plaži Gabine vrijednost 95-og percentila prema ispitivanju Zavoda iznosila je 41, prema ispitivanju IOR-a 135, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a 88 CFU/100 mL. Na plaži Resnik vrijednost 95-og percentila prema ispitivanju Zavoda iznosila je 4, prema ispitivanju IOR-a 23, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a 369 CFU/100 mL.

Na slici 12. prikazane su vrijednosti 90-oga percentila broja izraslih kolonija (CFU) CE na 100 mL za svih 11 plaža u Kaštelanskom zaljevu. Pritom crvena crta označava graničnu vrijednost ≤ 185 CFU/100 mL, koja označava zadovoljavajuću ocjenu, te istovremeno označava graničnu vrijednost ≥ 185 CFU/100 mL za nezadovoljavajuću ocjenu.

Slika 12. Vrijednosti 90-og percentila crijevnih enterokoka na kaštelanskim plažama tijekom 2022. godine



Na plaži Gojača vrijednost 90-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosila je 61, prema ispitivanju IOR-a 661, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a 256 CFU/100 mL.

Na plaži Kamp vrijednost 90-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosila je 17, prema ispitivanju IOR-a 25, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a i 22 CFU/100 mL. Na plaži Torac vrijednost 90-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosila je 64, prema ispitivanju IOR-a 229, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a 133 CFU/100 mL. Na plaži Baletna škola vrijednost 90-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosila je 43, prema ispitivanju IOR-a 447, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a 245 CFU/100 mL. Na plaži Šoulavy vrijednost 90-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosi 60, prema ispitivanju IOR-a iznosi 102, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 81 CFU/100 mL. Na plaži Puntica vrijednost 90-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosi 16, prema ispitivanju IOR-a iznosi 128, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 72 CFU/100 mL. Na plaži Miljenko i Dobrila vrijednost 90-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosi 19, prema ispitivanju IOR-a iznosi 128, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 72 CFU/100 mL. Na plaži Hotel Palace vrijednost 90-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosi 34, prema ispitivanju IOR-a iznosi 110, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 72 CFU/100 mL. Na plaži Đardin vrijednost 90-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosi 495, prema ispitivanju IOR-a iznosi 356, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 426 CFU/100 mL. Na plaži Gabine vrijednost 90-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosi 35, prema ispitivanju IOR-a iznosi 63, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 49 CFU/100 mL. Na plaži Resnik vrijednost 90-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosi 5, prema ispitivanju IOR-a iznosi 27, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 16 CFU/100 mL.

Kako je prikazano u Tablici 5, godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na Kaštelanskim plažama na temelju broja crijevnih enterokoka Uspoređene su ocjene Zavoda (10 rezultata), IOR-a (10 rezultata) te IOR-a i Zavoda (20 rezultata) za sezonu 2022

Tablica 5. Godišnja ocjena mora za kupanje na kaštelanskim plažama na temelju crijevnih enterokoka

| | | Gojača | Kamp | Torac | Baletna škola | Šoulavy | Puntica | Miljenko i Dobrila | Hotel Palace | Đardin | Gabine | Resnik |
|-------------------|-----|-------------------|---------|-------------------|-------------------|-----------------|---------|--------------------|--------------|-----------------|---------|---------|
| I O R + Z A V O D | H R | Nezadovoljavajuća | Izvrсна | Nezadovoljavajuća | Dobra | Dobra | Izvrсна | Dobra | Izvrсна | Dobra | Izvrсна | Izvrсна |
| | E U | Nezadovoljavajuća | Izvrсна | Nezadovoljavajuća | Dobra | Dobra | Izvrсна | Dobra | Izvrсна | Dobra | Izvrсна | Izvrсна |
| Z A V O D | H R | Zadovoljavajuća | Izvrсна | Dobra | Izvrсна | Izvrсна | Izvrсна | Izvrсна | Izvrсна | Dobra | Izvrсна | Izvrсна |
| | E U | Zadovoljavajuća | Izvrсна | Dobra | Izvrсна | Izvrсна | Izvrсна | Izvrсна | Izvrсна | Dobra | Izvrсна | Izvrсна |
| I O R | H R | Nezadovoljavajuća | Dobra | Nezadovoljavajuća | Nezadovoljavajuća | Zadovoljavajuća | Dobra | Zadovoljavajuća | Dobra | Zadovoljavajuća | Dobra | Izvrсна |
| | E U | Nezadovoljavajuća | Dobra | Nezadovoljavajuća | Nezadovoljavajuća | Zadovoljavajuća | Dobra | Zadovoljavajuća | Dobra | Zadovoljavajuća | Dobra | Izvrсна |

Ocjena: ■ Izvrсна ■ Dobra ■ Zadovoljavajuća ■ Nezadovoljavajuća

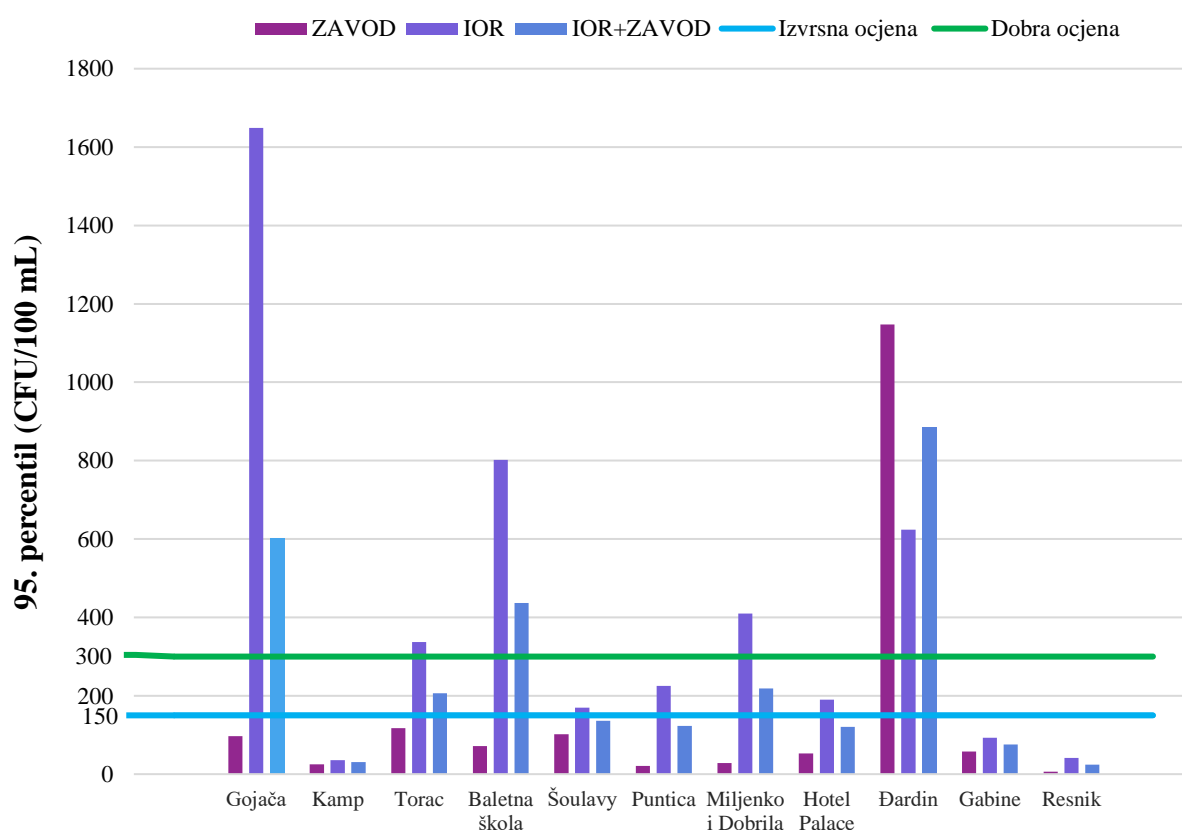
Godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na temelju crijevnih enterokoka prema mjerenjima Zavoda (10 rezultata) zadovoljavajuća je na plaži Gojača, dobra na plažama Torac i Đardin, a izvrsna na svim ostalim plažama. Prema mjerenjima IOR-a (10 rezultata), godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na temelju crijevnih enterokoka nezadovoljavajuća je na plažama Gojača, Torac i Baletna škola, zadovoljavajuća je na plažama Šoulavy, Miljenko i Dobrila te Đardin, dobra na plažama Kamp, Puntica i Hotel Palace, a izvrsna je na plaži Resnik. Prema ukupnim rezultatima IOR-a i Zavoda (20 rezultata), godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na temelju crijevnih enterokoka nezadovoljavajuća je na plažama Gojača i Torac, dobra na plažama Baletna škola, Šoulavy, Miljenko i Dobrila te Đardin, a izvrsna na plažama Kamp, Puntica, Hotel Palace, Gabine i Resnik.

3.2. Ocjena kakvoće mora za kupanje na temelju *Escherichia coli*

Na slici 13. prikazane su vrijednosti 95-oga percentila broja izraslih kolonija (CFU) CE na 100 mL za svih 11 plaža u Kaštelanskom zaljevu. Pritom plava crta označava graničnu vrijednost ≤ 100 CFU/100 mL, a zelena crta označava graničnu vrijednost ≤ 200 CFU/100 mL.

Slika 13. Godišnja vrijednost 95-og percentila CFU/100 mL *E. coli* na kaštelanskim plažama

Na plaži Gojača vrijednost 95-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosi 97, prema ispitivanju IOR-a iznosi 1649, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 602

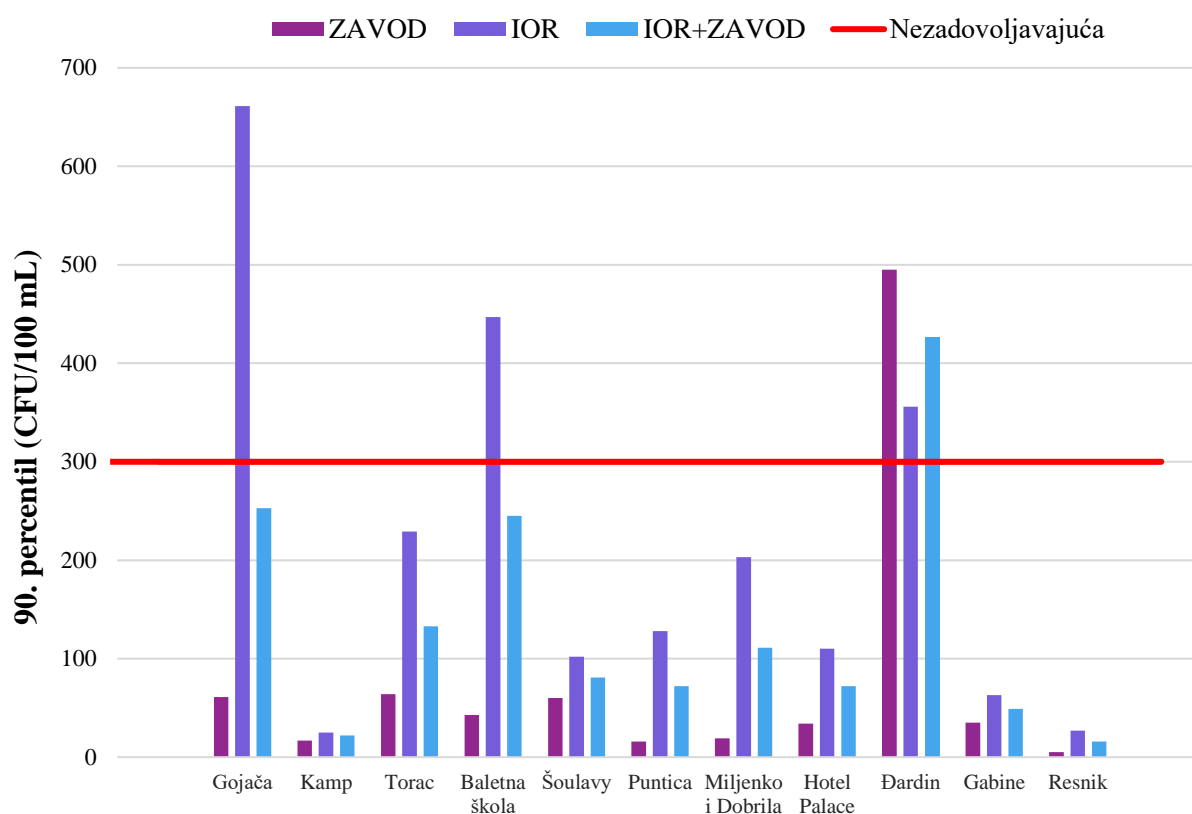


CFU/100 mL. Na plaži Kamp vrijednost 95-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosi 25, prema ispitivanju IOR-a iznosi 36, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 31 CFU/100 mL. Na plaži Torac vrijednost 95-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosi 117, prema ispitivanju IOR-a iznosi 337, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 207 CFU/100 mL. Na plaži Baletna škola vrijednost 95-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosi 72, prema ispitivanju IOR-a iznosi 802, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 437 CFU/100 mL. Na plaži Šoulavy vrijednost 95-og

percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosi 102, prema ispitivanju IOR-a iznosi 170, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 137 CFU/100 mL. Na plaži Puntica vrijednost 95-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosi 21, prema ispitivanju IOR-a iznosi 225, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 123 CFU/100 mL. Na plaži Miljenko i Dobrila vrijednost 95-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosi 28, prema ispitivanju IOR-a iznosi 410, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 219 CFU/100 mL. Na plaži Hotel Palace vrijednost 95-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosi 53, prema ispitivanju IOR-a iznosi 190, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 121 CFU/100 mL. Na plaži Đardin vrijednost 95-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosi 1147, prema ispitivanju IOR-a iznosi 624, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 885 CFU/100 mL. Na plaži Gabine vrijednost 95-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosi 58, prema ispitivanju IOR-a iznosi 93, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 76 CFU/100 mL. Na plaži Resnik vrijednost 95-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosi 6, prema ispitivanju IOR-a iznosi 41, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 24 CFU/100 mL.

Na slici 14. prikazane su vrijednosti 90-oga percentila broja izraslih kolonija (CFU) *E. coli* na 100 mL za svih 11 plaža u Kaštelanskom zaljevu. Pritom crvena crta označava graničnu vrijednost ≤ 300 CFU/100 mL koja označava zadovoljavajuću ocjenu te istovremeno označava i graničnu vrijednost ≥ 300 CFU/100 mL za nezadovoljavajuću ocjenu.

Slika 14. Godišnja vrijednost 90-og percentila CFU/100 mL *E. coli* na kaštelanskim plažama



Na plaži Gojača vrijednost 90-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosi 61, prema ispitivanju IOR-a iznosi 661, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 256 CFU/100 mL. Na plaži Kamp vrijednost 90-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosi 17, prema ispitivanju IOR-a iznosi 25, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 22 CFU/100 mL. Na plaži Torac vrijednost 90-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosi 64, prema ispitivanju IOR-a iznosi 229, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 133 CFU/100 mL. Na plaži Baletna škola vrijednost 90-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosi 43, prema ispitivanju IOR-a iznosi 447, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 245 CFU/100 mL. Na plaži Šoulavy vrijednost 90-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosi 60, prema ispitivanju IOR-a iznosi 102, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 81 CFU/100 mL. Na plaži Puntica vrijednost 90-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosi 16, prema ispitivanju IOR-a iznosi 128, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 72 CFU/100 mL. Na plaži Miljenko i Dobrila vrijednost 90-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosi 19, prema ispitivanju IOR-a iznosi 128, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 72 CFU/100 mL. Na plaži Hotel Palace vrijednost 90-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju

Zavoda iznosi 34, prema ispitivanju IOR-a iznosi 110, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 72 CFU/100 mL. Na plaži Đardin vrijednost 90-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosi 495, prema ispitivanju IOR-a iznosi 356, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 426 CFU/100 mL. Na plaži Gabine vrijednost 90-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosi 35, prema ispitivanju IOR-a iznosi 63, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 49CFU/100 mL. Na plaži Resnik vrijednost 90-og percentila CFU/100 mL prema ispitivanju Zavoda iznosi 5, prema ispitivanju IOR-a iznosi 27, a prema zbroju rezultata Zavoda i IOR-a iznosi 16 CFU/100 mL.

Kako je prikazano u Tablici 6, godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na Kaštelanskim plažama na temelju broja *E. coli* razlikuje se ovisno o razdoblju ispitivanja i instituciji koja ga je provodila. Uspoređene su ocjene Zavoda (10 rezultata), IOR-a (10 rezultata) te IOR-a i Zavoda (20 rezultata) za sezonu 2022

Tablica 6. Godišnja ocjena mora za kupanje na plažama u Kaštelanskom zaljevu na temelju broja *E. coli*

| | | Gojača | Kamp | Torac | Baletna škola | Šoulayv | Puntica | Miljenko Dobrila | Hotel Palace | Đardin | Gabine | Resnik |
|---|--------|-------------------|---------|-----------------|-------------------|---------|---------|------------------|--------------|-------------------|---------|---------|
| I O R + Z A V O D | H R | Nezadovoljavajuća | Izvrсна | Dobra | Zadovoljavajuća | Izvrсна | Izvrсна | Dobra | Izvrсна | Nezadovoljavajuća | Izvrсна | Izvrсна |
| | E U | Zadovoljavajuća | Izvrсна | Izvrсна | Izvrсна | Izvrсна | Izvrсна | Izvrсна | Izvrсна | Zadovoljavajuća | Izvrсна | Izvrсна |
| Z A V O D | H R | Nezadovoljavajuća | Izvrсна | Dobra | Zadovoljavajuća | Izvrсна | Izvrсна | Dobra | Izvrсна | Nezadovoljavajuća | Izvrсна | Izvrсна |
| | E U | Zadovoljavajuća | Izvrсна | Izvrсна | Izvrсна | Izvrсна | Izvrсна | Izvrсна | Izvrсна | Zadovoljavajuća | Izvrсна | Izvrсна |
| I O R | H R | Nezadovoljavajuća | Izvrсна | Zadovoljavajuća | Nezadovoljavajuća | Dobra | Dobra | Zadovoljavajuća | Dobra | Nezadovoljavajuća | Izvrсна | Izvrсна |
| | E U | Nezadovoljavajuća | Izvrсна | Dobra | Zadovoljavajuća | Izvrсна | Izvrсна | Izvrсна | Izvrсна | Zadovoljavajuća | Izvrсна | Izvrсна |

Ocjena: ■ Izvrсна ■ Dobra ■ Zadovoljavajuća ■ Nezadovoljavajuća

Godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na Kaštelanskim plažama na temelju broja *E. coli*. *coli* prema mjerenjima Zavoda nezadovoljavajuća je na plažama Gojača i Đardin, zadovoljavajuća na plaži Baletna škola, dobra na plažama Torac te Miljenko i Dobrila, a izvrsna na svim ostalim plažama. Prema mjerenjima IOR-a, godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na temelju broja *E. coli* nezadovoljavajuća je na plažama Gojača, Baletna škola i Đardin, zadovoljavajuća je na plažama Torac te Miljenko i Dobrila, dobra je na plažama Šoulavy, Puntica i Hotel Palace, a izvrsna je na plažama Kamp, Gabine i Resnik. Prema srednjaku rezultata IOR-a i Zavoda, godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na temelju broja *E. coli* nezadovoljavajuća na plažama Gojača i Đardin, zadovoljavajuća na plaži Baletna škola, dobra na plažama Torac te Miljenko i Dobrila, a izvrsna na svim ostalim plažama.

Godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na temelju broja *E. coli* za Zavod prema europskim kriterijima zadovoljavajuća je na plažama Gojača i Đardin, a izvrsna na svim ostalim plažama. Prema europskim kriterijima za IOR, godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na temelju broja *E. coli* nezadovoljavajuća je na plaži Gojača, zadovoljavajuća je na plažama Baletna škola i Đardin, dobra je na plaži Torac, a izvrsna je na svim ostalim plažama. Prema europskim kriterijima za srednjak rezultata IOR-a i Zavoda, godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na temelju broja *E. coli* prema zadovoljavajuća je na plažama Gojača i Đardin, a izvrsna na svim ostalim plažama.

3.3. Godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje za sezonu 2022. temeljem CE i *E. coli*

U tablici 7 prikazana je godišnja ocjena mora za kupanje na Kaštelanskim plažama na temelju broja CE i *E. coli* za sezonu 2022 a izračunata iz 20 zbrojenih rezultata IOR-a i Zavoda. Rezultati ukazuju na raznolikost ocjena na ispitivanim plažama.

Tablica 7. Godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na Kaštelanskim plažama za sezonu 2022 na temelju broja CE i *E. coli* izračunata iz rezultata 20 uzoraka IOR-a i Zavoda

| | HR | EU |
|---------------------------|-------------------|-------------------|
| Gojača | Nezadovoljavajuća | Nezadovoljavajuća |
| Kamp | Izvrсна | Izvrсна |
| Torac | Zadovoljavajuća | Dobra |
| Baletna škola | Zadovoljavajuća | Dobra |
| Šoulavy | Dobra | Dobra |
| Puntica | Izvrсна | Izvrсна |
| Miljenko i Dobrila | Dobra | Dobra |
| Hotel Palace | Izvrсна | Izvrсна |
| Đardin | Zadovoljavajuća | Zadovoljavajuća |
| Gabine | Izvrсна | Izvrсна |
| Resnik | Izvrсна | Izvrсна |

Ocjena: ■ Izvrсна ■ Dobra ■ Zadovoljavajuća ■ Nezadovoljavajuća

Godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na temelju broja CE i *E. coli* prema temeljem ispitivanja 20 uzoraka nezadovoljavajuća je na plaži Gojača, zadovoljavajuća je na plaži Đardin, a na plaži Torac prema HR kriterijima, kao i plaži Baletna škola, dobra je na plažama Šoulavy te Miljenko i Dobrila, a izvrsna na plažama Kamp, Puntica, Hotel Palace, Gabine i Resnik.

Godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na temelju broja oba indikatora, CE i *E. coli* prema 10 ispitivanja IOR-a prema HR i EU kriterijima prikazana je u tablici 8.

Tablica 8. Godišnja ocjena mora za kupanje na temelju broja CE i *E. coli* prema ispitivanjima IOR-a tijekom sezone 2022

| | HR | EU |
|---------------------------|-------------------|-------------------|
| Gojača | Nezadovoljavajuća | Nezadovoljavajuća |
| Kamp | Dobra | Dobra |
| Torac | Nezadovoljavajuća | Zadovoljavajuća |
| Baletna škola | Nezadovoljavajuća | Nezadovoljavajuća |
| Šoulavy | Zadovoljavajuća | Dobra |
| Puntica | Dobra | Dobra |
| Miljenko i Dobrila | Zadovoljavajuća | Dobra |
| Hotel Palace | Dobra | Dobra |
| Đardin | Zadovoljavajuća | Zadovoljavajuća |
| Gabine | Dobra | Izvrсна |
| Resnik | Izvrсна | Izvrсна |

Ocjena: ■ Izvrсна ■ Dobra ■ Zadovoljavajuća ■ Nezadovoljavajuća

Ocjenu nezadovoljavajuća su imale plaže Gojača, i Baletna škola prema HR i EU Kriterijima, dok je na plaža Torac nezadovoljavajuća prema HR kriterijima, zadovoljavajuća prema HR standardu je na plaži Đardin, plaže Miljenko i Dobrila te Šolavy, a plaža Torac zadovoljavajuće je ocjene prema EU kriterijima. Dobru ocjenu dobile su plažame Kamp, Puntica, Hotel Palace, a plaža Gabine također je dobra prema HR kriterijima, plažame Kamp, Šoulavy, Puntica Miljenko i Dobrila te Hotel Palace također su dobre. Ocjena mora za kupanje izvrsna je samo na plaži Resnik prema HR i EU kriteriju, dok je na Gabinama izvrsna prema EU Kriteriju.

Godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na temelju broja oba indikatora, CE i *E. coli*, prema 10 ispitivanja Zavoda prema HR i EU kriterijima prikazana je u tablici 9.

Tablica 9. Godišnja ocjena mora za kupanje na temelju broja CE i *E. coli* prema ispitivanjima Zavoda tijekom sezone 2022

| | HR | EU |
|--------------------|----|----|
| Gojača | | |
| Kamp | | |
| Torac | | |
| Baletna škola | | |
| Šoulavy | | |
| Puntica | | |
| Miljenko i Dobrila | | |
| Hotel Palace | | |
| Đardin | | |
| Gabine | | |
| Resnik | | |

Ocjena: ■ Izvrsna ■ Dobra ■ Zadovoljavajuća ■ Nezadovoljavajuća

Plaža s ocjenom zadovoljavajuća je samo na plaži Đardin prema HR kriterijima, dok je prema EU kriterijima plaža Đardin ima dobru ocjenu. Dobru ocjenu prema HR i EU standardu imaju plaže Gojača i Torac. Ocjena kakvoće mora prema HR i EU kriterijima izvrsna je na plažama Kamp, Baletna Škola, Šoulavy, Puntica, Miljenko i Dobrila, Hotel Palace, Gabine i Resnik. Ni jedna plaža nema nezadovoljavajuću ocjenu.

3.4. Usporedba ocjena kakvoće mora za kupanje ispitivanih ujutro i popodne

Kako je prikazano u Tablici 10, godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na Kaštelanskim plažama na temelju CE razlikuje se ovisno o vremenu ispitivanja.

Tablica 10. Godišnja ocjena mora za kupanje na Kaštelanskim plažama na temelju CE za mjerenje ujutro i popodne

| | JUTRO | | POPODNE | |
|---------------|-------|----|---------|----|
| | HR | EU | HR | EU |
| Gojača | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Kamp | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Torac | ■ | ■ | ■ | ■ |

Ocjena: ■ Izvrsna ■ Dobra ■ Zadovoljavajuća ■ Nezadovoljavajuća

Tako je godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje prema jutarnjim mjerenjima, na temelju broja CE nezadovoljavajuća na plažama Gojača i Torac, a dobra na plaži Kamp. Prema popodnevnim mjerenjima, godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na temelju broja CE nezadovoljavajuća je na plažama Gojača, Izvrsna na plaži Kamp, a zadovoljavajuća na plaži Torac.

Kako je prikazano u Tablici 11, godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na Kaštelanskim plažama na temelju broja *E. coli* razlikuje se ovisno o vremenu ispitivanja.

Tablica 11. Godišnja ocjena mora za kupanje na Kaštelanskim plažama na temelju *E. coli* za mjerenje ujutro i popodne

| | JUTRO | | POPODNE | |
|---------------|-------|----|---------|----|
| | HR | EU | HR | EU |
| Gojača | | | | |
| Kamp | | | | |
| Torac | | | | |

Ocjena: ■ Izvrsna ■ Dobra ■ Zadovoljavajuća ■ Nezadovoljavajuća

Prema jutarnjim mjerenjima, godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na temelju broja *E. coli* nezadovoljavajuća je na plaži Gojača, zadovoljavajuća je na plaži Torac, a izvrsna na plaži Kamp. Prema popodnevnim mjerenjima, godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na temelju broja *E. coli* dobra je na plaži Torac, a izvrsna na plažama Gojača i Kamp.

Godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na temelju broja *E. coli* prema europskim kriterijima za jutarnja mjerenja nezadovoljavajuća je na plaži Gojača, a izvrsna na plažama Kamp i Torac. Godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na temelju broja *E. coli* prema europskim kriterijima za popodnevna mjerenja izvrsna je na plažama Gojača, Kamp i Torac.

Kako je prikazano u Tablici 12, godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na Kaštelanskim plažama na temelju zbroja CE i *E. coli* razlikuje se ovisno o razdoblju ispitivanja

Tablica 12. Godišnja ocjena mora za kupanje na Kaštelanskim plažama na temelju CE i *E. coli* mjerene ujutro i popodne

| | JUTRO | | POPODNE | |
|---------------|-------|----|---------|----|
| | HR | EU | HR | EU |
| Gojača | | | | |
| Kamp | | | | |
| Torac | | | | |

Ocjena: ■ Izvrsna ■ Dobra ■ Zadovoljavajuća ■ Nezadovoljavajuća

Prema jutarnjim mjerenjima, godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na temelju broja CE i *E. coli* temeljem HR kriterija nezadovoljavajuća je na plažama Gojača i Torac, a dobra na plaži Kamp. Prema popodnevnim mjerenjima, godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na temelju broja CE i *E. coli* dobra je na zadovoljavajuća je na plažama Gojača i Torac, a izvrsna na plaži Kamp.

Godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na temelju broja CE i *E. coli* prema europskim kriterijima za jutarnja mjerenja nezadovoljavajuća je na plaži Gojača, nezadovoljavajuća na plaži Torac, a dobra na plaži Kamp. Godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na temelju broja CE i *E. coli* prema europskim kriterijima za popodneva mjerenja nezadovoljavajuća je na plaži Gojača, dobra na plaži Torac, a izvrsna na plaži Kamp.

4. RASPRAVA

Različita istraživanja utjecaja učestalosti uzorkovanja na godišnju ocjenu mikrobiološke kakvoće mora za kupanje upućuju na to da manji broj uzoraka dovodi do nepouzdanih rezultata godišnje ocjene kakvoće mora za kupanje, dok je pri češćem uzorkovanju rezultat godišnje ocjene točniji i pri tome je broj plaža s izvrsnim i dobrim ocjenama smanjen.

Štoviše, ako se ocjena kakvoće mora za kupanje daje na temelju 100 uzoraka, što je onoliko koliko se može prikupiti tijekom pet sezona kupanja uzimajući 20 uzoraka po sezoni, vjerojatnost pogrešne klasifikacije manja je od 1%, ali ako se ista ocjena temelji na samo 20 uzoraka jedne sezone, pogreška je oko 14%. Ovakvo donošenje ocjene kakvoće mora za kupanje na temelju premalog broja uzoraka vjerojatno neće zaštititi zdravlje kupaca, nego će samo omogućiti donošenje prolazne ocjenu prevelikom broju plaža i/ili štititi interese koncesionara plaža (WHO, 2018).

U ovom radu prekoračenje gornje granice 90-og percentila od 185 CFU/100mL CE zabilježeno je na postajama Kamp, Torac i Baletna škola mjerenjima IOR-a, dok za iste parametre prema mjerenjima Zavoda nije zabilježeno prekoračenja granica. Istovremeno, prekoračenje gornje granice od 90-og percentila od 300 CFU/100mL *E. coli* zabilježeno je od strane IOR na plažama: Kamp, Baletna škola i Đardin, a Zavod je jedino zabilježio prekoračenje gornje granice *E. coli* na plaži Đardin.

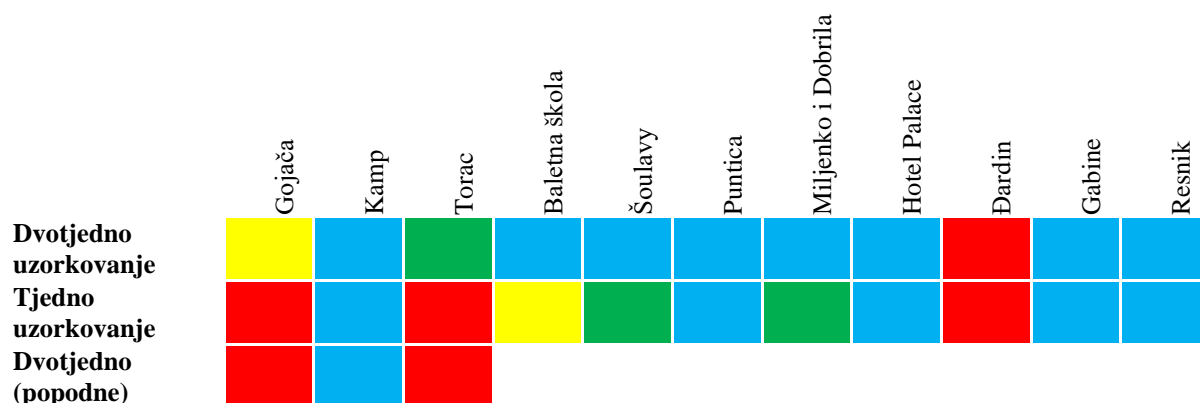
Iz rezultata za godišnju ocjenu kakvoće mora na temelju broja CE može se zaključiti da su godišnje ocjene kakvoće mora za kupanje na temelju broja CE imaju veći udio nezadovoljavajućih i zadovoljavajućih ocjena kod ispitivanja IOR-a nego kod ispitivanja Zavoda: 3 od 100 plaža ima nezadovoljavajuću ocjenu na temelju ispitivanja IOR-a, dok kod ispitivanja Zavoda nezadovoljavajuću ocjenu nema niti jedna plaža. Također, samo 1 od 11 plaža ima izvrsnu ocjenu na temelju ispitivanja IOR-a, dok kod ispitivanja Zavoda izvrsnu ocjenu ima 8 od 11. Istovremeno treba uzeti u obzir i apsolutne vrijednosti zabilježenih onečišćenja jer zbog metode izračuna ocjene jedan zabilježeni rezultat može pokvariti godišnju ocjenu kakvoće ako je onečišćenje veliko.

U rezultatima za godišnju ocjenu na temelju *E. coli* može se zaključiti da su ocjene kakvoće mora za kupanje bile češće nezadovoljavajuće i zadovoljavajuće kod ispitivanja IOR-a nego kod ispitivanja Zavoda: 3 od 11 plaža ima izvrsnu ocjenu na temelju ispitivanja IOR-a, dok kod

ispitivanja Zavoda izvrsnu ocjenu ima 6 od 11 plaža. Istovremeno, kod zbrojenih rezultata Zavoda i IOR-a (20 rezultata) te prema mjerenjima Zavoda nijedna plaža nema nezadovoljavajuću ocjenu. Kod mjerenja IOR-a prema europskim kriterijima samo plaža Gojača ima nezadovoljavajuću ocjenu.

Kako je navedeno u tablici 13. rezultati godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje kod usporedbe dvotjednog (10 uzorkovanja) i tjednog (20 uzorkovanja) prema HR kriterijima za ocjenjivanje kakvoće pokazali su da postoji razlika u učestalosti mjerenja.

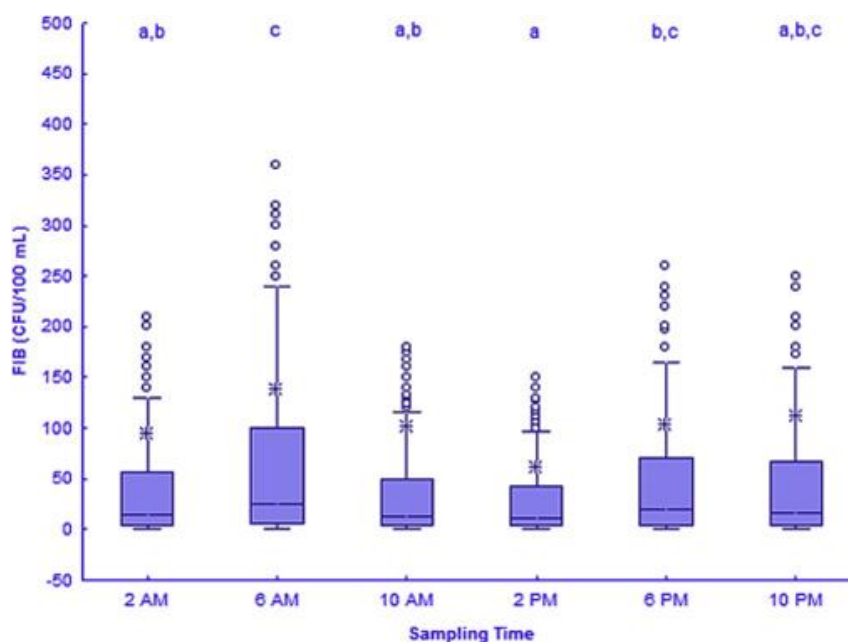
Tablica 13. Usporedba godišnje ocjene kakvoće kod dvotjednog (10 uzorkovanja), tjednog (20 uzorkovanja) i podnevnog uzorkovanja za oba indikatora zagađenja (CE i *E. coli*) prema HR kriterijima



Ocjena: ■ Izvrsna ■ Dobra ■ Zadovoljavajuća ■ Nezadovoljavajuća

Različito je ocjenjeno ukupno 5 od 11 plaža (Gojača, Torac, Baletna škola, Šoulavy, Miljenko i Dobrila te Đardin) Pri dvotjednom uzorkovanju ocjena kakvoće bila je ocjenjena boljom ocjenom kakvoće nego pri tjednom mjerenju.

U istraživanju u kojemu su istraživane vremenske varijacije i prediktivno modeliranje mikrobiološke kvalitete morske vode na području grada Rijeke pokazalo je da najveći broj mikrobioloških indikatora onečišćenja morske vode u 6 ujutro (Slika 15) zbog nedostatka sunčeve svjetlosti kao najjačeg redukcijuskog faktora za indikatore bakterija (Lušić i sur., 2017)



Slika 15. Mikrobiološko zagađenje u različitim vremenskim intervalima uzorkovanja.

Različita slova označavaju statistički značajnu razliku u koncentraciji FIB-a između ciklusa uzorkovanja (Lušić i sur., 2017)

Ovakav učinak povezuje se s dezinfekcijskim svojstvom sunčevog zračenja, koje UV-zrakama ubija ili inaktivira bakterije *E. coli* u morskoj sredini (S. Jozić i sur., 2018), što bi objasnilo veći broj izvrsne i dobre ocjene kakvoće mora u popodnevним mjerenjima, kao što je bio i slučaj u ovom radu gdje je utvrđeno da je ocjena kakvoće mora za kupanje bila bolje kakvoće u jutarnjim ispitivanjima nego popodnevним na sve tri ispitivane plaže.

Rezultati ispitivanja kakvoće mora ujutro i popodne na temelju broja CE bolje su kakvoće su kod jutarnjih nego kod popodnevних ispitivanja. Naime, kod popodnevних mjerenja na plaži Torac ocjena je zadovoljavajuća, dok je kod jutarnjih mjerenja nezadovoljavajuća. Na plaži Kamp ocjena je dobra jedino kod jutarnjih ispitivanja. Istovremeno, godišnje ocjene kakvoće mora za kupanje na temelju *E. coli* pokazala su se lošije kvalitete kod jutarnjih nego kod popodnevних ispitivanja. Naime, kod popodnevних mjerenja nema nezadovoljavajućih ocjena. Nadalje, godišnje ocjene prema europskim mjerenjima bolje su jer je godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje na temelju broja *E. coli* na plaži Torac nezadovoljavajuća u jutarnjim ispitivanjima, dok je prema europskim kriterijima izvrsna; i konačno, prema jutarnjim mjerenjima na plaži Torac zadovoljavajuća je prema hrvatskim, a izvrsna prema europskim kriterijima.

Dobivanje preciznih podataka o kakvoći vode u radu koji je ispitivao učinak učestalosti uzorkovanja i strategije na modeliranje kvalitete postigao nizom dodatnih „poduzorkovanja“. Rezultati pokazuju da povećanje učestalosti uzorkovanja s 12 na 26 uzoraka godišnje dovodi do povećavanja točnosti i relevantnosti toga plana praćenja kakvoće vode (M. Piniewskia i sur., 2019) I u ovom radu zaključuje se da pri dvostruko više ispitivanja rezultati postaju pouzdaniji i relevantniji, dok su se dosadašnji planovi praćenja kakvoće mora pokazali nepouzdanima jer se ispitivanja ne provode dovoljno učestalo. Ovakvi rezultati ukazuju na to da je godišnja ocjena kakvoće mora u Hrvatskoj i EU lošija.

Temeljem rezultata istraživanja mikrobiološke kakvoće mora za kupanje koje su proveli Jozić i sur. (2022) ukazano je na važnost praćenja obaju indikatorskih organizama, *E. coli* i CE, a prekoračenja u toj studiji uglavnom su bila uzrokovana visokim razinama CE zbog kasnijeg uzorkovanja za razliku od prethodnih studija provedenih na istom području, gdje je do većine prekoračenja došlo zbog visokih razina *E. coli* (Jozić i sur., 2022).

5. ZAKLJUČCI

Rezultati mjerenja potvrdili su postavljenu hipotezu: češćim uzorkovanjem, provedenim jednom tjedno (20 puta tijekom sezone kupanja), godišnja ocjena kakvoće mora za kupanje bila je lošije kakvoće od one dobivene dosadašnjim standardnim dvotjednim mjerenjima (10 puta tijekom sezone kupanja). Od 11 praćenih plaža, na 5 je ocjena kakvoće lošija temeljem tjednog u odnosu na dvotjedno uzorkovanje. Također, rezultati učestalosti ispitivanja godišnje ocjene kakvoće mora za kupanje bili su češće ocjenjeni izvrsno i dobro kod popodnevnih ispitivanja nego kod jutarnjih. Vrijedi napomenuti da su europski kriteriji kakvoće mora za *E. coli* blaži od hrvatskih, pa su zbog toga godišnje ocjene prema europskom kriteriju češće ocjenjene izvrsnom i dobrom ocjenom.

S obzirom na metodu izračuna ocjene te njenu osjetljivost na ekstreme, jedan zabilježeni rezultat može pokvariti godišnju ocjenu kakvoće ako je onečišćenje veliko pa 10 uzorkovanja tijekom jedne sezone ovom metodom izračuna neće dati pravu sliku kakvoće, dok je pri 20 uzorkovanja ocjena relevantnija.

Kao konačni zaključak nameće se potreba za provođenjem ispitivanja kakvoće mora za kupanje u češćim vremenskim intervalima od onih koji su trenutno propisani, a sve u cilju brige za pravovremeno informiranje potencijalnih korisnika plaža o onečišćenju mora i, posljedično, brige za njihovo zdravlje.

6. LITERATURA

- Andročec V., Ivančić B. (2003) Projekt Eko-Kaštelanski zaljev 2003, *Građevinar* 55 (7), str. 377-381 .
- Antolović R., Frece J., Gobin I., Hrenović J., Kos B., Markov K., Mlinarić-Missoni E., Novak J., Ožanić M., Pinter LJ., Plečko V., Pleško S., Šantić M., Ševgić-Klarić M., Šeruga-Musić M., Škorić D., Šušković J. (2016) Priručnik za vježbe iz opće mikrobiologije. Hrvatsko mikrobiološko društvo, Kugler, Zagreb.
- Ashbolt N. J., Grabow W. O. K, Snozzi M. (2001) Indicators of microbial water quality. *Water quality: Guidelines, standards and health – Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease*, WHO Water Series, IWA Publishing, London, str. 289 – 315.
- Buljac M. (2012) Prostorna i vremenska raspodjela antropogenih elemenata u sedimentu Kaštelanskog zaljeva : Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, KTF , Zagreb.
- Gerard J. Tortora, Berdell R. Funke, Christine L. Case : *Microbiology - An introduction*, 13th Edition - Pearson , 2018.
- HRN EN ISO 9308-1:2014. Kvaliteta vode - Brojenje *Escherichia coli* i koliformnih bakterija -1. dio: Metoda membranske filtracije za vode s niskom pozadinom bakterijske flore, International Organization for Standardization: Genève, Švicarska.
- ISO 7899-2:2000. *Water quality — Detection and enumeration of intestinal enterococci — Part 2: Membrane filtration method*, International Organization for Standardization: Genève, Švicarska.
- Jozić S. i sur. (2018) Performance characteristics of the temperature-modified ISO 9308-1 method for the enumeration of *Escherichia coli* in marine and inland bathing waters. *Marine Pollution Bulletin* 135, str. 150 – 158.
- Jozić S., Morović M., Šolić M., Krstulović N., Ordulj M. (2014) Effect of solar radiation, temperature and salinity on the survival of two different strains of *Escherichia coli* *Fresenius Environ. Bull.*, 23 (8), str. 1852 - 1859.

- Jozić S., Šolić M. (2020) Mikrobiološka kvaliteta mora i školjkaša. U: Vidjak, Olja, Institut za oceanografiju i ribarstvo - 90 godina otkrivanja tajni Jadrana. Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split, str. 135 – 141.
- Jozić, S., Puljak, T., Ivanković, D., Baugartner, N., Ordulj, M., Tomaš, A. V., i Matić, M. (2022). Kvaliteta mora za kupanje na plažama u Kaštelima (Hrvatska) u razdoblju primjene Direktive o upravljanju kvalitetom vode za kupanje 2006/7/EC. *Acta Adriatica: International Journal of Marine Sciences* 63(2), str. 151 - 164.
- Kraus, R., Baljak, V., Lušić, D. V., Kranjčević, L., Cenov, A., Glad, M., Kauzlarić, V., Lušić, D., Grbčić, L., Alvir, M., Pećarević, M., & Jozić, S. (2022). Impacts of atmospheric and anthropogenic factors on microbiological pollution of the recreational coastal beaches neighboring shipping ports. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(14), 8552.
- Krstulović N., Šolić M., Mikrobiologija mora, Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split, 2002
- Lučić T., Milić R., Pavlov G., Marinković V., Udiljak M., Kuliš B., Jurić M., Vukušić T. (2016) Strategija razvoja grada Kaštela 2016.-2020., Grad Kaštela, 131 str.
- Lušić, D. V, Cenov A., Lušić D., Glad M., Jozić S., Alvir M., Kranjčević L. (2021) kakvoća mora za kupanje u Primorsko-Goranskoj županiji i Riječkom području u posljednjem desetljeću, *Hrvatske vode* 29(116), str. 103 – 112.
- Lušić, D. V., Kranjčević, L., Maćešić, S., Jozić, S., Linšak, Ž., Bilajac, L., Grbčić, L., & Bilajac, N. (2017). Temporal variations analyses and predictive modeling of microbiological seawater quality. *Water Research* 119, str. 160 – 170.
- Martínez M.L., Intralawan A., Vázquez G., Pérez-Maqueo O., Sutton P., Landgrave R. (2007) The coasts of our world: Ecological, economic and social importance. *Ecol. Econ.* 63, str. 254 - 272.
- Ministarstvo zaštite okoliša i energetike (2023) Kakvoća mora za kupanje na plažama hrvatskog Jadrana. Dostupno sa: <https://mingor.gov.hr/print.aspx?id=1450&url=print>, pristupljeno: kolovoz, 2023.

- Obiri-Danso K., Jones K., Paul N. (1999) The effect of the time of sampling on the compliance of bathing water in NW England with The EU Directive on bathing water quality. *Journal of Coastal Conservation* 5, str. 51 - 58.
- Piniewskia M., Marcinkowska P., Koskiahob J., Tattarib S. (2019) The effect of sampling frequency and strategy on water quality modelling driven by high-frequency monitoring data in a boreal catchment, *Journal of Hydrology*, Volume 579, str. 1-15.
- Preißler, S. (2009). Evaluation of the quality of European coastal water by German tourists. *Coastal Change in the southern Baltic Sea Region Coastline Reports* 12 (2009), str. 177-186.
- Ralph Mitchell i Ji-Dong G: *Environmental Microbiology* 2nd edition John Wiley & Sons, 384, 2018.
- Stilinović B. i Hrenović J. (2009) *Praktikum iz bakteriologije*.
- Ujević I. (2002) Utjecaj suspendirane tvari u moru na akumulaciju kovina u tragovima u sedimentu Kaštelanskog zaljeva, *Doktorska disertacija*, Sveučilište u Zagrebu, PMF, Zagreb, str. 135.
- Whitman, R. L., i Nevers, M. B. (2004). *Escherichia coli* Sampling Reliability at a Frequently Closed Chicago Beach: Monitoring and Management Implications. *Environmental Science & Technology* 38(16), str. 4241 - 4246.
- World Health Organization (2003) *Guidelines for Safe Recreational Water Environments. Volume 1: Coastal and Fresh Waters*. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- World Health Organization (2018) *WHO Recommendations on Scientific, Analytical and Epidemiological Developments Relevant to the Parameters for Bathing Water Quality in the Bathing Water Directive (2006/7/EC)*.