

# Kakvoća mora za kupanje na plaži Kantrida u Rijeci 1998.-2015.

---

**Topić, Nancy**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2016**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:548964>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-17**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
MEDICINSKI FAKULTET  
PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ  
SANITANOG INŽENJERSTVA

Nancy Topić

KAKVOĆA MORA ZA KUPANJE NA PLAŽI KANTRIDA U RIJECI 1998.-2015.

Završni rad

Rijeka, 2016.

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
MEDICINSKI FAKULTET  
PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ  
SANITANOG INŽENJERSTVA

Nancy Topić

KAKVOĆA MORA ZA KUPANJE NA PLAŽI KANTRIDA U RIJECI 1998.-2015.

Završni rad

Rijeka, 2016.

## ZAHVALA

Velika hvala mentorici doc.dr.sc. Dariji Vukić Lušić, dipl.sanit.ing. na stručnim savjetima i velikoj pomoći prilikom izrade ovog završnog rada.

Hvala mojoj obitelji i prijateljima koji su mi pružali stalnu podršku.

Mentor rada: doc.dr.sc. Darija Vukić Lušić, dipl.sanit.ing.

Završni rad obranjen je dana \_\_16. rujna 2016.\_\_\_ u/na \_\_\_\_\_Rijeci\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_, pred povjerenstvom u sastavu:

1. doc.dr.sc. Dražen Lušić, dipl.sanit.ing.
2. doc.dr.sc. Aleksandar Bulog, dipl.sanit.ing.
3. doc.dr.sc. Darija Vukić Lušić, dipl.sanit.ing.

Rad ima 53 stranica, 12 slika, 13 tablica, 26 literaturnih navoda.

## SAŽETAK

Kakvoća mora u Republici Hrvatskoj, kao i u cijeloj Europi, od velikog je javno zdravstvenog značaja. U ovom su radu obrađeni rezultati ispitivanja mikrobioloških indikatora fekalne kontaminacije (*E. coli* i crijevnih enterokoka) tijekom sedamnaest godina na plaži Kantrida u gradu Rijeci. Od 1998. do 2015. g. ispitivanje se provodilo na dvije lokacije, Kantrida – istok (KI) i Kantrida – zapad (KZ). Rezultati su preračunati u vrijednosti 90 – tog percentila prema načinu opisanom u novoj Uredbi (NN 73/08), čiji su kriteriji stroži te omogućavaju bolji uvid u kakvoću Jadranskog mora nego europski propisi. Veće mikrobiološko opterećenje zabilježeno je na lokaciji KI, koja je već niz godina ocijenjena „nezadovoljavajućom“ ocjenom. Na kakvoću mora na toj lokaciji dominantan utjecaj imaju oborine, dok je lokacija KZ vjerojatno pod utjecajem obližnjih objekata, koji nisu priključeni na sustav javne odvodnje otpadnih voda. To ukazuje da je onečišćenje mora prostorno vezano za mikrolokaciju ispitivanja. Izgradnjom kanalizacijskog sustava zone Kantrida, stanje kakvoće mora na plaži Kantrida se poboljšalo, što je evidentno od 2003. g. Od početka primjene nove Uredbe (2009. g.) prema nacionalnim kriterijima KI je 4 sezone ocijenjena kao nezadovoljavajuća, a KZ niti jednom. Istovremeno, prema europskim standardima istraživane lokacije niti jednom nisu bile nezadovoljavajuće kakvoće. Stroži hrvatski kriteriji, u odnosu na europske, korisnicima plaža pružaju višu razinu sigurnosti.

**Ključne riječi:** kakvoća mora za kupanje, fekalni indikatori, plaža Kantrida, onečišćenje, oborine, priobalni izvori

## SUMMARY

Bathing water quality in the Republic of Croatia, as well as in Europe, is of considerable public health concern. This study evaluated the results of microbiological indicators of fecal contamination (*E. coli* and intestinal enterococci) during the 17 years of monitoring on the beach Kantrida in Rijeka. Regular monitoring has been established since 1998. at two sites, location Kantrida – east (KI) and Kantrida – west (KZ). The results are calculated in value of the 90th percentile according to the reference methods described in the new Regulation (73/08), whose criteria are stricter and provide better insight into the quality of the Adriatic Sea than European legislation does. Larger microbiological load was observed at the location KI, which has been assessed as “poor” for many years. The major source of pollution at KI are heavy rains who wash contamination into the sea, while dominant influence at the location KZ have nearby objects with the lack of entirely resolved drainage of wastewater. This implies that the pollution is spatially related to the microlocation of examination. Since 2003., with the construction of sewage system at Kantrida area, bathing water quality has improved. Since the implementation of the new Regulation (2009.), according to national criteria, KI has been evaluated as “poor” for four seasons, while KZ has never. Meanwhile, according to European standards, none of the sites have been evaluated as “poor”. Stricter Croatian criteria in relation to European provide higher level of security.

**Keywords:** bathing water quality, fecal indicators, Kantrida beach, pollution, rainfall, sources of freshwater

## SADRŽAJ:

<b>1</b>	<b>UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Morski okoliš i plaže .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2</b>	<b>Onečišćenje mora - rizik za zdravlje.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3</b>	<b>Indikatori fekalnog onečišćenja mora .....</b>	<b>5</b>
1.3.1	<i>E. coli</i> .....	5
1.3.2	Crijevni enterokoki.....	5
<b>1.4</b>	<b>Monitoring kakvoće mora za kupanje.....</b>	<b>6</b>
<b>1.5</b>	<b>Zakonska legislativa .....</b>	<b>8</b>
1.5.1	Europska zakonska legislativa.....	8
1.5.1.1	Stara Direktiva 76/160/EEC .....	8
1.5.1.2	Nova Direktiva 2006/7/EZ.....	8
1.5.2	Hrvatska .....	10
1.5.2.1	Uredba o standardima kakvoće mora na morskim plažama (NN 33/96)....	10
1.5.2.2	Uredba o kakvoći mora za kupanje (NN 73/08) .....	13
<b>2</b>	<b>CILJ ISTRAŽIVANJA .....</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>METODE I MATERIJALI .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1</b>	<b>Područje ispitivanja.....</b>	<b>19</b>
<b>3.2</b>	<b>Profil plaže.....</b>	<b>20</b>
3.2.1	Uzorkovanje .....	22
3.2.2	Ispitivanje mikrobioloških parametara .....	22
3.2.3	Ispitivanje fizikalno – kemijskih parametara .....	23
3.2.4	Statistička obrada podataka .....	23
3.2.4.1	Percentili .....	23
3.2.4.2	Korelacija.....	24
3.2.4.3	ANOVA i <i>post hoc</i> Tukey's HSD test .....	26
<b>4</b>	<b>REZULTATI.....</b>	<b>27</b>
<b>4.1</b>	<b>Kakvoća mora na plaži Kantrida 1998.-2015.....</b>	<b>27</b>
4.1.1	Kantrida – istok .....	27
4.1.2	Kantrida – zapad.....	29
4.1.3	Kantrida – istok + zapad.....	30
<b>4.2</b>	<b>HR vs EU ocjena .....</b>	<b>32</b>
<b>4.3</b>	<b>Utjecaj oborina.....</b>	<b>33</b>
<b>4.1</b>	<b>Salinitet .....</b>	<b>35</b>
<b>5</b>	<b>RASPRAVA .....</b>	<b>37</b>
<b>6</b>	<b>ZAKLJUČCI.....</b>	<b>43</b>
<b>7</b>	<b>LITERATURA.....</b>	<b>44</b>
	<b>ŽIVOTOPIS</b>	



# 1 UVOD

## 1.1 Morski okoliš i plaže

More i oceani čine međusobno povezane vodene mase na Zemljinoj površini približno jednakih fizikalno – kemijskih osobina. Prekrivaju 71% ukupne Zemljine površine, a prosječne su dubine 3800 m. More se dijeli na 3 oceana, Tihi, Atlantski i Indijski ocean, te odijeljena mora u koje svrstavamo mediterane i obalna mora. Pod pojmom mediteran se smatra more koje je većim dijelom kopna odijeljeno od oceana, a malim dijelom, uskim tjesnacima ili kanalima, povezano s oceanom. Po svojim kemijskim i fizikalnim osobinama su neovisni o oceanima, a u tu skupinu mora pripadaju Sredozemno more, Indonezijski mediteran, Sjeverno ledeno more, Američki mediteran te nekolicina manjih mediterana.

Jadransko more je dio Sredozemnog mora koje dodiruje Hrvatsku, Sloveniju, Italiju, Bosnu i Hercegovinu, Crnu goru i Albaniju. Pripada relativno plitkim morima s prosječnom dubinom od 251 m, a obuhvaća površinu od 138 595 km<sup>2</sup> (1). Oblik i dubina Jadranskog mora mijenja se sa sjeverozapada prema jugoistoku, od najplićeg dijela do najdubljeg. Takav raspored mora uvelike utječe na dinamiku vode i meteorološke prilike. Zimi su karakteristični veliki prodori kontinentalnog, hladnog zraka s burom, dok ljeti prevladava suho vrijeme i vjetar maestral. O miješanju mora potpomognuto vjetrom ovisi broj mikroorganizama u moru. Ovisno o sloju Jadranskog mora razlikuje se strujanje vodene mase. U površinskom sloju, voda se giba suprotno okretanju kazaljke na satu, od sjeverozapadnog dijela prema sjeveroistočnom dijelu, što utječe na sezonsku razliku u salinitetu i temperaturi, pa tako i mikroorganizmima. U središnjem ili intermedijarnom sloju karakteristično je uzlazno strujanje koje ne ovisi o godišnjem dobu. Takvo strujanje je poznato po većem salinitetu mora nego u površinskom sloju. Način strujanja vode u najdubljem dijelu mora nije u potpunosti razjašnjen, no prevladavanjem izlaznog strujanja poznato je da dolazi do miješanja hladne vode sa sjevernog

dijela Jadrana i slanije vode središnjeg sloja (1). Hrvatska obala je najduža obala istočnog dijela Jadrana te zauzima 1777 km (2). Zbog krškog reljefa i priobalnih izvora rijeka, salinitet Jadranskog mora u Kvarnerskom zaljevu niži je nego u jugoistočnom dijelu hrvatskog Jadrana, u kojem iznosi oko 38‰ (1). Jadransko more pripada toplim morima s prosječnom temperaturom površine mora od 22 °C do 25 °C tijekom ljeta te iznad 11 °C tijekom zime. More južnog dijela Jadrana je u zimskim mjesecima za 8 – 10 °C toplije nego na sjevernom dijelu. Morsko je dno Jadranskog mora različite strukture. Južni dio karakterizira muljeviti sediment, dok sjeverni dio, i s njime Kvarnerski zaljev, pjeskovito dno. Ovisno o značajkama mora i morskog okoliša, razlikuju se aktivnosti, raspodjela i osobine mikroorganizama prisutnih u moru.

U Hrvatskoj je najunosnija djelatnost turizam i to onaj ljetni (3). Zbog mora visoke kakvoće, brojnih otoka, otočića, hridi i plaža, kulturnih i prirodnih atrakcija, Hrvatsku prati trend povećanja broja noćenja i dolaska turista tijekom i izvan sezone. Prema posljednjim podacima Ministarstva turizma Republike Hrvatske u usporedbi 2014. g. i 2015. g., porast broja turista u ljetnim mjesecima je za lipanj iznosio 4,1%, u srpnju 13%, kolovozu 7,1%, dok je u rujnu iznosio 11,8% (3). Kako bi se nastavio pozitivan trend, jedan od prioriteta Hrvatske je održavanje kvalitete turističke ponude na visokoj razini. Međutim, sve veći broj kupaca na našoj obali za sobom donosi i veće onečišćenje. Pri tome turizam nije jedini faktor koji dovodi do onečišćenja. Tu je i gospodarska aktivnost poput brodogradilišta, pomorski promet, ribarstvo te razne industrije kao što su naftna, prehrambena, termoelektrane i sl. Stoga je morski okoliš, kao prirodni resurs neprocjenjive vrijednosti, maksimalno zaštititi od nepovoljnih utjecaja, kako zbog zaštite zdravlja pučanstva, tako i zbog razvoja gospodarstva, nadasve turizma kao jedne njegove grane.

Prema Zakonu o pomorskom dobru i morskim lukama (NN 158/03, 100/04, 141/06, 38/09, 123/11), plaže se definiraju kao dijelovi kopna koji uz teritorijalno more i unutarnje morske

vode te njihovo dno i podzemlje, čine pomorsko dobro, tj. opće dobro od interesa za Republiku Hrvatsku. Imaju osobitu zaštitu Republike Hrvatske te se koriste pod uvjetima i na način propisan tim Zakonom (4). Pravilnikom o vrstama morskih plaža i uvjetima koje moraju zadovoljavati, plaže se dijele na uređene plaže i prirodne plaže. Uređene plaže se definiraju kao uređeni kopneni prostori, pristupačni svima pod jednakim uvjetima, koji se nalaze neposrednoj blizini mora. Ograđeni su s morske strane te na njima moraju postojati objekti poput sanitarnih uređaja, kabina i tuševa. Prirodne plaže, kao što i sam naziv govori, su neuređene plaže u neposrednom kontaktu s morem. Također su pristupačne svojoj populaciji, no na njima ne postoje ranije navedeni objekti. Svrha samih plaža jest zabava, rekreacija, kupanje i osvježanje ljudi u ljetnim mjesecima.

## 1.2 Onečišćenje mora - rizik za zdravlje

Glavni oblik ljetne rekreacije ljudi koji žive uz more je plivanje. Međutim, plivanjem u onečišćenoj vodi kupaći se izlažu riziku oboljenja od bolesti koje se prenose vodom – hidričnih bolesti. Veličina rizika ovisiti će o osjetljivosti skupine kojoj pojedinac pripada, odnosno o stanju njegovog imunološkog sustava. Vrsta rizika ovisi o mikroorganizmima koji se nalaze u onečišćenoj vodi i njihovom utjecaju na čovjeka. Morski ekosustav Zemlje naseljavaju autohtoni i alohtoni mikroorganizmi. Autohtoni mikroorganizmi su izvorni stanovnici mora u koje se ubrajaju virusi, autotrofni i heterotrofni prokarioti te autotrofni i heterotrofni eukarioti. Ti se mikroorganizmi morfološki i svojom funkcijom u moru veoma razlikuju, no svi su prilagođeni morskim uvjetima – salinitetu, miješanju mora, dnevnim razlikama u temperaturi površine i slično. Alohtoni mikroorganizmi su mikroorganizmi koji u morski okoliš dospijevaju iz drugih izvora poput zemlje, zraka, rijeka ili otpadnih voda. Najčešći način onečišćenja mora je fekalno onečišćenje, patogenim i nepatogenim alohtonim mikroorganizmima, uzrokovano komunalnim otpadnim vodama, oborinskim otpadnim vodama ili pak ekskretima samih kupaća i životinja (1).

Ovisno o mjestu ulaza patogene bakterije u organizam i njihovu djelovanju, razlikujemo slijedeće infekcije:

1. gastrointestinalne infekcije – *Cryptosporidium*, *Giardia*, *Shigella*, norovirus, *E. coli* O157:H7,
2. osipi – *Pseudomonas*,
3. infekcije uha – različite vrste bakterija ili gljiva,
4. infekcije respiratornog sustava – *Legionella spp.*

U tablici 1. dan je detaljan opis bolesti koje uzrokuje određena patogena bakterija.

Tablica 1. Vrsta patogenih bakterija i bolesti koje uzrokuju (5)

<b>Patogena bakterija</b>	<b>Simptomi bolesti</b>
<i>Campylobacter spp.</i>	Teška dijareja povremeno popraćena krvlju, grčevi i bol u trbuhu, groznica, malaksalost.
<i>Salmonella typhi</i>	Uobičajeni simptomi tifusa: groznica, malaksalost, bolovi u trbuhu, dijareja ili zatvor, delirij.
<i>Shigella dysenteriae</i>	Vrlo jaka bol u trbuhu, obilne i vodene stolice popraćene krvlju.
<i>E. coli</i> O157:H7	Teške i krvave dijareje, abdominalni grčevi, no u nekim slučajevima bolest je asimptomatska.
<i>Helicobacter pylori</i>	Mučnina, bol u abdomenu, gastritis, hipokloridija.
<i>Legionella spp.</i>	Vrlo visoka temperatura, kašalj, dijareja, malaksalost, bol u plućima.
<i>Leptospira spp.</i>	Visoka temperatura, glavobolja, zimica, bol u mišićima, povraćanje; može uključivati žuticu, crvenilo očiju, bol u abdomenu, dijareju ili osip.
<i>Hepatitis A</i>	Malaksalost, umor, bol u mišićima i zglobovima, visoka temperatura, groznica.
<i>Hepatitis E</i>	Malaksalost, umor, bol u mišićima i zglobovima, groznica.
<i>Giardia spp.</i>	Dijareja, grčevi u trbuhu, nadutost, malaksalost, gubitak tjelesne mase.
<i>Cryptosporidium spp.</i>	Dijareja, slabi grčevi u trbuhu, lagano povišena temperatura.
<i>Naegleria fowleri</i>	Vrlo jake glavobolje, visoka temperatura, povraćanje, ukrućenje mišića vrata.
<i>Schistosoma</i>	Osip papularnog oblika popraćen svrbežom; simptomi ovise o mjestu naseljavanja crva u organizmu.

### 1.3 Indikatori fekalnog onečišćenja mora

Radi izrazito velikog broja ranije navedenih patogenih bakterija, rutinski bi monitoring njihove identifikacije bio dugotrajan i skup te, a zbog nerazvijenih specifičnih metoda, čak i nemoguć (6). Iz tih se razloga, za otkrivanje onečišćenja mora mikroorganizmima koriste bakterijski indikatori fekalnog zagađenja. Karakteristike dobrog indikatora jesu njegovo prisustvo u moru kada je prisutan i patogen, uglavnom u koncentraciji proporcionalnoj koncentraciji patogena (7). Međutim, sama prisutnost indikatora ne mora nužno značiti da more sadrži patogene, već ukazuje na njihovu moguću prisutnost. Danas se kao najpouzdaniji i najspecifičniji bakterijski indikatori fekalnog onečišćenja smatraju *E. coli* i crijevni enterokoki (6).

#### 1.3.1 *E. coli*

Jedina vrsta iz skupine koliformnih bakterija koja raste i razmnožava se u probavnom sustavu sisavaca je *Escherichia coli*. Ostale vrste koliforma potječu iz okoliša, gdje nastanjuju vode, vegetaciju i tlo. Feces ljudi i životinja sadrži veliki broj *E. coli* (otprilike 90% koliforma), koja se u pravilu prirodno ne nalazi u okolišu (iako neke novije studije dokazuju i suprotno). Zbog toga se smatra najspecifičnijim indikatorom fekalnog onečišćenja (8). U moru se često pojavljuje uz prisustvo patogena (9). Ima najkraće vrijeme preživljavanja u usporedbi s ostalim bakterijskim indikatorima što ju čini indikatorom svježeg fekalnog onečišćenja mora (10).

#### 1.3.2 Crijevni enterokoki

Enterokoki su dio normalne crijevne flore čovjeka i životinja. U fecesu sisavaca se nalazi  $10^4$  do  $10^6$  bakterija po gramu, od kojih najveći rizik za zdravlje ljudi predstavljaju vrste *Enterococcus faecium* i *Enterococcus faecalis* (11). Izrazito su otporni na visoke temperature i preživljavaju visoke koncentracije soli zbog čega ih nalazimo i u okolišu. Prisustvo crijevnih enterokoka u moru upućuje da je došlo do fekalne kontaminacije rekreacijske vode za kupanje.

Za razliku od koliformnih bakterija, duže preživljavaju u morskoj vodi na temelju čega se može detektirati ranije nastalo fekalno onečišćenje (12). Uz to, istraživanje provedeno 1983. g. pokazuje vrlo jaku povezanost s gastrointestinalnim tegobama nastalim nakon kupanja u onečišćenoj vodi i moru (13).

#### 1.4 Monitoring kakvoće mora za kupanje

Rizik prijenosa zaraznih bolesti onečišćenom morskom vodom, koja služi kao izvor hrane ili se koristi u rekreacijske svrhe, je značajan. U cilju detekcije onečišćenja mora na plažama provodi se monitoring kemijskih, fizikalnih te bakterioloških karakteristika morske vode. Ispitivanje kakvoće vode za kupanje započinje prije sezone kupanja na morskim plažama na kojim se očekuje veći broj kupača, a koje su kao točke ispitivanja definirane županijskim Odlukama. Monitoring se provodi u periodu od 15. svibnja do 30. rujna, svakih 15 dana. Dovoljna učestalost praćenja kakvoće mora važna je zbog utjecaja brojnih čimbenika poput jakih oborina, vjetera, temperature mora, saliniteta, valova, morskih struja, morskih mijena i slično. Prilikom vrlo nepovoljnih vremenskih uvjeta (jake oborine, jak vjetar, proliferacija makroalgi/fitoplanktona, veliki valovi), uzorci se ne uzimaju po unaprijed definiranom rasporedu, već se uzorkovanje obavlja po prestanku vremenskih nepogoda. Na šljunkovitim plažama, poput u ovom radu praćene plaže Kantrida, uzorkovanje se obavlja na točno određenim točkama koje su međusobno udaljene 100 m, tj. na mjestima gdje se očekuje najveći broj kupača i gdje postoji najveći rizik od onečišćenja. Uzorci mora uzimaju se na mjestima gdje je dubina od najmanje jedan metar, 30 cm ispod površine. Prilikom svakog uzorkovanja u terenske obrasce upisuju se podaci o meteorološkim uvjetima tijekom uzorkovanja. Prikupljeni uzorci pohranjuju se na hladnom i mračnom mjestu (u transportnim hladnjacima), te se u najkraćem roku dostavljaju u ovlaštenu laboratorij na daljnju analizu.

Prije početka sezone kupanja, predstavničko tijelo županije, donošenjem odluke, određuje morske plaže na kojima se prati kakvoća mora za kupanje. Za svaku plažu izrađuje se kartografski prikaz te profil mora za kupanje, koji predstavlja novi instrument prema Uredbi (NN 73/08), a omogućuje promišljenije i učinkovitije upravljanje.

Profil mora za kupanje sadrži sljedeće:

1. točke uzorkovanja,
2. opis fizikalnih, hidroloških i geoloških karakteristika mora za kupanje,
3. ocjenu kakvoće mora za kupanje,
4. utvrđivanje i procjenu izvora onečišćenja koja utječu ili mogu utjecati na zdravlje kupaca i samo more za kupanje,
5. utvrđivanje stupnja rizika onečišćenja,
6. procjenu proliferacije makroalgi/fitoplanktona ukoliko postoji i
7. sustav obavješćivanja javnosti.

Ovisno o godišnjim rezultatima kakvoće mora za kupanje, Uredbom (NN 73/08) je definirana učestalost obnavljanja profila mora za kupanje (Tablica 2).

Tablica 2. Učestalost obnavljanja profila mora za kupanje

Razvrstavanje mora za kupanje	Učestalost obnavljanja profila mora za kupanje
Nezadovoljavajuće	Svake dvije (2) godine
Zadovoljavajuće	Svake tri (3) godine
Dobro	Svake četiri (4) godine
Izvršno	Samo u slučaju da se razvrstano more promijeni u »dobro«, »zadovoljavajuće« ili »nezadovoljavajuće«

## 1.5 Zakonska legislativa

### 1.5.1 Europska zakonska legislativa

#### 1.5.1.1 Stara Direktiva 76/160/EEC

Direktiva Europske komisije 76/160/EEC o kakvoći vode za kupanje jedan je od najvažnijih dokumenata u području upravljanja kakvoćom mora za kupanje. Njome je komisija Europske zajednice (EZ) definirala način provedbe monitoringa, kriterije procjene i način upravljanja kakvoćom vode za kupanje. Zaštita ljudskog zdravlja te prevencija i smanjenje onečišćenja vode za kupanje glavni su ciljevi ove Direktive. Također, nastoji se poboljšati informiranost građana te time podići razinu svijesti o važnosti ovoga pitanja. Direktiva uključuje 19 fizikalnih, kemijskih te mikrobioloških parametara, čijih su se graničnih vrijednosti bile obavezne pridržavati sve države članice EZ. Međutim, pojedinim se parametrima, obzirom na postojanje većeg rizika za oboljenje čovjeka, pridavalo više pažnje. Tri mikrobiološka parametra koja su većinom praćena prema ovoj Direktivi su: ukupne koliformne bakterije, fekalne koliformne bakterije i fekalni enterokoki. Od fizikalno-kemijskih parametara izdvojena su mineralna ulja, fenoli te površinski aktivne tvari. Ostali su parametri dokazivani samo u slučaju sumnje na njihovo prisustvo ili kod iznenadne promjene kakvoće vode za kupanje (14).

#### 1.5.1.2 Nova Direktiva 2006/7/EZ

Od 1976. godine, kada je Direktiva 76/160/EEZ stupila na snagu, kakvoća vode za kupanje znatno se poboljšala. Ipak, povećanjem razine znanja i napretkom tehnologije, u cilju očuvanja zdravlja ljudi i zaštite okoliša, otvorene su mogućnosti da se kakvoća mora za kupanje podigne na još višu razinu. Europski parlament i vijeće je 2006. g. donijelo odluku o ukidanju stare Direktive 76/160/EEZ iz 1976. g. i uvođenju nove Direktive 2006/7/EZ. Radi učinkovitosti, ova Direktiva je vrlo dobro usklađena s ostalim Direktivama zakonodavstva Zajednice o vodi,



poput Direktive vijeća – 91/271/EEZ o obradi komunalnih voda, Direktive 91/676/EEZ o zaštiti voda od zagađenja uzrokovanih nitratima poljoprivrednog podrijetla te Direktive 2000/60/EZ kojom se uspostavlja okvir za djelovanje Zajednice na području politike voda. Ovom su Direktivom utvrđene odredbe za praćenje i razvrstavanje kakvoće vode za kupanje, upravljanje kakvoćom vode za kupanje te odredbe o obavješćivanju javnosti o rezultatima kakvoće vode za kupanje. Njome su postroženi kriteriji za ocjenjivanje kakvoće mora te su također definirane metode ispitivanja. Pri izradi Direktive 2006/7/EZ korišteni su noviji znanstveni dokazi, tehnički podaci i epidemiološke studije, kako bi se predvidjela mikrobiološka opasnost za zdravlje kupaca te unaprijedila razina zaštite.

Uzimajući u obzir brojna istraživanja i činjenice da mikroorganizmi predstavljaju neposredan rizik za zdravlje ljudi, najznačajnija promjena nove Direktive jest smanjenje broja ispitivanih parametara s devetnaest na samo dva mikrobiološka parametra. Do smanjenja broja parametara došlo je na način da su izdvojeni oni koji se smatraju najpouzdanijim indikatorima fekalnog onečišćenja. Dok su se prema staroj Direktivi pratile ukupne koliformne bakterije, fekalne koliformne bakterije i fekalni streptokoki, u novoj su Direktivi fekalne koliformne bakterije zamijenjene s *Escherichia coli*, a fekalni streptokoki s crijevnim enterokokima. Novi parametri smatraju se ekvivalentnim prethodnima. Pojedini pokazatelji poput ukupnih koliformnih bakterija i enterovirusa, iz nove Direktive su izuzeti, obzirom da su se pokazali kao nedovoljno specifični indikatori fekalnog zagađenja.

Sve države članice Europske unije te države kandidati za ulazak u EU moraju donijeti posebne zakone i propise radi usklađivanja s propisima nove Direktive.

Prema ispitanim mikrobiološkim parametrima (*E. coli* i enterokoki), kakvoća vode za kupanje se prema Direktivi 2006/7/EZ ocjenjuje i razvrstava u četiri skupine: „loša“, „zadovoljavajuća“, „dobra“ ili „izvrsna“. Za navedenu kategorizaciju potrebno je minimalno 16 uzoraka. Direktiva

ne definira kriterije za pojedinačne ocjene, koje su zemlje članice Europske unije definirale na nacionalnoj razini.

Prema navedenoj Direktivi sve države članice moraju poduzimati potrebne mjere kako bi voda za kupanje do 2015. godine bila barem na „zadovoljavajućoj“ razini. Ukoliko je voda za kupanje ocjenjena „lošom“ ocjenom tijekom 5 godina uzastopce, uvodi se trajna zabrana kupanja ili trajno upozorenje.

## 1.5.2 Hrvatska

### 1.5.2.1 Uredba o standardima kakvoće mora na morskim plažama (NN 33/96)

Na temelju Zakona o zaštiti okoliša (NN 82/94, 128/99) 1996. godine donesena je Uredba o standardima kakvoće mora na morskim plažama (NN 33/96) prema kojoj se do 2009. g. provodio program praćenja. Ovom su Uredbom propisani standardi koji uzimaju u obzir zahtjeve Direktive vijeća Europe o vodi za kupanje (76/160/EEC), kriterije Svjetske zdravstvene organizacije (WHO) te Smjernice Mediteranskog akcijskog plana za kakvoću mora za kupanje u Sredozemlju, programa Ujedinjenih naroda za okoliš (UNEP/MAP). Uredbom je Republika Hrvatska postrojila standarde ocjenjivanja kakvoće mora na način da je propisala da ukoliko više od 20% analiziranih uzoraka prelazi određene granične vrijednosti te numerička vrijednost bakterioloških određivanja, kod uzoraka koji ne odgovaraju vrijednostima, prelazi utvrđene vrijednosti za više od 100%, kakvoća mora ne odgovara propisanom standardu (Tablica 7).

Na temelju dugogodišnjeg ispitivanja sanitarne kakvoće mora na morskim plažama i s ciljem isticanja područja s čistim morem, uvedeni su interni kriteriji za ocjenu mora, sukladno čemu se more razvrstava u četiri skupine – more visoke kakvoće (plavo), more podobno za kupanje (zeleno), umjereno onečišćeno more (žuto) te jako onečišćeno more (crveno) (Tablica 3). Prema

tom kriteriju more visoke kakvoće i more podobno za kupanje odgovara preporučenim kriterijima Direktive EC za ukupne koliformne bakterije, a 20 puta su stroži nego obavezni kriterije te Direktive.

Tablica 3. Interni kriteriji sanitarne kakvoće mora

Kriteriji sanitarne kakvoće mora	Ukupni koliformi (br./100 mL)	Fekalni koliformi (br./100 mL)	Fekalni streptokoki (br.-100 mL)
≤10	Blue	Blue	Blue
11-100	Blue	Green	Green
101-200	Green	Yellow	Yellow
201-500	Green	Red	Red
501-1000	Yellow	Red	Red
>1000	Red	Red	Red

Konačne ocjene prema Uredbi (NN 33/96) donose se prema tablici 4 u kojoj su prikazane granične vrijednosti za ocjenu sanitarne kakvoće mora.

Tablica 4. Granične vrijednosti za ocjenu sanitarne kakvoće mora

	Ukupni koliformi/ 100 mL	Fekalni koliformi/ 100 mL	Fekalni streptokoki/ 100 mL
More visoke kakvoće <sup>1</sup>	100	10	10
More podobno za kupanje <sup>2</sup>	500 u 80 % uzoraka	100 u 80 % uzoraka	100 u 80 % uzoraka
	1000 u 100 % uzoraka	200 u 80 % uzoraka	200 u 100 % uzoraka
Umjereno onečišćeno more <sup>3</sup>		100 u 50 % uzoraka	100 u 50 % uzoraka
		1000 u 90 % uzoraka	1000 u 90 % uzoraka
Jako onečišćeno more	Iznad gornjih vrijednosti		

<sup>1</sup> Interni kriterij za čistoću mora namijenjenog za kupanje uveden je zbog dugogodišnjeg iskustva i mišljenja kako bi se u ocjenjivanju mora mogla izdvojiti područja s vrlo čistim morem. Na našem Jadranu, pogotovo na otocima, veliki je dio obalnog pojasa čist i nezagađen. Vrlo strog kriterij za bakteriološko onečišćenje uveden je kako bi se istakla visoka kakvoća mora na plažama, a ne samo podobnost za kupanje

<sup>2</sup> Uredba o standardima kakvoće mora na morskim plažama (NN 33/96)

<sup>3</sup> WHO/UNEP kriteriji (kriteriji Svjetske zdravstvene organizacije i Programa zaštite okoliša Ujedinjenih naroda) korišteni su za svrstavanje mora u umjereno i jače zagađeno. Umjereno onečišćeno more prema tim kriterijima još uvijek je pogodno za kupanje. Naši su kriteriji stroži od WHO/UNEP kriterija.

Laboratorijska analiza kakvoće vode za kupanje sastoji se od analize fizikalno – kemijskih i mikrobioloških pokazatelja. Fizikalno – kemijski parametri koji se prate su: mutnoća, pH, otopljeni kisik u % zagađenja i amonijak, dok se od mikrobioloških prate: ukupne koliformne, fekalne koliformne, fekalni streptokoki, enterovirusi i *Salmonella*, od čega se enterovirusi i *Salmonella* ispituju u slučaju prisustva onečišćenja ili epidemiološke pojave. Način određivanja mikrobioloških i fizikalno – kemijskih parametara i njihove granične vrijednosti, prikazane su u tablici 6, dok je način opisivanja pojedinog parametra dan u tablici broj 5.

Tablica 5. Parametar određen vizualnim pregledom tijekom uzorkovanja i način opisivanja istog

METEOROLOŠKI UVJETI	VRSTA PARAMETRA	OPIS PARAMETRA
		Naoblaka
	Oborine	Datum i intenzitet posljednjih oborina
	Vjetar	Smjer vjetra: od koje strane vjetar puše Jačina, tišina, povjetarac: slab, jak (prema Beaufortovoj skali)
	Temperatura zraka	Mjerena u hladu
	Valovi	Mirno, namreškano, valovito more
	Temperatura mora	
IZGLED MORA	Vidljiva boja mora	Prirodna; promijenjena zbog prirodnih uvjeta; promijenjena zbog neprirodnih uvjeta i kojih
	Prozirnost mora	Dubina vidljivosti Secchi ploča u metrima: dobra – 2 m i više smanjena zbog: miješanja sa slatkom vodom; planktonskog rasta; suspendiranih tvari
	Vidljiva plivajuća otpadna tvar u moru	Nema Prirodni biljni ostaci; pjena na vodi; otpad iz domaćinstva; industrijski otpad; otpad s brodova
	Vidljive mineralne masnoće u moru	Nema Pokoja masna mrlja; isprekidana masna prevlaka; neprekinuta tanka prevlaka ulja; deblja masna prevlaka; nakupine ili grude masnih tvari
	Vidljive otpadne tvari suspendirane u vodi	Nema Prirodne anorganske tvari: iza kiše ili zbog valova Otpadne organske tvari iz kanalske vode: svježe ili raspadnute

Tablica 6. Određivanje parametara i njihove granične vrijednosti

Parametar	Način određivanja parametra	Granična vrijednost parametra
<b>Mutnoća (stupnjevi silikatne ljestvice)</b>	Usporedba sa standardnim suspenzijama dijatomejske zemlje i turbidimetrom	20
<b>pH*</b>	pH metrom; kolorimetrijski	8.1 ± 0.3
<b>Otopljeni kisik (O<sub>2</sub>) u % zagađenja</b>	Po Winkleru ili elektrokemijska metoda	70 – 120
<b>Amonijak mg/L N</b>	Fenolat metoda	0.1
<b>Ukupne koliformne bakterije u 100 ml</b>	NBB** 35 – 37°C Membranska filtracija Selektivni agar 35 – 37°C	500 (u 80% uzoraka) 1000 (u 20% uzoraka)
<b>Fekalne koliformne bakterije u 100 ml</b>	NBB** 44,5 °C Membranska filtracija Selektivni agar 44,5 °C	100 (u 80% uzoraka) 200 (u 20% uzoraka)
<b>Fekalni streptokoki u 100 ml</b>	NBB** 35-37 °C Selektivni agar 35 - 37 °C	100 (u 80% uzoraka) 200 (u 20% uzoraka)
<b>Enterovirusi PFU/l***</b>		0
<b>Salmonele izolirane/l vode</b>	Membranska filtracija	0

\*niže pH vrijednosti se toleriraju ukoliko je smanjen salinitet mora dotocima slatke vode

\*\*NBB – najvjerojatniji broj bakterija

\*\*\*PFU – infektivna jedinica

#### 1.5.2.2 Uredba o kakvoći mora za kupanje (NN 73/08)

Na temelju Zakona o zaštiti okoliša (NN 110/07), Vlada Republike Hrvatske donijela je 2008. g. Uredbu o kakvoći mora za kupanje koja je stupila na snagu 2009. g. Tom se Uredbom propisuju standardi za kakvoću mora za kupanje, čime se određuju granične vrijednosti mikrobioloških parametara i ostalih značajki mora. Odnosi se na kontinuirano praćenje kakvoće mora za kupanje na plažama na kojima se očekuje veliki broj kupača. Kako bi se postigli propisani standardi kakvoće mora za kupanje, utvrdile su se mjere upravljanja morem za kupanje. Te mjere provodi županija, dok njihovu koordinaciju vrši središnje tijelo državne uprave koje ima nadležnost za zaštitu okoliša.

U Republici Hrvatskoj sezona kupanja na morskim plažama započinje 1. lipnja i traje do 15. rujna, ukoliko su vremenske prilike pogodne i običaji drugačiji, čak i duže. Redovito praćenje

kakvoće mora za kupanje na hrvatskim plažama vrši se u periodu od 15. svibnja do 30. rujna, kako bi se kakvoća mora odredila i prije sezone kupanja. Poslove praćenja kakvoće mora za kupanje, u koje spadaju uzorkovanje, praćenje ostalih značajki mora, laboratorijska analiza uzoraka, ocjena rezultata dobivenih uzorkovanjem, izrada izvješća prema odredbama Uredbe te izrada profila mora za kupanje, vrši pravna osoba ovlaštena za poslove kontinuiranog praćenja kakvoće mora prema Zakonu o vodama i Zakonu o zaštiti okoliša.

Prilikom svakog uzorkovanja mora, podaci se unose u terenski obrazac. U njega se upisuje broj uzorka, datum i sat uzorkovanja, prisutnost ili odsutnost vjetra te njegova jačina i smjer, odsutnost ili prisutnost kiše na dan uzorkovanja i prije uzorkovanja, vremenske prilike, postoji li vidljivo onečišćenje i ukoliko postoji navesti vrstu i razmjer. Također se bilježe podaci o temperaturi zraka i mora, prisutnost plivajućih otpadnih tvari, mineralne masnoće i suspendirane otpadne tvari. Ukoliko laboratorij raspolaže s terenskom sondom, salinitet se mjeri na terenu ili se može izmjeriti u laboratoriju.

Prema ovoj Uredbi propisani parametri koji se prate su mikrobiološki pokazatelji, meteorološki uvjeti, vidljivo onečišćenje te temperatura i slanost mora. Od mikrobioloških pokazatelja, kao i u Direktivi 2006/7/EZ, prate se crijevni enterokoki i *Escherichia coli*, za koje su u Uredbi definirani standardi na temelju kojih se more razvrstava u pojedinu kategoriju kakvoće.

Na temelju rezultata ispitivanja mikrobioloških parametara, kakvoća mora se ocjenjuje pojedinačnom, godišnjom i konačnom ocjenom. Pojedinačna ocjena se određuje nakon svakog ciklusa ispitivanja mora tijekom sezone (ukupno 10 ispitivanja), pri čemu se more razvrstava u tri skupine: izvrsno, dobro i zadovoljavajuće prema kriterijima navedenim u Tablici 7.

Tablica 7. Standardi za ocjenu kakvoće mora nakon svakog ispitivanja

Pokazatelj	Kakvoća mora			Metoda ispitivanja
	Izvrсна	Dobra	Zadovoljavajuća	
Crijevni enterokoki (bik*/100 ml)	<60	61-100	101-200	HRN EN ISO 7899-1 ili HRN EN ISO 7899-2
<i>Escherichia coli</i> (bik*/100 ml)	<100	101-200	201-300	HRN EN ISO 9308-1 ili HRN EN ISO 9308-3

\*bik – broj izraslih kolonija

Godišnja se ocjena određuje nakon sezone kupanja na temelju deset podataka o kakvoći mora za kupanje u toj sezoni kupanja.

Konačna ocjena se određuje nakon završetka posljednje sezone kupanja i tri prethodne sezone na temelju četrdeset podataka.

Godišnja i konačna ocjena određuju se prema kriterijima navedenim u Tablici 8. Na temelju godišnje i konačne ocjene, more se razvrstava u sljedeće skupine: izvrsno, dobro, zadovoljavajuće i nezadovoljavajuće.

Tablica 8. Standardi za ocjenu kakvoće mora na kraju sezone kupnja i prethodne tri sezone

Pokazatelj	Izvrсна	Dobra	Zadovoljavajuća	Nezadovoljavajuća
crijevni enterokoki (bik/100 ml)	≤100*	≤200*	≤185**	>185**(2)
<i>Escherichia coli</i> (bik/100 ml)	≤150*	≤300*	≤300**	>300**(2)

(\*) Temeljeno na vrijednosti 95-og percentila(1)

(\*\*) Temeljeno na vrijednosti 90-og percentila

(1) Temeljeno na log10 normalnoj raspodjeli koncentracija mikrobioloških pokazatelja, vrijednosti pojedinih percentila dobivaju se na sljedeći način:

- izračunavaju se logaritmi (log10) svih bakterijskih koncentracija (u slučaju nultih vrijednosti koncentracija uzimaju se logaritamske vrijednosti koncentracija koje predstavljaju graničnu vrijednost detekcije korištene analitičke metode)

- izračunava se aritmetička sredina logaritmiranih vrijednosti koncentracija ( $\mu$ )

- izračunava se standardna devijacija logaritamskih vrijednosti ( $\sigma$ )

- 90- i 95- i percentili izračunavaju se na sljedeći način:

90- i percentil = antilog ( $\mu + 1.282 \sigma$ )

95- i percentil = antilog ( $\mu + 1.65 \sigma$ )

(2) Trenutačno djelovanje za pojedinačne uzorke, ukoliko broj crijevnih enterokoka prijeđe 300bik/100 ml, *E. coli* 500bik/100 ml

Ukoliko tijekom sezone koncentracije ispitanih mikrobioloških parametara prekorače dozvoljene granične vrijednosti za zadovoljavajuću ocjenu iz Tablice 7, smatra se da je došlo do pojave kratkotrajnog onečišćenja mora.



Slika 1. Onečišćenje mora fekalijama

Tada se vrši koordinirani inspekcijски nadzor (Inspekcija zaštite okoliša i druge nadležne inspekcije), utvrđuje se izvor onečišćenja te se svakodnevno obavljaju dodatna uzorkovanja. Nakon prestanka kratkotrajnog onečišćenja, kontrolno uzorkovanje se provodi u razdoblju od sedam dana. U slučaju ako se kakvoća mora nakon uklanjanja izvora onečišćenja i sljedećeg uzorkovanja nije popravila, riječ je o trajnom onečišćenju. U tom slučaju inspektor zaštite okoliša na predmetnoj plaži postavlja oznaku zabrane kupanja (Slika 2), sve dok dva uzastopno analizirana uzorka ne budu ocjenjena zadovoljavajućom, dobrom ili izvrsnom ocjenom (15).





Slika 2. Znak zabrane kupanja na plaži

## 2 CILJ ISTRAŽIVANJA

Tijekom 27 godina kontinuirane provedbe nacionalnog programa ispitivanja kakvoće mora na plažama hrvatske obale Jadrana, mijenjala se zakonska regulativa, način statističke obrade podataka, mikrobiološki parametri kao i kriteriji ocjenjivanja. Obzirom na sve navedene promjene, bez unificirane statističke obrade svih prikupljenih podataka nije moguće dobiti uvid u dugoročni trend kakvoće mora za kupanje. Stoga je cilj ovog rada bio dati prikaz statistički jednoznačno obrađenih rezultata mikrobioloških ispitivanja u razdoblju od sedamnaest godina, od 1998. do 2015. g., načinom opisanim u novoj Uredbi (NN 73/08). Obrada svih dostupnih podataka aktualnom statističkom obradom omogućila je kontinuitet rezultata a time i uvid u kakvoću mora na urbanoj plaži Kantrida u Rijeci, kroz duži vremenski period. Također, na temelju dostupnih podataka (vrijednostima saliniteta i količini oborina koja je prethodila uzorkovanju), nastojalo se utvrditi u kojim se okolnostima onečišćenja javljaju.

### 3 METODE I MATERIJALI

#### 3.1 Područje ispitivanja

Plaža Kantrida je gradska plaža grada Rijeke, smještena u Riječkom zaljevu koji pripada širem Kvarnerskom području. Kakvoća mora kontrolira se na dvije točke ispitivanja: Kantrida – zapad i plažu Kantrida – istok.



Slika 3. Točke ispitivanja na urbanoj plaži Kantrida u Rijeci (Kantrida – zapad i Kantrida – istok); lokacija Kantrida – nogometno igralište ispitivala se do 2009. g.

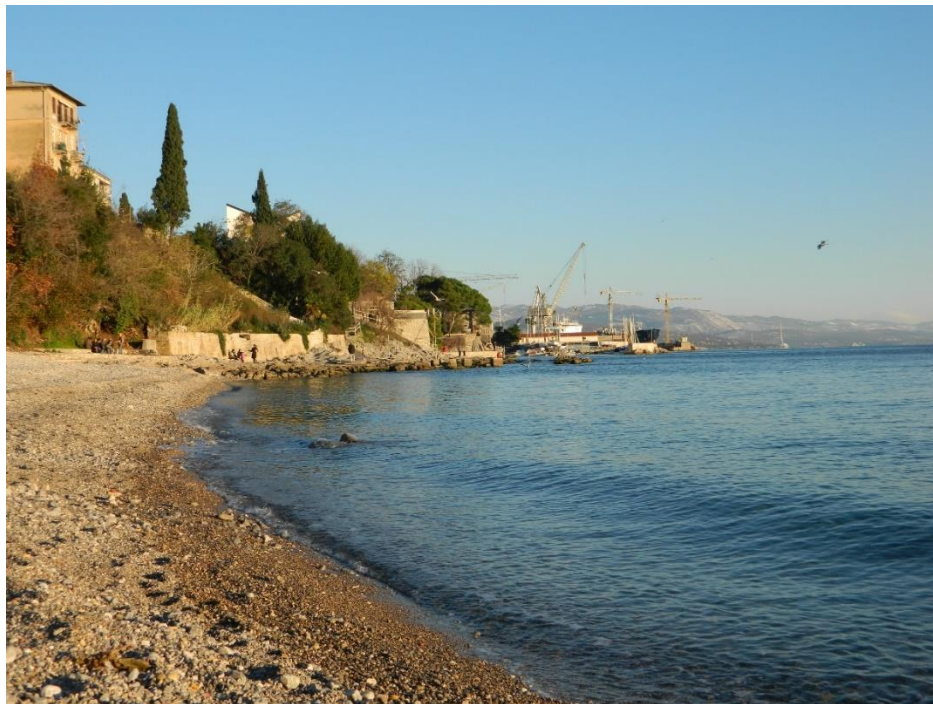
U blizini plaže nalazi se prostor karakteriziran brojnim izvorima, a najvažnije izvorište je Cerovice, iz kojeg se oblikuje vodotok do samoga mora. Postoje tri obalna izvora od kojih je danas samo jedan otvoren te završava u uokvirenom bazenu nepravilnog oblika (16). Blizina tog izvora utječe na kakvoću mora. Prilikom obilnih padalina, kao i neposredno nakon njih, dolazi do pojave kratkotrajnih onečišćenja, uslijed čega je povećan rizik za zdravlje kupaca. Također, na izvorištu je smješteno brodogradilište 3. MAJ u kojem različite aktivnosti poput

konstrukcije brodova, izlivanja kemikalija ili prosipanja određenih tvari, mogu uzrokovati onečišćenja mora na plaži Kantrida.

Ovu urbanu plažu svrstavamo u uredene plaže na čijem se kopnenom prostoru nalaze sljedeći objekti:

1. caffe bar,
2. tuševi,
3. tobogan,
4. klupe,
5. parkiralište,
6. pomoćni objekti
7. kante za otpad.

S morske strane prostor plaže nije zaštićen mrežom, a sama plaža dužine je 270 metara te pripada šljunčanom tipu plaža (17).



Slika 4. Plaža Kantrida

### 3.2 Profil plaže

Profil plaže predstavlja skup određenih karakteristika morske plaže. Na temelju pojedinih obilježja, za svaku plažu se posebno izrađuje njezin profil. Izrada profila plaže je važna za

upravljanje plažom, jer ukazuje na rizike koji se na plaži mogu pojaviti. Pomoću profila moguće je procijeniti rizik od onečišćenja (od niskog do vrlo visokog). U Tablici 9. prikazan je profil plaže Kantrida – istok i zapad (prikazana je neaktivna lokacije Kantrida – nogometno igralište).

Tablica 9. Profil plaže Kantride

<b>Naziv plaže:</b>	<b>Kantrida</b>
<b>Lokacija:</b>	Rijeka
<b>Koordinate uzorkovanja:</b>	KZ – 45.3376°, 14.3818° KI – 45.3375°, 14.3831° KN – 45.3376°, 14.3793°
<b>Vrsta plaže:</b>	Uređena
<b>Pretežiti dio plaže tipa:</b>	šljunčana
<b>Ostali dio plaže tipa:</b>	betonirana obala
<b>Vegetacija:</b>	nema
<b>Prosječna temp. mora (za vrijeme sezone) [°C]:</b>	20.49
<b>Slanost mora - min. (za vrijeme sezone):</b>	12.16
<b>Slanost mora - max. (za vrijeme sezone):</b>	38.1
<b>Prevladavajući vjetar:</b>	sjeverni
<b>Amplitude plime i oseke [cm]:</b>	38.7
<b>Dužina plaže [m]:</b>	270
<b>Oblik plaže:</b>	valovita
<b>Dostupnost:</b>	asfaltirana cesta
<b>Karakteristike okolnog područja:</b>	gradska plaža
<b>Parkiralište:</b>	da, bez naplate
<b>Zaštita sa morske strane:</b>	nema
<b>Privez brodica:</b>	ne, ni u blizini plaže
<b>Gustoća kupaca tijekom sezone kupanja:</b>	visoka
<b>Objekti:</b>	caffè bar; tuš; tobogan; klupa; parkiralište; pomoćni objekt; kanta za otpad;
<b>Potencijalni izvor onečišćenja (1.)</b>	Otpadne vode
<b>Potencijalni izvor onečišćenja (2.)</b>	Neodgovarajuće septičke jame
<b>Vrsta ispusta</b>	Kratki ispust
<b>Udaljenost ispusta od plaže</b>	Mala – manje od 500 m
<b>Dotok slatke vode</b>	Oborinske vode
<b>Miješanje vode</b>	Slabo
<b>Prisustvo životinja ili blizina farmi</b>	Ne
<b>Drenaža s poljoprivrednih površina</b>	Ne
<b>Korekcija rizika od onečišćenja</b>	<b>Rizik je veći od dobivenog</b>
<b>Procjena rizika od onečišćenja</b>	<b>Vrlo visok</b>

### 3.2.1 Uzorkovanje

Uzorkovanje mora za mikrobiološku analizu se obavlja ručnim uzorkivačem s prozirnom bocom steriliziranom u autoklavu najmanje 15 minuta na temperaturi od 121 °C. Boce za uzorkovanje su izrađene od neobojenog i prozirnog materijala, polietilena, te njihov volumen iznosi najmanje 250 ml. Kako ne bi došlo do kontaminacije uzoraka, tijekom uzorkovanja potrebno je koristiti aseptičnu tehniku. More je potrebno uzorkovati 30 cm ispod površine, u vodi dubokoj najmanje jedan metar. U ovom se slučaju more uzorkovalo na dva područja (plaža Kantrida zapad i istok) i to na isti način. Boce s uzorcima moraju biti jasno označene te do obrade u laboratoriju zaštićene od djelovanja svjetlosti pri temperaturi hladnjaka od 4°C ± 3°C. Uzorci se analiziraju u što kraćem roku isti dan po uzorkovanju, a u iznimnim slučajevima u roku najviše 24 sata.

### 3.2.2 Ispitivanje mikrobioloških parametara

Laboratorijska analiza temelji se na određivanju koncentracije mikrobioloških pokazatelja onečišćenja mora. *E. coli* i crijevnih enterokoka. Mikrobiološki parametri određuju se tehnikom membranske filtracije.

Za izolaciju i dokazivanje *E. coli* u promatranom periodu korištene su tri metode:

- 1) 1998. – 2009. → Standard Methods 19<sup>th</sup> Ed. 1995.
- 2) 2009. – 2015. → HRN EN ISO 9308-1:2000 (Rapid test)
- 3) 2015. – → HRN EN ISO 9308-1:2014

Za crijevne enterokoke u razdoblju istraživanja primijenjene su dvije metode:

- 1) 1998. – 2009. → Standard Methods 19<sup>th</sup> Ed. 1995. (modific.)
- 2) 2009. – 2016. → HRN EN ISO 7899-2:2000

Rezultati analize se izražavaju bik – broj izraslih kolonija u 100 ml uzorka mora (eng. cfu – colony forming unit).

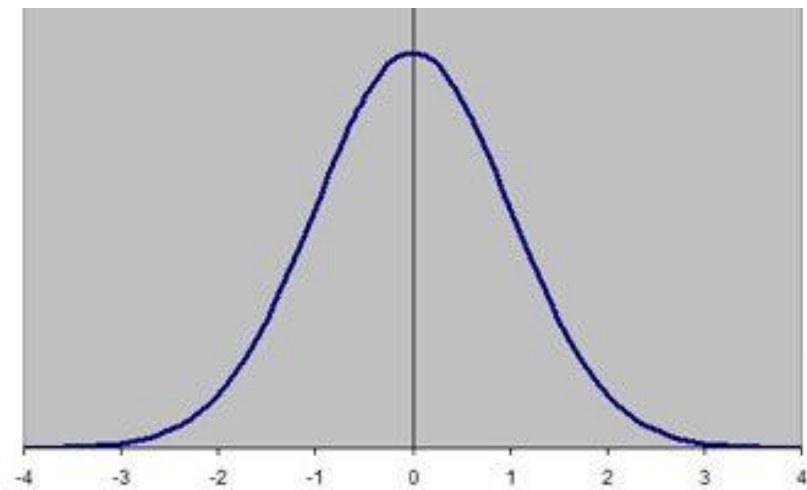
### 3.2.3 Ispitivanje fizikalno – kemijskih parametara

Temperatura zraka mjeri se živinim termometrom u °C sa podjelom skale 0,1. Salinitet mora mjeri se *in situ* terenskom sondom YSI Inc., Model 30.

### 3.2.4 Statistička obrada podataka

#### 3.2.4.1 Percentili

Statistička obrada podataka temeljila se na izračunu 90 – tog i 95 – tog percentila vrijednosti *E. coli* i crijevnih enterokoka. Percentil je statistička mjera temeljena na normalnoj raspodjeli. Normalna (Gaussova) distribucija predstavlja se kontinuiranom dvoparametarskom krivuljom simetričnog oblika koja nagoviješta da najveći broj određenog mjerenja ima srednju vrijednost, a da vrijednosti udaljene od srednje vrijednosti ima sve manje (18). Parametri prema kojima se vrednuje su aritmetička sredina  $\mu$  i standardna devijacija  $\sigma$ .

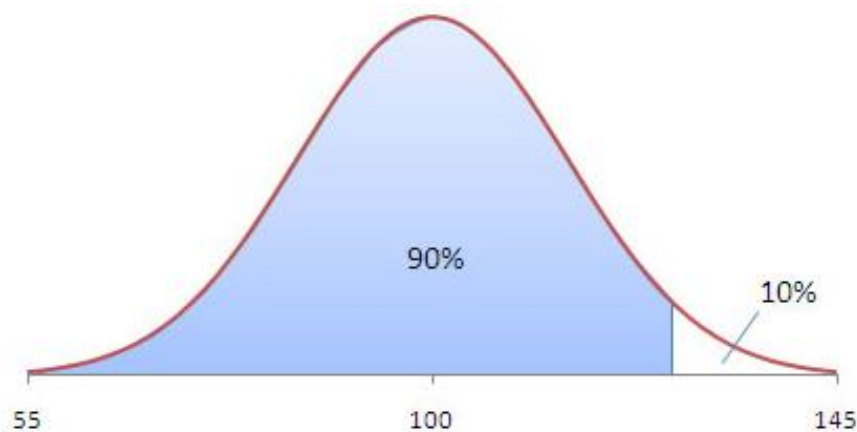


Slika 5. Gaussova krivulja

Percentil se još definira kao broj ispod kojeg određeni postotak rezultata ima slabiju vrijednost. Na primjer, u ovom slučaju 90 – ti percentil ukazuje da je 90% rezultata jednako ili slabije, a 10% njih ima više vrijednosti. Računa se prema sljedećoj formuli:

$$90 - \text{ti percentil} = \text{antilog} (\mu + 1,282 \sigma)$$

$$95 - \text{ti percentil} = \text{antilog} (\mu + 1,65 \sigma)$$



Slika 6. Prikaz 90 – tog percentila

#### 3.2.4.2 Korelacija

Korelacija je postupak u statistici pomoću kojeg se može izračunati povezanost dviju varijabli, ali ne i jačina povezanosti te njihova uzročno – posljedična veza (19). Prvotno se koristi za postavljanje određenih hipoteza. Njena vrijednost se brojčano iskazuje Pearsonovim ili Spearmanovim koeficijentom korelacije koji ukazuje koliko je promjena vrijednosti jedne varijable povezana s promjenom vrijednosti druge. Koeficijent korelacije može imati pozitivan (+) ili negativan (-) predznak koji govori o smjeru povezanosti. Značajnost koeficijenta korelacije se iskazuje *P* vrijednošću.

Pearsonov koeficijent korelacije se koristi za brojčane podatke, tj. za linearan odnos varijabli koji se može očitati na omjernoj ili intervalnoj ljestvici. Označava se slovom *r* ili *r<sub>p</sub>* i može



poprimiti pozitivne (od 0 do 1) i negativne (od 0 do -1) vrijednosti. Pozitivna vrijednost (korelacija) ukazuje na istovremeni rast vrijednosti obje varijable, dok negativna korelacija označava porast vrijednosti jedne, a pad vrijednosti druge varijable (19). Pearsonov koeficijent se izračunava ukoliko postoji normalna raspodjela podataka, ako podaci obje varijable slijede omjernu ili intervalnu ljestvicu, ukoliko se iz točkastog grafikona vidi da je zadovoljen uvjet linearne povezanosti te ako je ispitivanje provedeno na velikom broju uzoraka ( $N > 35$ ).

Spearmanov koeficijent korelacije se još naziva i korelacija ranga te se označava slovima rho ili  $r_s$ . Izračunava se u slučaju raspodjele podataka koji značajno odstupaju od normalne raspodjele te za podatke koji slijede ordinalnu ljestvicu. Tijekom njegovog izračunavanja podaci ne moraju biti linearno povezani kao kod Pearsonovog koeficijenta te nema brojčanog ograničenja podataka, što znači da se može koristiti za manje broj uzoraka ( $N < 35$ ). Ukoliko  $r_s$  iznosi nula, ne postoji povezanost između varijabli.

Za tumačenje rezultata dobivenih korelacijom navode se koeficijent korelacije  $r$  i značajnost koeficijenta korelacije  $P$ . Koeficijent korelacije se označava brojem s 2 decimalna mjesta, a  $P$  s tri decimalna mjesta. Ukoliko je  $r$  značajan na standardnu granicu značajnosti  $P < 0,05$ , koeficijent korelacije se smije tumačiti. Ovisno o vrijednostima koeficijenta korelacije se određuje povezanost dviju varijabli:

1. Nema povezanosti – od 0 do 0,25 ili od 0 do -0,25
2. Slaba povezanost – od 0,25 do 0,50 ili od -0,25 do -0,50
3. Umjerena do dobra povezanost – od 0,50 do 0,75 ili -0,50 do -0,75
4. Vrlo dobra do izvrsna povezanost – od 0,75 do 1 ili -0,75 do -1

Dva se koeficijenta korelacije ne smiju izravno uspoređivati. Međutim, moguće je ispitati postoji li značajna razlika između korelacija dvaju podataka.

### 3.2.4.3 ANOVA i *post hoc* Tukey's HSD test

ANOVA (Analysis of variance) je postupak u statistici kojim se ispituje postoje li razlike između srednjih vrijednosti (aritmetičke sredine,  $\mu$ ) triju ili više nezavisnih skupina podataka i jesu li one statistički značajne ili slučajne. Prednost ANOVA-e, za razliku od ostalih statističkih testova, je u tome da u ispitivanje ulaze u obzir sve varijance i njihov međusobni utjecaj. Ukoliko se dokaže da postoji statistički značajna razlika, ovim je testom nemoguće odrediti o kojim je uzorcima riječ. Tada se zaključuje da se srednje vrijednosti najmanje dvije skupine podataka statistički značajno razlikuju te je potrebno provesti dodatne testove, tzv. *post hoc* testove (20).

*Post hoc* testovi daju informaciju o specifičnoj grupi uzoraka koji se međusobno statistički značajno razlikuju. Tukey's HSD test je *post hoc* test koji se često slijedi ANOVA-u. Temelji se na definiranju HSD vrijednosti (eng. honestly significant difference). Izračunom te vrijednosti dobije se broj koji predstavlja minimalnu razliku između dviju aritmetičkih sredina analiziranih podataka koja mora postojati da bi se ta razlika smatrala statistički značajnom (21).

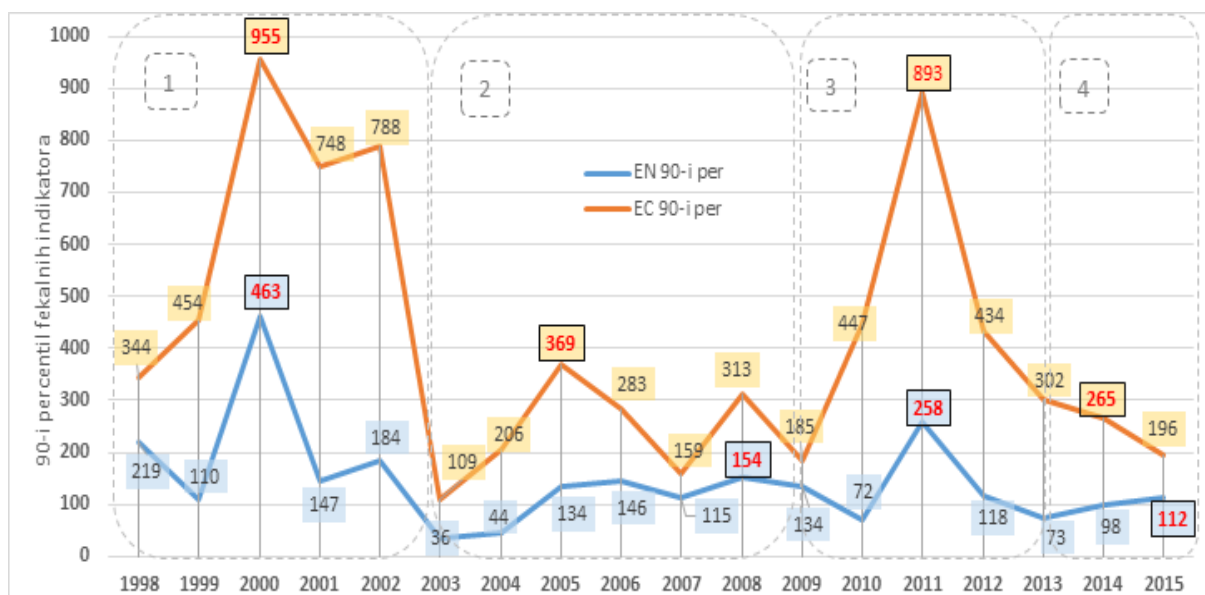
## 4 REZULTATI

### 4.1 Kakvoća mora na plaži Kantrida 1998.-2015.

Povijesni podaci o kakvoći mora za kupanje na plaži Kantrida (zapad i istok) ukazuju da je riječ o lokaciji na kojoj se u određenim okolnostima javlja onečišćenje. Podaci prikupljeni tijekom 17 godina kontinuiranog praćenja su ujedinjeni i preračunati u vrijednosti 90 – tog i 95 – tog percentila prema novoj Uredbi (NN 73/08). Obzirom na povremene povišene vrijednosti mikrobioloških indikatora, za prikaz rezultata korišten je 90 – ti percentil.

#### 4.1.1 Kantrida – istok

Na Slici 7. prikazani su rezultati ispitivanja kakvoće mora na plaži Kantrida – istok izraženi u percentilima. Prema krivulji 90 – tog percentila na promatranom grafu možemo uočiti 4 razdoblja. Prvo razdoblje odnosi se na period 1998. – 2003., u kojem su zabilježene visoke koncentracije indikatora fekalnog onečišćenja (maks. EC = 955 cfu/100 ml, EN = 463 cfu/100 ml). Drugo razdoblje je od 2003. do 2009. u kojem dolazi do značajnijeg smanjenja broja mikrobioloških indikatora (maks. EC = 369 cfu/100 ml, EN = 154 cfu/100 ml). U trećem razdoblju od 2009. do 2013. koncentracije ispitivanih bakterija ponovno rastu, do razina onih iz prvog promatranog razdoblja (maks. 90-ti perc EC = 893 cfu/100 ml, EN = 258 cfu/100 ml), da bi se od 2013. do danas one opet smanjivale (maks. 90-ti EC = 265 cfu/100 ml, EN = 112 cfu/100 ml).



Slika 7. Prikaz kretanja vrijednosti 90-tog percentila fekalnih indikatora (*E. coli* – EC i enterokoka – EN) na lokaciji ispitivanja Kantrida – istok u razdoblju od 1998. do 2015.

Korelacijska analiza (Pearson-ova) ukazuje na snažnu povezanost između dva ispitivana mikrobiološka parametra u promatranom razdoblju (EC vs EN  $r = 0,73$ ,  $p < 0,05$ ). Također se uočava da su koncentracije EC u cijelom periodu bile više u odnosu na EN (Slika 6).

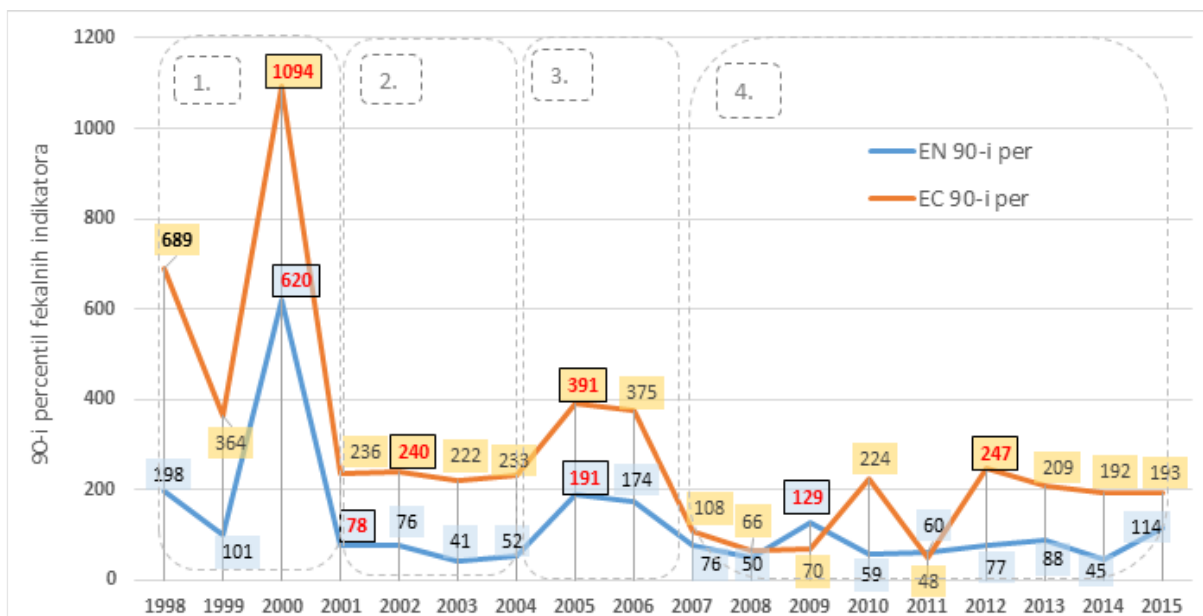
Prema godišnjim ocjenama, more je na lokaciji Kantrida – istok dvije godine ocjenjeno „dobrom“ ocjenom, pet „zadovoljavajućom“, a jedanaest godina „nezadovoljavajućom“ ocjenom (Tablica 10). Od 2010. godine do 2013. godine more je na četiri uzastopna ispitivanja ocjenjenom „nezadovoljavajućom“ ocjenom, no već se iduće dvije godine stanje poboljšalo.

Tablica 10. Godišnje ocjene plaže Kantrida – istok tijekom 17 godina prema nacionalnim kriterijima

1998 (7)	1999 (10)	2000 (11)	2001 (10)	2002 (10)	2003 (10)
2004 (10)	2005 (11)	2006 (10)	2007 (10)	2008 (10)	2009 (10)
2010 (10)	2011 (10)	2012 (10)	2013 (10)	2014 (10)	2015 (10)

#### 4.1.2 Kantrida – zapad

Na Slici 8. se mogu uočiti četiri razdoblja podijeljena prema vrijednostima 90 – tog percentila. Prvo razdoblje označava period od 1998. do 2001. godine tijekom kojeg su zabilježene najviše koncentracije EC i EN (maks. EC = 1094 cfu/100 ml, EN = 620 cfu/100 ml). Nakon prvog razdoblja, vrijednosti 90 – tog percentila su znatno smanjene. U drugom periodu, od 2001. do 2004. g., maks. 90 – tog percentila EC je iznosio 240 cfu/100 ml, a maks. 90 – ti perc EN 78 cfu/100 ml. U odnosu na drugo razdoblje, treće razdoblje od 2004. – 2007. označava blagi porast vrijednosti (maks. EC = 391 cfu/100 ml, EN = 191 cfu/100 ml), dok u četvrtom razdoblju vrijednosti ponovno padaju (maks. EC = 247 cfu/100 ml, EN = 129 cfu/100 ml).



Slika 8. Prikaz kretanja vrijednosti 90-tog percentila fekalnih indikatora (*E. coli* – EC i enterokoka – EN) na lokaciji ispitivanja Kantrida – zapad u razdoblju od 1998. do 2015.

Tijekom 17 godina ispitivanja na plaži Kantrida – zapad, more je pet godina ocijenjeno „nezadovoljavajućom“ ocjenom, devet „zadovoljavajućom“, dvije „dobrom“ i dvije godine „izvrsnom“ ocjenom (Tablica 11).

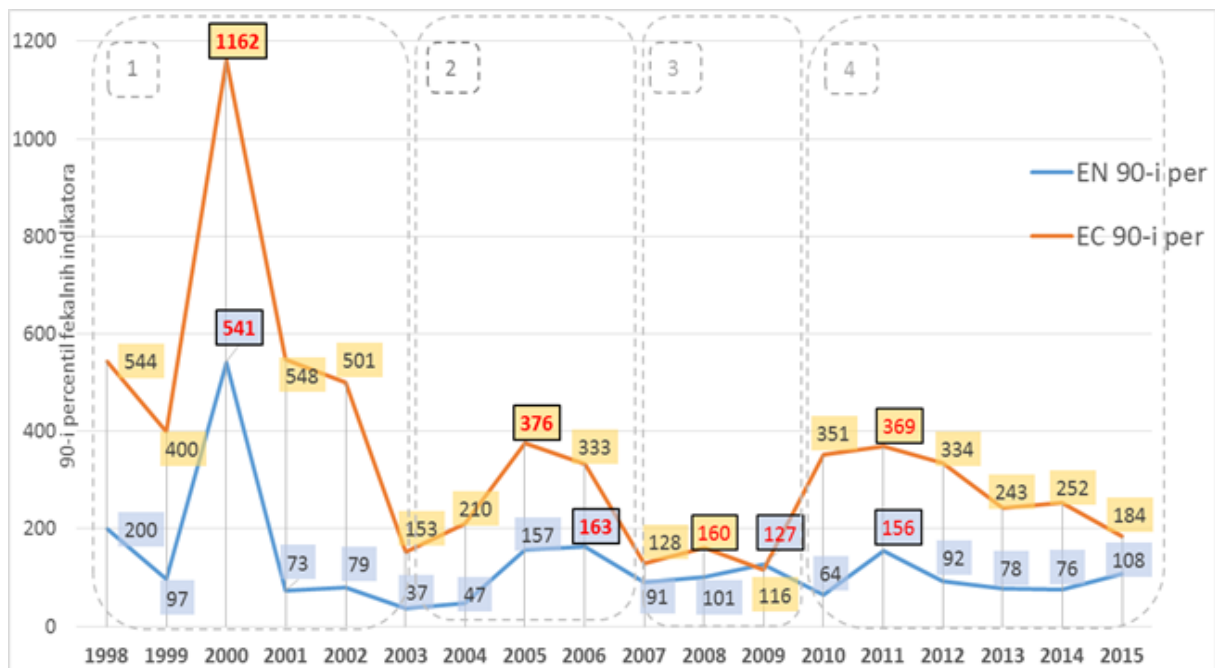
Tablica 11. Godišnje ocjene plaže Kantride – zapad

1998 (7)	1999 (10)	2000 (11)	2001 (10)	2002 (10)	2003 (10)
2004 (10)	2005 (11)	2006 (11)	2007 (10)	2008 (10)	2009 (10)
2010 (10)	2011 (10)	2012 (10)	2013 (10)	2014 (10)	2015 (10)

Koeficijent korelacije između ispitivanih varijabli je visok (EC vs EN  $r = 0,74$ ,  $p < 0,05$ ), što indicira na snažnu povezanost. Međutim, za razliku od lokacije Kantrida – istok, na Slici 7 se može vidjeti da u posljednjem četvrtom periodu koncentracije enterokoka povremeno premašuju koncentracije *E. coli* (2009. i 2011. g., Slika 8.).

#### 4.1.3 Kantrida – istok + zapad

Slika 9. prikazuje kretanja vrijednosti 90 – tog percentila fekalnih indikatora na plaži Kantrida (istok + zapad) u periodu 1998. – 2015. g., na način da je plaža promatrana kao jedinstveni prostor te su rezultati na taj način obrađeni. Krivulje EN i EC su podijeljene u četiri razdoblja. Prvo razdoblje označava period od 1998. do 2003. g. tijekom kojeg su zabilježene visoke koncentracije indikatora fekalnog onečišćenja (maks. EC = 1162 cfu/100 ml, EN = 541 cfu/100 ml). U drugom razdoblju, 2004. – 2006., dolazi do smanjenja broja mikrobioloških indikatora (maks. EC = 376 cfu/100 ml, EN = 163 cfu/100 ml). Najmanje koncentracije crijevnih enterokoka i *E. coli* zabilježene su u trećem razdoblju 2007. – 2010. g. (maks. EC = 160 cfu/100 ml, EN = 127 cfu/100 ml), dok od 2010. do 2015. g. dolazi do slabog, ali prema vrijednostima vidljivog onečišćenja (maks. EC = 369 cfu/100 ml, EN = 156 cfu/100 ml).



Slika 9. Prikaz percentila na plaži Kantridi – istok + zapad

Tablici 12. je dan prikaz godišnjih ocjena te plaže. Iz tablice je vidljivo da je kakvoća mora dvanaest godina bila „nezadovoljavajuća“, pet godina „zadovoljavajuća“ i samo jednu godinu „dobra“.

Tablica 12. Prikaz godišnjih ocjena plaže Kantride tijekom 17 godina

1998	1999	2000	2001	2002	2003
2004	2005	2006	2007	2008	2009
2010	2011	2012	2013	2014	2015

## 4.2 HR vs EU ocjena

U Tablici 13. su usporedno prikazane godišnje ocjene za plažu Kantridu – zapad i Kantridu – istok (prema Hrvatskim i Europskim propisima) od 1998. do 2015. g.

Tablica 13. usporedni prikaz godišnjih ocjena

RUTINSKI MONITORING 1998-2015						
Lokacija/ godina	Kantrida-istok		Kantrida-zapad		Kantrida istok + zapad	
	HR	EU	HR	EU	HR	EU
1998.	●	●	●	●	●	●
1999.	●	●	●	●	●	●
2000.	●	●	●	●	●	●
2001.	●	●	●	●	●	●
2002.	●	●	●	●	●	●
2003.	●	●	●	●	●	●
2004.	●	●	●	●	●	●
2005.	●	●	●	●	●	●
2006.	●	●	●	●	●	●
2007.	●	●	●	●	●	●
2008.	●	●	●	●	●	●
2009.	●	●	●	●	●	●
2010.	●	●	●	●	●	●
2011.	●	●	●	●	●	●
2012.	●	●	●	●	●	●
2013.	●	●	●	●	●	●
2014.	●	●	●	●	●	●
2015.	●	●	●	●	●	●

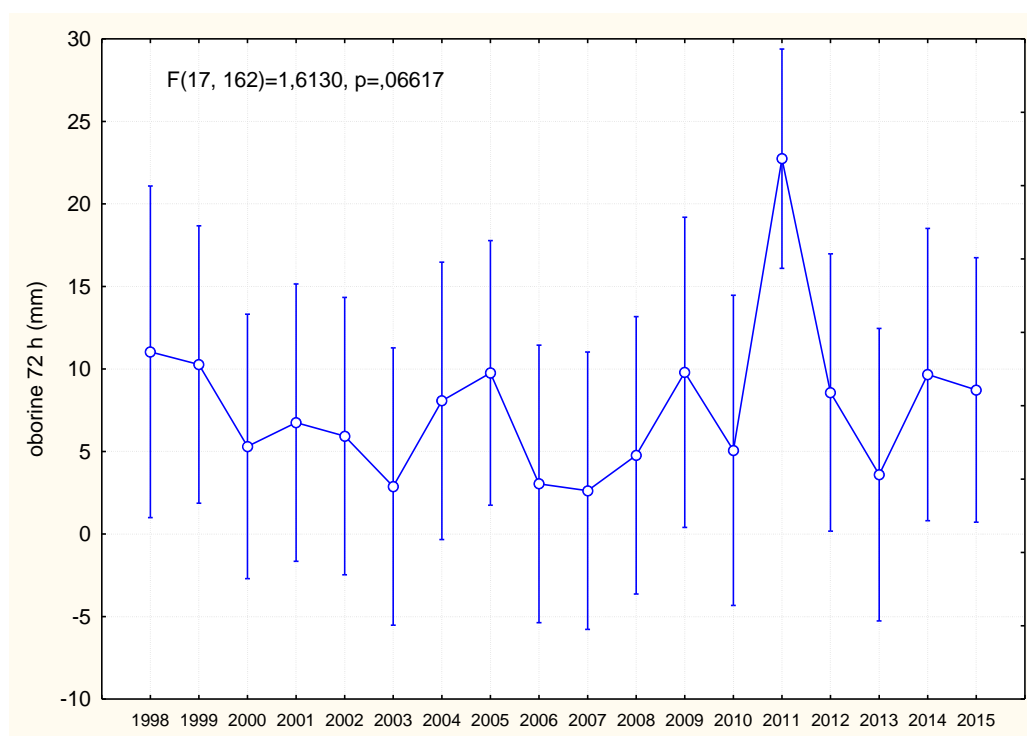
EU i RH klasifikacija vode za kupanje

Izvršno	●
Dobro	●
Zadovoljavajuće	●
Nezadovoljavajuće	●



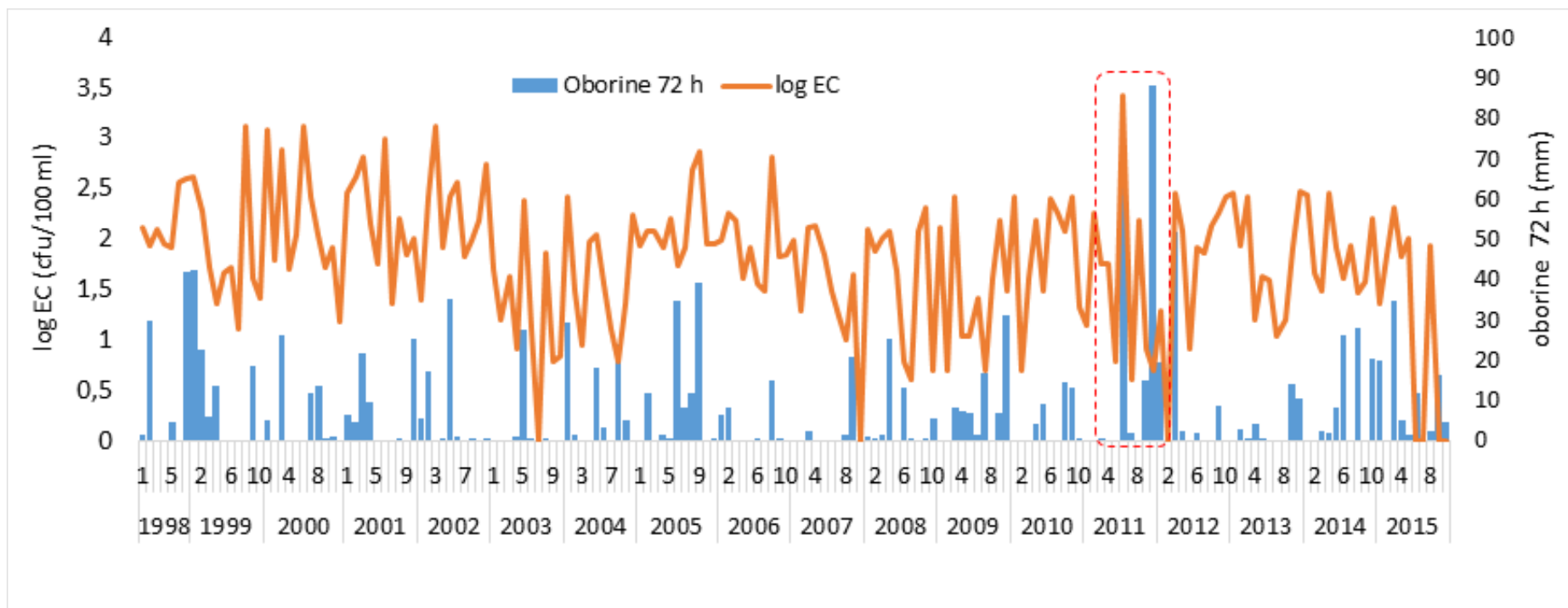
### 4.3 Utjecaj oborina

Analizom rezultata prikupljenih tijekom sedamnaest godina ispitivanja uočena je povezanost količina padalina i koncentracije *E. coli*. Na Slici 10. prikazane su količine oborina koje su prethodile danu uzorkovanja (uzeto vrijeme u obzir je 72 h prije dana uzorkovanja) te se može uočiti da je 2011. g. pala veća količina kiše u odnosu na ostale promatrane godine, iako ANOVA nije pokazala da je razlika statistički značajna.



Slika 10. Količina padalina (72 h) koja je prethodila uzorkovanju od 1998. – 2015. (izvor podataka: Državni hidrometeorološki zavod, DHMZ)

Na Slici 11. prikazano je usporedno kretanje indikatora fekalnog onečišćenja i količina oborina na plaži Kantrida. Vidljivo je da se povećanjem količina oborina 72 sata prije uzorkovanja, poveća i koncentracija *E. coli*. Najveća pojava onečišćenja dogodila se 2011. godine, kada je istovremeno izmjerena i najveća količina padalina, dok je najmanje onečišćenje zabilježeno u periodima tijekom kojih nije bilo oborina (2003., 2007., 2012., 2015.).

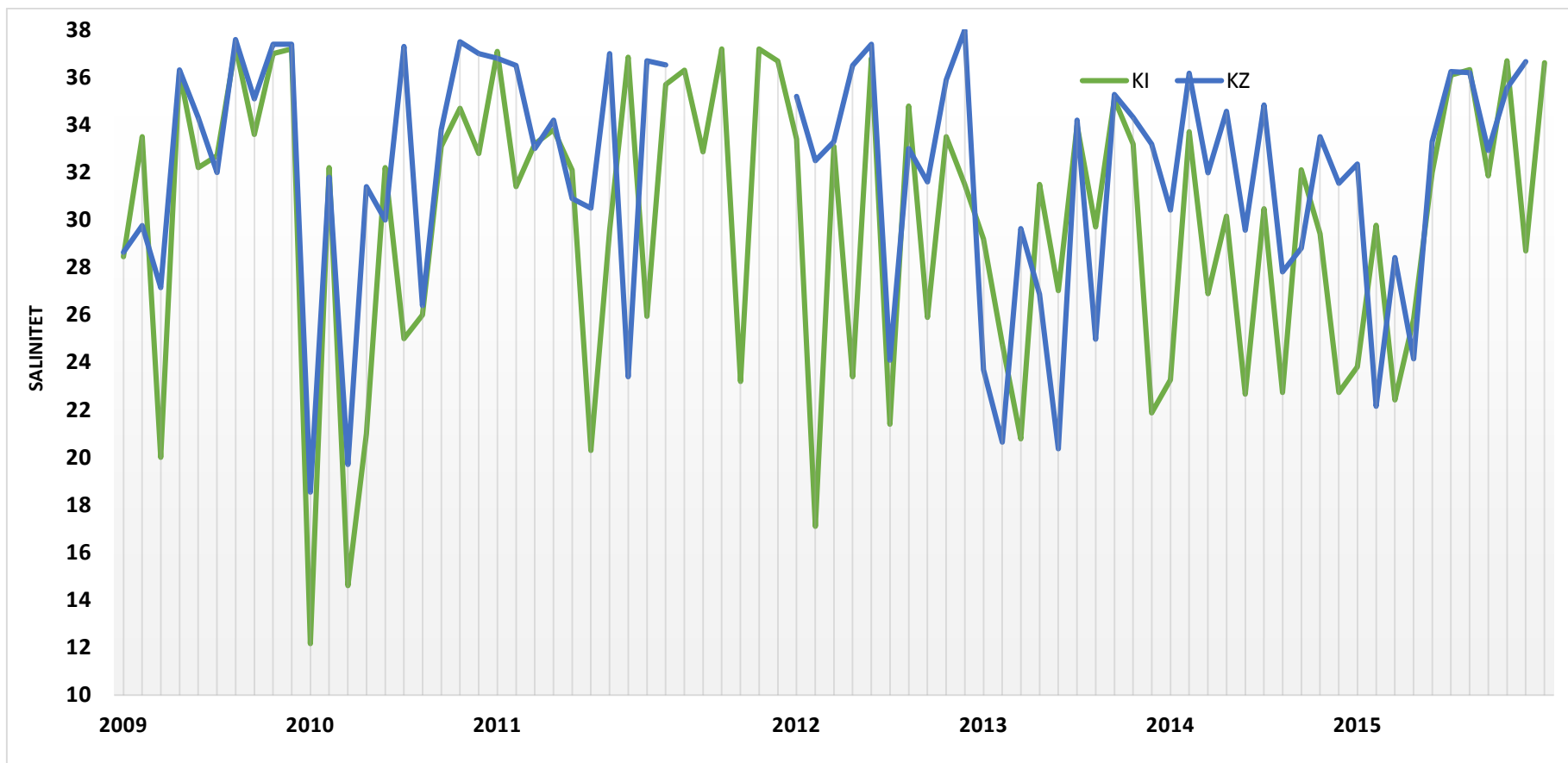


Slika 11. Prikaz kretanja koncentracije *E. coli* i oborina (u 72-satnom periodu prije uzorkovanja) u periodu 1998. – 2015.

## 4.1 Salinitet

Povećanjem oborina u obalno more dotječe veća količina slatke vode, što utječe na smanjenje saliniteta morske vode. Na slici 12. uočavamo da utjecaj oborina nije isti za promatrane lokacije, odnosno da je on izraženiji na lokaciji Kantrida – istok u odnosu na lokaciju Kantrida – zapad. Obradeni su podaci iz perioda 2009. – 2015. obzirom se prije 2009. (prije stupanja na snagu Uredbe NN 73/08) salinitet nije pratio.

Tako se na KI salinitet kretao 12-37 (sr. vr. = 30) dok su na KZ vrijednosti bile statistički značajno više (Tukey HSD;  $p=0,03$ ), te su varirale u rasponu 19-38 (sr. vr. = 32)



Slika 12. Vrijednosti saliniteta tijekom godina na lokacijama Kantrida – istok i Kantrida - zapad

## 5 RASPRAVA

Uživanje na plažama je jedna od omiljenih ljetnih aktivnosti velikog broja ljudi diljem Europe. Jedan od odlučujućih faktora izbora ljetne destinacije je upravo kakvoća samog mora. U cilju efikasnog i sveobuhvatnog prijenosa informacija, Europska agencija za okoliš (EEA) izrađuje godišnja izvješća o kakvoći mora i voda za kupanje država članica Europske unije. Izvješća daju prikaz stanja kakvoće mora od 1990. g. do danas. Tijekom godina, osim broja država članica EU, mijenjala se zakonska legislativa koja regulira ovo područje, kao i aktualnim pravilnicima definirani parametri ispitivanja i kriteriji ocjenjivanja. Osim samih kriterija, mijenjao se i način statističke obrade rezultata ispitivanja, u cilju podizanja razine zaštite zdravlja kupaca rekreacijskih voda. Kriteriji za ocjenjivanje kakvoće vode za kupanje razlikuju se između država članica. Naime, EU Direktiva (2006/7/EC) propisuje minimalne standarde ocjenjivanja, a države članice imale su mogućnost primjene strožih standarda, što su neke zemlje i iskoristile. Tako je Republika Hrvatska donijela stratešku odluku o primjeni strožih kriterija ocjenjivanja kakvoće priobalnog mora. Međutim, u slučaju usporedbe rezultata ispitivanja među EU zemljama članicama, primjenjuju se jedinstveni kriteriji iz EU Direktive (2006/7/EZ).

Kakvoća mora cijele Europske unije ovisi o kakvoći mora svake države članice. Direktiva 2006/7/EC postavila je cilj da do kraja 2015. godine, sve vode za kupanje u EU moraju imati barem „zadovoljavajuću“ kakvoću mora. Unatoč svim naporima, taj cilj nije ostvaren. Prema podacima EEA, četrnaest država članica EU ima „nezadovoljavajuću“ godišnju ocjenu kakvoće mora. Najviše morskih plaža koje nisu zadovoljile sve uvjete se nalazi u Italiji (čak njih 94), a zatim slijede Francuska (44) te Ujedinjeno Kraljevstvo (31) (22). Kao glavni razlog navodi se animalna fekalna kontaminacija koja potječe sa obližnjih farmi ili kontaminacija otpadom. Taj oblik kontaminacije predstavlja dugogodišnji i nerješivi problem u cijeloj Europi. Hrvatska se nalazi u skupini od sedam zemalja, koje su taj cilj ostvarile (uz Cipar, Estoniju, Grčku, Latviju,

Maltu i Sloveniju), što predstavlja veliki uspjeh za našu zemlju. Uzimajući u obzir sve države članice EU, Hrvatska se, prema kakvoći mora za kupanje, nalazi na visokom petom mjestu. Visoko mjesto koje zauzimamo govori u prilog i o visokom postotku izvrsno ocjenjenih plaža na našoj obali. Prosječna kakvoća mora u Europi prema EU kriterijima u periodu od šest godina (2009. – 2015.) iznosi od ~84%, dok je u RH preko 95% morskih plaža „izvrsne“ kakvoće.

Unatoč generalno izvrsnim rezultatima kakvoće mora na hrvatskoj obali Jadrana u usporedbi s Europskom unijom, lokacije kupanja na plaži Kantrida (Kantrida – zapad i Kantrida – istok) uglavnom pripadaju u preostalih 10% morskih plaža s „dobrom“ ili „zadovoljavajućom“ kakvoćom, tijekom promatranog perioda. Iako su navedene lokacije u više navrata prema HR kriterijima bile ocjenjene kao nezadovoljavajuće, posebno KI (četiri uzastopne godine 2010.-2013.), trajna zabrana kupanja nije razmatrana, obzirom da hrvatska Uredba (NN 73/2008) takvo postupanje nije propisala. Naime, prema EU Direktivi o vodi za kupanje (2006/7/EC), u slučaju „nezadovoljavajuće“ ocjene pet godina zaredom, potrebno je lokaciju označiti oznakom „trajne“ zabrane kupanja. Obzirom da prema EU kriterijima lokacije (KI i KZ) nisu niti u jednoj sezoni bile nezadovoljavajuće, takva zabrana nije razmatrana.

Sezona 2002. bila je 5. godina zaredom da je predmetna lokacija ocjenjena nezadovoljavajućom ocjenom. Međutim, u to vrijeme Direktiva o vodi za kupanje (2006/7/EC) još uvijek nije bila na snazi.

Analizirajući rezultate ispitivanja na dvjema lokacijama na plaži Kantrida (KI i KZ), možemo primijetiti da je njihovo kretanje donekle različito. KI je pokazivala lošiju kvalitetu do 2003., nakon čega se rezultati značajno poboljšavaju, dok je KZ u tom petogodišnjem periodu (1998.-2003.) ipak generalno mikrobiološki manje opterećena, izuzev sezone 2000., kada koncentracije ispitivanih indikatora dostižu maksimalne vrijednosti. Za kakvoću mora na području zapadnog dijela grada Rijeke - Kantride prijelomna je 2002. g., kada je dovršena izgradnja dionice kanalizacijskog sustava ove zone, koji je u rad pušten 5. prosinca 2002. g. To

je značilo da se otpadne vode više nisu putem 12 kratkih podmorskih ispusta ispuštale u obalno more Kantride, već su preusmjerene na glavni sabirni kolektor grada Rijeke na Delti, koji je pušten u rad 1994. g. Time je Rijeka svedena na jedan podmorski ispust (dužine 548 m, na dubini 46 m, u smjeru jugo-zapad), konstruiran na način da otpadne vode odvođi na dovoljnu udaljenost, bez utjecaja na mikrobiološku kakvoću mora rekreacijske zone. Učinak ovog zahvata jasno je vidljiv na rezultatima ispitivanja kakvoće mora na plaži Kantrida (23). Iako problem na ovim lokacijama priključenjem na Deltu nije u potpunosti riješen, bitno je za naglasiti da su koncentracije mikrobioloških pokazatelja slijedećih 13 godina praćenja (od 2003.-2015.) bile znatno niže, i to na obje lokacije. Izuzetak od toga je KI u sezoni 2011., kada su promatrane koncentracije dosegle razine onih prije 2003. g., a kratkotrajno onečišćenje je evidentirano u više navrata, Tada su velike količine oborina poslužile su kao transporter onečišćenja akumuliranog u podzemlju krškog terena grada Rijeke u priobalnu zonu (24). Međutim, obzirom da prema Novoj Uredbi (NN 73/08) rezultati ispitivanja uzoraka uzetih za vrijeme kratkotrajnog onečišćenja ne ulaze u statističku obradu podataka, KI je prema EU kriterijima u toj sezoni bila ocijenjena zadovoljavajućom ocjenom. Zanimljivo je da nakon 2002. g. KI, (generalno opterećenija lokacija) po europskim kriterijima nije niti jednom bila nezadovoljavajuća (istovremeno 6 puta prema HR), za razliku od KZ, koja se jednom "zacrvenila" u sezoni 2005. (2 puta prema HR). Pik onečišćenja nakon 2002. detektiran je na lokaciji KI u 2011. g., što na temelju dostupnih podataka (kiše i saliniteta) možemo povezati s obilnim padalinama koje su prethodile uzorkovanjima, a koje su 2011. g. izdvojile kao posebno kišnu, u cijelom promatranom razdoblju (1998.-2015.).

Na susjednoj točki učinak kiše nije bio toliko izražen, što je vidljivo iz vrijednosti saliniteta, koje su na ovoj lokaciji značajno više (sr. vr. = 32) od onih mjerenih na KI (sr. vr. = 30). Tako ova lokacija praktički nije "reagirala" na obilne padaline u sezoni 2011. To ukazuje da je

parametar saliniteta koristan indikator mogućeg onečišćenja te da njegovo sniženje indicira na dotok veće količine kopnene vode, koja je nerijetko fekalno onečišćena (25, 26).

Međutim, na mjernoj postaji KZ stanje se pogoršava 2005. (crveno ocjenjena i po EU kriterijima) i 2006. g., kada je na ovoj lokaciji zabilježeno veće opterećenje u odnosu na KI (koja je u cijelom promatranom periodu generalno lošija). Obzirom da u ovom slučaju razlog onečišćenja nije povezan s kišom, možemo pretpostaviti da je izvor kontaminacije susjedni objekt Nogometni stadion Kantrida, koji, prema informacijama Vodovoda i kanalizacije d.o.o. za vodoopskrbu i odvodnju Rijeka (VIK Rijeka), nije priključen na sustav javne odvodnje grada Rijeke. Obzirom da je lokacija KI udaljenija od stadiona, utjecaj ispuštanja otpadnih voda nije tako izražen. Mogući razlog onečišćenja također je propuštanje obližnjih septičkih jama.

Razloge u još uvijek lošim rezultatima plaže Kantrida (koji su nakon 2002. g. ipak poboljšani) treba tražiti u izgradnji novijih naselja u okolici Rijeke, a koja još uvijek nemaju u potpunosti izgrađenu kanalizacijsku mrežu (npr. Viškovo, Marinići...). To dovodi do cijedenja fekalnog materijala u podzemlje, što se oborinama ispire u priobalnu zonu. Na mjestima gdje je prisutan veći broj priobalnih izvora, efekt opisanog je jači.

2012. g. ispitivane lokacije prvi put su se mogle ocijeniti EU ocjenama, obzirom da je Direktivom 2006/7/EC propisana samo konačna ocjena koja se izračunava temeljem podataka 4 sezone, što je u Hrvatskoj postignuto 2012. g. Promatrajući broj crvenih točaka (prema konačnim ocjenama) od sezone 2012. duž naše obale, on je prema HR kriterijima iznosio 7 - 10, a najveći broj bio je prisutan u Primorsko-goranskoj i Splitsko-dalmatinskoj županiji. Izraženo u %, na hrvatskoj obali Jadrana od 2012.-2015. bilo je između 0,77% (2012.) i 1,09% (2014.) crvenih točaka, a broj ukupan broj točaka ispitivanja u tom razdoblju je varirao od 884 (2015.) do 917 (2014.).



Istovremeno, prema EU kriterijima u navedenom razdoblju broj crvenih točaka je varirao 1-3, i to dvije lokacije smještene u Splitsko-dalmatinskoj županiji (Kaštel Sućurac i Kaštel Gomilica), a jedna u Istarskoj županiji u Prematuri (Medulin). Pozitivno je što je u 2015. jedina lokacija koja nije zadovoljila EU kriterije preostala samo Kaštel Sućurac.

Što se tiče naše županije, prisutne su 3 nezadovoljavajuće točke (izuzev 2013. kada ih je bilo 5). Analizirajući lokacije uviđamo konstantu jedino kod Kantride – istok, koja je sve četiri promatrane godine (2012.-2015.) prema konačnoj HR ocjeni bila nezadovoljavajuća. Od ostalih lokacija javljaju se Hotel Kristal i Slatina – kraj. Obje lokacije vezane su za onečišćenje mora u Opatiji, do kojega je došlo 2013., uslijed oštećenja cijevi kanalizacijskog sustava. Oštećenje je te iste sezone i sanirano, a godišnje ocjene na tim lokacijama otada su izvrsne (međutim kako konačna ocjena uzima četverogodišnje razdoblje, lokacije su još uvijek označene sa crvenim konačnim ocjenama). 2012. i 2013. još se 2 lokacije navode kao crvene: 3. Maj, koja je susjedna točka KI, a također uslijed aktivacije priobalnih izvora potencijalno opterećena nakon kiše, te Povile kraj Novog Vinodolskog, gdje je uzrok onečišćenju bilo propuštanje septičke jame.

Iz ovih se rezultata jasno uočava da je na lokaciji Kantrida – istok mikrobiološko opterećenje jačeg intenziteta te da se procijenjeni vrlo visok rizik od onečišćenja (određen u profilu plaže) podudara s rezultatima ispitivanja cijele plaže Kantrida. U cilju rješavanja uočenog problema, potrebna je rekonstrukcija sustava odvodnje oborinskih voda, što zahtijeva velika ulaganja, ali svakako i priključenje svih objekata na sustav javne odvodnje otpadnih voda.

Uzimajući u obzir rezultate ispitivanja lokacija Kantrida istok i zapad kao jedinstvene plaže, prema Hrvatskim standardima ovu plažu prati trend „nezadovoljavajućih“ ocjena kroz godine, dok se prema Europskim kriterijima u posljednje tri godine uočava poboljšanje, te je kakvoća mora ocjenjena „dobrom“ godišnjom ocjenom.

Praktički isti koeficijenti korelacije između EC i EN ( $r=0,74$ ,  $p = 0,05$ ) dobiveni na obje lokacije pokazuju dobru povezanost ova dva parametra. *E. coli* generalno kvantitativno dominira nad enterokokima, koji se samo u 2009. i 2011. na lokaciji KZ javljaju u broju većem od broja *E. coli*. Takve situacije ukazuju da je riječ o starijem fekalnom onečišćenju, obzirom da je poznato da enterokoki duže preživljavaju u morskoj vodi u odnosu na *E. coli* (12).

Primjena strožih nacionalnih kriterija omogućava brže uočavanje negativnih pojava u obalnom moru, pravovremene reakcije na pojavu onečišćenja mora i provođenje potrebnih sanacijskih postupaka. Česti izvor onečišćenja na krškom reljefu su brojni priobalni izvori i vrulje, koji predstavljaju izravan kontakt predmetnih lokacija sa slivnim područjem. Ostali mogući razlozi povećanog mikrobiološkog opterećenja plaže Kantrida, a koje povremeno doseže vrlo visoke koncentracije, su neadekvatna odvodnja otpadnih i oborinskih voda, nepriključenost pojedinih subjekata koji se nalaze u neposrednoj blizini promatranih lokacija na javni kanalizacijski sustav, neispravan rad dijelova sustava odvodnje otpadnih voda.

## 6 ZAKLJUČCI

1. Analiza rezultata kakvoće mora na KI i KZ je pokazala da je u promatranom razdoblju (1998.-2015.) mikrobiološko opterećenje generalno veće na lokaciji KI
2. Od 2003. kakvoća mora je na obje lokacije poboljšana, kao posljedica priključenja tog dijela grada na glavni kolektor otpadnih voda – Delta, čime prestaju funkcionirati kratki priobalni ispusti
3. KI je pod značajnim je utjecajem oborina, odnosno priobalnih izvora koji se u tim uvjetima aktiviraju i transportiraju onečišćenje iz sliva
4. Utjecaj oborina na lokaciju KZ je manje izražen, a do onečišćenja dolazi najvjerojatnije zbog nepriključenosti obližnjeg objekta na kanalizacijsku mrežu
5. Različiti uzroci onečišćenja ukazuje na činjenicu da je kakvoća mora specifična za pojedinu mikrolokaciju ("site specific"), što je potrebno uzeti u obzir za učinkovitije upravljanje plažama i prilikom revidiranja profila mora za kupanje
6. Salinitet se pokazao kao koristan parametar detekcije dotoka slatkih voda i potencijalnih onečišćenja
7. Od 2009. (početka primjene nove Uredbe) prema HR kriterijima KI je 4 puta ocijenjena kao nezadovoljavajuća (2010. – 2013.), a KZ nije niti jednom; u istom periodu prema EU kriterijima istraživane lokacije nisu niti jednom ocijenjene kao nezadovoljavajuće
8. U usporedbi s Europskim propisima, hrvatski standardi kakvoće mora za kupanje omogućuju bolji uvid u realno stanje kakvoće Jadranskog mora, te pružaju višu razinu zdravstvene zaštite pučanstva

## 7 LITERATURA

1. Krstulović N., Šolić M. Mikrobiologija mora. Split: Institut za oceanografiju i ribarstvo; 2012.
2. Enciklopedija.hr. dostupno na: <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=28478>
3. Hrvatska.eu. dostupno na: <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=28478>
4. Zakon o pomorskom dobru i morskim lukama NN 158/03, 141/06, 38/09, 123/11, 56/16
5. Pond K. Water recreation and disease. Prvo izdanje. World Health Organization; 2005.
6. Vukić Lušić, D., Pešut, D., Pružinec-Popović, B., Mikrobiološki indikatori kvalitete vode, Međunarodni stručno-znanstveni simpozij „Sanitarno inženjerstvo, Sanitary engineering“; 2006. <https://bib.irb.hr/prikazi-rad?&rad=555603>
7. Početna procjena stanja i opterećenja morskog okoliša hrvatskog dijela Jadrana, Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split, Rujan 2012
8. Edberg SC, Rice EW, Karlin RJ, Allen MJ. *Escherichia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection. Journal of Applied Microbiology - Symposium Supplement 2000;88:106S-116S.
9. Bitton, G., Farrah, S.R., Ruskin, R.H., Butner, J., Chou, Y.J. (1983): Survival of pathogenic and indicator organisms in groundwater. Ground Water, 21(4), 405-410.
10. Baudisova D, (1997): Evaluation of *Escherichia coli* as the main indicator of faecal pollution. Wat.Sci.Technol.35 (11-12), 333-336
11. Boehm A., Sassoubre L. Enterococci as indicators of environmental fecal contamination. Massachusetts Eye and Ear Infirmary. 2014. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK190421/>
12. Godfree AF, Kay D, Wyer MD. Faecal streptococci as indicators of faecal contamination in water. Journal of Applied Microbiology Symposium Supplement. 1997;83:110S-119S.

13. Cabelli VJ. (1983). Health effects criteria for marine recreational waters. Research Triangle Park: U.S. Environmental Protection Agency.
14. Direktiva Europske komisije 76/160/EEC o kakvoći vode za kupanje
15. Uredba o kakvoći mora za kupanje (NN 73/08)
16. Stražičić N. Riječki izvori i vodotoci. Rijeka: Biblioteka Pluminensia, Svezak 9; 1999.
17. Pravilnik o vrstama morskih plaža i uvjetima koje moraju zadovoljavati NN 50/95
18. Zrno Ž. Neke primjene normalne (Gaussove) distribucije [stručni rad]. Knin: Veleučilište „Marko Marulić“ u Kninu. 2011.
19. Udovičić M. i sur. Što treba znati kada izračunavamo koeficijent korelacije?. *Biochemia Medica* 2007;17(1):1-138
20. Statistics laerd.com. Dostupno na : <https://statistics.laerd.com/statistical-guides/one-way-anova-statistical-guide-4.php>
21. Abdi H., Williams L. Tukey's honestly significant difference (HSD) test. *Encyclopedia of Research Design*. 2010.
22. EEA Report: European bathing water quality in 2015.,No. 9/2016.
23. Formula1-dictionary.net. Dostupno na: [http://www.formula1-dictionary.net/rijeka\\_8.html](http://www.formula1-dictionary.net/rijeka_8.html)
24. Bakić S. Zabrinjavajući rezultati ispitivanja kakvoće mora; Oprez kupači: Ne preporuča se kupanje na četiri plaže u Rijeci, Crikvenici i Novom Vinodolskom. *Novi List*. 2008.
25. Gerba C.P., Goyal S.M., LaBelle R.L., Cech I., Bodgan G.F. 1979. Failure of Indicator Bacteria to Reflect the Occurrence of Enteroviruses in Marine Waters. *AJPH*. 69, 11, 1116-1119.
26. Ortega C, Solo-Gabriele HM, Abdelzaher A, Wright M, Deng Y, Stark LM. Correlations between microbial indicators, pathogens, and environmental factors in a subtropical Estuary. *Mar Pollut Bull*. 2009;58(9):1374-1381.

## ŽIVOTOPIS

Rođena sam 21. siječnja 1995. godine u Rijeci. 2009. godine upisala sam Prvu sušačku hrvatsku gimnaziju u Rijeci, jezični smjer. Po završetku četverogodišnjeg obrazovanja, u srpnju 2013. godine upisujem Preddiplomski studij sanitarnog inženjerstva na Medicinskom fakultetu u Rijeci.