

# Sanitarno i mikrobiološko stanje mora u luci Valbandon

---

Grahović, Lejla

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Pula / Sveučilište Jurja Dobrile u Puli**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:137:910056>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-18**



Repository / Repozitorij:

[Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula](#)



SVEUČILIŠTE JURJA DOBRILE U PULI  
SVEUČILIŠNI PREDDIPLOMSKI STUDIJ ZNANOST O MORU

**LEJLA GRAHOVIĆ**

**SANITARNO I MIKROBIOLOŠKO STANJE MORA U LUCI  
VALBANDON**

Završni rad

Pula, 2020

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli  
Sveučilišni preddiplomski studij Znanosti o moru

**LEJLA GRAHOVIĆ**

**SANITARNO I MIKROBIOLOŠKO STANJE MORA U LUCI  
VALBANDON**

Završni rad

**JMBAG: 0303068331, redoviti student**

**Studijski smjer: Znanost o moru**

**Predmet: Sanitarna kontrola mora**

**Znanstveno područje: Prirodne znanosti**

**Znanstveno polje: Interdisciplinarno**

**Znanstvena grana: Znanost o moru**

**Mentor: doc.dr.sc. Paolo Paliaga**

**Komentor: dr.sc. Gioconda Millotti**

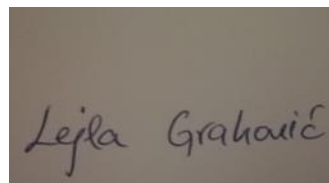
Pula, 2020



## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, dolje potpisani LEJLA GRAHOVIĆ, kandidat za prvostupnika ZNANOSTI O MORU ovime izjavljujem da je ovaj Završni rad rezultat isključivo mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na objavljenu literaturu kao što to pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da niti jedan dio Završnog rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz kojega necitiranog rada, te da ikoji dio rada krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za koji drugi rad pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili radnoj ustanovi.

Student



---

U Puli, 18.09.2020 godine



### **IZJAVA o korištenju autorskog djela**

Ja, LEJLA GRAHOVIĆ dajem odobrenje Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli, kao nositelju prava iskorištavanja, da moj završni rad pod nazivom SANITARNO I MIKROBIOLOŠKO STANJE MORA U LUCI VALBANDON koristi na način da gore navedeno autorsko djelo, kao cjeloviti tekst trajno objavi u javnoj internetskoj bazi Sveučilišne knjižnice Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli te kopira u javnu internetsku bazu završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice (stavljanje na raspolaganje javnosti), sve u skladu s Zakonom o autorskom pravu i drugim srodnim pravima i dobrom akademskom praksom, a radi promicanja otvorenoga, slobodnoga pristupa znanstvenim informacijama.

Za korištenje autorskog djela na gore navedeni način ne potražujem naknadu.

U Puli, 18.09.2020 (datum)

Potpis

---

## **Zahvala**

*Prvenstveno se želim od srca zahvaliti svom mentoru i profesoru doc.dr.sc. Paolo Paliaga na prenesenom znanju kroz izradu ovog rada i za vrijeme studiranja, te na uloženom vremenu, trudu i ukazanom povjerenju tijekom ovog istraživanja.*

*Hvala i komentorici doc.dr.sc. Gioconda Millotti na stručnosti i pruženom znanju.*

*Hvala Centru za istraživanje mora u Rovinju na ustupljenom prostoru i potrebnoj opremi za izradu ovog rada i hvala svim zaposlenicima Centra.*

*Hvala mojoj obitelji koja je kao i cijeli život tako i kroz period studiranja bila moj najveći oslonac i potpora, ali i najbolji savjetnik.*

*Također zahvaljujem prijateljicama i prijateljima na svakoj pomoći, lijepoj riječi, pozitivnoj energiji te podršci u svakoj situaciji.*

## Sadržaj

|                                                                                              |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Uvod .....</b>                                                                         | <b>1</b>  |
| <b>2. Ciljevi istraživanja.....</b>                                                          | <b>2</b>  |
| <b>3. Literaturni pregled.....</b>                                                           | <b>3</b>  |
| 3.1. Sanitarna kakvoća mora.....                                                             | 3         |
| 3.2. Indikatori sanitarne kakvoće mora.....                                                  | 5         |
| 3.2.1. Ukupni (totalni) koliformi (UK).....                                                  | 6         |
| 3.2.2. Fekalni koliformi (FK).....                                                           | 7         |
| 3.2.2.1. <i>Escherichia coli</i> .....                                                       | 7         |
| 3.2.3. Fekalni streptokoki (FS).....                                                         | 8         |
| 3.2.4. Omjer između fekalnih koliforma i fekalnih streptokoka (FK:FS).....                   | 8         |
| 3.3. Bakterijske zajednice u moru.....                                                       | 9         |
| 3.3.1. Heterotrofne bakterije.....                                                           | 9         |
| 3.3.2. Heterotrofni nanoflagelati.....                                                       | 10        |
| 3.3.3. Cijanobakterije.....                                                                  | 10        |
| <b>4. Materijali i metode.....</b>                                                           | <b>12</b> |
| 4.1. Područja istraživanja.....                                                              | 12        |
| 4.2. Terensko uzorkovanje.....                                                               | 13        |
| 4.3. Hidrografski uvjeti.....                                                                | 13        |
| 4.4. Određivanje sanitarne kakvoće mora.....                                                 | 15        |
| 4.5. Brojnost heterotrofnih bakterija, heterotrofnih nanoflagelata i<br>cijanobakterija..... | 16        |

|                                                     |               |
|-----------------------------------------------------|---------------|
| <b>5. Rezultati.....</b>                            | <b>18</b>     |
| 5.1. Temperatura.....                               | 18            |
| 5.2. Salinitet.....                                 | 19            |
| 5.3. Koncentracija vrste <i>E.coli</i> .....        | 21            |
| 5.4. Koncentracija fekalnih streptokoka (FS).....   | 22            |
| 5.5. Koncentracija heterotrofnih bakterija.....     | 24            |
| 5.6. Koncentracija heterotrofnih nanoflagelata..... | 25            |
| 5.7. Koncentracija cijanobakterija.....             | 27            |
| <b>6. Diskusija.....</b>                            | <b>29</b>     |
| <b>7. Zaključak.....</b>                            | <b>32</b>     |
| <b>8. Literatura.....</b>                           | <b>33</b>     |
| <br><b>Prilozi.....</b>                             | <br><b>36</b> |

## 1.UVOD

Luka je prostor koji je zaštićen prirodno ili umjetno, a namijenjen je za sidrenje, pristajanje, popravak, zaštitu brodova (od izravnog utjecaja struja, valova i leda ili u ratu od neprijateljskih djelovanja), te ukrcavanje i iskrcavanje tereta i putnika, skladištenje tereta ili odmor posade. Prostor luke je dovoljno dubok vodeni i s vodom povezan kopneni prostor koji može imati izgrađene i neizgrađene obale, lukobrane, postrojenja ili uređaje (Hrvatska enciklopedija, 2020).

Prema glavnoj svrsi luke možemo dijeliti na ratne, trgovačke odnosno teretne i putničke, industrijske, opskrbe i posebne luke koje se dijele na ribarske, športske, športsko-nautičke luke ili marine (Hrvatska enciklopedija, 2020).

Prema mjestu na kojemu se nalaze razlikuju se morske luke i luke unutrašnje plovidbe. Morske luke mogu biti obalne, lagunske, estuarijske i otočne. Prema vodostaju se razlikuju otvorene, odnosno luke pristupačne u svako doba, i zatvorene odnosno plimne luke, u koje brodovi mogu ući samo kada je vodostaj visok. Tijekom niskog vodostaja plimna luka je zatvorena nepropusnim vratima, što omogućava brodovima u njoj da nesmetano plutaju bez obzira na to što je pred lukom more plitko ili posve suho (Hrvatska enciklopedija, 2020).

Onečišćenje voda je promjena kakvoće voda koja nastaje unošenjem, ispuštanjem ili odlaganjem hranjivih i drugih tvari u vodu, utjecajem energije ili drugih uzročnika, u količini kojom se mijenjaju korisna svojstva voda, pogoršava stanje vodenih ekosustava i ograničuje namjenska uporaba voda (Zakon o vodama, NN 107/95).

U lukama u kojima je razina ljudske aktivnosti visoka, odnosno antropogeni utjecaj značajan, izvori onečišćenja mogu biti: kruti otpad, otpadne vode, teški metali, naftni derivati, te razne tvari i ili/ organizmi u balastnim vodama (Zavod za javno zdravstvo, Zadar, 2006).

Luka Valbandon je obalna luka smještena u Općini Fažana. To je lučica s 500 vezova, u koju ne mogu pristajati velike brodice, ali je usprkos tome pod velikim antropogenim utjecajem, pogotovo zbog ljetnog kampa koji se nalazi u njezinoj blizini i zbog izvora slatke vode koji ide od kućanstava prema luci, a koja u luku utječe umjetno nastalom slanom močvarom (Usmena predaja, stanovnici Valbandona).

## **2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA**

Cilj ovog istraživanja je određivanje sanitarne kakvoće mora luke Valbandon, te određivanje brojnosti glavnih komponenti morske mikrobne zajednice luke Valbandon.

### 3.LITERATURNI PREGLED

#### 3.1 Sanitarna kakvoća mora

Sanitarna kakvoća mora definira se na temelju prisustva indikatorskih mikroorganizama koji u more dopijevaju otpadnim vodama, rijekama, zrakom, ispiranjem tla, te balastnim vodama. Ovi mikroorganizmi mogu biti potencijalno opasni po zdravlje ljudi (Krstulović, N., Šolić M., 2006; Sović T., 2017).

Standardi kakvoće mora za kupanje i rekreaciju na morskim plažama regulirani su Uredbom o kakvoći mora za kupanje (NN 73/08) i EU direktivom o upravljanju kakvoćom vode za kupanje (br. 2006/7/EZ).

Najviše korišteni pokazatelji mikrobiološkog stanja u moru su brojnosti *Escherichia coli* i crijevnih enterokoka. Granične vrijednosti ovih indikatorskih mikroorganizama za procjenu kakvoće mora nalaze se u Tablicama 1. i 2.

**Tablica 1.** Standardi za ocjenu kakvoće mora za kupanje nakon svakog ispitivanja (izvor:Uredba o kakvoći mora za kupanje NN 73/08).

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

(\*) CFU- colony-forming units (broj izraslih kolonija)

**Tablica 2.** Standardi za ocjenu kakvoće mora na kraju sezone kupanja i za prethodne tri sezone kupanja (izvor: Uredba o kakvoći mora za kupanje NN 73/08).

| Pokazatelj                            | Izvrсна         | Dobra           | Zadovoljavajuća  | Nezadovoljavajuća |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|
| crijevni enterokoki (CFU*/100 mL)     | $\leq 100^{**}$ | $\leq 200^{**}$ | $\leq 185^{***}$ | $> 185^{***}$     |
| <i>Escherichia coli</i> (CFU*/100 mL) | $\leq 150^{**}$ | $\leq 300^{**}$ | $\leq 300^{***}$ | $> 300^{***}$     |

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

(\*\*\*) Temeljeno na vrijednosti 90-og percentila (1)

Prema Pravilniku o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda (NN 87/2010), propisane su granice vrijednosti fekalnih koliforma i fekalnih streptokoka u vodama koje se koriste za kupanje i rekreaciju. Vrijednosti su prikazane u Tablici 3.

**Tablica 3.** Granične vrijednosti emisija pročišćenih komunalnih otpadnih voda koje se ispuštaju u površinske vode, a koje se koriste za kupanje, rekreaciju i referentne metode ispitivanja (izvor: Pravilnik o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda NN 87/10).

| Pokazatelji          | Mjerna jedinica | Granične vrijednosti    |                | Referentne metode ispitivanja |
|----------------------|-----------------|-------------------------|----------------|-------------------------------|
|                      |                 | Kopnene površinske vode | Priobalne vode |                               |
| 1                    | 2               | 3                       | 4              | 5                             |
| Koliformne bakterije | broj u 100 mL   | 10 000                  | 2 000          | HRN EN ISO 9308-1:2000        |

|                                          |               |       |     |                        |
|------------------------------------------|---------------|-------|-----|------------------------|
| Koliformne bakterije fekalnog podrijetla | broj u 100 mL | 2 000 | 500 | HRN EN ISO 9308-1:2000 |
| Streptokoki fekalnog podrijetla          | broj u 100 mL | 400   | 200 | HRN EN ISO 7899-2:2000 |

### 3.2. Indikatori sanitarne kakvoće mora

Pokazatelji sanitarne kakvoće mora su indikatorski mikroorganizmi. Oni ukazuju na potencijalni rizik od infekcije prilikom korištenja morskog okoliša za kupanje ili za konzumaciju morske hrane, pa je upravo za zaštitu ljudskog zdravlja vrlo važno poznavati sanitarnu kakvoću mora. Indikatorski mikroorganizmi kvantitativno su najznačajnija kategorija alohtonih mikroorganizama u morskom okolišu. Uključuju predstavnike bakterija, virusa, gljivica i protista, koji mogu uzrokovati širok spektar bolesti (Krstulović, N., Šolić M., 2006; Sović T., 2017).

Organizmi koji se koriste kao indikatori mogu biti pokazatelji fekalnog onečišćenja u okolišu, prisustva patogena te njegove sudbine u okolišu, prisustva otpada iz domaćinstva, efikasnosti određenog procesa u obradi otpadnih voda te kretanja suspendiranih čestica koje otpadnim vodama dopijevaju u more. Odnosno indikatori su važni jer omogućavaju procjenu kvalitete morske vode i njihov odabir ovisi o tome koja informacija o kakvoći mora nas zanima, odnosno kakvu vrstu onečišćenja želimo analizirati (Krstulović, N., Šolić M., 2006).

Mikrobiološko onečišćenje kod većine morskih područja direktan je rezultat ispuštanja kanalizacijskih sustava kroz koje ispustima komunalnih voda u moru završavaju patogeni i drugi alohtoni mikroorganizmi. Osim kanalizacijskih ispusta, patogeni u more mogu dospjeti ispiranjem tla zbog kiše, te putem atmosfere i to na način da puhanjem vjetrova sa kopna prema moru se nanosi prašina, bakterije, virusi i paraziti koje onda kiša obara u morsku vodu (Krstulović, N., Šolić M., 2006).

Kako bi neki organizam mogao biti korišten kao indikator, treba težiti tome da bude što sličniji idealnom indikatoru, odnosno mora zadovoljavati sljedeće osobine: mora biti prisutan uvijek kada je prisutan i patogen, brojnost organizma mora se moći odrediti lako, precizno, brzo i jeftino, organizam ne smije biti patogen za ljude, organizam mora biti prisutan u koncentracijama proporcionalnim koncentracijama patogenih organizama, ne smije se razmnožavati u onečišćenim medijima, te mora biti prisutan i mjerljiv u svim tipovima medija kao što su vodeni stupac, sediment i drugi organizmi (Carignan V., Villard M.A., 2001; Krstulović, N., Šolić M., 2006).

Obzirom da ne postoji indikator koji je idealan, to jest niti jedan organizam ne zadovoljava sve kriterije za odabir indikatora, kao indikatorski organizam bira se onaj koji je najpogodniji za mjerenje koje želimo odraditi.

Kao indikatori fekalnog onečišćenja koriste se tri skupine bakterija:

1.Ukupni (totalni) koliformi (UK)

2.Fekalni koliformi (FK)

3.Fekalni streptokoki (FS)

(Krstulović i Šolić 2006)

Uvjeti u kojima ovi organizmi žive su puno drugačiji od onih u morskom okolišu pa je njihovo preživljavanje u moru vrlo kratko. Ovi indikatorski organizmi žive u crijevima toplokrvnih životinja i ljudi. Obzirom da su abiotički uvjeti u crijevima potpuno drugačiji, (anaerobni uvjeti, nema svjetlosti, niži su pH i salinitet, a viša je temperatura) indikator ulazi u stanje stresa i inaktivira se, odnosno gubi sposobnost rasta i razmnožavanja. Obzirom da do najveće promjene dolazi upravo zbog svjetlosti, što je ona jača i izloženost duža, to se više organizama inaktivira (Gameson A.L.H., Gould D.J., 1975).

### **3.2.1 Ukupni (totalni) koliformi**

Ukupni (totalni) koliformi predstavljaju skupinu aerobnih i fakultativno anaerobnih Gram-negativnih, nespороgenih štapića koji na temperaturi od 35°C fermentiraju laktozu i pri tome u razdoblju od 24 sata proizvode kiselinu i plin.

U skupinu ukupnih koliforma ubrajamo rodove *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* i

*Enterobacter*. Obzirom da je primarno stanište koliforma donji dio ljudskog probavnog sustava oni su pokazatelji fekalnog onečišćenja, najčešće ljudskog čija koncentracija dnevno iznosi oko 10 stanica. Neki se koliformi mogu razmnožavati u prirodnim vodama te tako ukazivati na lažno onečišćenje, što je izrazit nedostatak koliforma kao indikatora. (Krstulović, N., Šolić M., 2006)

Ukupni koliformi u moru preživljavaju izrazito kratko pa njihova prisutnost ukazuje isključivo na svježje onečišćenje bilo fekalnim materijalom ili zemljom nakon kiše.

### **3.2.2. Fekalni koliformi (FK)**

Fekalni koliformi su podskupina fekalnih koliforma u obliku aerobnih i fakultativno anaerobnih Gram-negativnih, nesporogenih štapića. Fekalni koliformi fermentiraju laktozu na temperaturi od 44.5 °C i pri tome u razdoblju od 24 sata proizvode kiselinu i plin. Smatraju se boljim indikatorima sanitarne kakvoće mora u odnosu na ukupne koliforme jer pokazuju visoku korelaciju sa stupnjem fekalnog onečišćenja koje potječe od ljudi i toplokrvnih životinja. Fekalni koliformi imaju kratak period preživljavanja u moru, pa su baš kao i ukupni koliformi indikatori svježeg onečišćenja (Krstulović, N., Šolić M., 2006).

#### **3.2.2.1 *Escherichia coli***

*Escherichia coli* bakterija je koja pripada porodici Enterobacteriaceae. Najzastupljenija je vrsta fekalnih koliforma te čini 75% do 95% njihovog broja. Ona je štapičasta gram-negativna bakterija koja pripada koliformnoj skupini bakterija. *E.coli* se autohtono nalazi u debelom crijevu čovjeka i toplokrvnih životinja zbog čega se i smatra indikatorom fekalnog onečišćenja. U donjem dijelu probavnog sustava *E.coli* pridonosi normalnoj funkciji crijeva i metabolizmu, te sprječava razvoj štetnih bakterija. No, ukoliko se *E.coli* nađe izvan probavnog trakta postaje patogena i uzrokuje oboljenja i infekcije opasne po čovjeka. (Krstulović, N., Šolić M., 2006)

### **3.2.3. Fekalni streptokoki (FS)**

Fekalni streptokoki su Gram-pozitivni, ovalni ili izduženi koki koji dolaze u parovima (diplokokci) ili kratkim lancima (streptokoki). Fekalni streptokoki porijeklom su najčešće iz crijeva toplokrvnih životinja, pa sukladno tome također ukazuju na onečišćenje fekalnim materijalom u morskom okolišu (Krstulović, N., Šolić M., 2006; Sović T., 2017).

U kombinaciji s fekalnim koliformima, fekalni streptokoki mogu pružiti precizniju informaciju o izvoru onečišćenja s obzirom da neke vrste unutar skupine imaju specifične domaćine. Na taj način je moguće, utvrditi kvantitativni sastav fekalnih streptokoka te tako odrediti potječe li fekalni otpad iz domaćinstva ili od životinja (npr. stočarske farme) (Krstulović, N., Šolić M., 2006; Sović T., 2017).

Fekalni streptokoki prikladniji su indikatori za starija onečišćenja od koliforma i fekalnih koliforma jer se jako rijetko razmnožavaju u vodi, otporniji su na promjene okolišnih uvjeta i generalno duže preživljavaju u okolišu. (Gerba C.P., Pepper I.L. 2019).

### **3.2.4. Omjer između fekalnih koliforma i fekalnih streptokoka (FK:FS)**

Omjer između fekalnih koliforma i fekalnih streptokoka (FK:FS) se može koristiti kao pokazatelj izvora fekalnog onečišćenja mora. Ukoliko je omjer manji od 0.7 pokazatelj je životinjskog porijekla, dok FK:FS omjer veći od 4.0 je pokazatelj fekalnog materijala ljudskog porijekla, s tim da ovi odnosi vrijede isključivo za svježi fekalni otpad, odnosno ne stariji od 24 sata (Krstulović i Šolić, 2006.; Paliaga P. 2015).

### 3.3 BAKTERIJSKE ZAJEDNICE U MORU

#### 3.3.1 Heterotrofne bakterije

Bakterije su organizmi koji spadaju u prokariote, a mogu biti klasificirane: pokretljivošću, metaboličkim i prehrambenim osobinama, oblikom stanica, potrebom za kisikom i bojanjem po Gramu (Krstulović, N., Šolić M., 2006).

Heterotrofne bakterije predstavljaju najbrojniju komponentu morskih mikrobnih zajednica (Sanders i sur. 1992). Njihova se brojnost kreće od  $10^3$  do  $10^8$  stanica po mililitru i ovisi o trofičkom statusu određenog područja (Krstulović, N., Šolić M., 2006 Sanders R.W. , Caron D.A., Berninger U.G., 1992).

Obzirom na veličinu heterotrofne bakterije spadaju u kategoriju pikoplanktona te im veličina iznosi od 0.2 do 2  $\mu$ m. Imaju jednostavnu morfologiju i visoku specifičnu stopu rasta (oko 0.4/sat) koja im u kratkom vremenu od oko dva dana omogućuje udvostručenje populacije (Krstulović, N., Šolić M., 2006; Sović T., 2017).

Kao hranu za rast ove bakterije koriste organsku tvar (Fukami K., Simidu U., Taga N., 1983).

Heterotrofne bakterije su u velikoj mjeri zadužene za razgradnju organske tvari. One su u okolišu prisutne u visokim koncentracijama. Razgradnja organskog materijala i remineralizacija hranjivih soli u vodenim ekosustavima, posebno u estuarijima, omogućuju većim dijelom heterotrofne bakterije. Brojnost heterotrofnih bakterija ovisi o temperaturi, kvaliteti i dostupnosti otopljene organske tvari, o proizvodnji i biomasi fitoplanktona te raspoloživosti hranjivih soli fosfora i dušika. Na njihovu brojnost utječu i interakcije s ostalim mikroorganizmima kao što su predacija heterotrofnih nanoflagelata i parazitizam virusa (Tophøj J., Dam Wollenberg R., Sondergaard T. E., Eriksen N. T., 2018).

Brojnost bakterija je ponajviše korelirana sa količinom otopljene organske tvari –DOM (eng. Dissolved organic matter), što je više otopljene organske tvari, to je generalno više bakterija. Isto tako količina partikulatne organske tvari – POM (eng. Particulated organic matter) pozitivno korelira sa brojnosti bakterija. Količine otopljene organske tvari i količine partikularne organske tvari u otvorenom moru su manje nego u priobalnom moru (zbog utjecaja biljaka, dotoka kopnenih voda) pa se uz obalu očekuje veći broj bakterija. (Fukami K., Simidu U., Taga N., 1983).

### 3.3.2. Heterotrofni nanoflagelati

Heterotrofni nanoflagelati su eukariotski jednostanični mikroorganizmi koji se po veličini svrstavaju u nanoplankton (2 – 20  $\mu\text{m}$ ). Ovi organizmi hrane se bakterijama i ostalim pikoplanktonskim komponentama mikrobne zajednice poput cijanobakterija. Zajedno s nanoplanktonskim autotrofima su plijen cilijata i drugih mikropilanskih predatora (Krstulović, N., Šolić M., 2006).

Imaju važnu ulogu kao bakterijski predatori, odnosno konzumiraju bakterije čime reguliraju njihovu brojnost unutar mikrobne hranidbene mreže (Tophøj i sur., 2018) i vrše TOP-DOWN kontrolu u mikrobnoj hranidbenoj mreži što znači da struktura (abundancija i raznolikost) nižih trofičkih razina u hranidbenom lancu direktno ovisi o utjecaju konzumenata sa viših trofičkih razina.

### 3.3.3. Cijanobakterije

Cijanobakterije ili modrozeleni alge su jedna od najstarijih grupa fotoautotrofnih organizama koji spadaju u veličinsku kategoriju pikoplanktona (0,2-2  $\mu\text{m}$ ). Taksonomski one obuhvaćaju veliki broj nitastih-filamentnih prokariota i pojedinačnih kokoidnih prokariota.

Cijanobakterije vrše fotosintezu pri kojoj stvaraju kisik uz korištenje vode u uvjetima svjetla. Fotosintetski organizmi su jedna od najvažnijih komponenti morskih ekosustava. Cijanobakterije sadrže pigment klorofil a koji im se nalazi u tilakoidama, odnosno parovima fotosintetskih lamela. Lebdenje im omogućavaju stanične plinske vakuole koje su sastavljene od niza komorica i mjehurića koji su ispunjeni plinom i obavijeni proteinskim omotačem.

U skupini cijanobakterija osim nepokretnih (lebdećih) možemo naći i pokretne oblike koji se kreću klizanjem po površini, a ne kao druge bakterije uz pomoć bičeva.

Cijanobakterije možemo pronaći u tri osnovna morfološka oblika: u obliku jednostaničnih štapića i koka, kao filamente, i kao filamente sa heterocistama. Heterociste su stanice specijalizirane za fiksaciju molekularnog dušika (Krstulović, N., Šolić M., 2006).

Najvažniji predstavnici cijanobakterija u moru su rodovi *Prochlorococcus* i *Synechococcus*. (Partensky F., Blanchot J., Vaulot D., 1999).

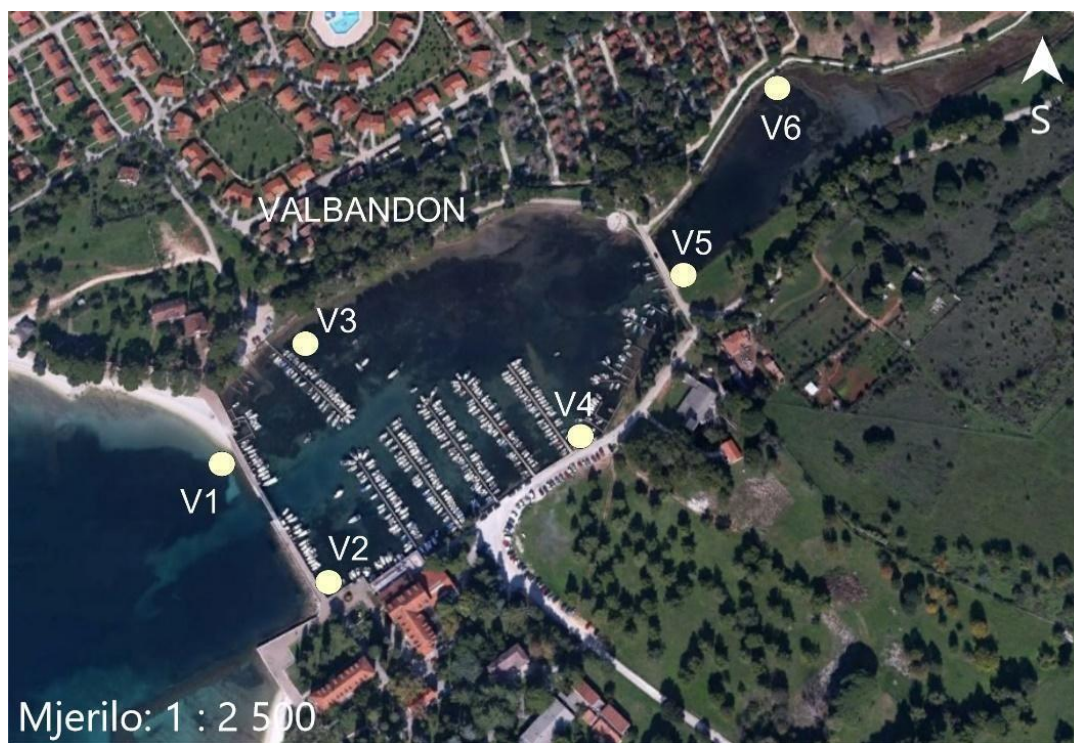
Bez obzira što se često pojavljuju zajedno spomenuti rodovi imaju različite vrste adaptacija na biogeokemijske uvjete. *Prochlorococcus* je bitniji od roda *Synechococcus*, jer je oko 100 puta rašireniji u toplim oligotrofnim morima, koja pripadaju većem dijelu svjetskog oceana (Partensky F., Blanchot J., Vaulot D., 1999).

U istraživanju na 21 postaji u južnom i srednjem Jadranu utvrđeno je da je rod *Prochlorococcus* široko rasprostranjen te je prikazana sezonska dinamika razvoja koja pokazuje najveće vrijednosti u toplijem dijelu godine. Ova cijanobakterija bila je prisutna u cijelom vodenom stupcu, a procijenjena gustoća roda *Prochlorococcus* u središnjem i južnom dijelu Jadranskog mora iznosi od 0 do 104 stanica/ mL morske vode u obalnom dijelu te od 103 do 104 stanica/mL morske vode u dubljim dijelovima (Šantić D., Krstulović N., Šolić M., Kušpilić G., 2011).

## 4.MATERIJALI I METODE

### 4.1 Područje istraživanja

Istraživanje za ovaj završni rad odvijalo se na šest lokacija luke Valbandon. Postaje uzorkovanja bile su međusobno udaljene između 50 i 300 metara, od kojih se jedna nalazila na samom ulazu u lučicu (V1),odnosno na granici između plaže i lučice, tri točke su bile unutar same lučice, a ostale dvije točke uzorkovanja nalazile su se u slanom močvarnom dijelu koji se nalazi iza lučice i odvojen je od nje mostom (V5 i V6).



**Slika 1.** Satelitska slika područja uzorkovanja s nazivima postaja (Preuzeto i prilagođeno s Google Maps 17.02.2019)

## 4.2 Uzorkovanje

Uzorkovanje vode odvijalo se dva puta u razmaku od šest mjeseci, jednom u zimskom, a drugi put u ljetnom dijelu godine. Zimsko uzorkovanje izvedeno je 17.02.2019. godine, dok je ljetno uzorkovanje obavljeno 07.08.2019.

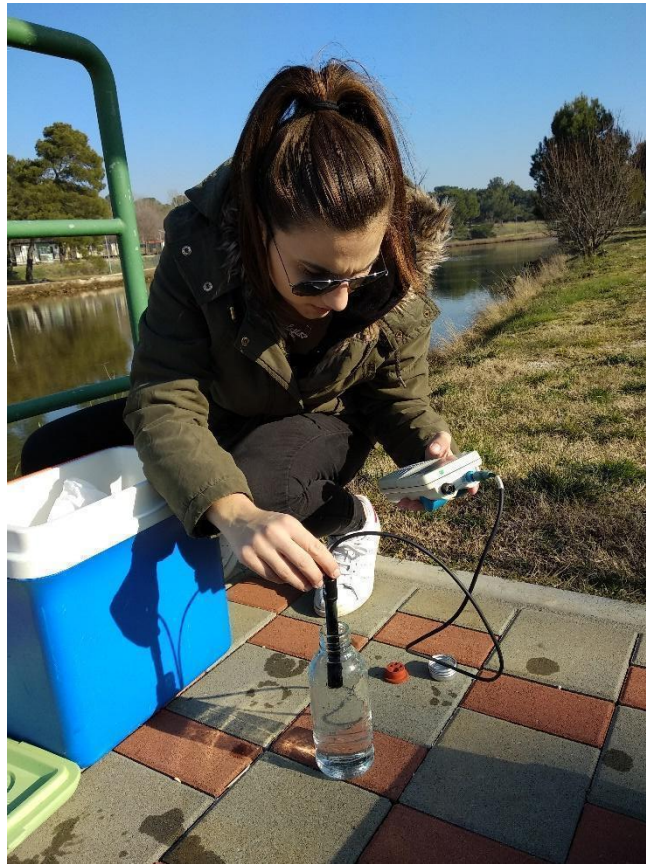
Za uzorkovanje vode korišteno je devet sterilnih staklenih boca od 500 ml označenih po broju postaja (V1-V9), a uzorci vode prikupljeni su na oko 20 cm dubine. Paralelno tome, u polietilenskim bočicama od 20 ml prikupljeni su uzorci za analizu brojnosti mikrobne zajednice. Uzorci u polietilenskim bočicama fiksirali su se dodavanjem 1 ml 36% formaldehida pomoću pipete do završne koncentracije od 2%.

Kako bi uzorci ostali očuvani, odnosno kako ne bi bili izloženi svjetlu i temperaturnim promjenama stavljeni su u prijenosni hladnjak i transportirani u najkraćem vremenu do laboratorija.

Obrada uzoraka odrađena je u laboratoriju za morsku mikrobnu ekologiju Centra za istraživanje mora Instituta Ruđer Bošković u Rovinju.

## 4.3 Hidrografski uvjeti

Hidrografski uvjeti koji su mjereni tijekom istraživanja bili su temperatura i salinitet. Ova dva parametra izmjerena su tijekom uzorkovanja *in situ* uz pomoć sonde pIONneer 65 probe (Radiometer analytical, Copenhagen) koja u sebi ima senzore za salinitet i temperaturu.



**Slika 2.** Mjerenje saliniteta i temperature sondom tijekom uzorkovanja u Valbandonskoj luci.

#### 4.4 Sanitarna kakvoća mora

Sanitarna kakvoća mora određena je pomoću *E. coli*, fekalnih koliforma i fekalnih streptokoka metodom membranske filtracije.

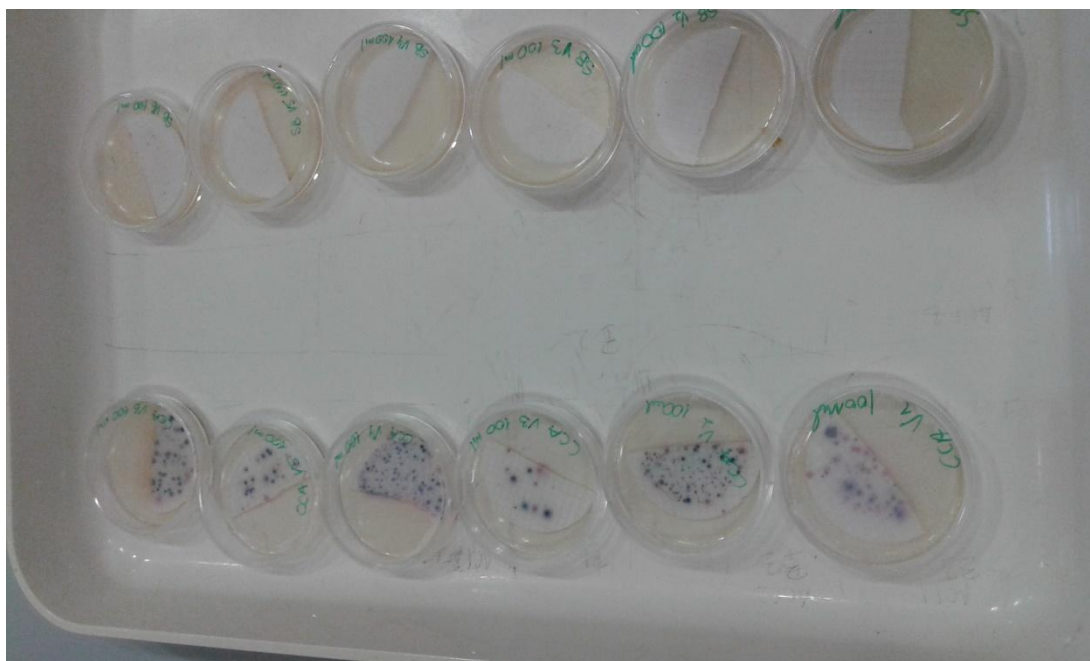
Za svaku postaju profiltrirano je 10 ml i 100 ml morske vode kroz membranski filter s promjerom pora od 0,45µm, za određivanje koncentracije *E. coli* i Crijevnih enterokoka.

Nakon filtracije, za određivanje *E. coli* membranski filtri su postavljeni u petrijeve zdjelice na površinu hranjive podloge Chromogenic coliform agar iso formulation, nakon čega su 24 sata inkubirani na temperaturi od 36°C. Kako bi se identificirale kao kolonije *E. coli*, kolonije koje su izrasle morale su pokazivati karakterističnu plavu boju, nakon čega su izbrojane. Izračunata je srednja vrijednost svih razrjeđenja i rezultat je izražen kao BIK *E. coli* u 100 ml uzorka. Broj fekalnih koliforma određen je paralelno s brojem *E. coli* korištenjem iste hranjive podloge i s istom temperaturom inkubacije. Izbrojane su izrasle kolonije koje su promijenile boju u rozu.

Izračunata je srednja vrijednost svih razrjeđenja te je dobiveni broj dodan broju identificiranih *E. coli*. Rezultat, odnosno broj fekalnih koliforma (FK), koji uključuje *E. coli* i ostale koliforme izražen je kao broj CFU u 100 ml uzorka.

Postavljanjem membranskih filtera na površinu hranjive podloge Slanetz-Bartley agar u petrijevim zdjelicama te inkubiranjem 48 sati na temperaturi od 36°C određeni su fekalni streptokoki. Filteri na kojima su bile vidljive crvene kolonije premješteni su u petrijeve s hranjivom podlogom Bile aesculin agar za potvrđno testiranje. Podloge s filtrima inkubirane su dva sata na temperaturi od 44,5°C. Izbrojane su kolonije koje su poprimile tamnu boju ili koje su oko sebe stvorile tamni krug.

Nakon računanja srednje vrijednosti svih razrjeđenja rezultati su izraženi kao CFU fekalnih streptokoka u 100 ml uzorka.



**Slika 3.** Kolonije fekalnih koliforma i fekalnih streptokoka na hranjivim podlogama

#### **4.5 Brojnost heterotrofnih bakterija, heterotrofnih nanoflagelata i cijanobakterija**

Za određivanje brojnosti heterotrofnih bakterija, od uzoraka prikupljenih u veljači i kolovozu 2019. godine, napravljeni su poduzorci od 2 ml. Poduzorcima je dodano 100  $\mu$ l DAPI (4',6-diamidino-2-phenylindole) boje. DAPI je fluorescentna boja koja ulazi u stanice i veže se za DNK. Nakon 15 minuta, obojani uzorci su profiltrirani kroz crne polikarbonatne filtre promjera 25 mm s porama od 0,2  $\mu$ m. Filtri su postavljeni na mikroskopsko stakalce, dodano je imerzijsko ulje i pokrovno stakalce.

Za određivanje brojnosti flagelata, od prethodno prikupljenih uzoraka, napravljeni su poduzorci od 10 ml. Poduzorcima je dodano 500  $\mu$ l DAPI boje. Nakon 15 minuta, obojani uzorci su profiltrirani kroz crne polikarbonatne filtre promjera 25 mm s porama od 0.4  $\mu$ m.

Postupak za određivanje brojnosti cijanobakterija sličan je postupku za određivanje flagelata samo što uzorcima za određivanje brojnosti cijanobakterija nije potrebno dodavati DAPI budući da njihovi fotosintetski pigmenti prirodno fluoresciraju kad su izloženi zelenom svjetlu.

Nakon pripreme uzoraka, abundancija heterotrofnih bakterija, flagelata i cijanobakterija

određena je epifluorescentnim mikroskopom. Uzorci su osvijetljeni UV-svjetlom prouzročivši fluorescenciju DAPI boje koja je emitirala plavu boju te omogućila brojanje mikroorganizama.

Za brojanje cijanobakterija korištena je ekscitacija zelenim svjetlom koja je prouzročila fluorescenciju pigmenata cijanobakterija narančasto-crvene boje.

Za heterotrofne bakterije izbrojano je preko 500 stanica po uzorku dok su za cijanobakterije i heterotrofne nanoflagelate izbrojano oko 200 stanica po uzorku.

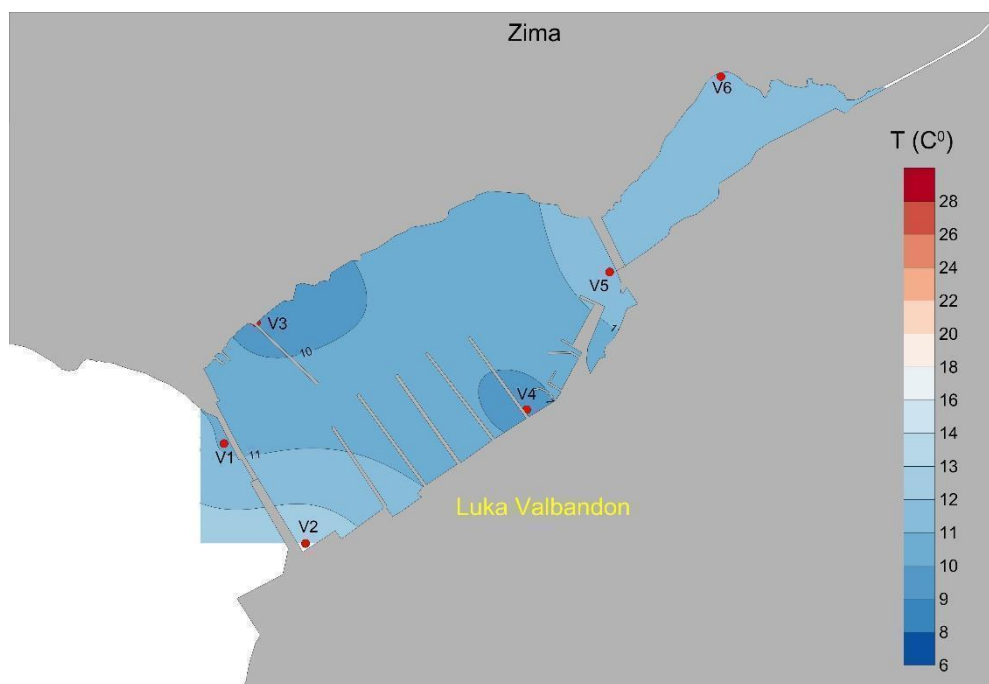
Za svaki uzorak određena je srednja vrijednost brojnosti po vidnom polju mikroskopa i pomnožena specifičnim faktorom konverzije mikroskopa kako bi se dobio broj mikroorganizama po mililitru morske vode.

## 5.REZULTATI

### 5.1 Temperatura

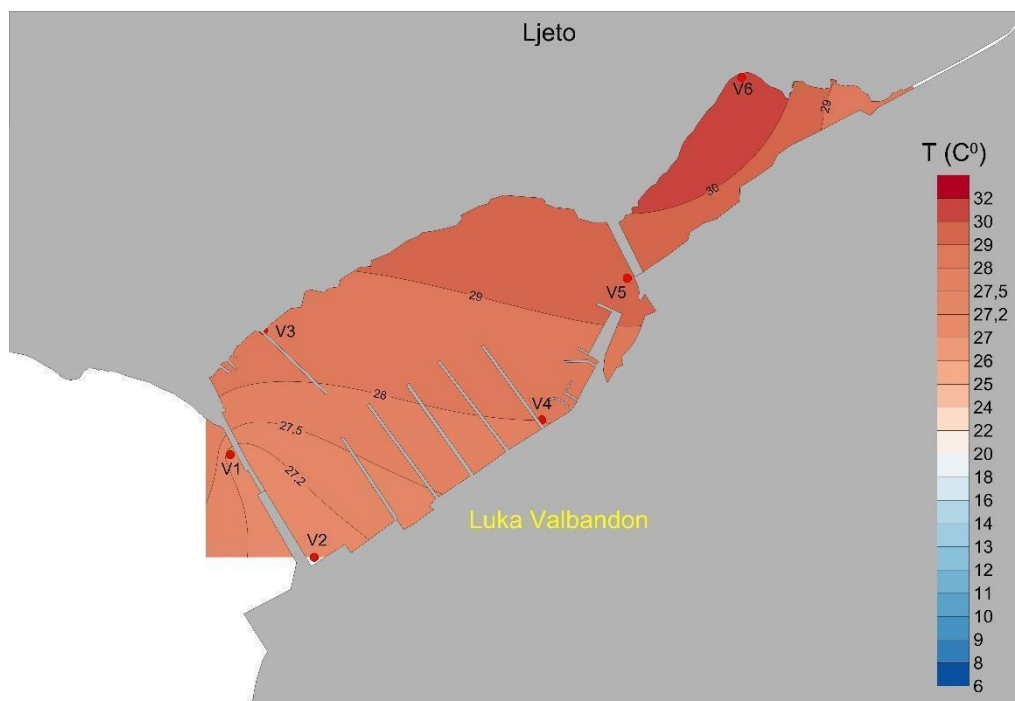
U veljači 2019.godine na mjestima uzorkovanja luke Valbandon temperatura je varirala između 9,7°C do 12,8°C. Srednja vrijednost temperature za zimsko razdoblje iznosila je 11,02°C.

Najniža temperatura izmjerena je na postajama V3 i V4 koje se nalaze unutar same luke Valbandon. Najviša temperatura tijekom zimskog uzorkovanja bila je na postaji V2 koja se nalazila na samom ulazu u luku. Kroz vrijednosti temperature primjećujemo da je unutar luke zbog polu-zatvorenog sustava cirkuliranja vode temperatura relativno konstantna, ali kad idemo prema izlazu luke ona se povećava. Na plićem močvarnom dijelu uzorkovanja koji se nalazi iza luke temperatura je nešto viša vjerojatno zbog dotoka toplije slatke vode kroz kanal prema slanoj močvari.



**Slika 4.** Raspodjela temperature ( $T/^{\circ}\text{C}$ ) u površinskom sloju u veljači 2019.

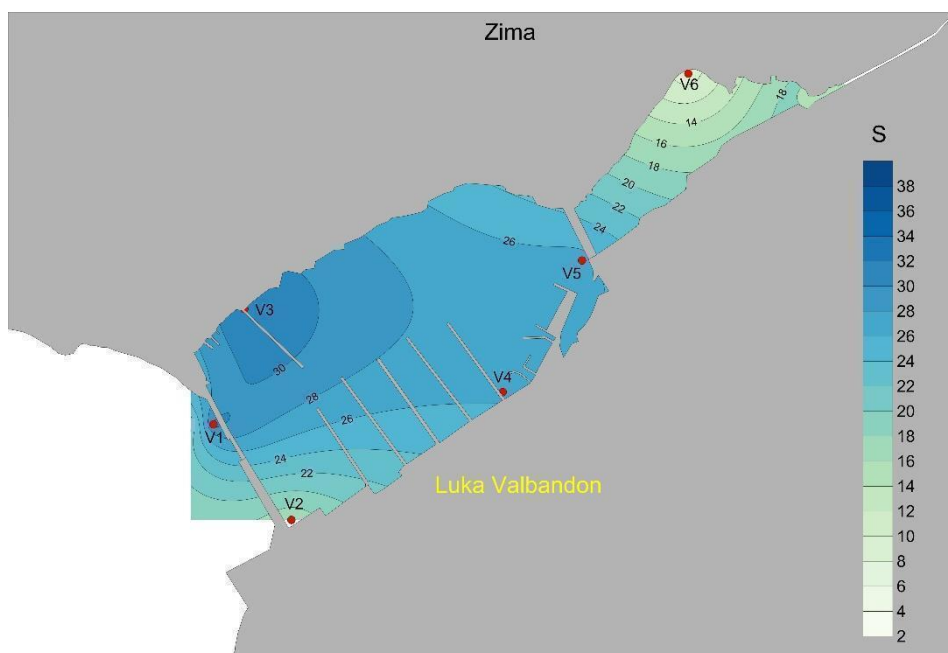
Tijekom ljetnog uzorkovanja temperatura je varirala od 27°C do 31,5°C postepenim povećanjem od ulaza u luku (kod postaje V1) do močvarnog dijela iza luke, zbog manje cirkulacije vode i pojačanog zagrijavanja manjeg volumena vode, pogotovo izraženog u najplićim dijelovima (postaja V6). Prosječna temperatura mora u kolovozu je iznosila 28,6°C



**Slika 5.** Raspodjela temperature ( $T/^{\circ}\text{C}$ ) u površinskom sloju u kolovozu 2019.

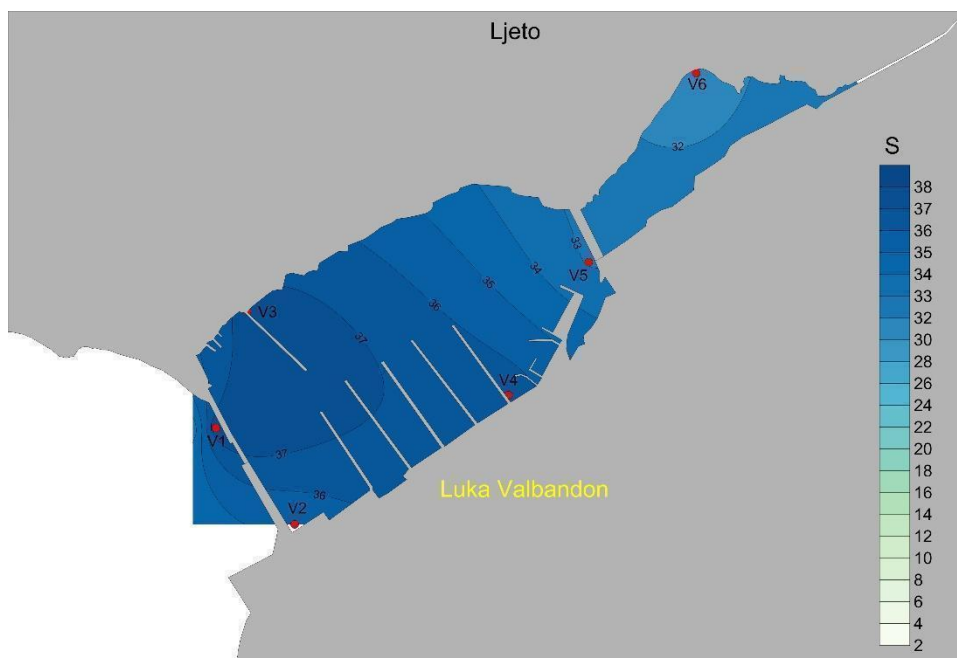
## 5.2 Salinitet

Salinitet je tijekom veljače iznosio između 8,73 do 31,6 psu. Srednja vrijednost saliniteta u zimskom uzorkovanju iznosila je 23,4 psu. Najveći salinitet izmjeren je na točki V3 koja se nalazi u sredini lučice Valbandon, dok je najmanji salinitet izmjeren u slanoj močvari iza lučice Valbandon. Salinitet je na postaji V6 bio niži jer se u njegovoj blizini nalazi izvor slatke vode koji dotječe u luku i zbog kojega je voda na tom dijelu bočata. Oko postaje V2 salinitet je također bio smanjen, najvjerojatnije zbog prisutnosti ispusta oborinskih voda.



**Slika 6.** Raspodjela saliniteta u površinskom sloju u veljači 2019.

U kolovozu salinitet je pokazao uži raspon vrijednosti u odnosu na zimu te se kretao između 31,2 psu i 38,1 psu. Najveći salinitet izmjeren je izvan luke Valbandon (V1) na postaji koja se nalazi uz javno kupalište, dok je najmanji salinitet izmjeren u slanoj močvari na postaji V6 koja je najbliža izvoru slatke vode koji dotječe u luku Valbandon.

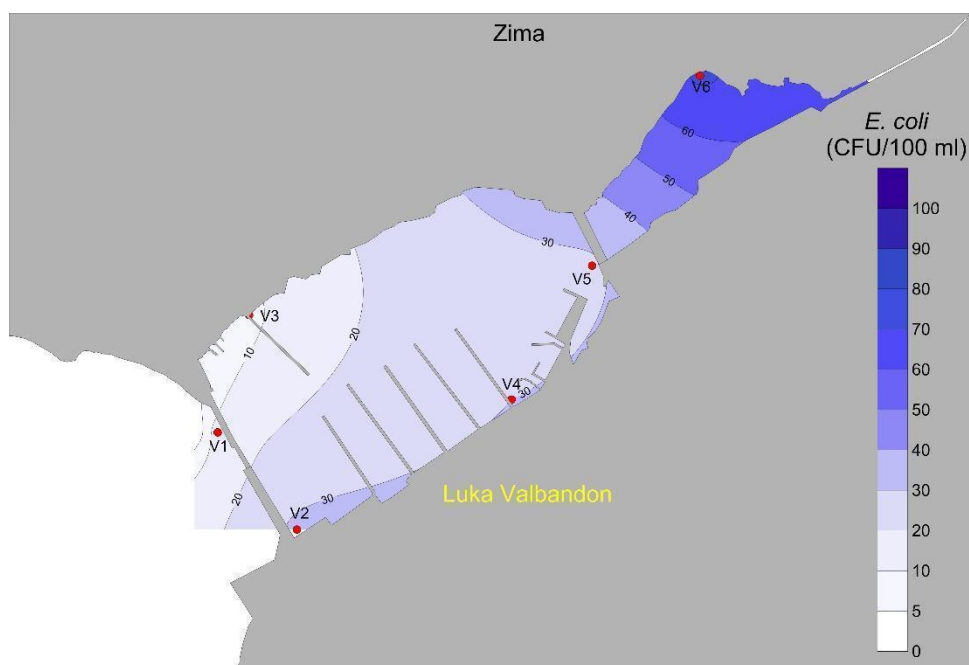


**Slika 7.** Raspodjela saliniteta u površinskom sloju u kolovozu 2019.

### 5.3 Koncentracija vrste *E.coli*

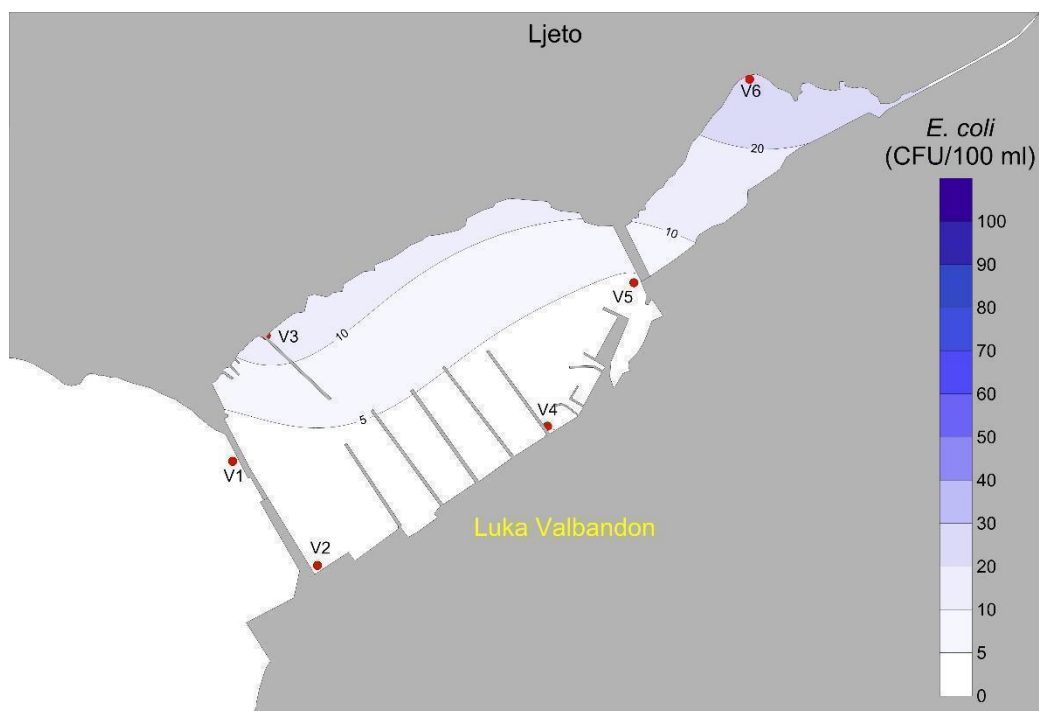
Tijekom zimskog uzorkovanja koncentracija vrste *Escherichia coli* se kretala između 8 CFU/100 ml i 72 CFU/100 ml. Srednja vrijednost koncentracije *E. coli* za zimu je iznosila 31 CFU/100ml.

Najveća koncentracija *E.coli* nalazila se najbliže izvoru slatke vode koji dotječe sa kopna. U ostatku luke broj *E.coli* bio je značajno smanjen, pogotovo prema vanjskom dijelu luke. Međutim, oko postaje V2, kod ispusta oborinskih voda zabilježeno je blago povećanje koncentracije indikatora.



**Slika 8.** Raspodjela koncentracije *E.coli* (CFU/100 ml) u veljači 2019.

U kolovozu, za ljetnog uzorkovanja koncentracija *E.coli* iznosila je između 1 CFU/100 ml i 27 CFU/100 ml. Primjetno najveća koncentracija opet je bila povezana sa izvorom slatke vode sa kopna koji teče kroz kanal i slijeva se u nastalu slanu močvaru iza lučice, dok je u samoj lučici koncentracija ove bakterije bila izrazito mala ili je nije ni bilo (V4).



**Slika 9.** Raspodjela koncentracije *E.coli* (CFU/100 ml) u kolovozu 2019.

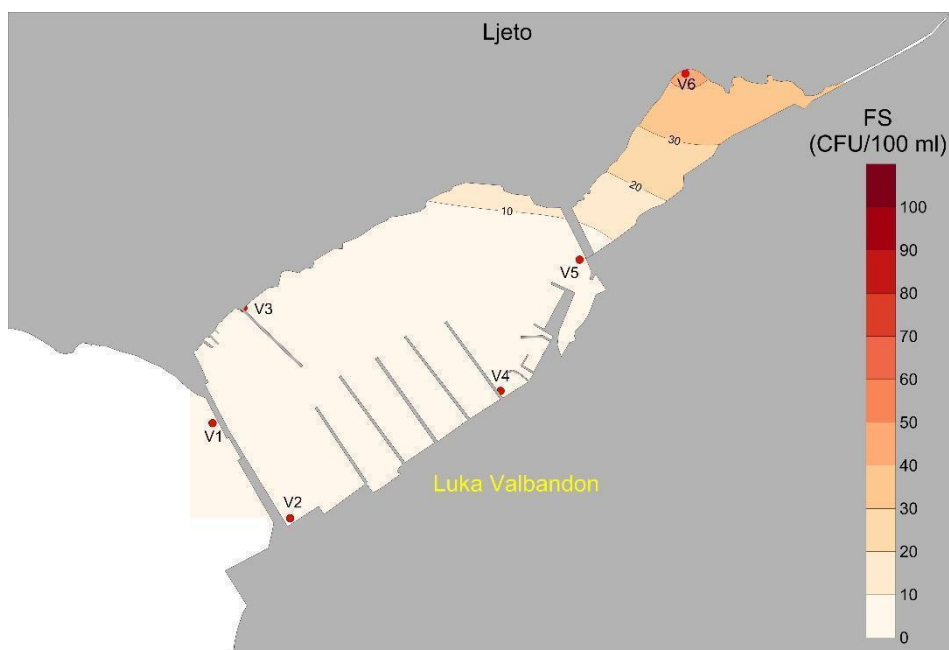
#### 5.4 Koncentracija fekalnih streptokoka

Tijekom veljače 2019. koncentracija fekalnih streptokoka iznosila je između 4 CFU/100 ml i 34 CFU/100 ml. Prosječna koncentracija fekalnih streptokoka iznosila je oko 11 CFU/100 ml. Najmanja koncentracija dobivena je na dva mjesta uzorkovanja (V3 i V4) koji se nalaze unutar luke, dok je najveća koncentracija dobivena na točki V6 uz dovod slatke vode. Koncentracija fekalnih streptokoka pokazala je naglo opadanje od postaje V6 prema luci.



**Slika 10.** Raspodjela koncentracije fekalnih streptokoka (CFU/100 ml) u veljači 2019.

Tijekom ljetnog uzorkovanja u kolovozu koncentracija fekalnih streptokoka iznosila je između 0 CFU/100 ml i 43 CFU/100ml, dok je srednja vrijednost iznosila oko 10 CFU/100 ml. Fekalni streptokoki nisu zabilježeni na lokaciji V1, dok je njihova najviša koncentracija, kao i u zimskom periodu, izmjerena na lokaciji V6.



**Slika 11.** Raspodjela koncentracije fekalnih streptokoka (CFU/100ml) u kolovozu 2019.

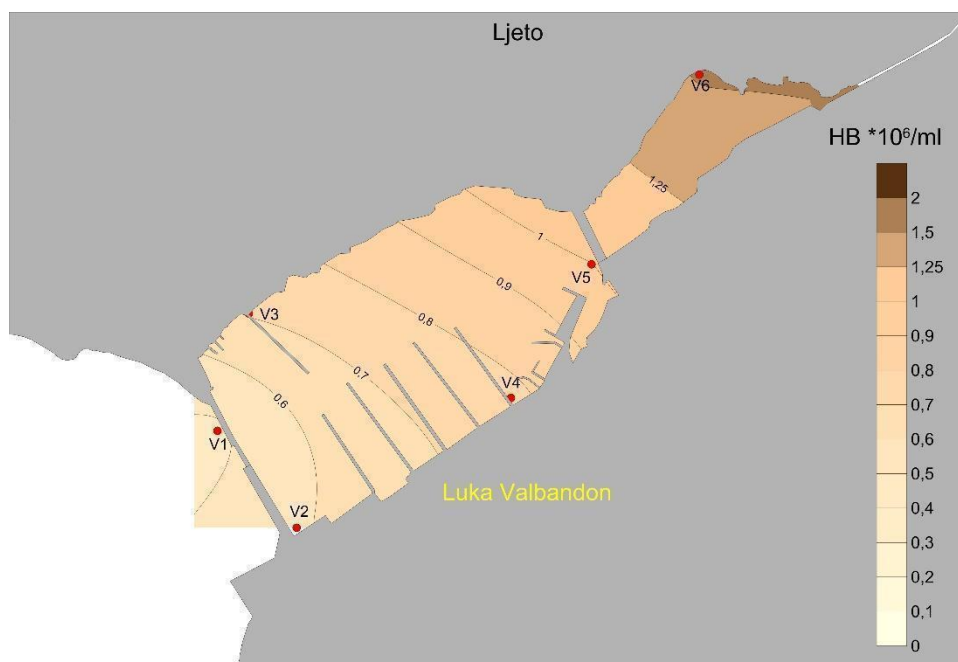
## 5.5 Koncentracija heterotrofnih bakterija

U veljači 2019. je koncentracija heterotrofnih bakterija (HB) iznosila između  $0,34 \times 10^6$  stanica/ml i  $0,96 \times 10^6$  stanica/ml. Najmanja koncentracija izmjerena je na lokaciji V3, dok je najveća koncentracija heterotrofnih bakterija izmjerena na lokaciji V6. Srednja vrijednost iznosila je  $0,64 \times 10^6$  stanica/ml. Raspodjela koncentracija HB ukazala je da su one bile znatno brojnije u slanoj močvari i malo blaže povećane kraj ispusta oborinskih voda



**Slika 12.** Raspodjela koncentracija heterotrofnih bakterija (stanica/ml) u veljači 2019.

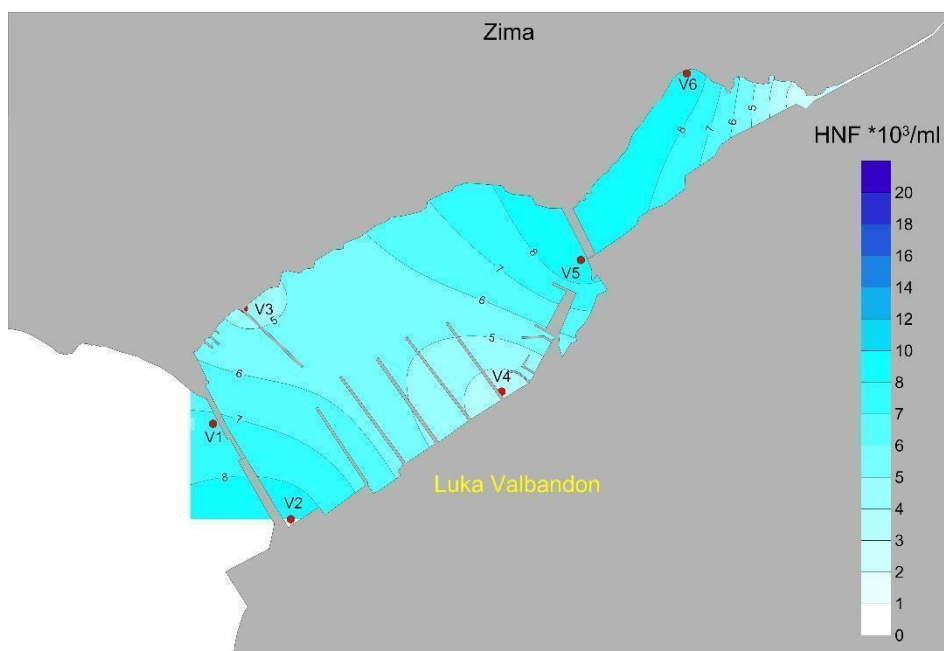
U kolovozu koncentracija HB bila je veća u odnosu na zimu i kretala se između  $0,48 \times 10^6$  stanica/ml i  $1,52 \times 10^6$  stanica/ml s prosječnim brojem od  $0,85 \times 10^6$  stanica/ml. Najveća koncentracija je izmjerena na lokaciji V6, u slanoj močvari, dok je najmanja koncentracija izmjerena na lokaciji V1 na vanjskoj strani lukobrana.



**Slika 13.** Raspodjela koncentracija heterotrofnih bakterija (stanica/ml) u veljači 2019.

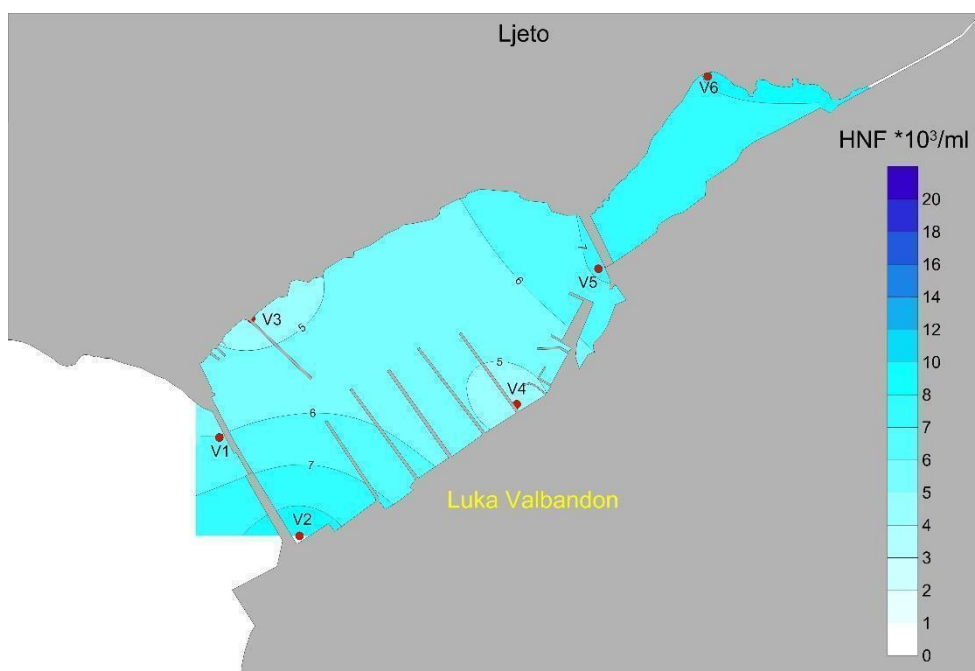
## 5.6 Koncentracija heterotrofnih nanoflagelata

Koncentracija heterotrofnih nanoflagelata je tijekom veljače iznosila između  $3,19 \times 10^3$  stanica/ml i  $9,13 \times 10^3$  stanica/ml, dok srednja vrijednost iznosi  $6,99 \times 10^3$  stanica/ml. Najviša koncentracija heterotrofnih nanoflagelata izmjerena je na lokaciji V6, a najmanja koncentracija je izmjerena na lokaciji V4.



**Slika 14.** Raspodjela koncentracija heterotrofnih nanoflagelata (stanica/ml) u veljači 2019.

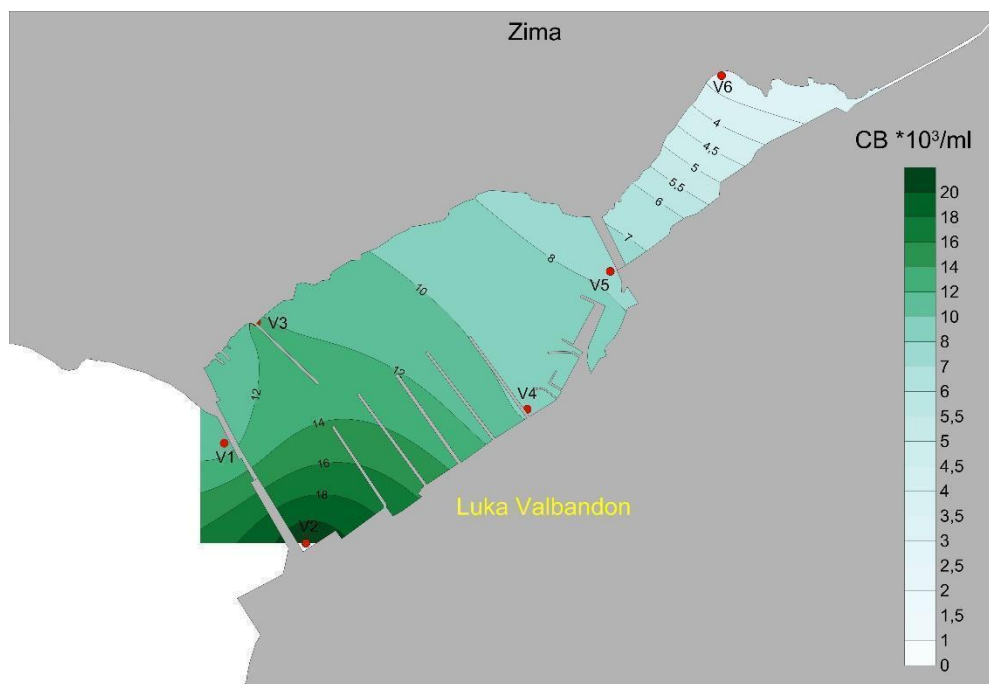
U kolovozu je koncentracija heterotrofnih nanoflagelata iznosila između  $4,46 \times 10^3$  stanica/ml i  $8,8 \times 10^3$  stanica/ml dok je prosječna koncentracija heterotrofnih nanoflagelata  $6,51 \times 10^3$  stanica/ml.



**Slika 15.** Raspodjela koncentracija heterotrofnih nanoflagelata (stanica/ml) u kolovozu 2019.

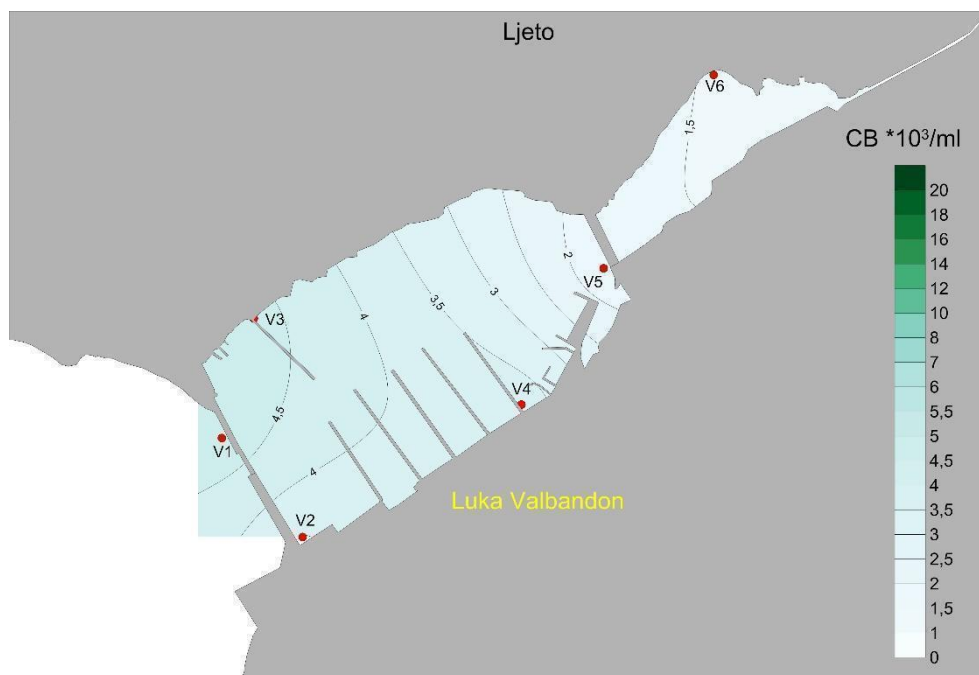
## 5.7 Koncentracija cijanobakterija

Tijekom zimskog uzorkovanja u veljači koncentracija cijanobakterija kretala se između  $3,19 \times 10^3$  stanica/ml i  $21,9 \times 10^3$  stanica/ml. Prosječna koncentracija cijanobakterija u veljači iznosila je  $10,94 \times 10^3$  stanica/ml. Najveća koncentracija cijanobakterija izmjerena je na lokaciji V2, dok je najmanja izmjerena na lokaciji V6.



**Slika 16.** Raspodjela koncentracija cijanobakterija (stanica/ml) u veljači 2019.

U kolovozu za ljetnog uzorkovanja, koncentracija cijanobakterija bila je znatno manja u odnosu na zime te je varirala u rasponu od  $1,46 \times 10^3$  stanica/ml i  $4,85 \times 10^3$  stanica/ml dok je prosjek iznosio  $3,32 \times 10^3$  stanica/ml.



**Slika 17.** Raspodjela koncentracija cijanobakterija (stanica/ml) u kolovozu 2019.

## 6.DISKUSIJA

U luci Valbandon u kojoj su uzeti uzorci za ovo istraživanje postoji nekoliko čimbenika koji utječu na kvalitetu vode. Prvenstveno najveći utjecaj ima donos slatke vode u slanu močvaru iza luke Valbandon. Uz to, s obzirom da se u blizini same luke nalazi turistički ljetni kamp i često korištena javna plaža, postoji potencijalni rizik od antropogenog onečišćenja fekalnim materijalom iz ispusta slatke vode koji se miješa sa morem.

Tijekom zimskog uzorkovanja, prosječna temperatura za veljaču 2019. godine u općini Fažana iznosi 10,4°C (Seatemperature 2020). Usporedimo li temperaturu uzoraka sa prosječnom temperaturom možemo uočiti da je temperatura na postaji V2 2,4 stupnja viša od prosječne, dok je u ostalom dijelu luke nešto niža od prosječne (0,7°C). Na postajama V5 i V6 u slanoj močvari temperatura je viša za oko 1°C od prosječne.

U kolovozu 2019. godine je prosječna temperatura mora za općinu Fažana iznosila 25,2°C. Unutar luke Valbandon na postajama V2,V3,V4, te na ulazu u luku Valbandon u blizini javnog kupališta temperatura je iznosila u prosjeku dva do tri stupnja više nego prosječna temperatura mora. Zamjetna razlika u porastu temperature primjećuje se u slanoj močvari gdje za postaju V5 ona iznosi 29,5°C, a za V6 čak 31,5°C. Ova lokacija iza luke je plića, u njoj je bočata voda jer ima konstantan donos slatke vode iz kanala koja je toplija od one morske pa se površinska temperatura na ovom području povećava.

Salinitet Jadranskog mora varira između 34-38 ‰, dok se on ljeti kreće oko 35‰ zbog utjecaja rijeke Po. (Lipizer i sur., 2014).

Za vrijeme zimskog uzorkovanja salinitet u prosjeku iznosi 23,39 psu. Najniži salinitet izmjeren je na postaji uzorkovanja V6 u blizini ispusta slatke vode i tamo iznosi 8,73 psu. Prema vrijednostima saliniteta on se naglo povećava već na postaji V5, a niske vrijednosti saliniteta unutar luke mogu biti posljedica ispusta slatke vode. Salinitet je bio najveći upravo na točki V1 koja je najdalje od ispusta slatke vode a iznosio je 21,87 psu više od saliniteta na postaji V6.

Tijekom ljetnog uzorkovanja srednja vrijednost saliniteta iznosila je 35,2 psu. Vrijednosti saliniteta na svim postajama su bile bliske prosjeku, osim u močvarnom dijelu gdje je salinitet bio nešto niži zbog miješanja slatke vode i morske vode iz luke.

Sanitarna kakvoća mora ocijenjena je prema Uredbi o kakvoći mora za kupanje (NN 73/08). Granične vrijednosti *E.coli* i crijevnih enterokoka prikazane su u Tablici 1.

Tijekom ljetnog razdoblja, kao i tijekom zimskog razdoblja uzimajući u obzir brojnost razdoblja obzirom na brojnost *E.coli* i fekalnih streptokoka sve postaje imale su izvrsnu ocjenu. Najveća koncentracija *E. coli* u zimskom periodu iznosila je 72 CFU/100 ml i to na postaji V6, dok je najveća koncentracija fekalnih streptokoka iznosila 34 CFU/100 ml također na istoj lokaciji. Ljeti je najveća koncentracija *E.coli* iznosila 27 CFU/100 ml, dok je najveća koncentracija fekalnih streptokoka bila 43 CFU/ 100 ml. Ovakve vrijednosti ukazuju na blago onečišćenje u području močvarnog dijela kod ispusta slatke vode i u zimskom i u ljetnom periodu uzorkovanja.

Uzmemo li u obzir omjere fekalnih koliforma i fekalnih streptokoka (FK:FS) u ljetnom periodu izvori fekalnih bakterija su karakterizirana kao životinjska, dok u zimskom periodu uzorkovanja na tri lokacije (V1,V2 i V5) ukazuju na potencijalno jako blago onečišćenje ljudskog porijekla.

U sjevernom Jadranu brojnosti bakterija u površinskom sloju mora kreću se između  $0,23 \times 10^6$  i  $0,56 \times 10^6$  stanica/ml, dok ljeti i u listopadu dostižu maksimalne vrijednosti preko  $10^6$  stanica/ml (Zaccone i sur., 2002.).

Za zimskog perioda koncentracije heterotrofnih bakterija na tri postaje uzorkovanja bile su unutar gore spomenutih granica dok su na ostale tri bile blago povišene. Odstupanja od uobičajenih vrijednosti, najvjerojatnije su posljedica unosa organskog materijala i hranjivih soli kopnenog porijekla putem izvora slatke vode, u čijoj blizinu su zabilježene i najveće koncentracije HB ( $0,96 \times 10^6$  stanica /ml).

Koncentracije heterotrofnih bakterija za vrijeme ljetnog uzorkovanja bile su u prosjeku oko 21% veće nego u veljači, dok jedino postaja V6 prelazila vrijednost od  $10^6$  stanica / ml. Takva razlika je najvjerojatnije posljedica utjecaja povećane temperature koja pospješuje i ubrzava bakterijski rast.

Heterotrofni nanoflagelati u veljači i u kolovozu iznosili su više od  $10^3$  stanica/ml , ali su za razliku od heterotrofnih bakterija bili viši u zimskom uzorkovanju nego u ljetnom.

Najveća brojnost heterotrofnih nanoflagelata u veljači je izmjerena na postaji V2 gdje je iznosila  $8,8 \times 10^3$  stanica/ml, dok je u ljetnom periodu najveća brojnost izmjerena na postaji V6 i iznosila je  $9,13 \times 10^3$  stanica/ml. Njihova raspodjela i brojnost je očekivano uglavnom pratila raspodjelu bakterija koji predstavljaju njihov glavni plijen.

Brojnost cijanobakterija smanjena je na lokacijama uzorkovanja gdje je salinitet bio niži. Prema brojnosti cijanobakterija vidljivo je da je ona najmanja na mjestima gdje slana močvara dolazi u kontaktu sa ispustom slatke vode, dok je brojnost cijanobakterija najveća na područjima na kojima je salinitet najviši. Također obzirom da ispust slatke vode u more smanjuje prozirnost vode što otežava fotosintezu, dakle produkciju hrane, cijanobakterije idu na područja u kojima im je sunčeva svjetlost dostupnija, u ovom slučaju prema izlazu iz luke (V1), gdje je njihova koncentracija i u ljetnom i u zimskom periodu najveća. Najveća zabilježena brojnost cijanobakterija na postaji V1 u veljači je iznosila  $11,01 \times 10^3$  stanica/ml, dok je u kolovozu ona iznosila  $4,85 \times 10^3$  stanica/ml.

Usporedimo li vrijednosti dobivene u luci Valbandon sa onima koje je u ispitivanju sanitarne kakvoće mora luka u Zapadnoj Istri (Rovinj, Pula, Medulin, Poreč) obradila u završnom radu kolegica Tamara Sović (2016.) vidljivo je da gledajući indikatore sanitarne kakvoće točnije *E. coli* vrijednosti u lukama Rovinj, Pula i Medulin značajno povećane. U usporedbi sa lukom Valbandon, gledajući parametre kakvoće mora, jedino je luka Poreč izvrsne kakvoće. Generalno uspoređujući ove parametre luka Valbandon je u dobrom sanitarnom stanju.

## 7. ZAKLJUČAK

U ovom je radu analizirano sanitarno i mikrobiološko stanje mora u luci Valbandon te salinitet i temperatura na šest lokacija unutar luke.

Rezultati sanitarne kakvoće mora u zimskom periodu ukazali su na blago onečišćenje vjerojatno povezano sa unosom slatke vode koji dotječe u slanu močvaru umjetno nastalu u produžetku luke. Koncentracija indikatora (FK, FS, *E.coli*) sanitarne kakvoće mora upravo na području oborinskog kanala je blago povišena, no usprkos tome kvaliteta mora prema standardima za ocjenu kakvoće mora je ocijenjena kao izvrsna.

S druge strane u ljetnom je periodu koncentracija indikatora bila generalno vrlo niska, s blagim povećanjem opet upravo uz oborinski kanal koji dovodi slatku vodu i čiji je donos s obzirom na puno veći salinitet u ljetnim mjesecima smanjen, pa se da zaključiti da je izvor blagog onečišćenja bio upravo dotok slatke vode.

Omjer fekalnih koliforma i fekalnih streptokoka ukazuje na to da je na većini postaja fekalno onečišćenje ljudskog porijekla, što može biti povezano sa obližnjim kanalizacijskim ispustima, s ispiranjem tla okolnog naselja i kampa dok u ljetnom periodu su većinski životinjska fekalna onečišćenja.

Brojnost mikrobne zajednice bila je na nekim lokacijama umjereno iznad normalnih granica ukazujući na viši stupanj eutrofnosti unutar luke i močvare. Heterotrofne bakterije imale su najvišu koncentraciju uz dotok slatke vode u oba perioda uzorkovanja zbog vjerojatnog dotoka organske tvari u slatkoj vodi koja im služi kao hrana, što onda dovodi i heterotrofne nanoflagelate do porasta brojnosti obzirom da se oni hrane heterotrofnim bakterijama.

Generalno stanje istraženog područja može se karakterizirati kao dobro, no zbog blizine potencijalnih izvora onečišćenja, ograničene cirkulacije vode unutar luke i njene pličine postoji rizik o pogoršanju sanitarnog i mikrobiološkog stanja i zbog toga se predlaže redovito praćenje mikrobioloških parametara kako bi se očuvalo zdravlje korisnika luke, kupaca i okoliša.

## 8. LITERATURA

**Ashbolt, N. J., Grabow, W. O. K., & Snozzi, M., 2001.** Indicators of microbial water quality. In L. Fewtrell & J. Bartram (Eds.), Water quality - guidelines, standards and health. Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease, 289-316 pp.

**Azam F., 1998.**, Microbial Control of Oceanic Carbon Flux: The Plot Thickens, Science 280(5364), 694-696 pp.

**Carignan V., Villard M.A., 2001.** Selecting indicator species to monitor ecological integrity: a review, 17 pp.

**Europski parlament i vijeće, 2006.** Direktiva 2006/7/EZ o upravljanju kvalitetom vode za kupanje i stavljanju izvan snage Direktive 76/160/EEZ

**Fukami K., Murata N., Morio Y., Nishijima T., 1996.** Distribution of heterotrophic nanoflagellates and their importance as the bacterial consumer in a eutrophic coastal water, Journal of Oceanography 52(4), 399-407 pp.

**Fukami K., Simidu U., Taga N., 1983.** Distribution of heterotrophic bacteria in relation to the concentration of particulate organic matter in seawater, Canadian Journal of Microbiology 29(5), 570-575 pp.

**Gameson A.L.H., Gould D.J., 1975.** Effects of solar radiation on the mortality of some terrestrial bacteria in seawater. Gameson A.H.L. (Ed.), Discharge of Sewage From Sea Outfalls, Pergamon Press, Oxford pp. 209-219. 209-219 pp.

**Gerba C.P., Pepper I.L. 2019.**, Environmental and pollution sciences, Elsevier, Chapter 13, 553 pp.

**Google Maps, 2019,** Satelitska slika luke Valbandon

**Hrvatska enciklopedija, 2020.** Luka. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb. Internet podatci dostupni na : <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=37474> (Pristupljeno: 20.06.2020)

**Kakvoća mora u Republici Hrvatskoj, 2020.** Internet, podatci dostupni na : [http://baltazar.izor.hr/plazepub/kakvoca\\_detalji10](http://baltazar.izor.hr/plazepub/kakvoca_detalji10) (Pristupljeno: 12.07.2020)

**Krstulović, N., Šolić M., 2006.,** Mikrobiologija mora. Sveučilišni udžbenik. Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split, 350 pp.

**Narodne Novine, 2008.** Pravilniku o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda, Narodne novine d.d., 87/2010

**Narodne Novine, 2008.** Uredba o kakvoći mora za kupanje, Narodne novine d.d., 73/2008.,

**Paliaga P. 2015.,** Akumulacija i postojanost fekalnog onečišćenja u Rovinjskom priobalju, doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 94 pp.

**Partensky F., Blanchot J., Vaulot D., 1999.** Differential distribution and ecology of *Prochlorococcus* and *Synechococcus* in oceanic waters: a review

**Narodne Novine, 2008.** Pravilniku o graničnim vrijednostima emisija otpadnih voda, Narodne novine d.d., 87/2010

**Sanders R.W. , Caron D.A., Berninger U.G., 1992.** Relationships between bacteria and heterotrophic nanoplankton in marine and fresh waters: an inter-ecosystem comparison, Marine Ecology Progress Series 86(1):1-14 pp.

**Seatemperature, 2020.** Fažana Sea Temperature. Prosječna temperatura u veljači i kolovozu. Internet, podatci dostupni na: <https://www.seatemperature.org> (Pristupljeno 25.08.2020)

**Sović T. 2017.,** Procjena mikrobiološkog stanja mora priobalja zapadne Istre, Pula, Završni rad, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, 53 pp.

**Šantić D., Krstulović N., Šolić M., Kušpilić G., 2011.** Distribution of *Synechococcus* and *Prochlorococcus* in the central Adriatic Sea, Acta Adriatica : International journal of Marine Sciences, Vol. 52 No. 1, 101-112 pp.

**Tophøj J., Dam Wollenberg R., Sondergaard T. E., Eriksen N. T., 2018.** Feeding and growth of marine heterotrophic nanoflagellates, Procryptobia sorokini and Paraphysomonas imperforata on a bacterium, Pseudoalteromonas sp. with an inducible defence against grazing, PLoS ONE 13(4) p.e0195935.

**Zacccone R., Caruso G., Calì C., 2002.** Heterotrophic bacteria in the northern Adriatic Sea: seasonal changes and ectoenzyme profile, Marine Environmental Research 54(1), 1-

19 pp.

**Zavod za javno zdravstvo, Zadar, 2006.** Program praćenja stanja okoliša za područje luka otvorenih za javni promet i luka posebne namjene na području zadarske županije. Zadar, 50 pp.

## Prilozi

Pomoćna tablica 1. Rezultati uzorkovanja u veljači 2019.

| Postaja | FK<br>CFU/100ml | E.coli<br>CFU/100<br>ml | FS<br>CFU/100<br>ml | T    | S     | HB (*10 <sup>6</sup><br>stanica /<br>ml) | HNF (*10 <sup>3</sup><br>stanica/ml) | CB (*10 <sup>3</sup><br>stanica/ml) |
|---------|-----------------|-------------------------|---------------------|------|-------|------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| V1      | 70              | 14                      | 4                   | 10,7 | 30,6  | 0,55                                     | 7,25                                 | 11,07                               |
| V2      | 146             | 32                      | 8                   | 12,8 | 16,42 | 0,76                                     | 8,80                                 | 21,90                               |
| V3      | 12              | 8                       | 10                  | 9,7  | 31,6  | 0,34                                     | 4,58                                 | 12,13                               |
| V4      | 28              | 30                      | 4                   | 9,7  | 26,3  | 0,40                                     | 3,19                                 | 9,56                                |
| V5      | 36              | 28                      | 8                   | 11,5 | 26,7  | 0,82                                     | 8,97                                 | 7,81                                |
| V6      | 34              | 72                      | 34                  | 11,7 | 8,73  | 0,96                                     | 9,13                                 | 3,19                                |

| Postaja | FK<br>CFU/100ml | E.coli<br>CFU/100<br>ml | FS<br>CFU/100<br>ml | T    | S     | HB (*10 <sup>6</sup><br>stanica / ml) | HNF (*10 <sup>3</sup><br>stanica/ml) | CB (*10 <sup>3</sup><br>stanica/ml) |
|---------|-----------------|-------------------------|---------------------|------|-------|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| V1      | 3               | 1                       | 0                   | 27   | 38,1  | 0,48                                  | 6,02                                 | 4,85                                |
| V2      | 4               | 1                       | 7                   | 27,1 | 35,1  | 0,59                                  | 8,80                                 | 3,48                                |
| V3      | 10              | 13                      | 3                   | 28,6 | 37,32 | 0,71                                  | 4,63                                 | 4,68                                |
| V4      | 0               | 0                       | 2                   | 28   | 36,6  | 0,77                                  | 4,46                                 | 3,85                                |
| V5      | 2               | 4                       | 4                   | 29,5 | 32,9  | 1,00                                  | 7,15                                 | 1,60                                |
| V6      | 11              | 27                      | 43                  | 31,4 | 31,2  | 1,52                                  | 8,03                                 | 1,46                                |

Pomoćna tablica 2. Rezultati uzorkovanja u kolovozu 2019

(\*)CFU – colony-forming unit (broj izraslih kolonija)