

Zajednica izvršitelja



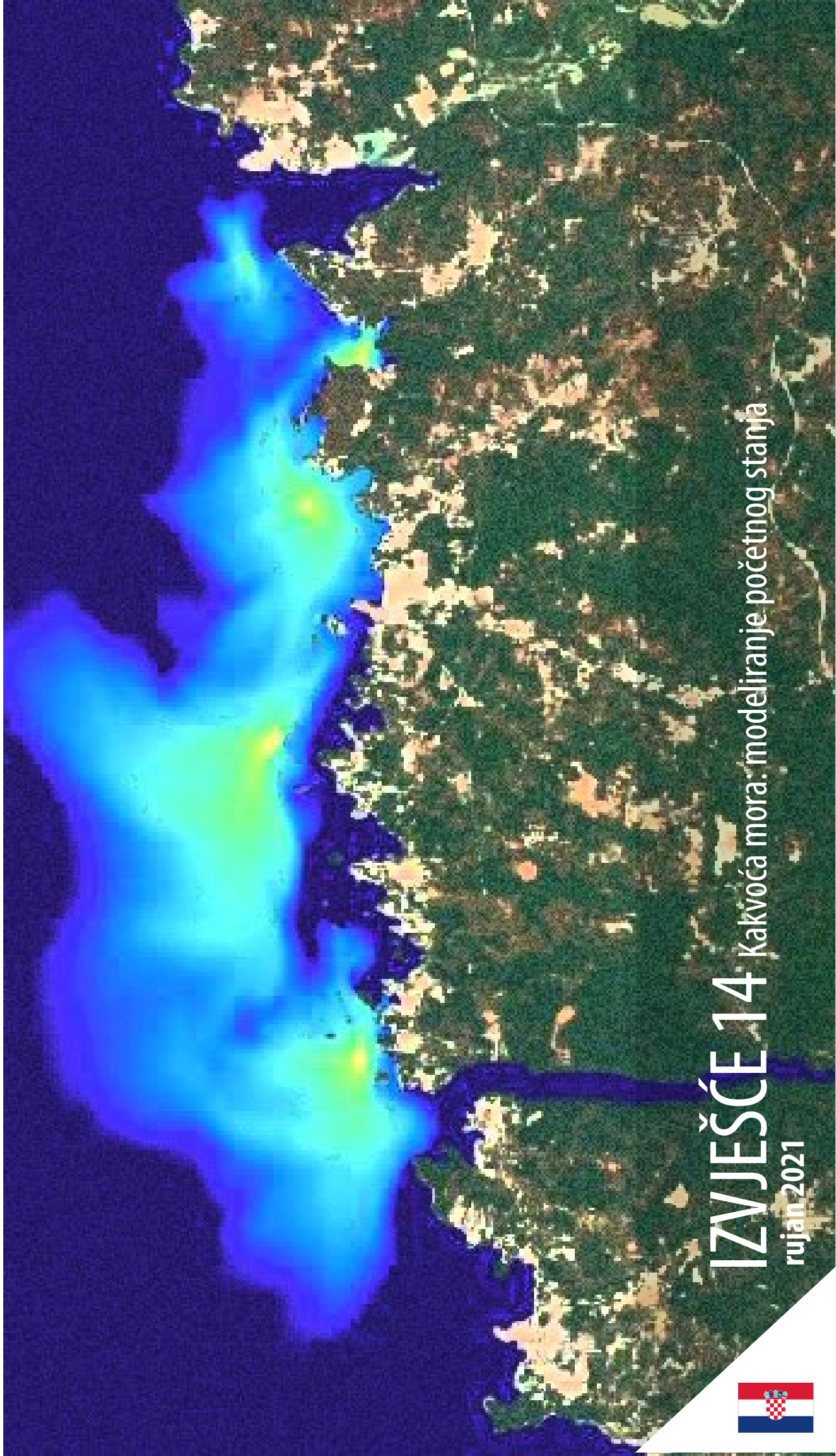
Naručitelj



Krajnji korisnik



STUDIJA OCJENE I PRAĆENJA UČINKOVITOSTI PROVEDBE PROJEKTA  
IZGRADNJE KANALIZACIJSKE MREŽE I ANALIZA UČINKOVITOSTI RADA UREĐAJA  
ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA U GRADU POREČU – STUDIJA POREČ



# IZVJEŠĆE 14

Kakvoća mora: modeliranje početnog stanja  
rujan 2021



STUDIJA OCJENE I PRAĆENJA UČINKOVITOSTI PROVEDBE PROJEKTA IZGRADNJE  
KANALIZACIJSKE MREŽE I ANALIZA UČINKOVITOSTI RADA UREĐAJA ZA  
PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA U GRADU POREČU – **STUDIJA POREČ**

# IZVJEŠĆE 14

## KAKVOĆA MORA: MODELIRANJE POČETNOG STANJA

Rujan 2021

Zajednica izvršitelja



Naručitelj



Krajnji korisnik



STUDIJA OCJENE I PRAĆENJA UČINKOVITOSTI PROVEDBE PROJEKTA IZGRADNJE  
KANALIZACIJSKE MREŽE I ANALIZA UČINKOVITOSTI RADA UREĐAJA ZA  
PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA U GRADU POREČU – **STUDIJA POREČ**

# IZVJEŠĆE 14

## KAKVOĆA MORA: MODELIRANJE POČETNOG STANJA

13. rujan 2021

mr.sc. Božidar Deduš, dipl. ing.  
Ovlaštenik Zajednice izvršitelja  
Proning DHI d.o.o.

12. rujan 2021

  
United Nations  
Institute for  
Education  
under the auspices  
of UNESCO  
IHE  
DELFT





# REPORT

HRVATSKE VODE

## Modeliranje kvalitete morske vode u Istri

Kalibracija modela kvalitete vode i postojeće stanje

10. rujna 2021. - verzija 1.0



International Marine & Dredging Consultants


---


## Naznaka izdavača

---

International Marine & Dredging Consultants  
(Međunarodni savjetnici za pomorstvo i jaružanje)

Adresa: Van Immerseelstraat 66, 2018 Antwerp, Belgija

: + 32 3 270 92 95

: + 32 3 235 67 11

E-pošta: [info@imdc.be](mailto:info@imdc.be)

Web stranica: [www.imdc.be](http://www.imdc.be)

## Identifikacija dokumenta

Naslov	Kalibracija modela kvalitete vode i postojeće stanje
Projekt	Modeliranje kvalitete morske vode u Istri
Klijent	HRVATSKE VODE -
Tender	OP 2015/227
Ref. dokumenta	I/RA/12142/21.147/VBA/
Naziv dokumenta	K:\PROJECTS\12\12142_P009187 - Sea Water Quality Modelling Istria\10-Rap\DO- 1\RA21147_Water_Quality_Calibration\RA21147_Waterqualitycalibra tion_v1.0.docx

## Revizija

Verzija	Datum	Opis	Izradio	Provjerio	Odobrio
1.0	10/09/2021	Konačna verzija	TWO, VBA	ABR	GVH

## Odobrenje

Izradio	VBA	Bart Verheyen (Potpis)	 Digitalno ondertekend door Bart Verheyen (Potpis) Datum: 2021.09.10 17:19:03+02'00'
Provjerio	ABR	Willem Breugem (Potpis)	 Digitalno potpisao Willem Breugem (Potpis) Datum: 2021.09.10 17:27:16 +02'00'
Odobrio	GVH	Gijsbert van Holland (Potpis)	 Digitalno potpisao Gijsbert van Holland (Potpis) Datum: 2021.09.10 17:39:50 +02'00'

## Kontakt unutar IMDC-a

<b>Ime i prezime</b>	Bart Verheyen
Telefon	+32 3 270 92 95
e-pošta	vba@imdc.be

## Popis za distribuciju

	Tiskani primjerak
1	Pdf Damir Brdjanovic (IHE-UNESCO)

---

## Sažetak

---

Ovo izvješće dio je studije modeliranja kvalitete morske vode u odnosu na disperziju otpadnih voda (fekalnih bakterija) duž istarske obale. Izvješće opisuje modeliranje disperzije otpadnih voda u bliskom polju i kalibraciju kvalitete vode za obalni model srednjeg polja. Rezultati kalibriranog modela prikazani su kako bi se ilustrirali uvjeti kakvoće vode u postojećem stanju.

---

## Sadržaj

---

<b>1. UVOD</b> .....	<b>12</b>
1.1 ZADATAK.....	12
1.2 OPSEG IZVJEŠĆA .....	12
1.3 SMJERNICE ZA ČITANJE.....	12
<b>2. PODACI</b> .....	<b>14</b>
2.1 PODACI O ISPUSTU .....	14
2.2 MJERENJA KAKVOĆE VODE .....	20
2.3 EKSPERIMENTI VEZANI UZ RASPAD .....	24
<b>3. KALIBRACIJA KVALITETE VODE</b> .....	<b>27</b>
3.1 UVOD .....	27
3.2 MODELIRANJE U BLISKOM POLJU NA ISPUSTIMA .....	28
3.2.1 <i>Uvod</i> .....	28
3.2.2 <i>Postavke modela</i> .....	28
3.2.3 <i>Rezultati</i> .....	29
3.3 MODELIRANJE KAKVOĆE VODE U SREDNJEM POLJU DUŽ ISTARSKE OBALE	32
3.3.1 <i>Uvod</i> .....	32
3.3.2 <i>Postavke modela</i> .....	33
3.3.3 <i>Stratificirani uvjeti – ljetni scenarij</i> .....	33
3.3.4 <i>Mješoviti uvjeti – zimski scenarij</i> .....	40
<b>4. POSTOJEĆE STANJE</b> .....	<b>46</b>
4.1 UVOD .....	46
4.2 STRATIFICIRANI UVJETI – LJETNI SCENARIJ .....	46
4.3 MJEŠOVITI UVJETI – ZIMSKI SCENARIJ.....	56
<b>5. ZAKLJUČCI</b> .....	<b>64</b>
<b>6. LITERATURA</b> .....	<b>65</b>

---

## Prilozi

---

<b>PRILOG A REZULTATI MODELA KOJI PRIKAZUJU DISPERZIJU VIDLJIVOG OBLAKA OTPADNE VODE (KONCENTRACIJA BAKTERIJA)</b> .....	<b>66</b>
A.1 LJETNI SCENARIJ .....	67
A.2 ZIMSKI SCENARIJ .....	72

---

## Popis slika

---



Slika 2-1: Područje studije, mjesta ispusta (crni krugovi) i uređaji za pročišćavanje. (zeleni krugovi) .....	14
Slika 2-2: Varijacija u dnevnom uzvodnom ispuštanju u smjeru ispusta (temeljeno na EIA podacima) .....	15
Slika 2-3: Lokalna situacija i položaj ispusta Lanterna (difuzor na moru) .....	16
Slika 2-4: Lokalna situacija i položaj ispusta Cervar (jedna cijev u moru) .....	17
Slika 2-5: Lokalna situacija i položaj ispusta Poreč sjever (difuzor u moru) .....	17
Slika 2-6: Lokalna situacija i položaj ispusta Sv. Nikola na sjeveru (jedna cijev u moru) i ispusta Poreč jug na jugu (difuzor na moru) .....	18
Slika 2-7: Lokalna situacija i položaj ispusta Vrsar na sjeveru (jedna cijev na moru) i ispusta Koversada na jugu (jedna cijev na moru) .....	19
Slika 2-8: Slika otvora difuzora na ispustu Poreč sjever gdje se kanalizacijski ispušta u more kroz različite otvore u cijevi na dnu mora .....	19
Slika 2-9: Slika s ispustom kroz jednu cijev u Vrsaru gdje se kanalizacija ispušta u more kroz otvor na kraju cijevi na morskom dnu .....	20
Slika 2-10: Prosječne koncentracije ECOLI (CFU/100ml) u kanalizacijskim sustavima na različitim ispuštima za zimsko i ljetno razdoblje i za različite strategije mjerenja (dnevno i tjedno) .....	21
Slika 2-11: Prosječne koncentracije ECOLI (CFU/100ml) u kanalizacijskim sustavima na različitim ispuštima za zimsko i ljetno razdoblje i za različite strategije mjerenja (dnevno i tjedno) .....	21
Slika 2-12: Primjer lokacija na kojima su obavljena mjerenja tijekom ljetne kampanje za poboljšanje kakvoće vode oko različitih glavnih ispusta, izvor: Korlević i Markovski (2019.) .....	22
Slika 2-13 Pravokutni dijagrami koncentracija ECOLI [CFU/100 ml] za kampanje zimskog i ljetnog mjerenja po postajama. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi kvadrati prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost .....	23
Slika 2-14 Pravokutni dijagrami koncentracija IE [CFU/100 ml] za kampanje zimskog i ljetnog mjerenja po postajama. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi kvadrati prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost .....	24
Slika 2-15: Rezultati eksperimenta s raspadom za različite razine razrjeđenja uzoraka fekalija iz kanalizacije i za slučajeve u prisutnosti i odsutnosti dnevne svjetlosti. Gornji dio crteža (a) prikazuje cijele vremenske raspone, dok donji crteži (b) prikazuju prve sate vremenskih raspona. Izvor: Korlević i Markovski (2019.) .....	25
Slika 2-16: Prikaz izmjerenih normaliziranih koncentracija (plave točke) fekalnih bakterija iz jednog od eksperimenata. Različite linije označavaju moguće brzine (stope) raspada (narančasta se naziva primarna brzina raspada, žuta sekundarna brzina raspada, a siva je kombinirana) .....	26

Slika 3-1: Pregled modelskog vlaka s različitim numeričkim modelima za procjenu kvalitete vode. Ovo izvješće obuhvaća primjenu modela srednjeg polja, kalibraciju kvalitete vode u obalnom modelu srednjeg polja .....	27
Slika 3-2: Ilustracija vrste shematizacije difuzora s vertikalnim otvorima koji se primjenjuje u CORMIX-u (Doneker i Jirka, 2017).....	28
Slika 3-3: Varijacije u uvjetima morske vode preko vertikale za zimu i ljeto. Lijevo: varijacija u temperaturi, sredina: varijacija u salinitetu, desno: varijacija u gustoći vode (plavo: dobra izmiješanost u zimskim uvjetima, crveno: stratificirani ljetni uvjeti koji su predstavljeni sivom crtkanom linijom u CORMIX-u).....	29
Slika 3-4: Primjeri ponašanja pozitivno plutajućeg mlaza koji je u interakciji s površinom vode ili sa stratificirano gustim slojem. (Izvor: Doneker i Jirka, 2017.) .....	30
Slika 3-5: Prikaz rezultata CORMIX-a za Poreč sjever za zimski slučaj s oznakom smjera ambijentalnog protoka ( $u_a$ ). Slika lijevo prikazuje oblak otpadne vode (crno je difuzor), desna prikazuje poprečni presjek kroz oblak otpadne vode označujući da se taj oblak širi počevši od 3 metra iznad morskog dna prema površini vode .....	30
Slika 3-6: Prikaz rezultata CORMIX-a za Poreč sjever ljetni stratificirani slučaj s oznakom smjera ambijentalnog protoka ( $u_a$ ). Slika lijevo prikazuje vidljivi oblak otpadne vode (crno je difuzor), desna prikazuje poprečni presjek kroz oblak otpadne vode koji se širi počevši od jednog metra iznad morskog dna prema mjestu piknoklina (nagib oštrog gradijenta u gustoći morske vode .....	31
Slika 3-7 Mreža modela kvalitete vode srednjeg polja blizu Istre koja se preklapa s poligonima za kalibraciju 3x3 [km] (crni kvadrati) i mjestima ispusta (crveni krugovi) . ....	32
Slika 3-8 Evolucija gustoće vode [kg/m <sup>3</sup> ] u vremenu (14. do 24. srpnja 2019.) duž vodenog stupa na postaji Poreč sjever .....	34
Slika 3-9 Ruža vjetrova prikazuje pojavu smjera vjetra ERA5 i uvjeta brzine pokraj Poreča tijekom ljetnog perioda od 14. do 24. srpnja 2019 .....	34
Slika 3-10 Ljetni scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih ECOLI koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Lanterna. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike .....	36
Slika 3-11 Ljetni scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih ECOLI koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Poreč sjever. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike .....	36
Slika 3-12 Ljetni scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih ECOLI koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Poreč jug. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike .....	37

Slika 3-13 Ljetni scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih ECOLI koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Vrsar. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike .....	37
Slika 3-14 Ljetni scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih IE koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Lanterna. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike .....	38
Slika 3-15 Ljetni scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih IE koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Poreč sjever. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike .....	38
Slika 3-16 Ljetni scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih IE koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Poreč jug. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike .....	39
Slika 3-17 Ljetni scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih IE koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Vrsar. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike .....	39
Slika 3-18 Evolucija gustoće vode [kg/m <sup>3</sup> ] u vremenu (18 do 28. siječnja 2019.) duž vodenog stupca na postaji Poreč sjever .....	40
Slika 3-19 Ruža vjetrova prikazuje pojavu smjera vjetra ERA5 i uvjeta brzine pokraj Poreča tijekom perioda zimske simulacije od 11. do 28. siječnja 2019 .....	41
Slika 3-20 Zimski scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih ECOLI koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Lanterna. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike .....	42

Slika 3-21 Zimski scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih ECOLI koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Poreč sjever. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike .....	42
Slika 3-22 Zimski scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih ECOLI koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Poreč jug. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike .....	43
Slika 3-23 Zimski scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih ECOLI koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Vrsar. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike .....	43
Slika 3-24 Zimski scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih IE koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Lanterna. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike .....	44
Slika 3-25 Zimski scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih IE koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Poreč sjever. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike .....	44
Slika 3-26 Zimski scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih IE koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Poreč jug. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike .....	45
Slika 3-27 Zimski scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih IE koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Vrsar. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike .....	45
Slika 4-1 Ljetni scenarij: Prosječne vremenske koncentracije ECOLI [CFU/100 ml] na dubini vode od 12 m. Napomena: koncentracije na dnu koriste se kada je dubina vode manja od 12 [m] .....	48

Slika 4-2 Ljetni scenarij: Prosječne vremenske koncentracije ECOLI [CFU/100 ml] na površini vode .....	48
Slika 4-3 Rezultati modeliranja iz EIA studije (Institut IGH d.d. i sur. 2010a, 2010b, 2010c, 2010d). Prosječne vremenske koncentracije ECOLI [CFD/100 ml] iz 2D modela koji predstavlja sloj dubine vode s najvećim gradijentom gustoće (dubina vode 11 m) za scenarij sa stratificiranim karakteristikama vode .....	49
Slika 4-4 Vertikalni presjek koncentracija ECOLI [CFU/100 ml] uzeto na lokaciji ispusta Poreč sjever 24. srpnja 2019 08:30. Položaj ispusta je na $x = 200$ [m] .....	50
Slika 4-5 Karta ispusta oko Poreča sjever s koncentracijama ECOLI [CFU/100 ml] na dubini vode od 12,5 [m] (24. srpnja 2019 08:30) .....	51
Slika 4-6 Ljetni scenarij: Prosječne vremenske koncentracije IE [CFU/100 ml] na dubini vode od 12 m. Napomena: koncentracije na dnu koriste se kada je dubina vode manja od 12 [m] .....	52
Slika 4-7 Ljetni scenarij: Prosječne vremenske koncentracije IE [CFU/100 ml] na površini vode .....	52
Slika 4-8 Ljetni scenarij: Vjerojatnost prekoračenja koncentracija ECOLI od 300 [CFU/ 100 ml] na dubini vode od 12 m. Žute konture pokazuju 5. percentil; narančaste konture pokazuju 50. percentil; crvene konture pokazuju 95. percentil .....	53
Slika 4-9 Ljetni scenarij: Vjerojatnost prekoračenja koncentracija ECOLI od 300 [CFU/ 100 ml] na površini vode. Žute konture pokazuju 5. percentil; narančaste konture pokazuju 50. percentil; crvene konture pokazuju 95. percentil .....	53
Slika 4-10 Ljetni scenarij Zumirani sjever: Vjerojatnost prekoračenja koncentracija ECOLI od 300 [CFU/ 100 ml] na površini vode. Žute konture pokazuju 5. percentil; narančaste konture pokazuju 50. percentil; crvene konture pokazuju 95. percentil .....	54
Slika 4-11 Ljetni scenarij Zumirani jug: Vjerojatnost prekoračenja koncentracija ECOLI od 300 [CFU/ 100 ml] na površini vode. Žute konture pokazuju 5. percentil; narančaste konture pokazuju 50. percentil; crvene konture pokazuju 95. percentil .....	54
Slika 4-12 Ljetni scenarij: Vjerojatnost prekoračenja koncentracija IE od 200 [CFU/ 100 ml] na dubini vode od 12 m. Žute konture pokazuju 5. percentil; narančaste konture pokazuju 50. percentil; crvene konture pokazuju 95. percentil .....	55
Slika 4-13 Ljetni scenarij: Vjerojatnost prekoračenja koncentracija IE od 100 [CFU/ 100 ml] na površini vode. Žute konture pokazuju 5. percentil; narančaste konture pokazuju 50. percentil; crvene konture pokazuju 95. percentil .....	55
Slika 4-14 Zimski scenarij: Prosječne vremenske koncentracije ECOLI [CFU/100 ml] na dubini vode od 12 m. Napomena: koncentracije na dnu koriste se kada je dubina vode manja od 12 [m] .....	57
Slika 4-15 Zimski scenarij: Prosječne vremenske koncentracije ECOLI [CFU/100 ml] na površini vode .....	57
Slika 4-16: Rezultati modeliranja iz EIA studije (Institut IGH d.d. i sur. 2010a, 2010b, 2010c, 2010d). Prosječne vremenske koncentracije ECOLI [CFD/100 ml] iz 2D modela koji predstavlja površinski sloj za scenarij s karakteristikama miješane vode	58



Slika 4-17 Vertikalni presjek koncentracija ECOLI [CFU/100 ml] uzeto na mjestu ispusta Poreč jug 23. siječnja 2019. 00:00. Položaj ispusta je na $x = 50$ [m] ..	59
Slika 4-18 Karta oko ispusta Poreč jug s koncentracijama ECOLI [CFU/100 ml] na dubini vode od 12,5 [m] (23. siječnja 2019. 10:00)	59
Slika 4-19 Zimski scenarij: Prosječne vremenske koncentracije IE [CFU/100 ml] na dubini vode od 12 m. Napomena: koncentracije na dnu koriste se kada je dubina vode manja od 12 [m]	60
Slika 4-20 Zimski scenarij: Prosječne vremenske koncentracije IE [CFU/100 ml] na površini vode	60
Slika 4-21 Zimski scenarij: Vjerojatnost prekoračenja koncentracija ECOLI od 300 [CFU/ 100 ml] na dubini vode od 12 m. Žute konture pokazuju 5. percentil; narančaste konture pokazuju 50. percentil; crvene konture pokazuju 95. percentil. Napomena: koncentracije na dnu koriste se kada je dubina vode manja od 12 [m]	61
Slika 4-22 Zimski scenarij: Vjerojatnost prekoračenja koncentracija ECOLI od 300 [CFU/ 100 ml] na površini vode. Žute konture pokazuju 5. percentil; narančaste konture pokazuju 50. percentil; crvene konture pokazuju 95. percentil	61
Slika 4-23 Zimski scenarij Zumirani sjever: Vjerojatnost prekoračenja koncentracija ECOLI od 300 [CFU/ 100 ml] na površini vode. Žute konture pokazuju 5. percentil; narančaste konture pokazuju 50. percentil; crvene konture pokazuju 95. percentil	62
Slika 4-24 Zimski scenarij Zumirani jug: Vjerojatnost prekoračenja koncentracija ECOLI od 300 [CFU/ 100 ml] na površini vode. Žute konture pokazuju 5. percentil; narančaste konture pokazuju 50. percentil; crvene konture pokazuju 95. percentil	62
Slika 4-25 Zimski scenarij: Vjerojatnost prekoračenja koncentracija IE od 200 [CFU/ 100 ml] na dubini vode od 12 m. Žute konture pokazuju 5. percentil; narančaste konture pokazuju 50. percentil; crvene konture pokazuju 95. percentil. Napomena: koncentracije na dnu koriste se kada je dubina vode manja od 15 [m]	63
Slika 4-26 Zimski scenarij: Vjerojatnost prekoračenja koncentracija IE od 200 [CFU/ 100 ml] na površini vode Žute konture pokazuju 5. percentil; narančaste konture pokazuju 50. percentil; crvene konture pokazuju 95. percentil	63

# 1. UVOD

## 1.1 ZADATAK

U tijeku su velika ulaganja u javni sektor duž dijela istarske obale uključujući obnovu i proširenje postojećeg sustava odvodnje te izgradnju novih pročištača otpadnih voda u svrhu zaštite grada Poreča i okolice.

Od IMDC-a je zatraženo da izvrši modeliranje kakvoće morske vode za disperziju otpadnih voda (fekalne bakterije) duž obale Istre, Hrvatska. Pomoću numeričkih modela ispitana je kakvoća vode za kupanje u sadašnjoj situaciji kao i nakon montiranja uređaja za pročišćavanje. Studija procjenjuje rizik od onečišćenja E-Coli (EC) i crijevnim enterokokom (IE) (kao pokazatelj kakvoće vode za kupanje) na plažama i dodanu vrijednost uređaja za pročišćavanje voda koji doprinosi smanjenju tog rizika. Studija je dio cjelokupnog zadatka pod nazivom „Studija procjene i praćenja učinkovitosti provedbe projekta izgradnje kanalizacijske mreže i analiza učinkovitosti rada uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Poreč“ koju su izdale Hrvatske vode uz natječaj OP 2015/227. Posao je dodijeljen konzorciju uključujući IMDC i zastupa ga PRONING DHI kao vodeći član s ugovorom od 19.7.2018., Klasa: 325-01/15-10/148, Ur.br.: 374-1-3-18-35. Ugovor je s konzorcijem sklopljen 13.05.2016., a proširen je aneksom I. 13.11.2018.

IMDC se obvezuje dostaviti sljedeće:

- Izvješće o postavljanju hidrodinamičkog modela (IMDC, 2019a);
- Izvješće o kalibraciji hidrodinamičkog modela i modeliranju postojećeg stanja (IMDC, 2019b);
- Izvješće o kalibraciji modela kvalitete morske vode i modeliranju postojećeg stanja (ovo izvješće);
- Izvješće o utjecaju UPOV-a na kvalitetu vode za kupanje;
- Izvješće o utjecaju UPOV-a na kvalitetu vode za kupanje: validacija modela;
- Izvješće o primopredaji modela i obuci.

## 1.2 OPSEG IZVJEŠĆA

Ovo izvješće opisuje modeliranje u bliskom polju disperzije otpadnih voda i kalibraciju kvalitete vode za obalni model srednjeg polja. Prikazani su rezultati kalibriranog modela kako bi se ilustrirali uvjeti kakvoće vode u sadašnjoj situaciji.

## 1.3 SMJERNICE ZA ČITANJE

Opis podataka koji se koriste za kalibraciju modela dan je u 2. poglavlju.

Vježba kalibracije kvalitete vode prikazana je u 3. poglavlju. Prvo je ispitana disperzija otpadne vode (efluenta) u bliskom polju kako bi se proizveli ulazni podaci modela za obalni

model srednjeg polja. U ovom modelu srednjeg polja modelirana je disperzija fekalnih bakterija za zimsku sezonu (karakterizirana uvjetima vertikalno dobro miješane vode) i ljetnu sezonu (karakteriziranu stratificiranim uvjetima). Rezultati modela uspoređeni su s mjerenjima kvalitete vode u moru, a model je kalibriran prilagodbom postavki modela kako bi se omogućilo najbolje uklapanje između modela i mjerenja.

Sadašnje ponašanje kakvoće vode za obje sezone i uvjete opisano je u 4. poglavlju na temelju rezultata kalibriranog modela.

Zaključci su navedeni u 5. poglavlju.

## 2. PODACI

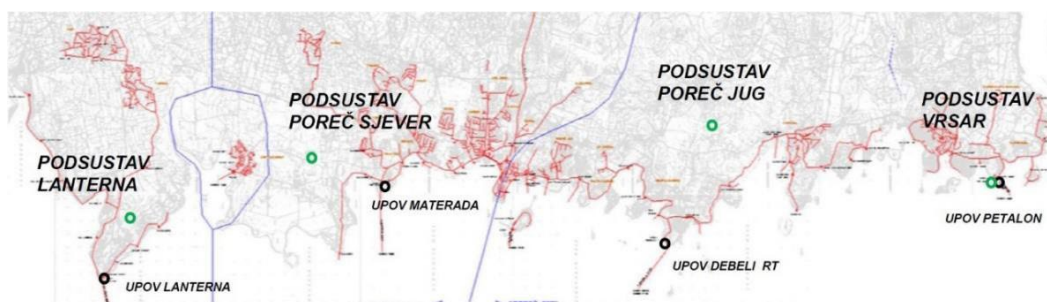
Ovaj odjeljak prikazuje podatke dostupne za kalibraciju kvalitete vode numeričkog modela.

### 2.1 PODACI O ISPUSTU

Karakteristike ispusta potrebne su kako bi se mogli odrediti odgovarajući ulazni uvjeti za model kvalitete vode u bliskom i srednjem polju. Karakteristike se odnose na dizajn i položaj ispusta i uvjete uzvodnog ispuštanja. Informacije su prikupljene od:

- procjene utjecaja na okoliš (Institut IGH d.d. i sur., 2010a, 2010b, 2010c, 2010d)
- Izvješće o poplavama
- Zapažanja tijekom kampanja mjerenja kvalitete vode

Trenutno postoje četiri velika ispusta (Lanterna, Poreč sjever, Poreč jug i Vrsar, vidi Sliku 2-1) i nekoliko manjih ispusta koji se neće koristiti nakon postavljanja uređaja za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV-a). Za svaki ispust prikupljaju se podaci o vrsti ispusta (cijev ili difuzor) i pripadajućim dimenzijama.



Slika 2-1: Područje studije, mjesta ispusta (crni krugovi) i uređaji za pročišćavanje (zeleni krugovi).

Podrazumijeva se za glavne ispuste da se otpadna voda prikuplja prije nego što se mehanički isprazni ili pumpama izbacila u Jadran. Veličine kolektora temelje se na informacijama tijekom početnog sastanka i na temelju opažanja lokalnih operatera tijekom kampanja mjerenja kvalitete vode. Duljina i karakteristike ispusta i difuzora navedene su u EIA. Tablica 2-1 daje pregled različitih uvjeta vezano uz dizajn i pražnjenje u blizini ispusta.

Iz ovog razloga će se stoga u vodeni okoliš uvesti kolektor otpadne vode koji će služiti za pražnjenje. Interval između pražnjenja temelji se na zapreminama kolektora i tipičnim uzvodnim količinama ispuštanja za zimsku i ljetnu sezonu (EIA), vidi sliku 2-2. Dnevno ispuštanje obično pokazuje sezonske varijacije s većim ispuštanjem ljeti što dovodi do češćih ispuštanja, odnosno pražnjenja vode ljeti nego zimi. Iz slike je vidljivo da su najveća istjecanja prisutna kod Poreča jug, a zatim Poreča sjever. Vrsar i Lanterna imaju slične niže količine ispuštanja. Podaci o tipičnim količinama ispuštanja kroz sam ispust dobivaju se iz EIA dokumenata (vidi tablicu 2-1).

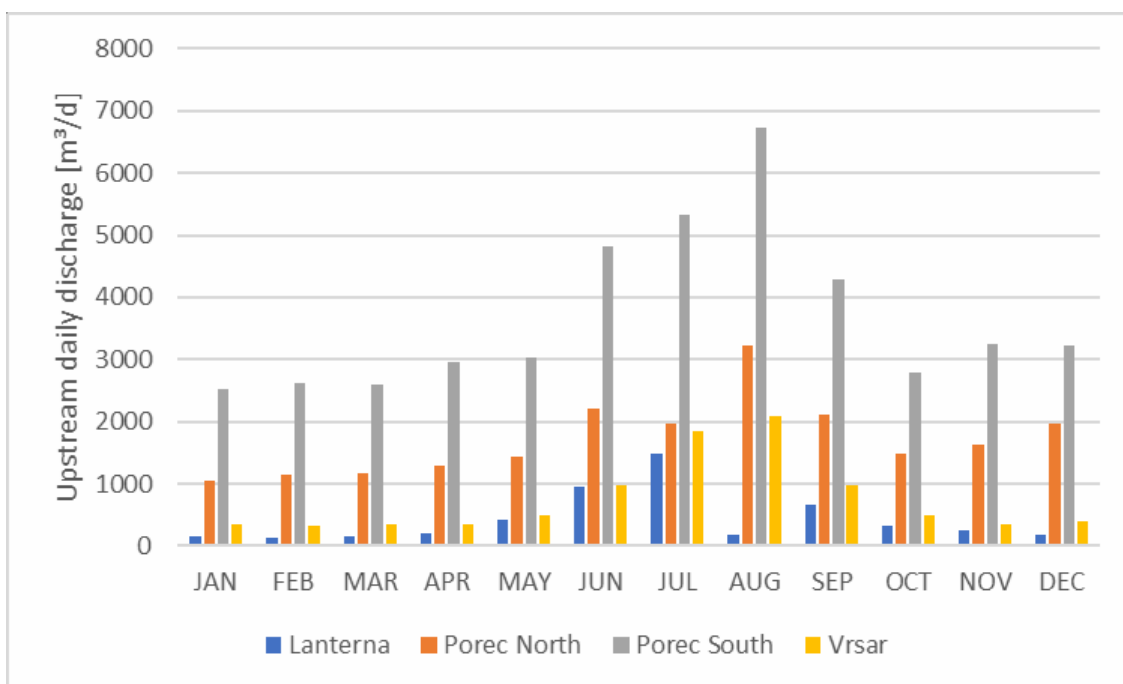
To za rezultat ima procjenu vremenskih intervala ulaznih ispusta (vidi Tablicu 2.2.)



Za manje ispuste nisu dostupne informacije o tipičnim količinama ispusta. Stoga su povezani na glavni najbližim ispustom.

Pretpostavlja se da je otpadna voda slatka voda (0 ppt) i da ima stalnu temperaturu od 16 °C kao reprezentativnu za otpadnu vodu (gustoća od 998,9 kg/m<sup>3</sup>). Zbog koncentracije bakterija u cijevi ne dolazi do raspada, do raspada dolazi kada se bakterije ispuste u morsku vodu.

U ovoj studiji nisu razmatrani nikakvi drugi ispusti, poput sustava preljeva izazvanih kišom.



Slika 2-2: Varijacija u dnevnom uzvodnom ispuštanju u smjeru ispusta (temeljeno na EIA podacima).

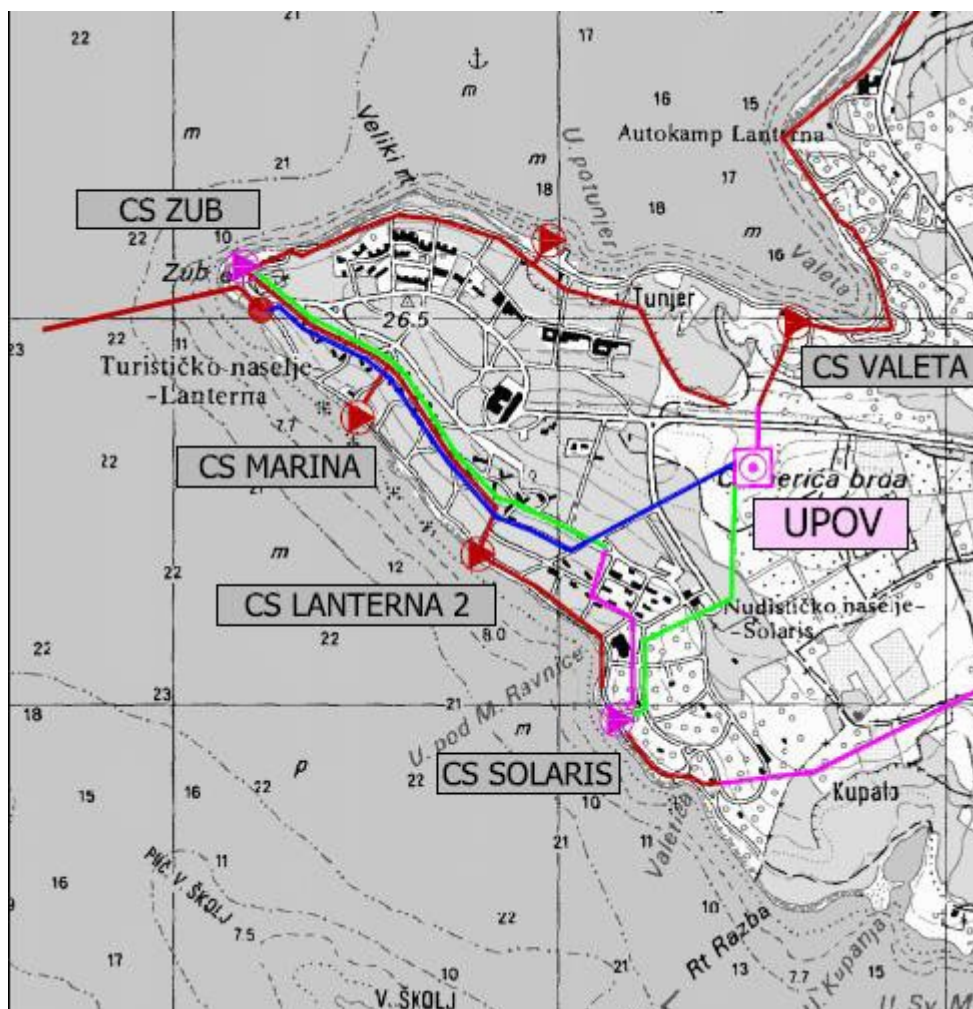
Tablica 2-1: Pregled karakteristika dizajna ispusta

Ispust	Vrsta	L do difuzora [m]	L difuzora [m]	Broj otvora [-]	D otvora [m]	Q <sub>max</sub> [m <sup>3</sup> /s]
Lanterna	Difuzor	500	86	13	0,1	0,11
Cervar	Jedna cijev	300	-	1	0,315	0,075
Poreč sjever	Difuzor	900	100	20	0,1	0,11
Poreč jug	Difuzor	800	90	20	0,1	0,14
Sv. Nikola	Jedna cijev	300	-	1	0,5	0,002
Vrsar	Jedna cijev	488	-	1	0,5	0,075
Koversada	Jedna cijev	110	-	1	0,1	0,002

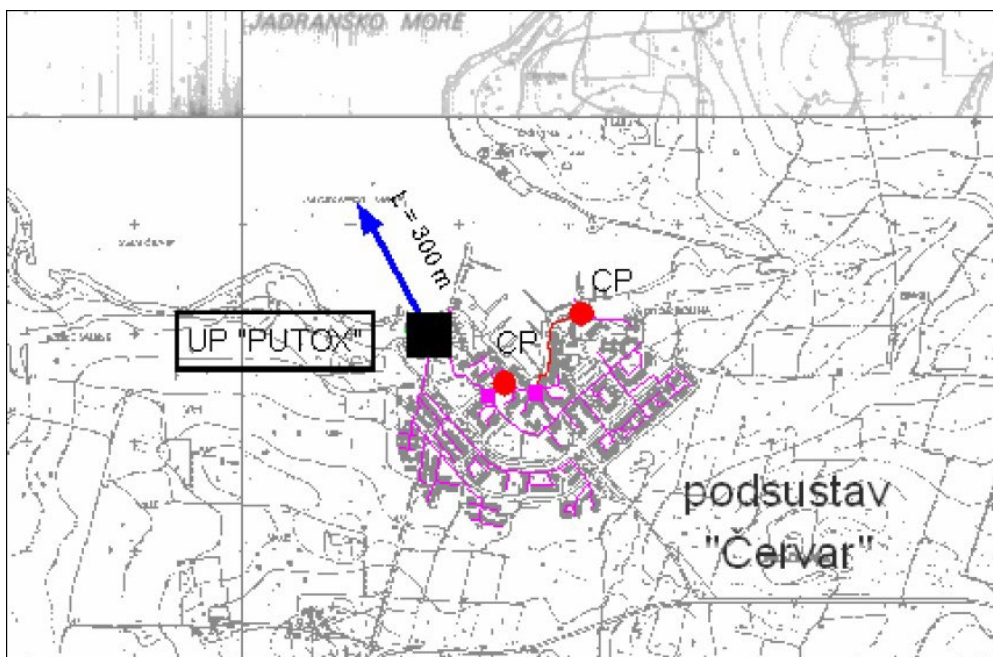
Tablica 2-2: Pregled volumena kolektora i intervali pražnjenja

Ispust	Vrsta	Volumen kolektora [m <sup>3</sup> ]	Interval zimi [minuta]	Interval ljeti [minuta]
Lanterna	Difuzor	50	480	92
Cervar	Jedna cijev			
Poreč sjever	Difuzor	50	52	30
Poreč jug	Difuzor	50	26	13
Sv. Nikola	Jedna cijev			
Vrsar	Jedna cijev	25	103	22
Koversada	Jedna cijev			

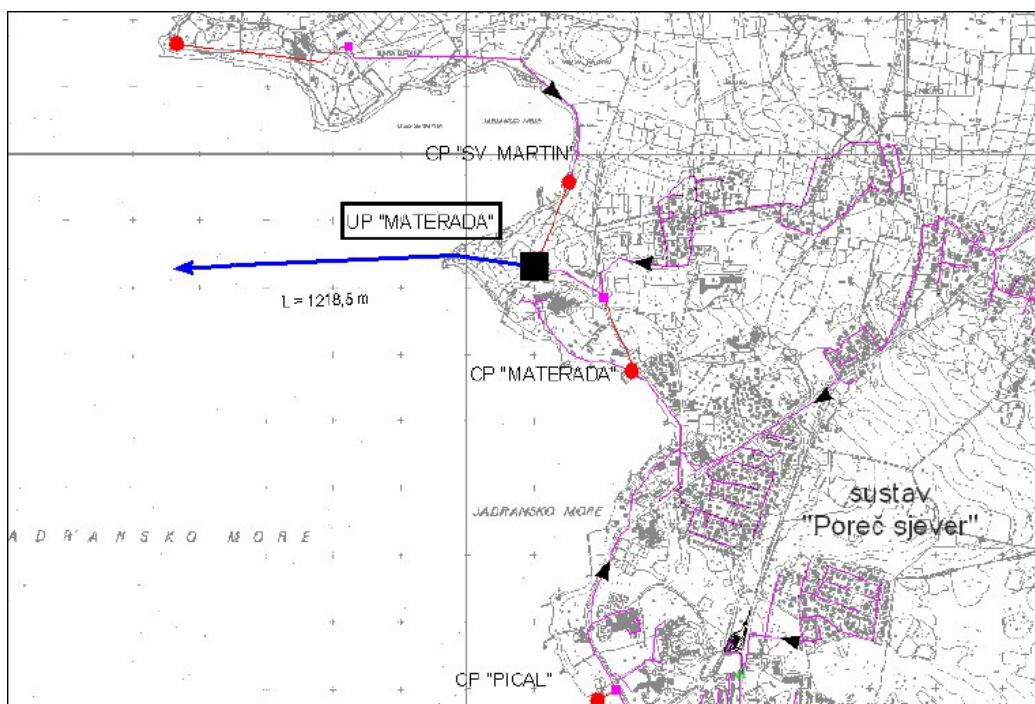
Mjesta različitih ispusta prikazani su na donjim slikama od sjevera prema jugu (Slika 2-3 do Slika 2-7). Za Poreč sjever i Vrsar tipičan raspored ispusta pod vodom prikazan je kao primjer na slikama 2-8 i 2-9.



Slika 2-3: Lokalna situacija i položaj ispusta Lanterna (difuzor na moru).

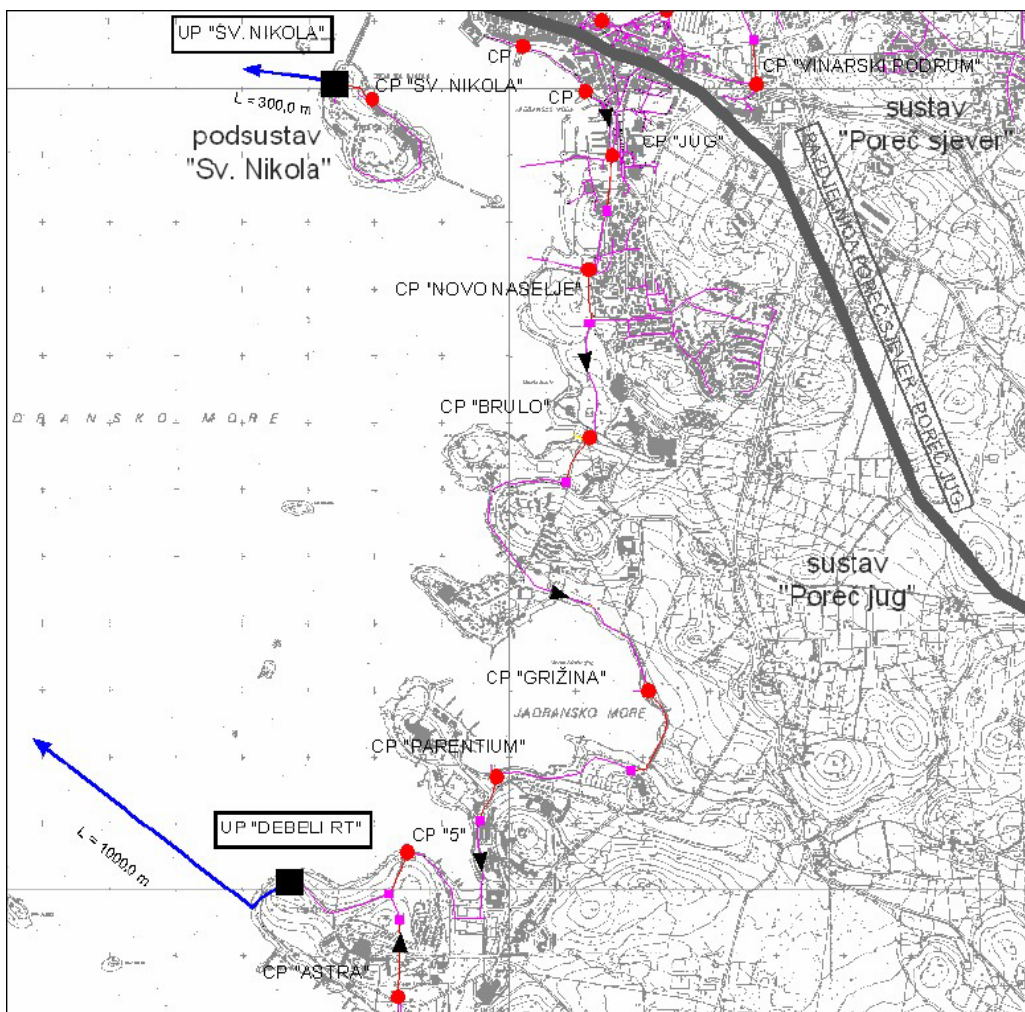


Slika 2-4: Lokalna situacija i položaj ispusta Červar (jedna cijev u moru).

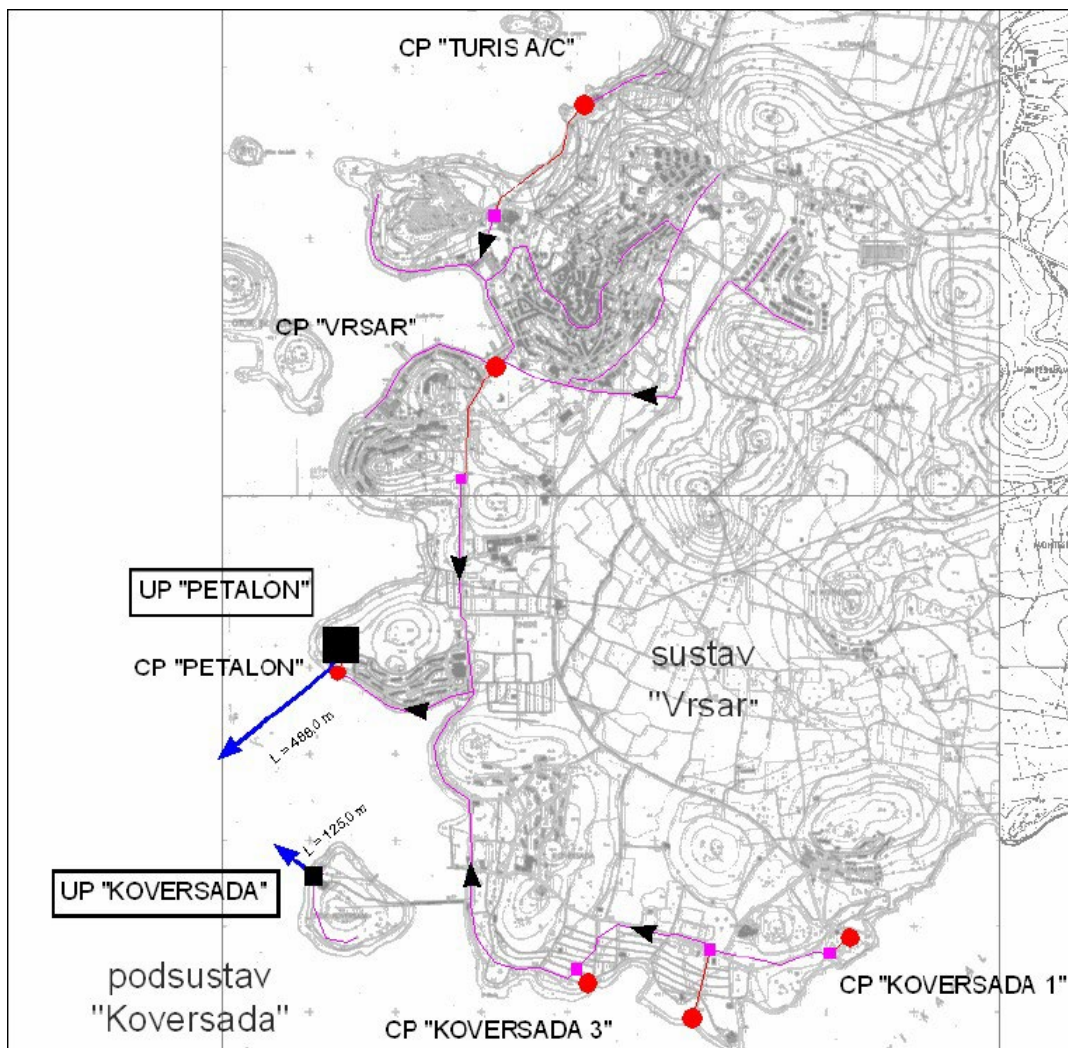


Slika 2-5: Lokalna situacija i položaj ispusta Poreč sjever (difuzor u moru).

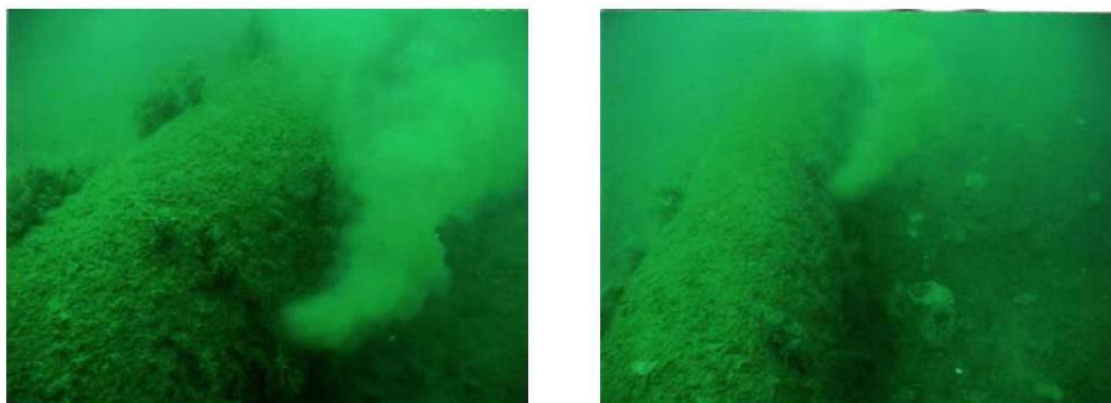




Slika 2-6: Lokalna situacija i položaj ispusta Sv. Nikola na sjeveru (jedna cijev u moru) i ispusta Poreč jug na jugu (difuzor na moru).



Slika 2-7: Lokalna situacija i položaj ispusta Vrsar na sjeveru (jedna cijev na moru) i ispusta Koversada na jugu (jedna cijev na moru).



Slika 2-8: Slika otvora difuzora na ispustu Poreč sjever gdje se kanalizacija ispušta u more kroz različite otvore u cijevi na dnu mora.





Slika 2-9: Slika s ispustom kroz jednu cijev u Vrsaru gdje se kanalizacija ispušta u more kroz otvor na kraju cijevi na morskom dnu.

## 2.2 MJERENJA KAKVOĆE VODE

Institut Ruđer Bošković proveo je dvije kampanje mjerenja kvalitete vode (Korlević i Markovski, 2019.). Prva mjerenja održana su zimi od 21. do 28. siječnja 2019. godine, a druga su obavljena ljeti od 19. do 25. srpnja 2019. godine.

Izvršena su mjerenja koncentracija koliformnih bakterija, *Escherichia coli* (ECOLI) i intestinalnih enterokoka (IE), a iskazana su u CFU/100 ml. Mjerenja su provedena na različitim mjestima i u različitim vremenskim intervalima.

- Tjedna i dnevna mjerenja u kanalizacijskom sustavu u blizini svakog UPOV-a.
- Posebna kampanja na lokaciji svakog ispusta za praćenje koncentracije u morskoj vodi oko mjesta ispusta.

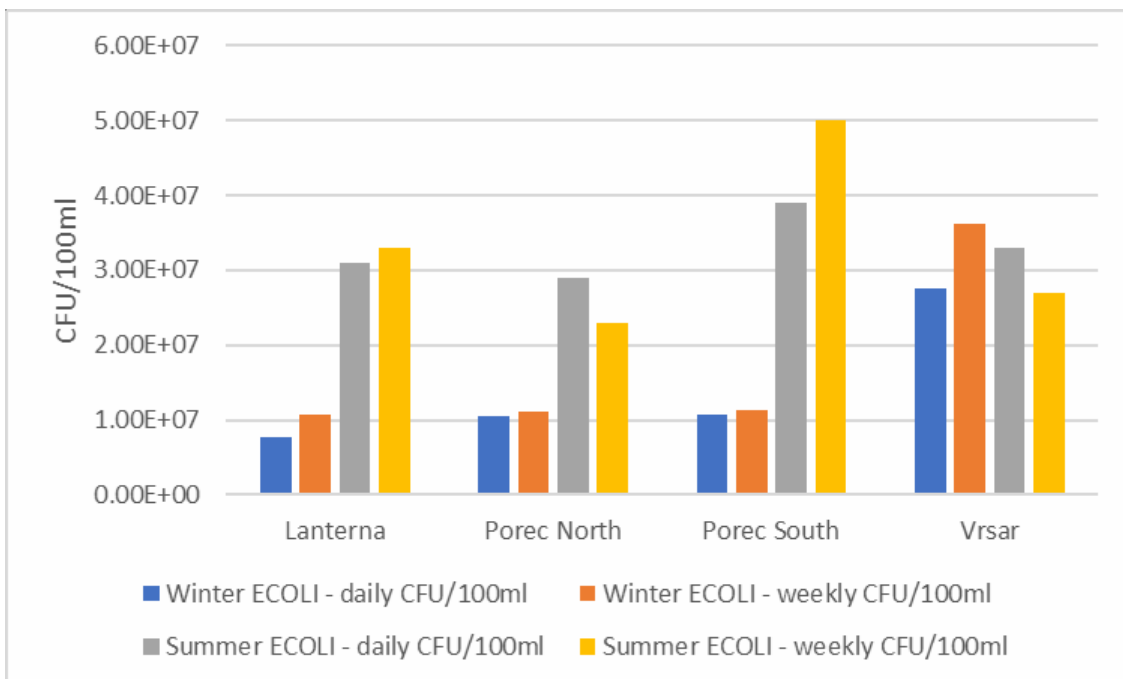
Prvi skup mjerenja daje indicaciju koncentracije fekalnih bakterija koja se može očekivati na ulazu svakog ispusta. Drugi niz mjerenja na moru daje naznaku kako koncentracije fekalnih bakterija variraju oko ispusta.

### **Koncentracije fekalnih bakterija u kanalizacijskom sustavu**

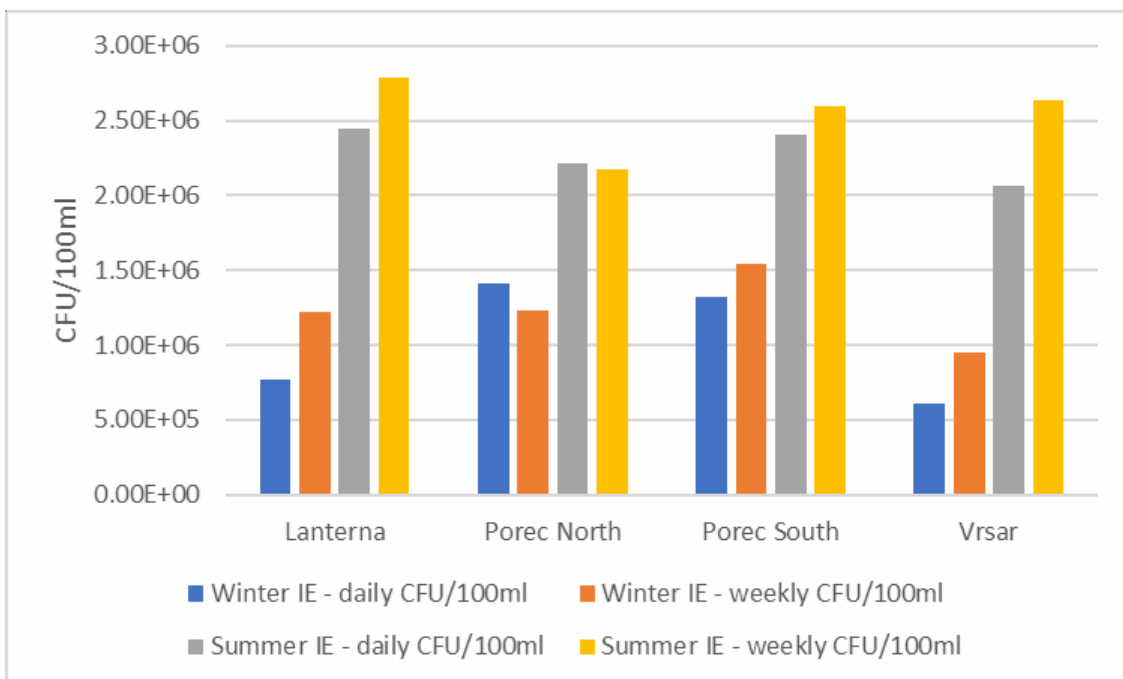
Za svaki UPOV sažeto je naveden raspon koncentracija fekalnih bakterija u kanalizacijskom sustavu za zimsko i ljetno razdoblje, na slikama 2-10 za ECOLI i na slikama 2-11 za EI. Obično su koncentracije veće tijekom ljetne sezone nego tijekom zime. Također su koncentracije ECOLI veće od EI. Nadalje, može se vidjeti da su na temelju dvije različite strategije mjerenja (dnevne u odnosu na tjedne) prosječne koncentracije fekalnih bakterija prilično slične.

Na temelju ovih varijacija u koncentracijama određena je ulazna koncentracija za model kakvoće vode.

Za detaljniju analizu mjerenja upućuje se na izvor (Korlević i Markovski, 2019.)



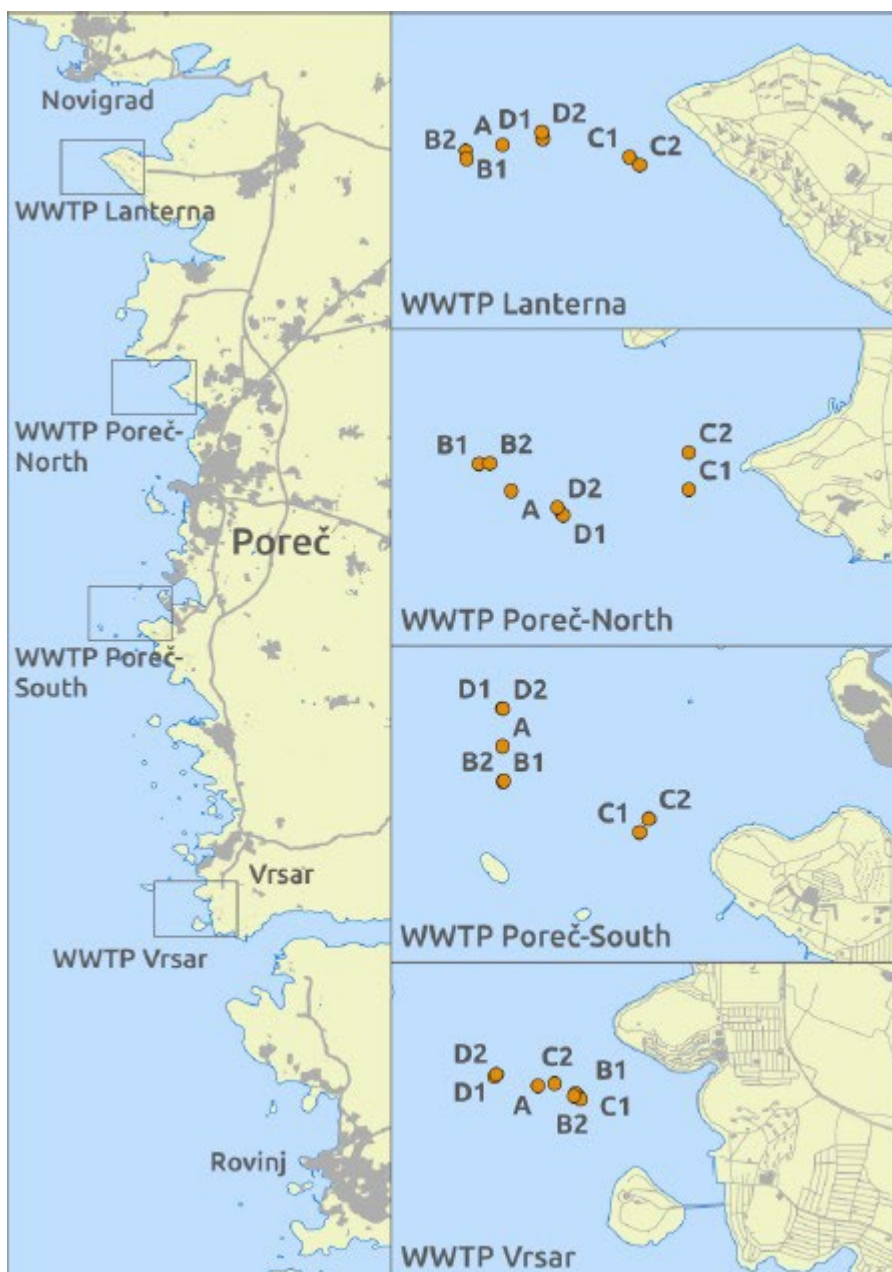
Slika 2-10: Prosječne koncentracije ECOLI (CFU/100ml) u kanalizijskim sustavima na različitim ispustima za zimsko i ljetno razdoblje i za različite strategije mjerenja (dnevno i tjedno).



Slika 2-11: Prosječne koncentracije ECOLI (CFU/100ml) u kanalizijskim sustavima na različitim ispustima za zimsko i ljetno razdoblje i za različite strategije mjerenja (dnevno i tjedno).

### **Koncentracije fekalnih bakterija u moru**

Oko svakog od četiri glavna ispusta mjerene su varijacije u koncentracijama fekalija tijekom zimske i ljetne kampanje mjerenja. Definirana je strategija mjerenja u kojoj mjerna posuda radi krug i prolazi kroz četiri točke (A, B, C, D) na različitim mjestima oko ispusta gdje se na različitim razinama vodenog stupca uzimaju uzorci za koje se zatim određuju koncentracije fekalnih bakterija. To rezultira skupom mjerenja na određenim lokacijama, visinama i određenim vremenskim koracima. Pregled lokacija na kojima su obavljena mjerenja tijekom ljetne kampanje prikazan je na slici 2-12.

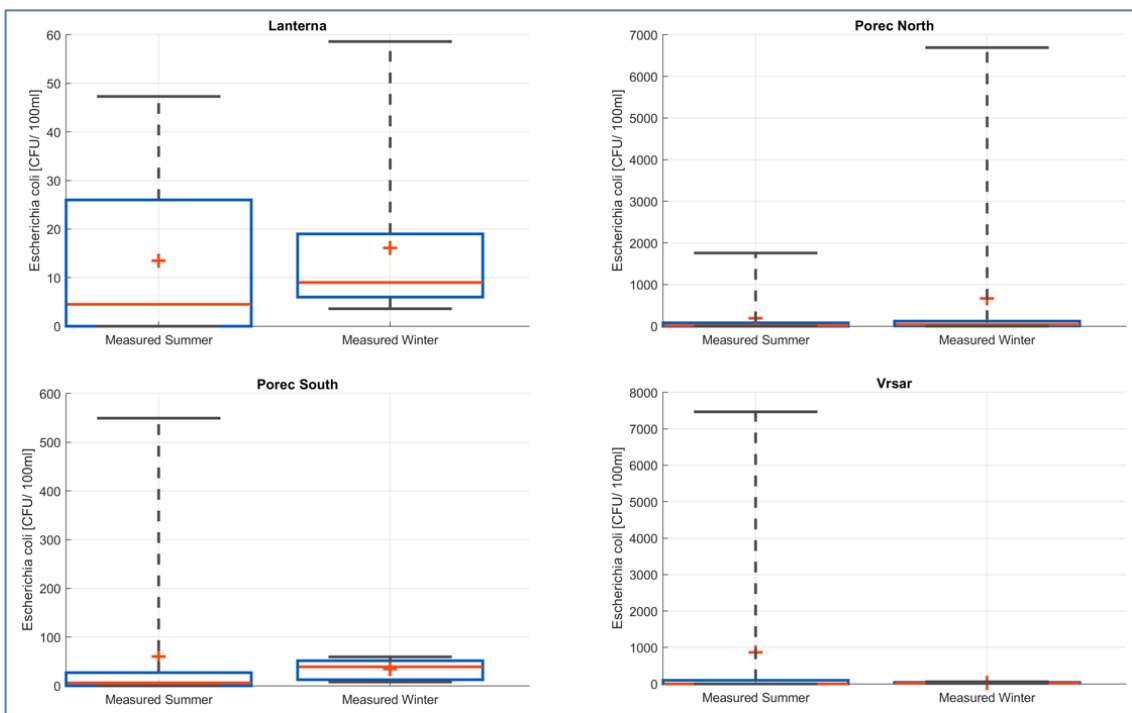


Slika 2-12: Primjer lokacija na kojima su obavljena mjerenja tijekom ljetne kampanje za poboljšanje kakvoće vode oko različitih glavnih ispusta, izvor: Korlević i Markovski (2019.).

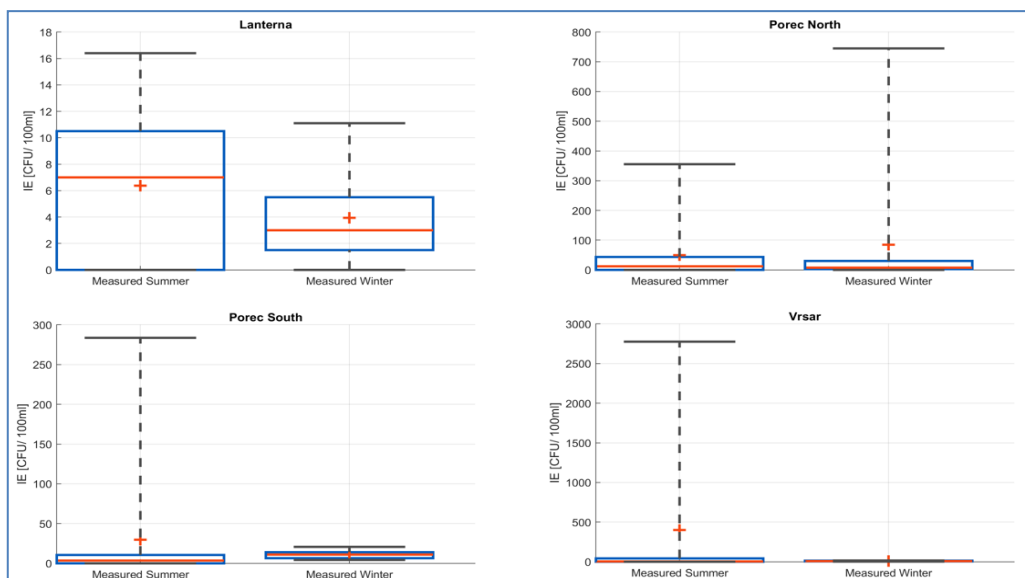
Za potrebe ove vježbe sažeci mjerenja prikazani su u obliku pravokutnih dijagrama koji predstavljaju tipičan raspon koncentracija oko svakog ispusta.

Slika 2-13 predstavlja raspon koncentracija ECOLI tijekom zime i ljeta za različite ispuste. Gledajući ekstreme (vrijednost maksimuma od 95%), tijekom ljeta najveće koncentracije izmjerene su u Poreču sjever i Vrsaru, zimi uglavnom u Poreču sjever. Izmjerene ekstremne koncentracije u Poreču jug su niže, s najnižim ekstremima u Lanterni. Utvrđeno je da su srednje vrijednosti najveće u Poreču sjever i jug, a najniže na Lanterni.

Slika 2-14 predstavlja raspon izmjerenih koncentracija za EI tijekom zime i ljeta za različite ispuste. Apsolutne su vrijednosti koncentracija za EI, slično koncentracijama pronađenim u kanalizacijskom sustavu, niže od koncentracija za ECOLI. Uočen je sličan obrazac za ekstremne vrijednosti.



**Slika 2-13 Pravokutni dijagrami koncentracija ECOLI [CFU/100 ml] za kampanje zimskog i ljetnog mjerenja po postajama. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi kvadrati prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost.**



Slika 2-14 Pravokutni dijagrami koncentracija IE [CFU/100 ml] za kampanje zimskog i ljetnog mjerenja po postajama. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi kvadrati prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost.

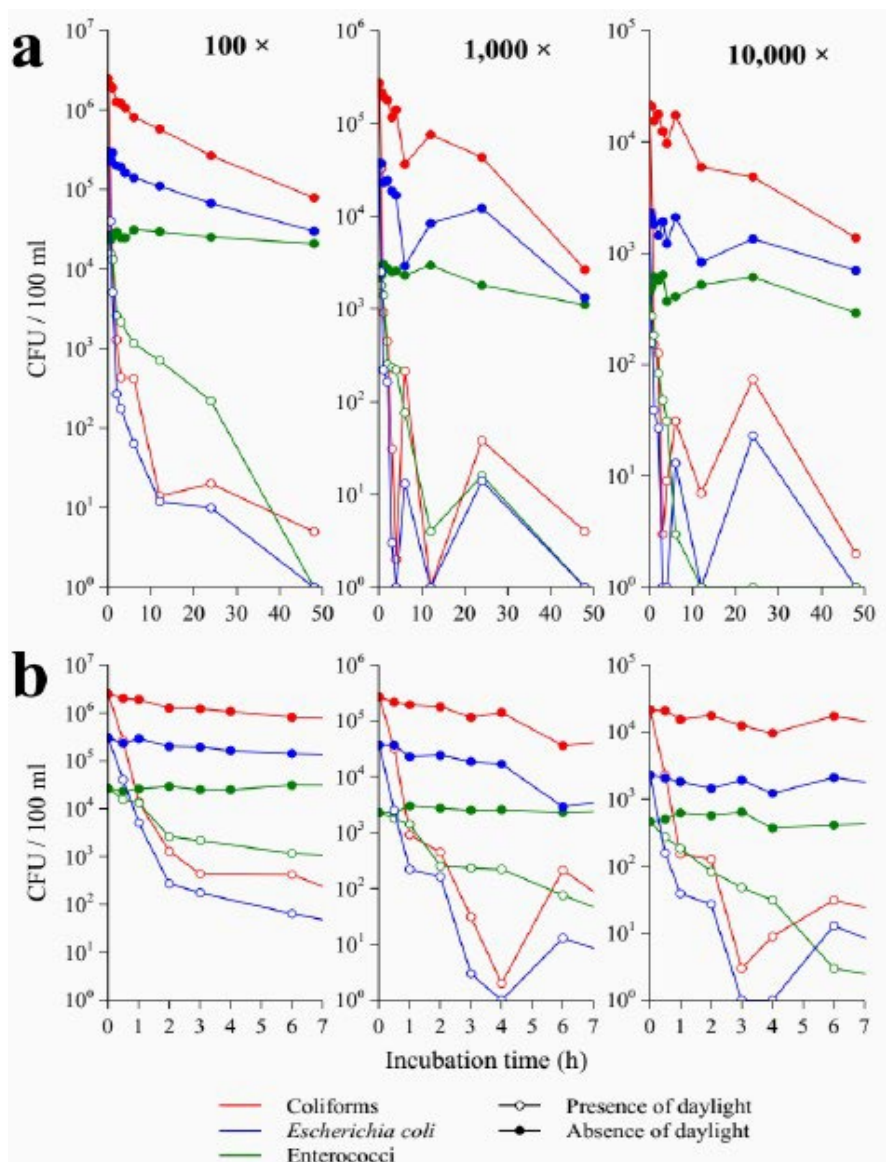
Ostali relevantni parametri koji se odnose na kvalitetu vode su salinitet, temperatura vode, temperatura vjetra i zraka koji su predmet rasprave (IMDC, 2019b)

## 2.3 EKSPERIMENTI VEZANI UZ RASPAD

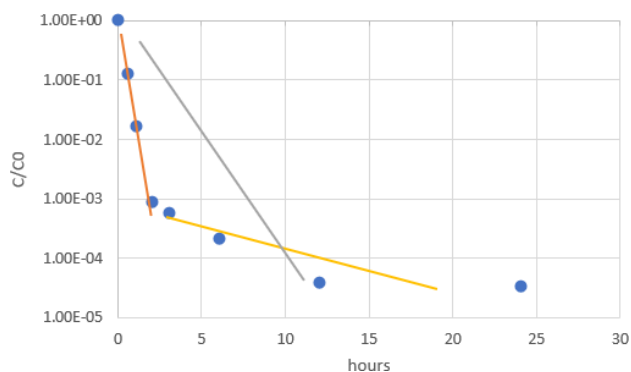
Informacije o reprezentativnim stopama raspada fekalnih bakterija u tipičnim uvjetima duž istarske obale važne su za modeliranje kvalitete vode. Eksperimente raspada proveo je Institut Ruđer Bošković (Korlević i Markovski, 2019.). Ovi su pokusi izvedeni na uzorcima kanalizacije, pri čemu se pravi razlika između uzoraka izloženih svjetlu i uzoraka koji su držani u mraku. Slika 2-15 prikazuje eksperimentalne rezultate.

Raspad fekalnih bakterija obično je predstavljen u obliku eksponencijalnog propadanja, koje bi na logaritamskoj skali (y-os), kao na slici 2-16, pokazivalo ravan trend tijekom vremena (slično sivoj liniji na slici 2-16). Međutim, na temelju početnog ponašanja (nazvanog primarnim raspadom) nalazi se mnogo brža linija trenda koja predstavlja brzo propadanje (slično narančastoj liniji na slici 2-16). Nakon ove prve faze, u mjerenjima je uočeno drugačije ponašanje, s mnogo nižom stopom propadanja fekalnih bakterija. To je predstavljeno žutom linijom trenda na slici 2-16 (naziva se sekundarni raspad).

Kako za ECOLI tako i za IE, ove tri različite brzine raspada određene su i prikazane u tablici 2-3 pomoću vrijednosti  $T_{90}$ , što predstavlja vrijeme nakon kojeg je 90% bakterija mrtvo. Ove stope raspada bile su primijenjene tijekom kalibracije kvalitete vode. Nadalje se razlikuje situacija sa i bez dnevnog svjetla.



Slika 2-15: Rezultati eksperimenta s raspadom za različite razine razrjeđenja uzoraka fekalija iz kanalizacije i za slučajeve u prisutnosti i odsutnosti dnevne svjetlosti. Gornji dio crteža (a) prikazuje cijele vremenske raspone, dok donji crteži (b) prikazuju prve sate vremenskih raspona. Izvor: Korlević i Markovski (2019.).



Slika 2-16: Prikaz izmjerenih normaliziranih koncentracija (plave točke) fekalnih bakterija iz jednog od eksperimenata. Različite linije označavaju moguće brzine (stope) raspada (narančasta se naziva primarna brzina raspada, žuta sekundarna brzina raspada, a siva je kombinirana).

Tablica 2-3 Stope raspada (vrijednosti  $T_{90}$ ) [h] za fekalne bakterije koje su određene iz eksperimenata s raspadom.

Parametar	Primarna brzina raspada (vrijednost $T_{90}$ ) [h]	Sekundarna brzina raspada (vrijednost $T_{90}$ ) [h]	Kombinirana brzina raspada (vrijednost $T_{90}$ ) [h]
ECOLI (dan)	1	18	9,5
IE (dan)	3	18	10,5
ECOLI (noć)	48	60	54
IE (noć)	48	120	84

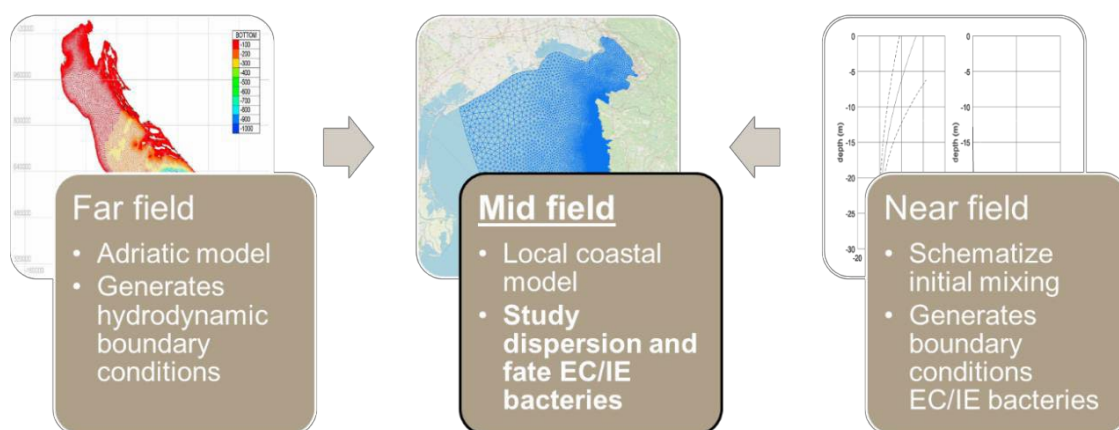


### 3. KALIBRACIJA KVALITETE VODE

#### 3.1 UVOD

Ovaj odjeljak opisuje kalibraciju kvalitete vode koja je provedena za numerički model. U (IMDC, 2019b) provjereno je dobro hidrodinamičko ponašanje modela vlaka. Ova postavka modela sada je proširena na postavku modela kvalitete vode.

Model kvalitete vode simulira rasprostranjenost i sudbinu fekalnih bakterija u obalnom području Istre. Ova simulacija izvodi se pomoću obalnog modela koji je dio modela vlaka. Numerički model vlaka simuliran je u dva koraka (IMDC, 2019a). U prvom koraku simulira se veliki model dalekog polja Jadranskog mora s grubom rezolucijom. Ovaj model velikih razmjera izračunava razine vode, brzine, temperature i salinitet u točkama iz kojih se izvode granični uvjeti za model s manjom domenom (obalni model) oko područja od interesa. Ovaj manji model ima mnogo bolju horizontalnu razlučivost i koristi se za proučavanje disperzije otpadnih voda u obalnom području. Međutim, početni procesi disperzije i miješanja ispuštenih otpadnih voda iz ispusta ne mogu se dobro snimiti korištenjem obalnog modela. Stoga je primijenjen treći model, model bliskog polja za proučavanje ponašanja ispuštanja otpadne vode u bliskom polju. Na temelju rezultata modela bliskog polja, ispusti otpadnih voda su shematizirani u obalnom modelu, koji se također naziva model srednjeg polja. Pregled ovog modela vlaka prikazuje slika 3-1.



Slika 3-1: Pregled modelskog vlaka s različitim numeričkim modelima za procjenu kvalitete vode. Ovo izvješće obuhvaća primjenu modela srednjeg polja, kalibraciju kvalitete vode u obalnom modelu srednjeg polja. (Tekst u slici: **Daleko polje** – Jadranski model, - Generira uvjete hidrodinamičke granice; **Srednje polje** – Lokalni obalni model; - Studija rasprostranjenosti i sudbine EC/IE bakterija; **Blisko polje** – Shematski prikaz početnog miješanja; - Stvaranje graničnih uvjeta EC/IE bakterija)

Provedena su dva mjerenja kakvoće vode zimi i ljeti (odjeljak 2.2). Podaci iz ova dva mjerenja koriste se za kalibraciju modela kvalitete vode. Rezultati modela se uspoređuju s rezultatima mjerenja da se provjeri je li postavka modela sposobna predstavljati sadašnje ponašanje. Testirane su različite postavke za stopu raspada da se odrede najbolje postavke. Zbog visoke razine nesigurnosti uključene u koncentraciju bakterija na izvoru, na točnoj lokaciji oblaka otpadne vode i zbog raspoloživosti ograničenih vremenskih snimaka, fokus je bio na predstavljanju tipičnih razina i obrazaca koncentracije ovih bakterija, umjesto točnog predstavljanja uočenih vrijednosti u ograničenom broju točaka u prostoru i vremenu.



## 3.2 MODELIRANJE U BLISKOM POLJU NA ISPUSTIMA

### 3.2.1 Uvod

Kao što je gore objašnjeno, potrebno je odrediti ulazne uvjete za obalni model srednjeg polja, koji se koristi za izračun kvalitete vode.

Ovi ulazni uvjeti ocjenjuju se modelom bliskog polja koji je u mogućnosti predstaviti početno ponašanje razrjeđivanja i miješanja kada se otpadna voda ispušta kroz otvore u cijevi u more.

Za svaki ispušt više puta izvedena su pokretanja modela bliskog polja kako bi se procijenilo ponašanje bliskog polja u nizu uvjeta s promjenjivim pozadinskim protokom, pražnjenjem i stratifikacijom (ljeti naspram zime).

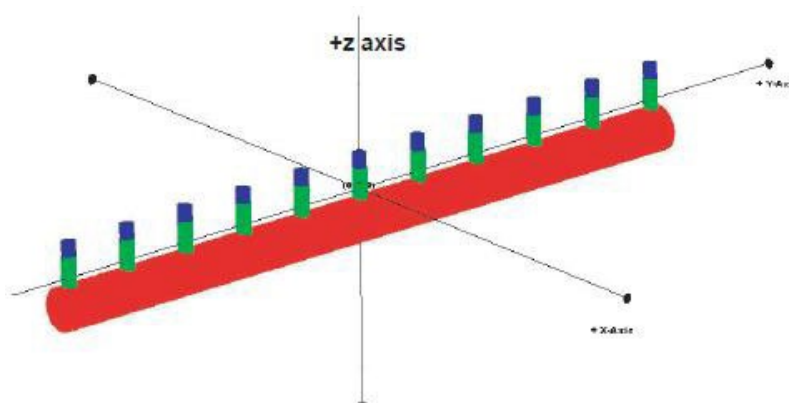
### 3.2.2 Postavke modela

CORMIX 11.0G se primjenjuje za analizu ponašanja bliskog polja pri ispuštanju u vodeno tijelo. CORMIX (*Cornell Mixing Zone Expert System – Cornellov ekspertni sustav za zone miješanja*) razvila je Američka agencija za zaštitu okoliša (Doneker i Jirka, 2017.). Softver CORMIX koristi se za analizu, predviđanje i dizajn vodenih toksičnih ili konvencionalnih sustava odvodnji onečišćujućih tvari u vodena tijela. Naglasak je na analizi geometrije i karakteristika razrjeđenja u početnoj zoni miješanja, unutar bliskog polja i prijelaza u udaljeno polje. Model se koristi u cijelom svijetu za procjenu odvodnje otpadnih voda.

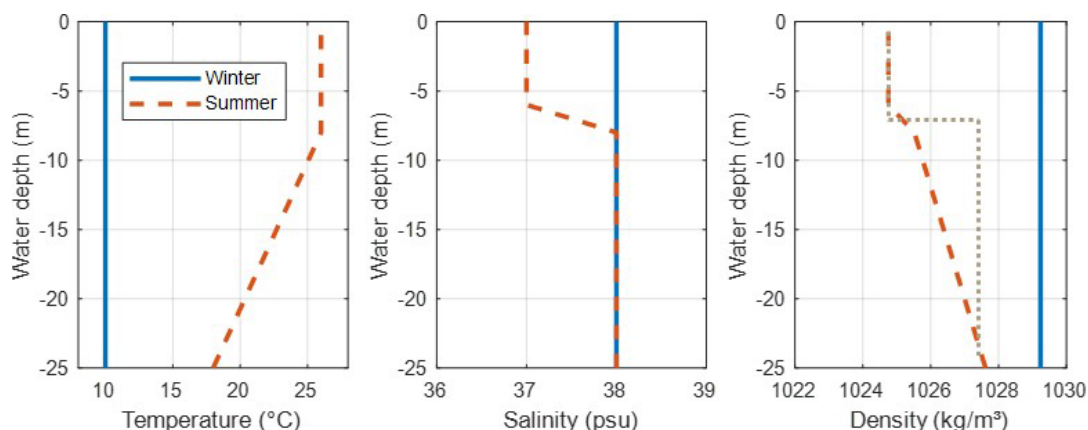
Za svaki ispušt postavlja se vrlo jednostavan model CORMIX koji se sastoji od difuzora ili izlaza s jednom cijevi (karakteristika navedenih u tablici 2-1) i uključujući prosječnu dubinu vode na ispustu. Vrsta shematizacije koja se koristi u CORMIX-u za difuzor prikazana je na slici 3-2.

Za uvjete morske vode razlikuju se ljetni i zimski uvjeti koji su predstavljeni s dva različita profila gustoće (Slika 3-3).

Na temelju analize postojećeg hidrodinamičkog ponašanja u području, kako je objavljeno u IMDC, (2019b), određeni su tipični uvjeti protoka za svaki ispušt. Varijacije uvjeta navedene su u pregledu scenarija (Tablica 3-1).



Slika 3-2: Ilustracija vrste shematizacije difuzora s vertikalnim otvorima koji se primjenjuje u CORMIX-u (Doneker i Jirka, 2017)



Slika 3-3: Varijacije u uvjetima morske vode preko vertikale za zimu i ljeto. Lijevo: varijacija u temperaturi, sredina: varijacija u salinitetu, desno: varijacija u gustoći vode (plavo: dobra izmiješanost u zimskim uvjetima, crveno: stratificirani ljetni uvjeti koji su predstavljeni sivom crtkanom linijom u CORMIX-u).

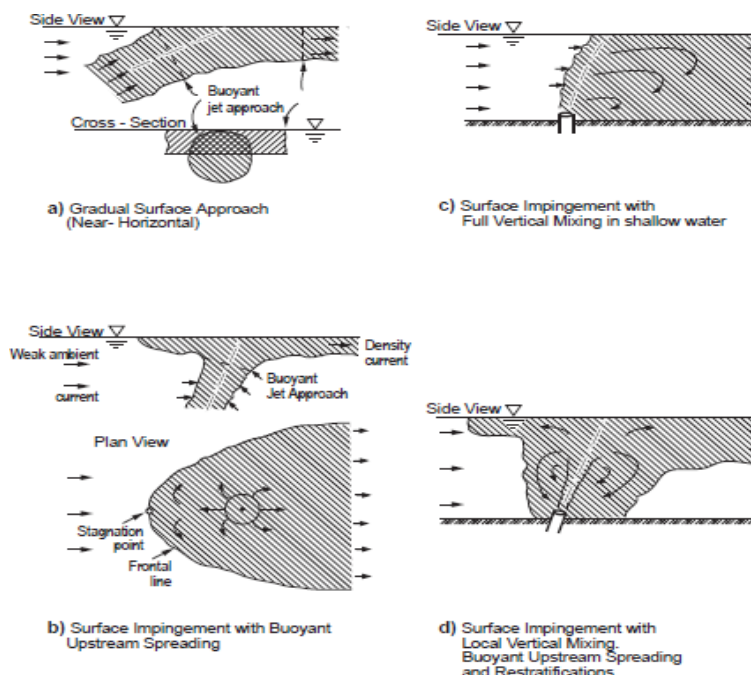
Tablica 3-1: Pregled slučajeva koji su procijenjeni primjenom CORMIX-a. Za projekt i karakteristike samog ispusta upućuje se na Tablicu 2-1.

Ispust	Prosječna dubina vode (m)	Uvjeti protoka
Lanterna	25	5 - 10 cm/s Smjer protoka okomit na difuzor
Červar	15	Vrlo male struje (1 cm/s)
Poreč sjever	24	5 – 15 cm/s Protok pod kutom 45° u odnosu na difuzor
Poreč jug	27	8 – 25 cm/s Smjer protoka okomit na difuzor
Sv. Nikola	24	8 – 25 cm/s Smjer protoka okomit na cijev
Vrsar	30	8 cm/s: smjer protoka okomit na cijev 20 cm/s protok pod kutom 45° u odnosu na cijev
Koversada	13,5	8 cm/s: smjer protoka okomit na cijev 20 cm/s protok pod kutom 45° u odnosu na cijev

### 3.2.3 Rezultati

Izračunati rezultat CORMIX-a pokazuje dimenzije (okomiti položaj u vodenom stupcu i širinu) oblaka otpadne vode na rubu područja miješanja u bliskom polju. U ovom trenutku, disperzijom oblaka otpadne vode dominiraju uvjeti lokalnog protoka, koji su izračunati pomoću obalnog modela srednjeg polja.

Budući da je gustoća efluenta otpadne vode mnogo niža (salinitet na nuli) od morske vode, stvara se pozitivno plutajući mlaz, što znači da otpadna voda ima tendenciju kretati se prema površini. Ovisno o dubini vode i brzini izlaska iz cijevi, mlaz otpadne vode će se u potpunosti izmiješati ili širiti prema višim dijelovima vodenog stupca. Ovi procesi su prikazani na slici 3-4.

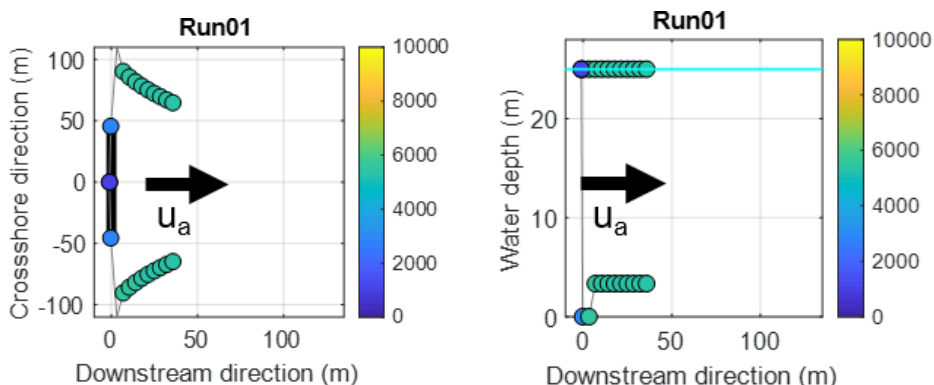


**Slika 3-4: Primjeri ponašanja pozitivno plutajućeg mlaza koji je u interakciji s površinom vode ili sa stratificirano gustim slojem. (Izvor: Doneker i Jirka, 2017.).**

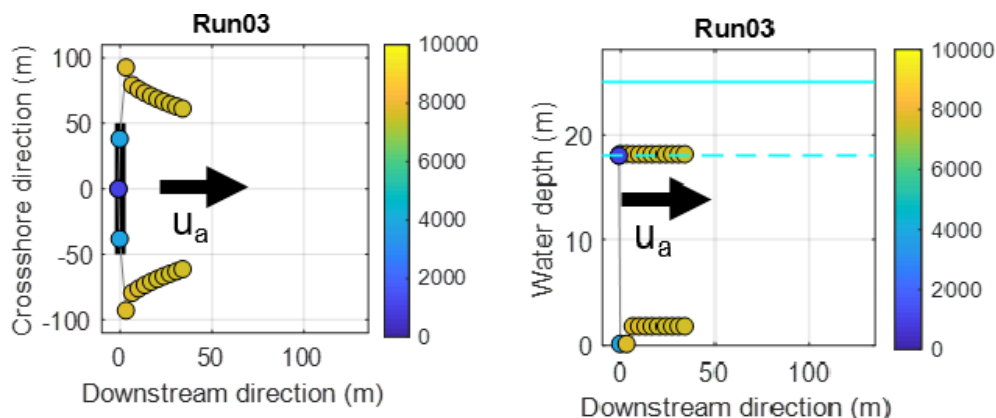
(Tekst slike: a) Gledano sa strane, Pristup plutajućeg mlaza, presjek a) Postupni pristup površini (blizu – horizontalno); b) Gledano sa strane; Struja gustoće; Pristup plutajućeg mlaza; Točka stagnacije; Prednja linija b) Djelovanje na površinu sa uzvodnim plutajuće širenje; c) Gledano sa strane; c) Djelovanje na površinu s punim vertikalnim miješanjem u plitkoj vodi; d) Gledano sa strane; d) Djelovanje na površinu s lokalnim vertikalnim miješanjem. Uzvodno plutajuće širenje i restratifikacije)

Primjeri dimenzija oblaka otpadnih voda izračunatih korištenjem CORMIX-a na području Poreča sjever prikazani su na slici 3-5 i slici 3-6 za zimski slučaj (uvjeti dobro miješane morske vode) i ljetni slučaj (uvjeti stratificirane morske vode). Usporedba presjeka pokazuje da je količina oblaka otpadnih voda tijekom ljeta zarobljena ispod oštrog gradijenta gustoće morske vode tijekom ljeta.

Sažetak nalaza za svaki ispuštavanje naveden je u Tablici 3-2 i ti se nalazi koriste za stvaranje graničnih uvjeta za model obalne kvalitete vode.



**Slika 3-5: Prikaz rezultata CORMIX-a za Poreč sjever za zimski slučaj s oznakom smjera ambijentalnog protoka ( $u_a$ ). Slika lijevo prikazuje oblak otpadne vode (crno je difuzor), desna prikazuje poprečni presjek kroz oblak otpadne vode označujući da se taj oblak širi počevši od 3 metra iznad morskog dna prema površini vode.**



Slika 3-6: Prikaz rezultata CORMIX-a za Poreč sjever ljetni stratificirani slučaj s oznakom smjera ambijentalnog protoka ( $u_a$ ). Slika lijevo prikazuje oblak otpadne vode (crno je difuzor), desna prikazuje poprečni presjek kroz oblak otpadne vode koji se širi počevši od jednog metra iznad morskog dna prema mjestu piknoklina (nagib oštrog gradijenta u gustoći morske vode).

Tablica 3-2: Pregled izračunatih dimenzija oblaka otpadnih voda pomoću CORMIX-a na kraju područja miješanja za različite ispuste tijekom ljeta i zime.

Ispust	Zima		Ljeto	
	Horizontalno širenje	Vertikalno širenje (ispod površine vode = 0m)	Horizontalno širenje	Vertikalno širenje (ispod površine vode = 0m)
Lanterna	110	-24 do 0 m	45	-17 do -6 m
Červar	440	-1 do 0 m	520	-7 do -6 m
Poreč sjever	60	Morsko dno do 0 m	50	Morsko dno do -6 m
Poreč jug	67	-22 do 0 m	64	-24 do -6 m
Sv. Nikola	10	-10 do 0 m	10	-16 do -6 m
Vrsar	39	-3 do 0 m	34	-8 do -6 m
Koversada	5	-5 do 0 m	3	-9 do -6 m

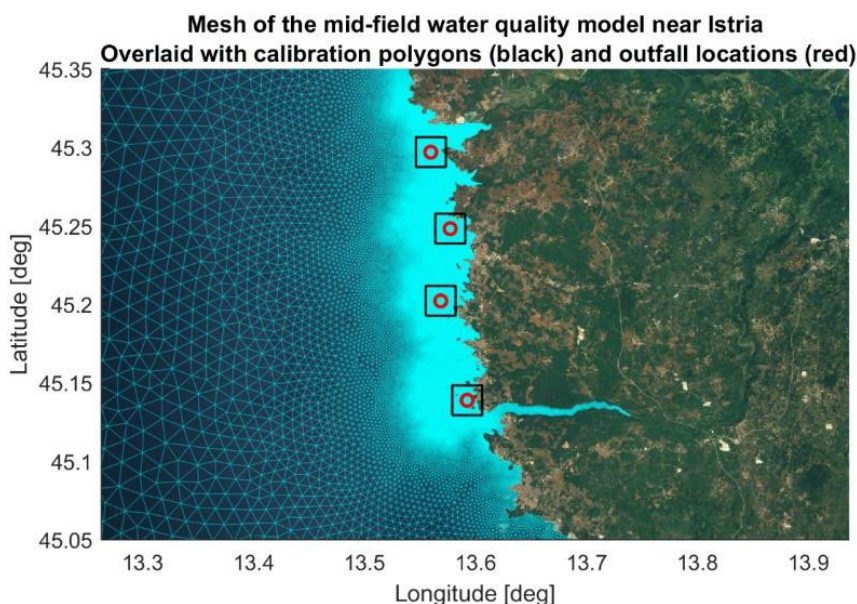
### 3.3 MODELIRANJE KAKVOĆE VODE U SREDNJEM POLJU DUŽ ISTARSKE OBALE

#### 3.3.1 Uvod

U okviru studije proučava se evolucija bakterija *Escherichia coli* (ECOLI) i *Enterococci* (IE), koje se u Jadransko more unose ispuštima odvodnje uz obalu Istre, provođenjem simulacija s trenutno predstavljenim modelom kvalitete vode srednjeg polja.

U ovoj studiji provodi se kalibracija kako bi se pronašle optimalne postavke za model kvalitete vode za ove bakterije. U tu svrhu provode se simulacije desetodnevnih razdoblja koja odgovaraju datumima provedbe mjerenja iz siječnja 2019. i srpnja 2019. godine.

Strategija kalibracije je drugačija u usporedbi s hidrodinamičkom kalibracijom gdje su izmjerene vremenske serije razina i brzina vode na određenim lokacijama koje su uspoređene pomoću modela. Zbog malog broja mjerenja u vremenu i prostoru otežana je usporedba modela i mjerenja. Male varijacije u lokaciji i vremenu modeliranog oblaka otpadne vode s fekalijama i bakterijama mogu dovesti do velikih odstupanja između opažanja i rezultata modela, na primjer, kada oblak otpadne vode samo prođe pored mjerne točke. Stoga se umjesto pokušaja predstavljanja određene izmjerene vrijednosti u vremenu i prostoru, procjenjuje opće ponašanje modela. Da bi se to postiglo, uspoređuje se raspon tipičnih koncentracija u blizini ispusta u mjerenjima i modelu. Izrađuje se procjena optimalne stope raspada usporedbom pravokutnih dijagrama izmjerenih i modeliranih koncentracija ECOLI i IE bakterija po ispustu gdje su obavljena mjerenja. Za modelirane koncentracije korišteni su podaci za sve točke horizontalne mreže dublje od 10 [m] unutar unaprijed definiranih poligona od 3x3 [km] oko mjesta ispusta (Slika 3-7). Odabrano je pet različitih vertikalnih nagiba (tj. [0,25,50,75,100]% dubine vode). Nadalje, podaci se biraju dva sata prije i nakon trenutka pražnjenja koji se dogodio najbliže mjestu mjerenja.



*Slika 3-7 Mreža modela kvalitete vode srednjeg polja blizu Istre koja se preklapa s poligonima za kalibraciju 3x3 [km] (crni kvadrati) i mjestima ispusta (crveni krugovi).*

### 3.3.2 Postavke modela

Model kvalitete vode srednjeg polja temelji se na hidrodinamičkom modelu IMDC-a (IMDC, 2019a). Pojediniosti o postavljanju modela (razlučivost mreže modela, granični uvjeti, postavke itd.) mogu se pronaći u izvješću o postavljanju hidrodinamičkog modela (IMDC, 2019a). Za ovaj dio studije, hidrodinamički model je povezan s modulom kvalitete vode WAQTEL koji je dostupan u TELEMAC-u. Dio TELEMAC-3D modela kvalitete vode srednjeg polja ima istu postavku kao i hidrodinamički model, iako uključuje neke dodatne značajke koje su potrebne za modeliranje kvalitete vode:

- Modul za uvođenje bakterijskog pražnjenja, spajanje modela bliskog i srednjeg polja
- Implementacija stope raspada bakterija

#### 3.3.2.1 Povezanost između modeliranja bliskog i srednjeg polja.

Model bliskog polja, koristeći CORMIX kao što je prikazano u odjeljku 3.2, izračunava kako se ispuštanje otpadne vode s fekalnim bakterijama razvija u oblak. Kao krajnji rezultat dobije se oblik trodimenzionalnog profila fekalnih bakterija za različite uvjete okoline (brzine protoka i stratifikacija). Ovaj oblik CORMIX daje kao parametre (širina i visina) koji je cilindričnog oblika. Prilagođena softverska rutina implementirana je u TELEMAC-3D kako bi se ti rezultati primijenili na TELEMAC. U okviru ove rutine, čita se ulazna datoteka koja sadrži parametre oblaka otpadne vode (količina bakterija koja se izbacuje, kao i širina te gornji i donji dio vidljivog oblaka u dalekom polju) za svaki trenutak u vremenu. Rutinski se zatim izračunava količina bakterija koju treba dodati modelu i raspoređuje ju na taj način diljem trodimenzionalne TELEMAC mreže, da se ispune širina i visina koje su navedene u ulaznoj datoteci.

Postavke ulaznih parametara za simulacije oblaka fekalnih bakterija u modelu srednjeg polja navedene su u odjeljcima 3.3.3 (ljetni scenarij) i 3.3.4 (zimski scenarij).

#### 3.3.2.2 Stope raspada

Stopa raspada (propadanja) u TELEMAC-u definirana je kao k-vrijednost, koja se izračunava prema tipičnoj vrijednosti  $T_{90}$  kako slijedi:  $k = -\ln(0,1)/T_{90}$ .

U TELEMAC-u je implementiran modul za primjenu različitih k-vrijednosti tijekom dana (gdje je raspad pod utjecajem sunčeve svjetlosti) i noći ().

Stope raspada variraju kako bi se kalibrirao model. Temelje se na pokusima raspada koje je proveo Institut Ruđer Bošković (Korlević i Markovski, 2019; odjeljak 2.3).

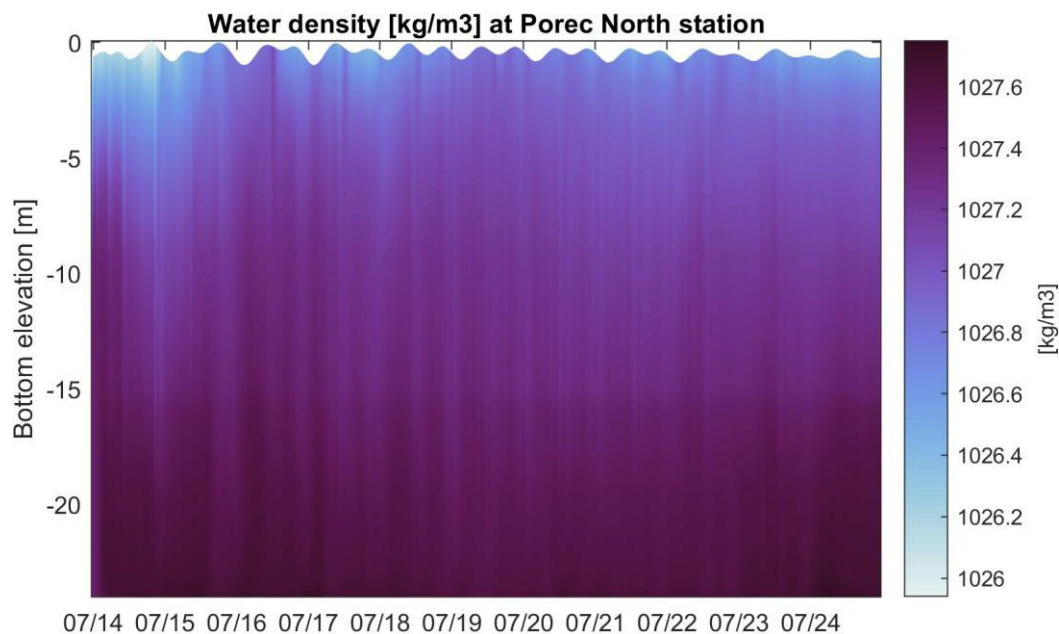
### 3.3.3 Stratificirani uvjeti – ljetni scenarij

Razdoblje ljetnog scenarija sa stratificiranim uvjetima je od 13.07.2019. do 24.07.2019. godine i odgovara razdoblju u kojem su obavljena mjerenja na ispustima (Korlević i Markovski, 2019.). Slika 3-8 prikazuje vertikalnu varijaciju gustoće vode tijekom desetodnevnog razdoblja modeliranja u srpnju 2019. Ona pokazuje da su u tom razdoblju prisutne varijacije gustoće od maksimalno 2 [kg/m<sup>3</sup>]. Štoviše, vidljivo je povećanje gustoće u smjeru prema dolje s povremenim oštrim gradijentima, što pokazuje stratificirane slojeve

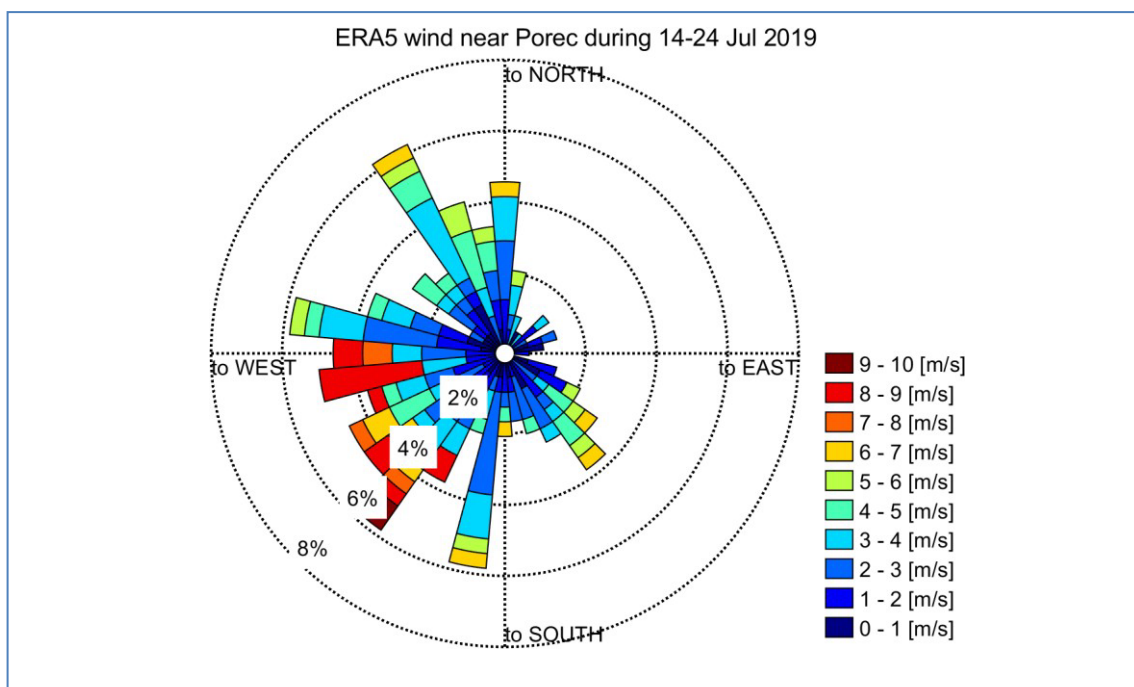


s varijacijama gustoće na dnevnoj skali. Uvjeti vjetra tijekom ovog razdoblja simulacije (Slika 3-9) bili su umjereni, s dominantnim istočnim vjetrom (u smjeru zapada).

Parametri primijenjeni za ljetni scenarij prikazani su u tablici 3-3.



Slika 3-8 Evolucija gustoće vode [kg/m<sup>3</sup>] u vremenu (14. do 24. srpnja 2019.) duž vodenog stupa u postaji Poreč sjever.



Slika 3-9 Ruža vjetrova prikazuje pojavu smjera vjetra ERA5 i uvjeta brzine pokraj Poreča tijekom ljetnog perioda od 14. do 24. srpnja 2019.

**Tablica 3-3 Postavke parametara za simulacije oblaka fekalnih bakterija u TELEMAC-3D na temelju simulacija bliskog polja (Stratificirani uvjeti – ljetni scenarij). Ovdje je  $Z_{min}$  minimalna dubina oblaka otpadne vode,  $Z_{max}$  maksimalna dubina oblaka,  $L$  horizontalna polu-dužina oblaka,  $B$  horizontalna polu-širina oblaka,  $\theta$  je kut oblaka u odnosu na vertikalu ( $\theta = 0$  [deg] je okomita ravnina) i  $\Phi$  kut oblaka u odnosu na horizontalu ( $\Phi = 0$  [deg] je orijentacija istok-zapad).**

Ispust	Istjecanje ECOLI [KVE/s]	Istjecanje IE [KVE/s]	Vrijeme pražnjenja [s]	Vremenski interval [s]	$Z_{min}$ [m]	$Z_{max}$ [m]	L [m]	B [m]	$\theta$ [deg]	$\Phi$ [deg]
Lanterna	3,85E+10	2,75E+09	455	5538	$Z_{max} - 11$	-6	10	45	0	110
Červar	2,10E+09	1,50E+08	455	1770	$Z_{max} - 1$	-6	10	300	0	135
Poreč sjever	3,85E+10	2,75E+09	455	1770	-16	-6	10	50	0	97
Sv. Nikola	7,00E+08	5,00E+07	357	793	$Z_{max} - 18$	-6	10	64	0	90
Poreč jug	4,90E+10	3,50E+09	357	793	$Z_{max} - 10$	-6	10	10	0	94
Vrsar	2,65E+10	1,88E+09	333	1317	$Z_{max} - 2$	-6	10	34	0	94
Koversada	1,05E+09	7,50E+07	333	1317	$Z_{max} - 3$	-6	10	3	0	97

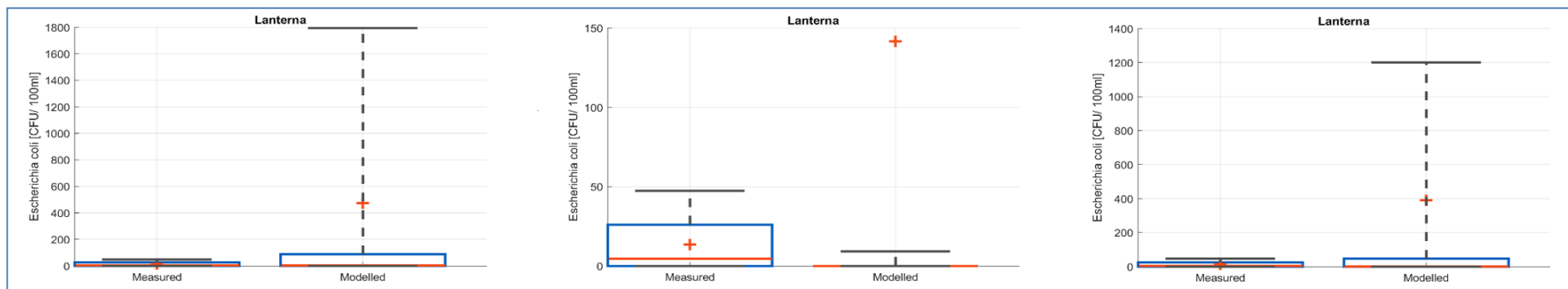
Provedene su tri različite simulacije kalibracije za ljetni scenarij kako bi se pronašla najoptimalnija postavka za stope raspada fekalnih bakterija. Različite ispitane stope raspada (vrijednosti  $T_{90}$ ) [h] navedene su u tablici 3-4.

**Tablica 3-4 Stope raspada (vrijednosti  $T_{90}$ ) [h] fekalnih bakterija koje se koriste u tri ciklusa kalibracije**

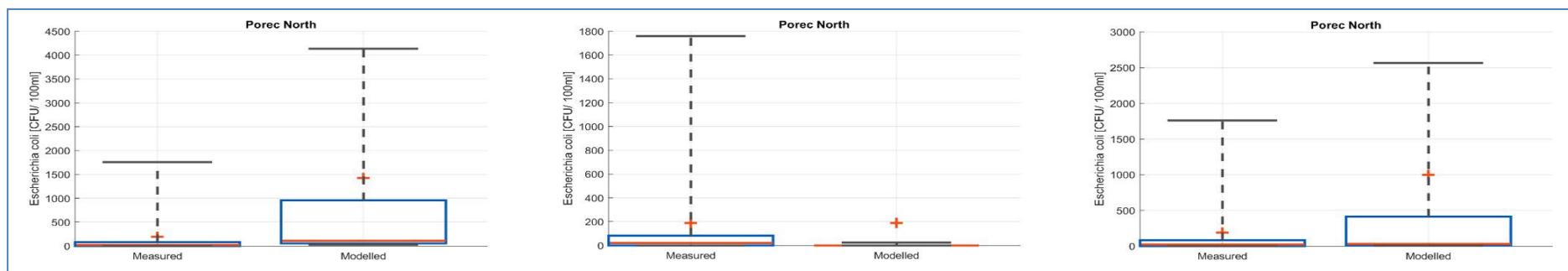
Bakterije	Sekundarna brzina raspada (vrijednost $T_{90}$ ) [h]	Primarna brzina raspada (vrijednost $T_{90}$ ) [h]	Kombinirana brzina raspada (vrijednost $T_{90}$ ) [h]
ECOLI (dan)	18	1	9.5
IE (dan)	18	3	10.5
ECOLI (noć)	60	48	54
IE (noć)	120	48	84

Rezultati kalibracije prikazani su na slikama 3-10 do slike 3-17. Oni pokazuju da korištenjem sekundarnih brzina raspada (sporo raspadanje) iz laboratorijskih eksperimenata, općenito postoji precijenjena koncentracija ECOLI i IE, jer bakterije mogu preživjeti predugo u modelu. Simulacije koje koriste primarne brzine raspada (brzo raspadanje) pokazuju podcijenjene koncentracije ECOLI i IE, jer bakterije prebrzo umiru u modelu. Kombinacija ovih dviju postavki brzine raspada stoga daje najtočnije koncentracije, pri čemu srednja vrijednost (crvena linija u pravokutnim dijagramima) simulacije na svakoj postaji ima isti red veličine kao i izmjerena srednja vrijednost. Nadalje, izmjerene najviše vršne koncentracije, koje prikazuje maksimum 95%, često su blizu izmjerenim vršnim vrijednostima.

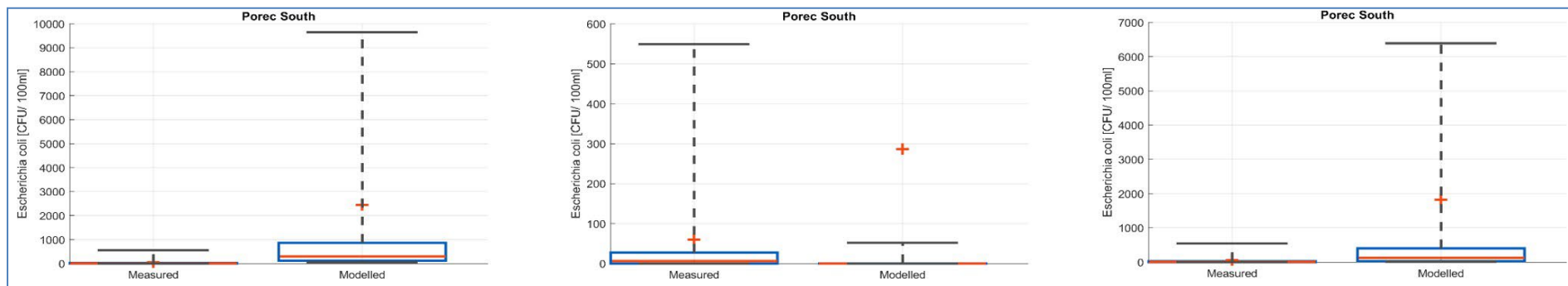
S obzirom da je količina mjernih podataka vrlo ograničena, što ograničava opsežniju kalibraciju, smatra se da model kvalitete vode koji koristi kombiniranu brzinu raspada daje rezultate koji su dovoljno točni za analizu scenarija u ljetnim uvjetima.



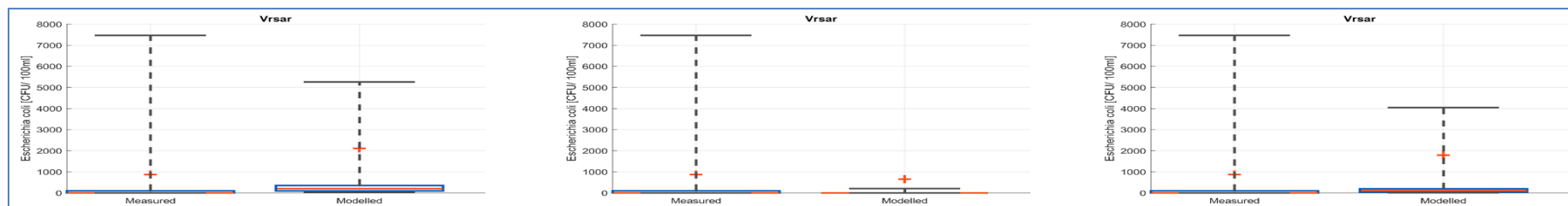
Slika 3-10 Ljetni scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih ECOLI koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Lanterna. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Obratite pozornost da se mjerilo mijenja od slike do slike.



Slika 3-11 Ljetni scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih ECOLI koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Poreč sjever. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike.

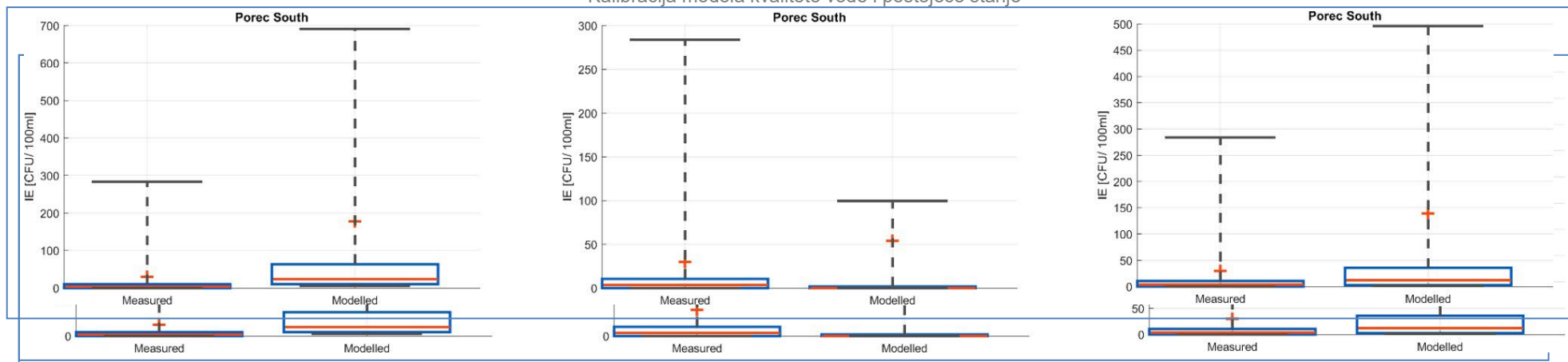


Slika 3-12 Ljetni scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih ECOLI koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Poreč jug. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike.

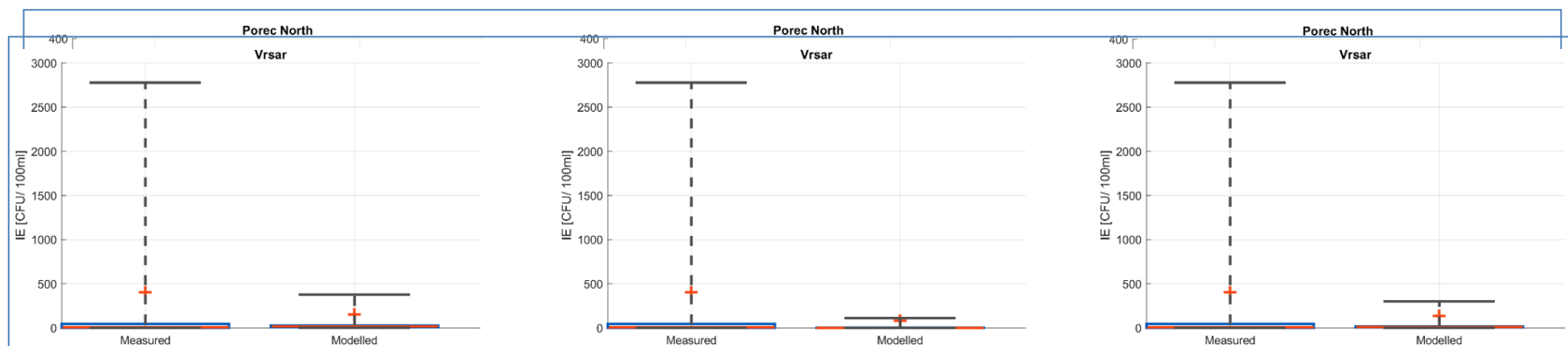


Slika 3-13 Ljetni scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih ECOLI koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Vrsar. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike.

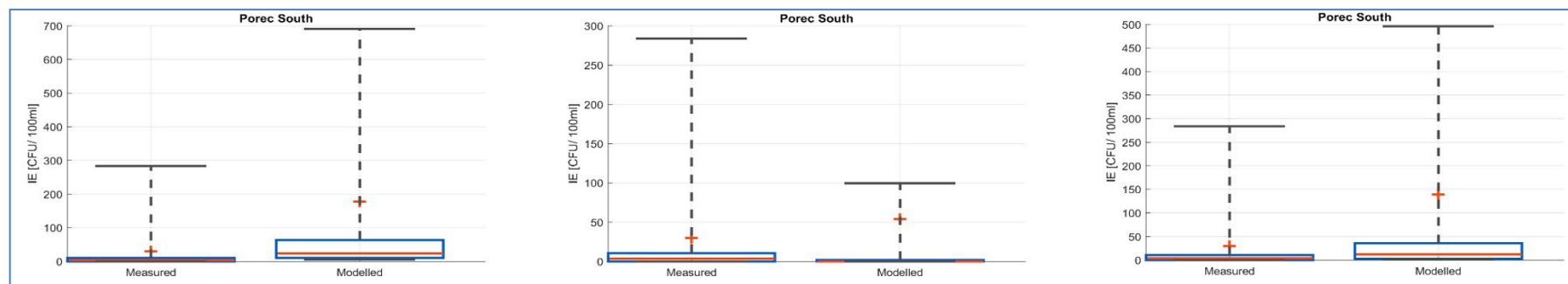
Modeliranje kvalitete morske vode u Istri  
Kalibracija modela kvalitete vode i postojeće stanje



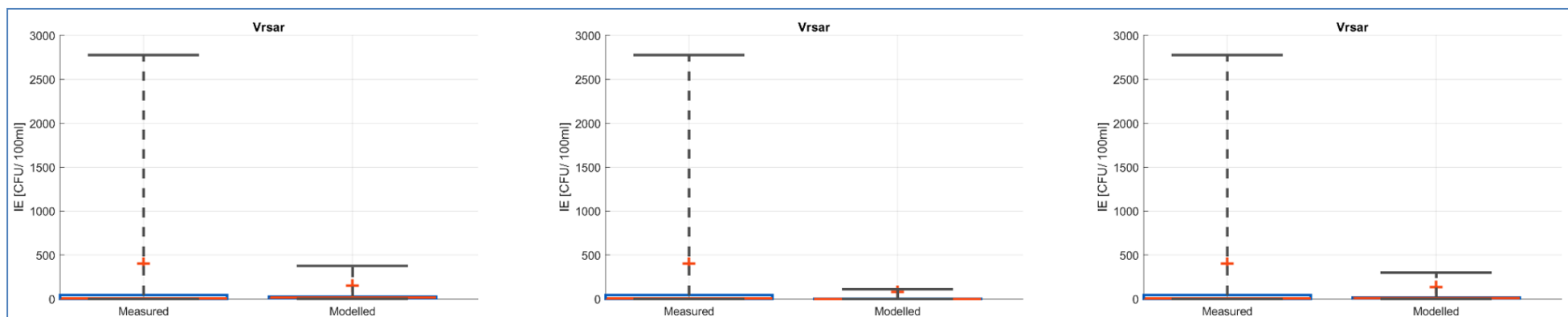
Slika 3-14 Ljetni scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih IE koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Lanterna. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike.



Slika 3-15 Ljetni scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih IE koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Poreč sjever. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike.



Slika 3-16 Ljetni scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih IE koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Poreč jug. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike.



Slika 3-17 Ljetni scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih IE koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Vrsar. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike.



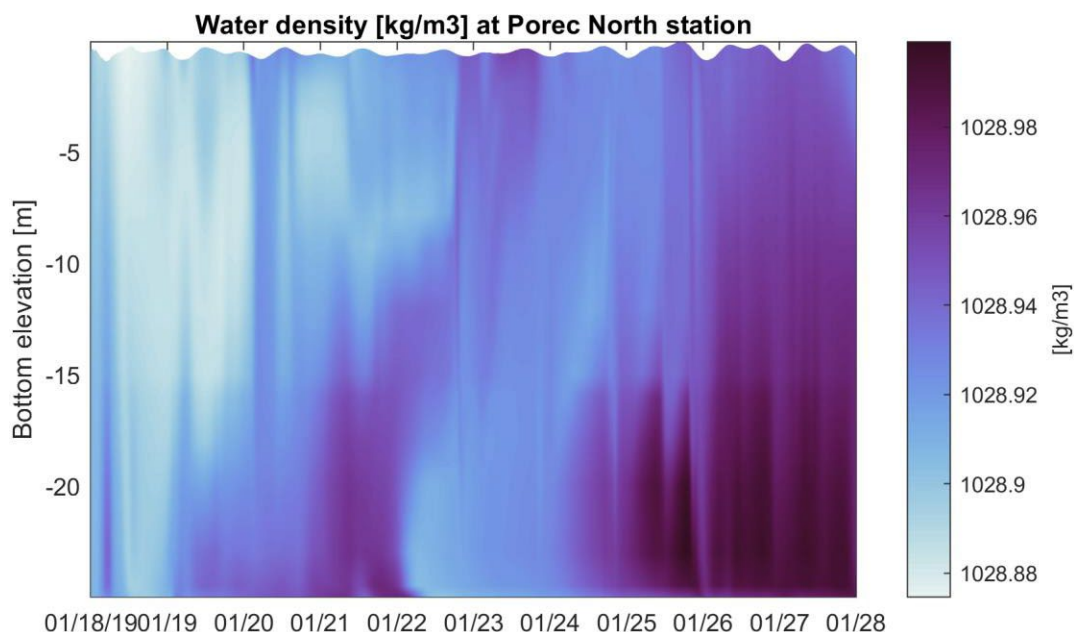
### 3.3.4 Mješoviti uvjeti – zimski scenarij

Razdoblje zimskog scenarija s mješovitim uvjetima je od 18.01.2019. do 28.01.2019. godine i odgovara razdoblju kada je mjerenja na ispustima obavljao Institut Ruđer Bošković. Slika 3-18 prikazuje varijaciju gustoće vode u vertikali tijekom desetodnevnog razdoblja modeliranja u siječnju 2019. Ona pokazuje da su varijacije gustoće male s maksimalno 0,1 [kg/m<sup>3</sup>] i da su te varijacije nasumično pomiješane kroz vodeni stup. Uvjeti vjetra tijekom ovog razdoblja simulacije (Slika 3-19) bili su jaki, s postojanim vjetrom u smjeru jugozapada tijekom većeg dijela trajanja razdoblja simulacije.

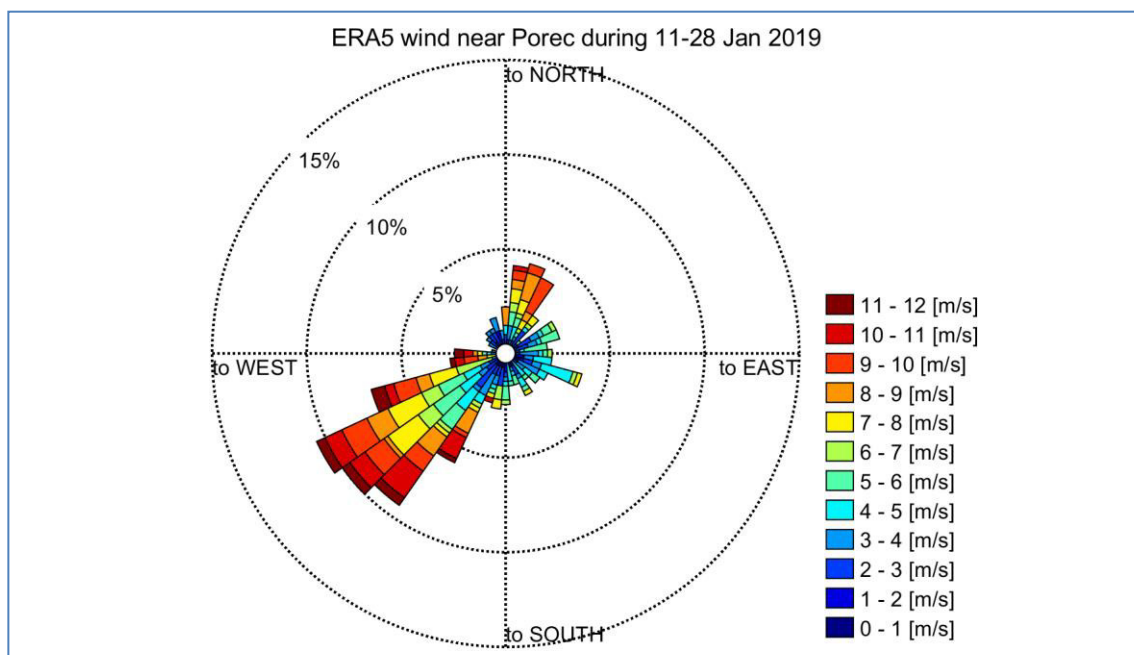
Parametri primijenjeni za zimski scenarij prikazani su u tablici 3-5.

Slično kalibraciji ljetnog scenarija (odjeljak 3.3.3), procjena optimalne brzine raspada je napravljena uspoređivanjem dijagrama izmjerenih i modeliranih koncentracija ECOLI i IE bakterija po postaji koristeći iste brzine raspada.

Rezultati kalibracije prikazani su na slikama 3-20 do 3-27. Što se tiče ljetnog scenarija, ovi ciklusi kalibracije pokazuju da ako se koriste sekundarne (spore) brzine raspada iz laboratorijskih eksperimenata, općenito postoji precijenjenost koncentracija ECOLI i IE zbog sporog odumiranja. Simulacije s primjenom primarne (brze) stope raspada ukazuju na podcijenjene koncentracije ECOLI i IE jer bakterije prebrzo odumiru u modelu. Kombinacija ovih dviju postavki brzine raspada stoga osigurava najbolje podudaranje s opaženim koncentracijama, pri čemu srednja vrijednost (crvena linija) simulacije na svakom ispustu ima isti red veličine kao i izmjerena srednja vrijednost. Međutim, izmjerene najveće vršne koncentracije (prikazane maksimumom od 95%) značajno su podcijenjene na postaji Poreč sjever, a precijenjene na postajama Poreč jug i Vrsar za bakterije ECOLI.



*Slika 3-18 Evolucija gustoće vode [kg/m<sup>3</sup>] u vremenu (18 do 28. siječnja 2019.) duž vodenog stupca na postaji Poreč sjever.*

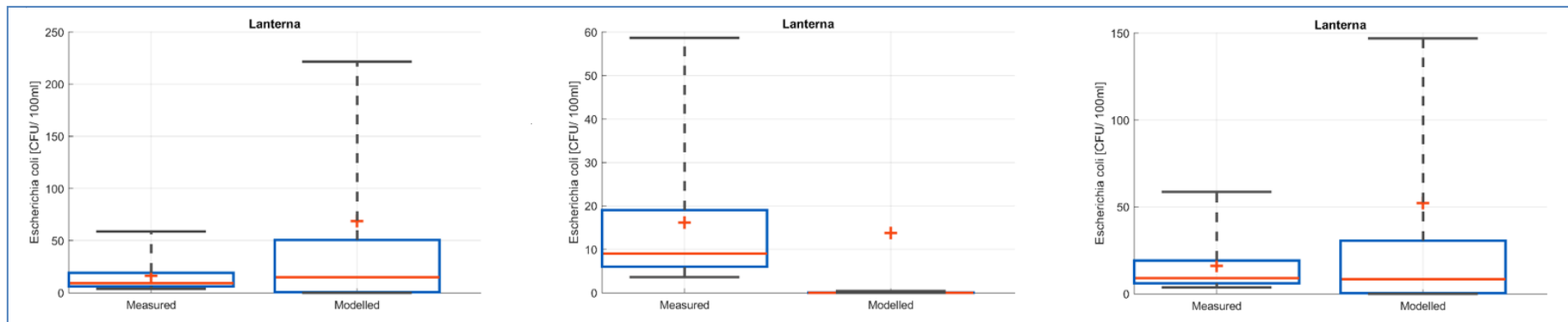


Slika 3-19 Ruža vjetrova prikazuje pojavu smjera vjetra ERA5 i uvjeta brzine pokraj Poreča tijekom perioda zimske simulacije od 11. do 28. siječnja 2019.

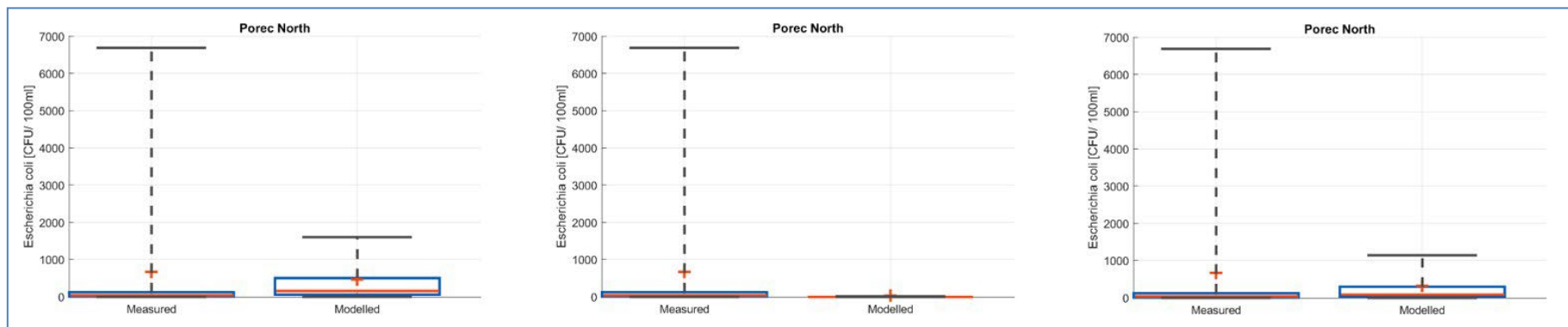
Tablica 3-5 Postavke parametara za simulacije oblaka fekalnih bakterija u TELEMAC-3D na temelju simulacija bliskog polja (Miješani uvjeti – zimski scenarij). Ovdje je  $Z_{min}$  minimalna dubina oblaka otpadne vode,  $Z_{max}$  maksimalna dubina oblaka,  $L$  horizontalna polu-dužina oblaka,  $B$  horizontalna polu-širina oblaka,  $\theta$  je kut oblaka u odnosu na vertikalu ( $\theta = 0$  [deg] je okomita ravnina) i  $\Phi$  kut oblaka u odnosu na horizontalu ( $\Phi = 0$  [deg] je orijentacija istok-zapad).

Parametar	Istjecanje ECOLI [KVE/s]	Istjecanje IE [KVE/s]	Vrijeme pražnjenja [s]	Vremenski interval [s]	$Z_{min}$ [m]	$Z_{max}$ [m]	L [m]	B [m]	$\theta$ [deg]	$\Phi$ [deg]
Lanterna	1,43E+11	1.21E+09	455	28800	$Z_{max}$ 24	- Vodena površina	10	110	0	110
Červar	7,80E+09	6.60E+07	455	3108	$Z_{max}$ -1	Vodena površina	10	300	0	135
Poreč sjever	1,43E+11	1.21E+09	455	3108	-16	Vodena površina	10	60	0	97
Sv. Nikola	2,60E+09	2.20E+07	357	1548	$Z_{max}$ 22	- Vodena površina	10	67	0	90
Poreč jug	1,82E+11	1.54E+09	357	1548	$Z_{max}$ 10	- Vodena površina	10	10	0	94
Vrsar	9,75E+10	8.25E+08	333	6171	$Z_{max}$ -3	Vodena površina	10	39	0	94
Koversada	3,90E+09	3.30E+07	333	6171	$Z_{max}$ -5	Vodena površina	10	5	0	97

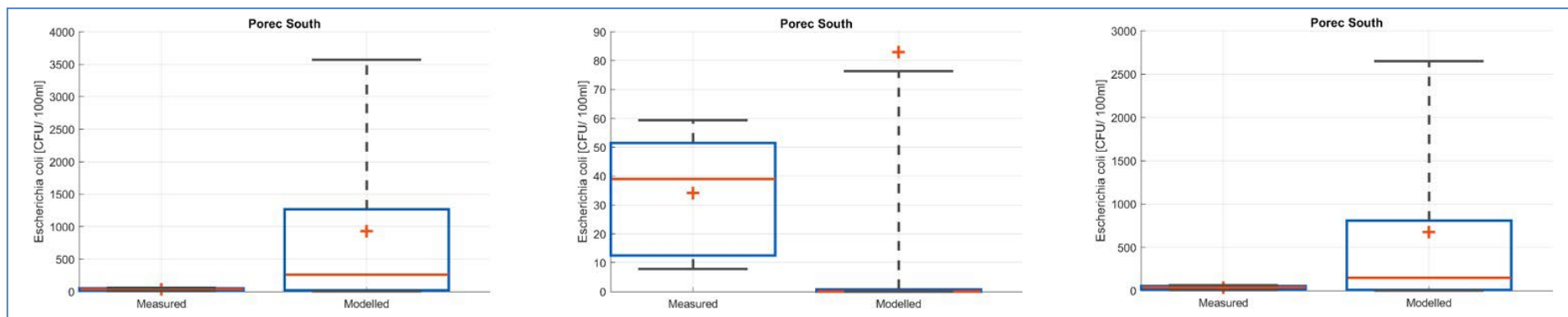
S obzirom da je količina mjernih podataka vrlo ograničena, što ograničava opsežniju kalibraciju, smatra se da model kvalitete vode koji koristi kombiniranu brzinu raspada daje rezultate koji su dovoljno točni za analizu scenarija u zimskim uvjetima.



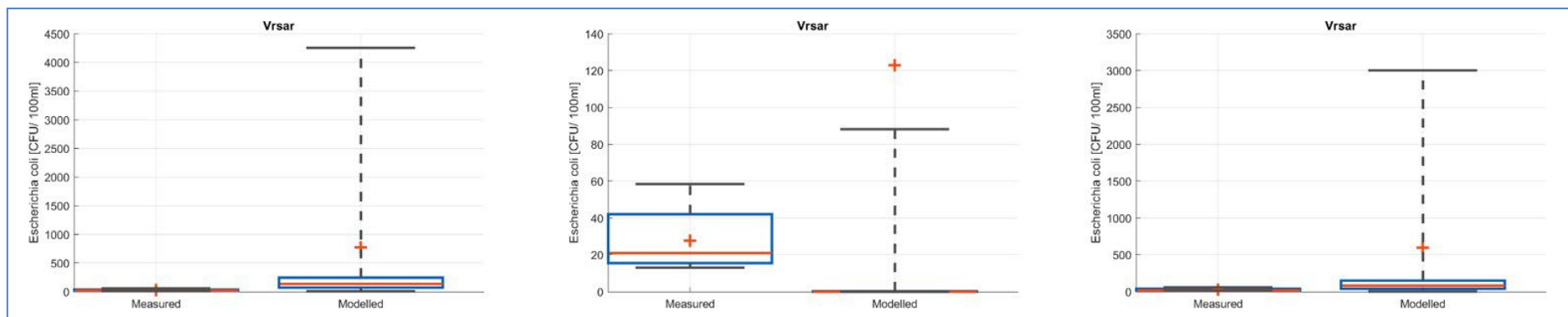
Slika 3-20 Zimski scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih ECOLI koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Lanterna. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike.



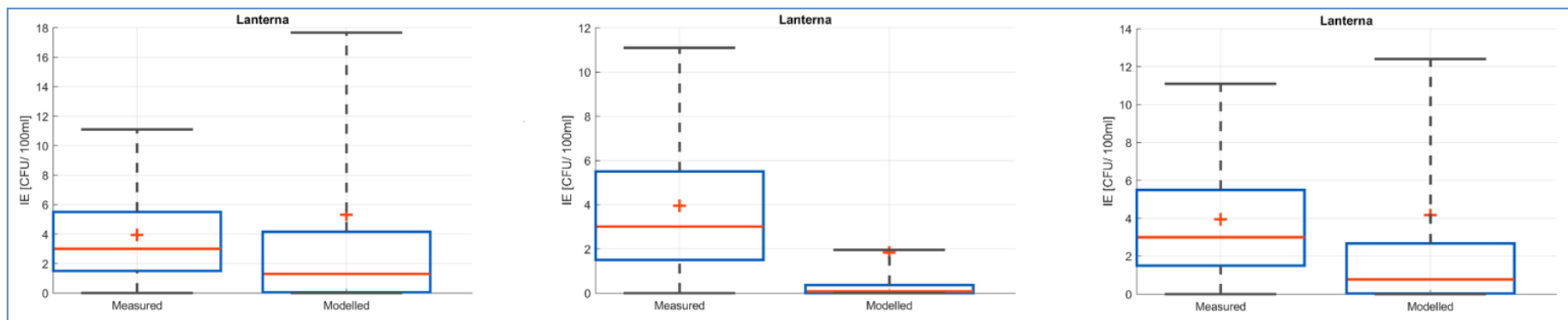
Slika 3-21 Zimski scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih ECOLI koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Poreč sjever. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike.



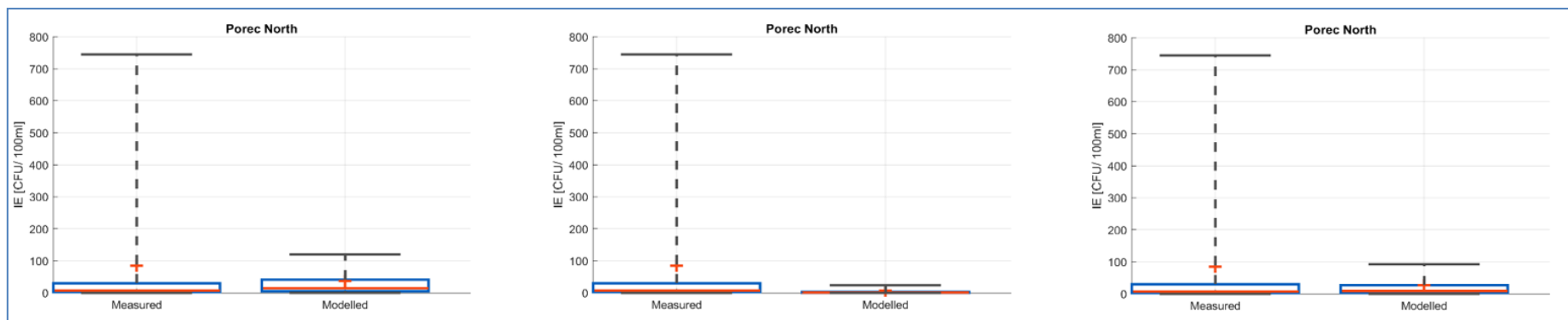
Slika 3-22 Zimski scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih ECOLI koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Poreč jug. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike.



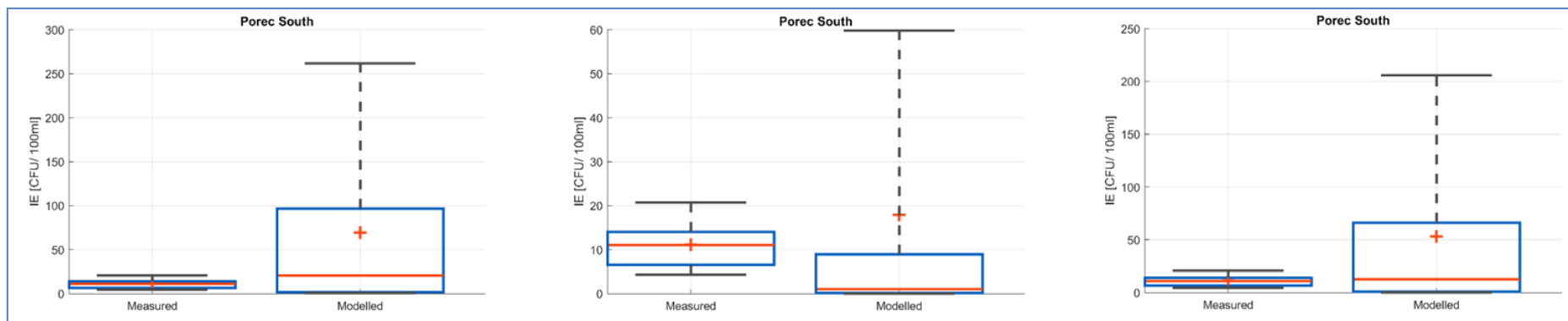
Slika 3-23 Zimski scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih ECOLI koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Vrsar. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike.



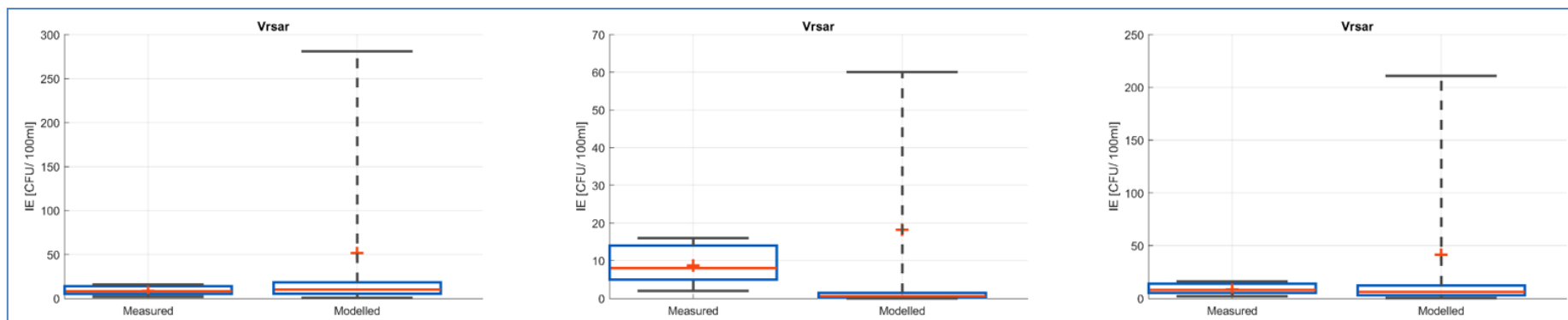
Slika 3-24 Zimski scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih IE koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Lanterna. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike.



Slika 3-25 Zimski scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih IE koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Poreč sjever. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike.



Slika 3-26 Zimski scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih IE koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Poreč jug. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike.



Slika 3-27 Zimski scenarij: Pravokutni dijagrami izmjerenih i modeliranih IE koncentracija [CFU/100 ml] na postaji Vrsar. Crvena linija označava srednju vrijednost (medijan), plavi pravokutnici prvi i treći kvartil, sive linije prikazuju vrijednosti minimuma i maksimuma od 5% i 95%, dok crveni križ označava prosječnu vrijednost. Lijevo: simulacija korištenjem promatrane brzine sekundarnog raspada. Sredina: simulacija korištenjem promatrane brzine primarnog raspada. Desno: simulacija korištenjem kombiniranih brzina raspada. Napomena: mjerilo se mijenja od slike do slike.



## 4. POSTOJEĆE STANJE

### 4.1 UVOD

U ovom poglavlju raspravlja se o ponašanju oblaka fekalnih bakterija i procjeni kakvoće vode za sadašnju situaciju tijekom ljeta (stratificirani uvjeti) i zime (mješoviti uvjeti). Referentne vrijednosti za ocjenu mikrobne kakvoće mora preuzete su iz Korlević i Markovski (2019) i prikazane u tablici 4-1. Na temelju toga, kakvoća vode u ovoj studiji ocijenjena je kao nedovoljna za koncentracije IE > 200 [CFU/ 100 ml] i ECOLI > 300 [CFU/ 100 ml].

*Tablica 4-1 Referentne vrijednosti za ocjenu mikrobne kakvoće mora nakon svakog ispitivanja koje je odredila Republika Hrvatska (NN 73/2008). Preuzeto iz Korlević i Markovski (2019)*

Parametar	Odlična kvaliteta	Dobra kvaliteta	Dovoljno	Referentne metode
Crijevni enterokok [CFU / 100 ml]]	< 60	61 - 100	101 - 200	HRN EN ISO 7899-1 ili HRN EN ISO 7899-2
Escherichia coli [CFU / 100 ml]	< 100	101 - 200	201 - 300	HRN EN ISO 9308-1 ili HRN EN ISO 9308-3

Za oba godišnja doba sadašnje ponašanje je ilustrirano na temelju karata sa:

- Vremenski prosječne koncentracije na različitim razinama vodenog stupca
- Karte prekoračenja koje pokazuju koliko često se prelazi prag kvalitete vode, uključujući konture 5., 50. i 95. percentila. Ovdje 5. percentil predstavlja konturu gdje je prag prekoračen 5% vremena.

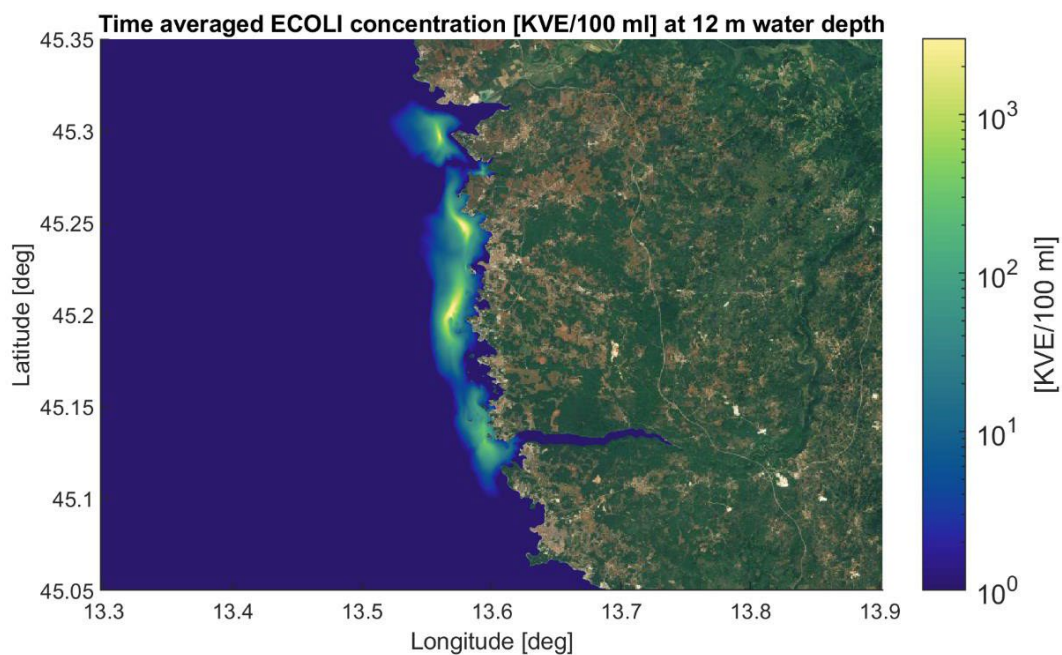
### 4.2 STRATIFICIRANI UVJETI – LJETNI SCENARIJ

Rezultati ljetnog scenarija (Slika 4-1 i 4-2) pokazuju da je oblak otpadne vode s fekalnom bakterijom ECOLI ograničen na dva do tri [km] širok poteza duž istarske obale, te da se kreće uglavnom duž obale zbog plimnog utjecaja s ograničenom disperzijom prema moru. Kritične točke s visokim koncentracijama (u [CFU /100 ml]) odgovaraju mjestima ispusta. Kao što je pronađeno u modelu bliskog polja tijekom stratificiranih uvjeta (koji se često javljaju ljeti), ispuštena otpadna voda zarobljena je na dubini u vodenom stupcu i ne može lako doći do površine, iako se sastoji od slatke vode čija je gustoća niža od morske vode. Stoga se najveće koncentracije nalaze blizu sredine vodenog stupca, gdje je gradijent gustoće najjači (Slika 4-1), dok se značajno manje bakterija ECOLI nalazi u blizini morskog dna i blizu površine (Slika 4-2). To također prikazuje presjek koncentracija ECOLI snimljenih na lokaciji ispusta Poreč Sjever (Slika 4-4). Praćenjem evolucije jednog ECOLI oblaka (slika 4-5 prikazuje trenutnu prostornu distribuciju oblaka na razini stratifikacije u istom trenutku poprečnog presjeka na slici 4-4), može se vidjeti da se oblak otpadne vode raspršuje samo nekoliko kilometara dalje od izvora prije nego što nestane zbog raspada bakterija i stalnog miješanja s okolinom.

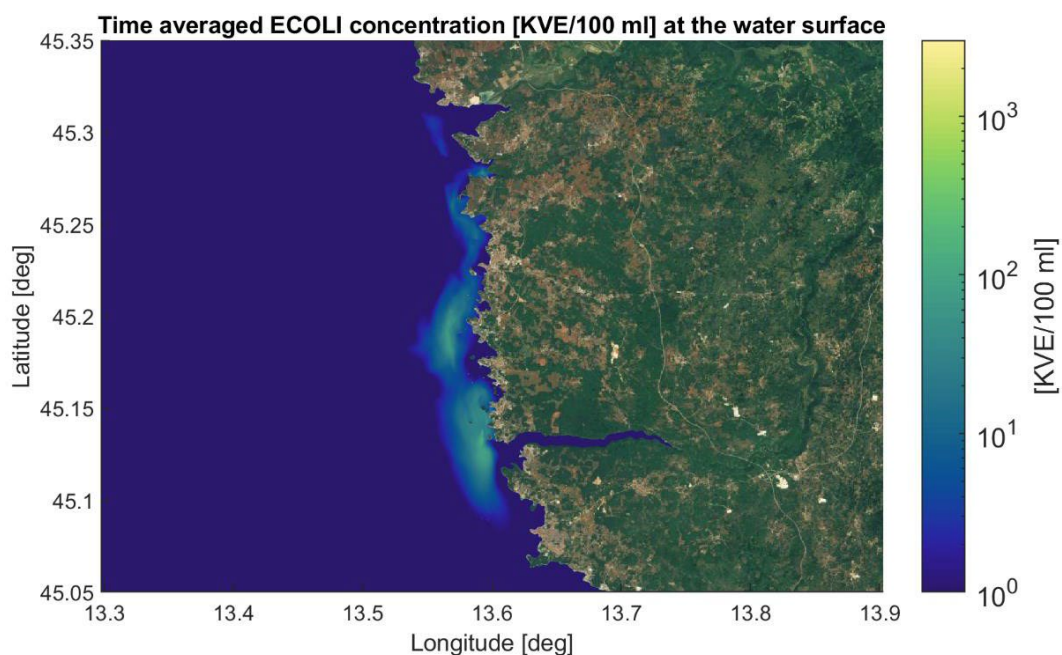
Ukupno rasprostiranje oblaka otpadne vode u skladu je s nalazima prethodno provedene studije u EIA fazi (Institut IGH d.d. i sur., 2010a, 2010b, 2010c, 2010d). Tamo je za situaciju u stratificiranim uvjetima primijenjen 2D model za proučavanje disperzije bakterija. I premda 2D model zanemaruje daljnje 3D procese difuzije koji su uključeni u sadašnji model kvalitete vode (vidi sliku 4-4), slična disperzija fekalnog oblaka otpadne vode s bakterijama ECOLI nalazi se duž obale, s najvećim koncentracijama blizu mjesta ispusta.

Slično ponašanje utvrđeno je za EI bakterije (slika 4-6, slika 4-7), ali pokazuju manje koncentracije.

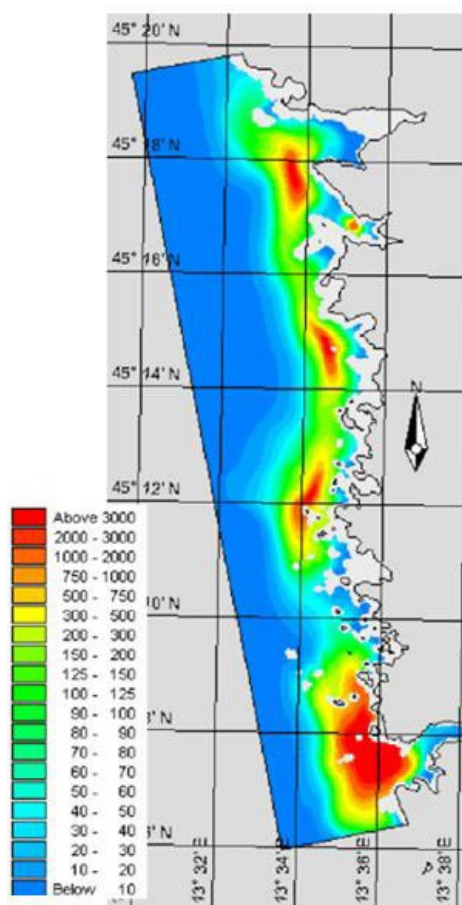
Na temelju mikrobioloških kriterija kakvoće mora iz Tablice 4-1, određene su karte s vjerojatnostima prekoračenja praga kakvoće vode za ljetni scenarij (Slike 4-8 do 4-13). Ove karte pomažu prepoznati područja najveće izloženosti i najvećeg rizika od smanjene kvalitete vode. Brojke pokazuju da je najveća vjerojatnost prekoračenja oko mjesta ispusta, blizu sredine vodenog stupca. Na površini vode, gdje se mjeri kvaliteta vode, postiže se samo 5. percentil (znači prekoračenje u 5% vremena) i to samo na lokaciji oko ispusta u more. Najveća izloženost za potencijalni prijenos prema plažama može se uočiti na jugu kod Vrsara gdje su konture vezane uz kakvoću vode za ECOLI veće nego u ostalim područjima. Međutim, te konture ne dosežu do plaža i ograničen je rizik od loše kvalitete vode za kupanje. Općenito, zbog činjenice da se otpadne vode u dubljim slojevima vode nađu zarobljene tijekom ljeta, kvaliteta vode na površini vode u blizini obale/plaže ljeti je dovoljna. Međutim, treba napomenuti da u uvjetima kada ova slojevitost vodenog stupca nije prisutna može postojati veći rizik od izloženosti.



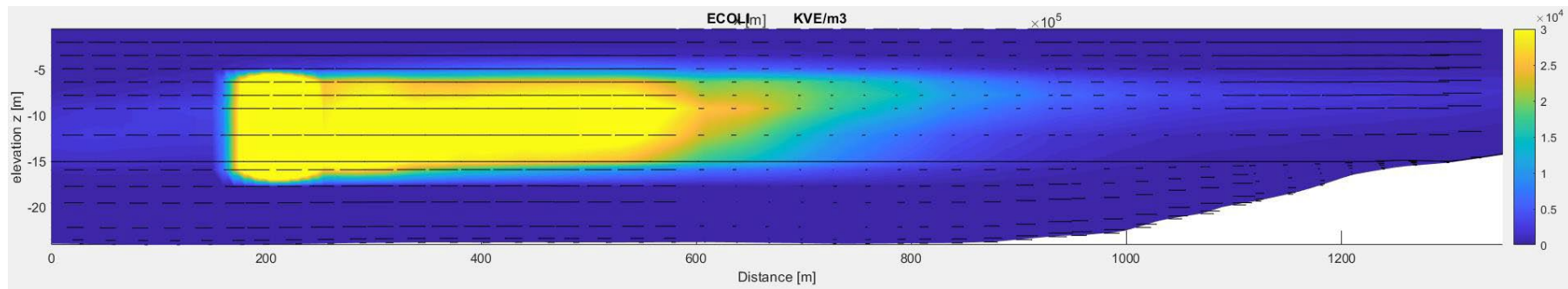
Slika 4-1 Ljetni scenarij: Prosječne vremenske koncentracije ECOLI [CFU/100 ml] na dubini vode od 12 m. Napomena: koncentracije na dnu koriste se kada je dubina vode manja od 12 [m].



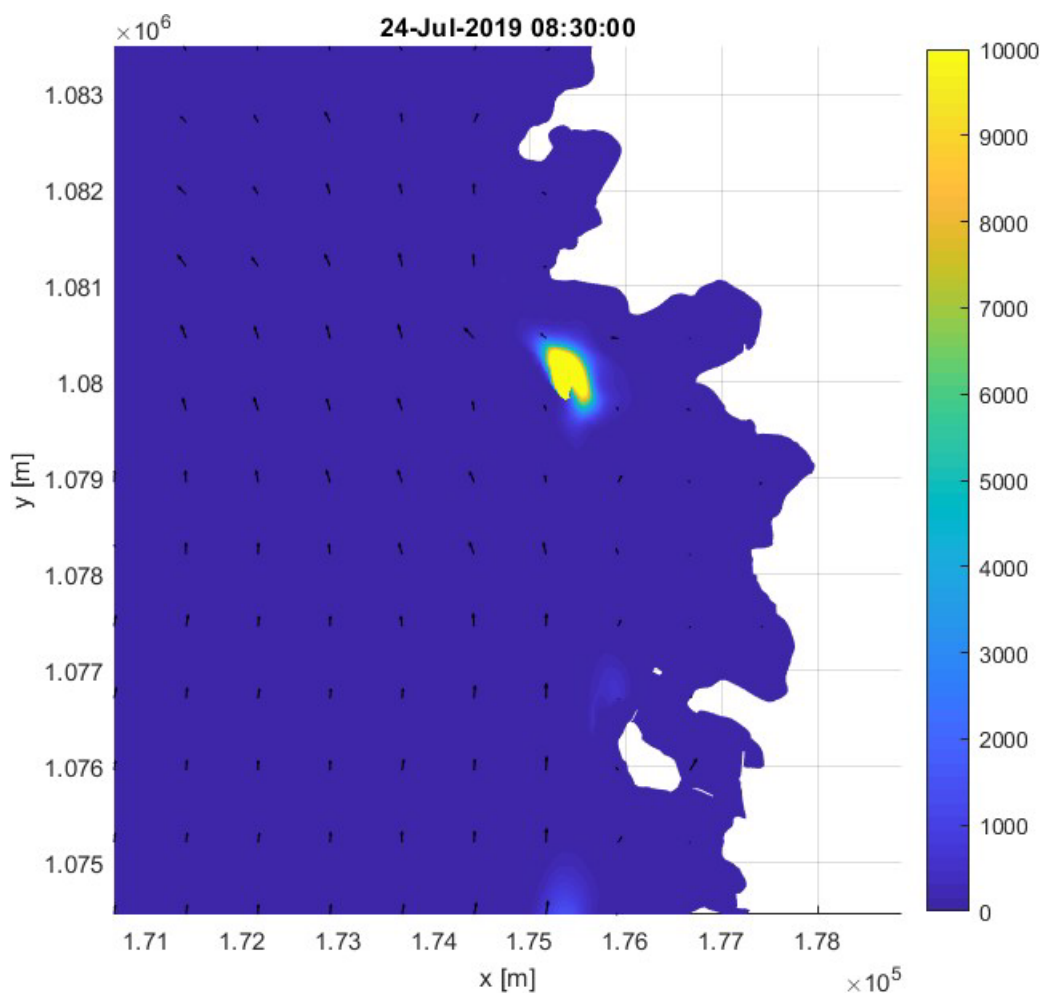
Slika 4-2 Ljetni scenarij: Prosječne vremenske koncentracije ECOLI [CFU/100 ml] na površini vode.



*Slika 4-3 Rezultati modeliranja iz EIA studije (Institut IGH d.d. i sur. 2010a, 2010b, 2010c, 2010d). Prosječne vremenske koncentracije ECOLI [CFD/100 ml] iz 2D modela koji predstavlja sloj dubine vode s najvećim gradijentom gustoće (dubina vode 11 m) za scenarij sa stratificiranim karakteristikama vode.*

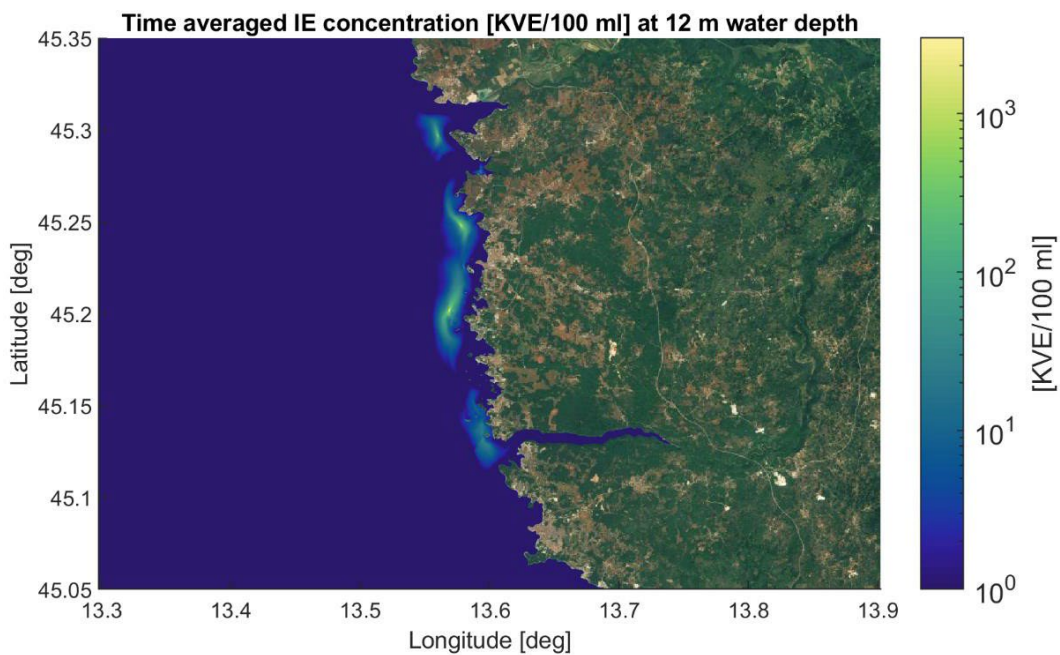


Slika 4-4 Vertikalni presjek koncentracija ECOLI [CFU/100 ml] uzeto na lokaciji ispusta Poreč sjever 24. srpnja 2019 08:30. Položaj ispusta je na  $x = 200$  [m].

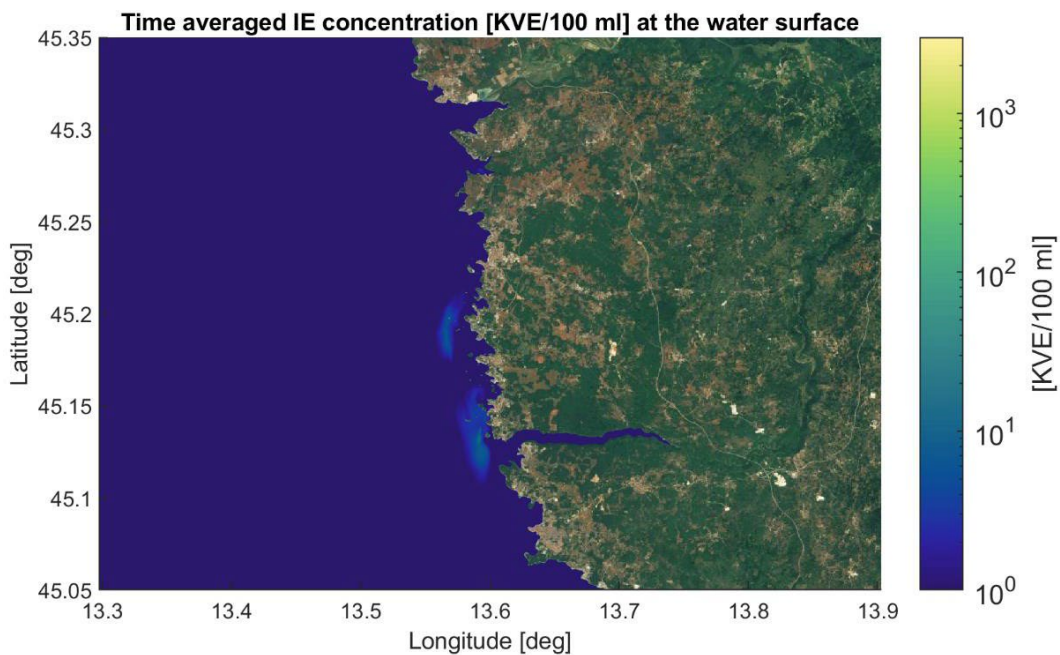


Slika 4-5 Karta ispusta oko Poreča sjever s koncentracijama ECOLI [CFU/100 ml] na dubini vode od 12,5 [m] (24. srpnja 2019 08:30).

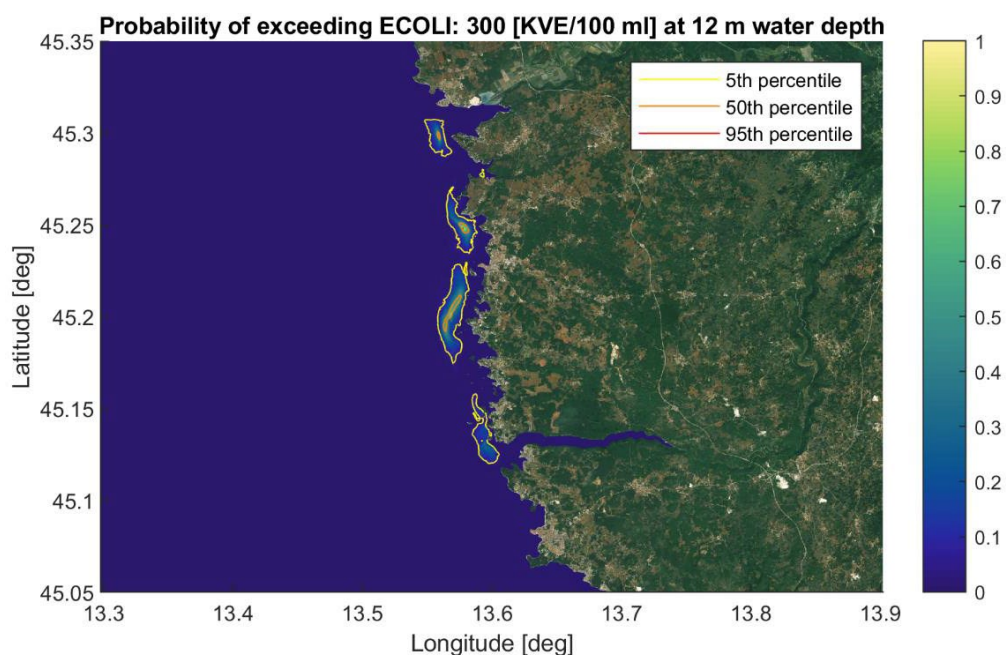




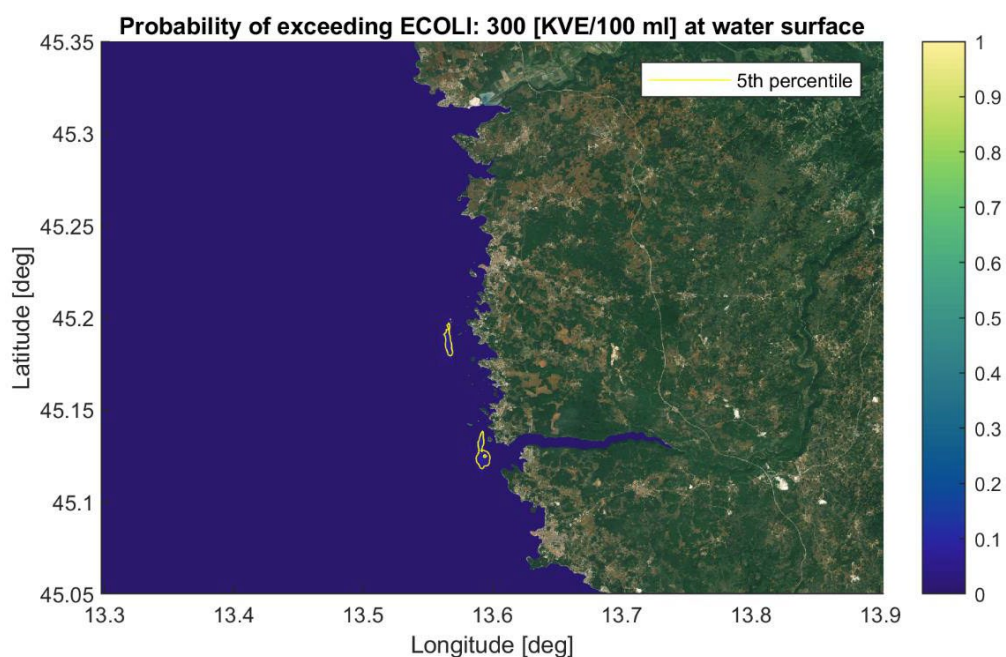
Slika 4-6 Ljetni scenarij: Prosječne vremenske koncentracije IE [CFU/100 ml] na dubini vode od 12 m. Napomena: koncentracije na dnu koriste se kada je dubina vode manja od 12 [m]



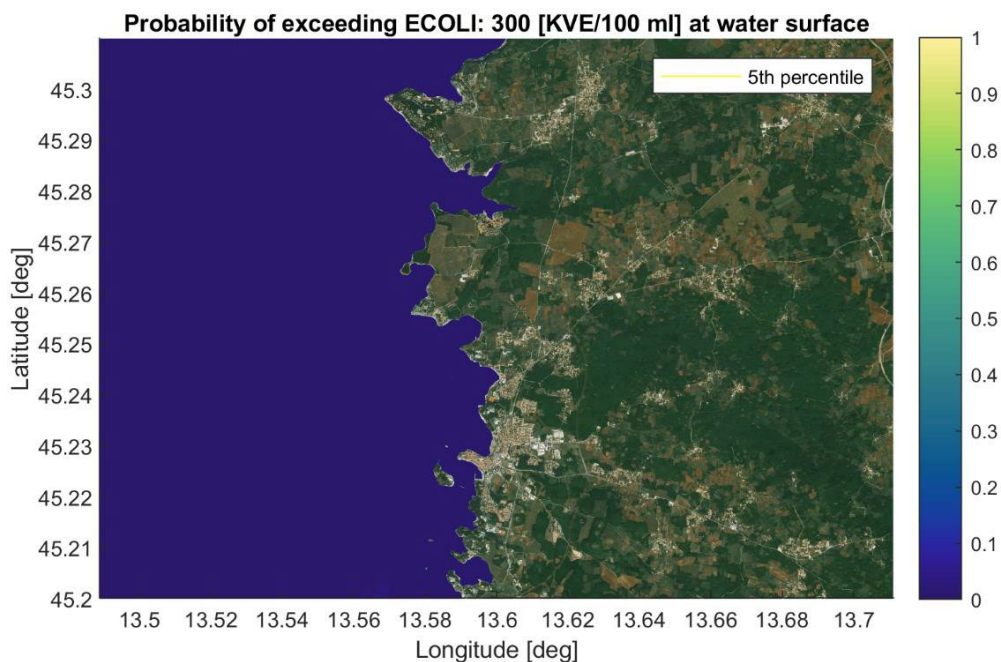
Slika 4-7 Ljetni scenarij: Prosječne vremenske koncentracije IE [CFU/100 ml] na površini vode.



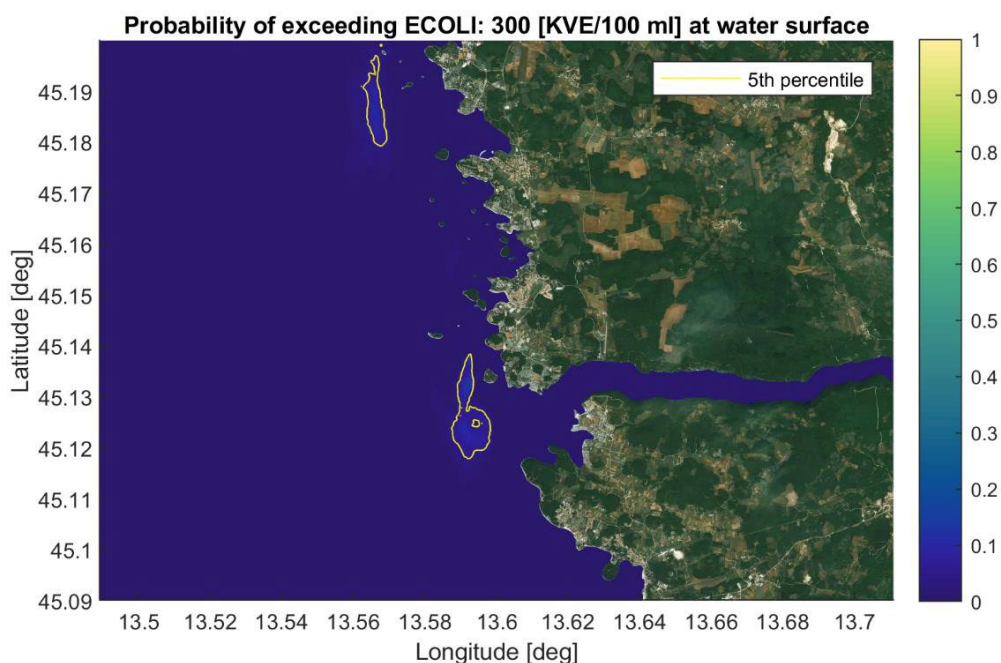
Slika 4-8 Ljetni scenarij: Vjerojatnost prekoračenja koncentracija ECOLI od 300 [CFU/ 100 ml] na dubini vode od 12 m. Žute konture pokazuju 5. percentil; narančaste konture pokazuju 50. percentil; crvene konture pokazuju 95. percentil.



Slika 4-9 Ljetni scenarij: Vjerojatnost prekoračenja koncentracija ECOLI od 300 [CFU/ 100 ml] na površini vode. Žute konture pokazuju 5. percentil; narančaste konture pokazuju 50. percentil; crvene konture pokazuju 95. percentil.

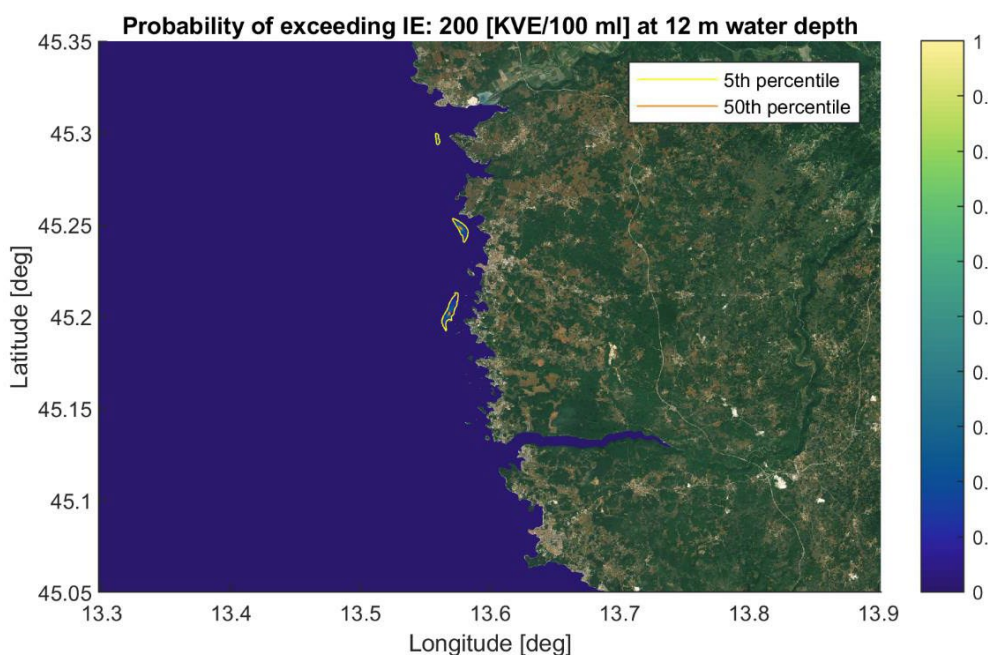


Slika 4-10 Ljetni scenarij Zumirani sjever: Vjerojatnost prekoračenja koncentracija ECOLI od 300 [CFU/ 100 ml] na površini vode. Žute konture pokazuju 5. percentil; narančaste konture pokazuju 50. percentil; crvene konture pokazuju 95. percentil.

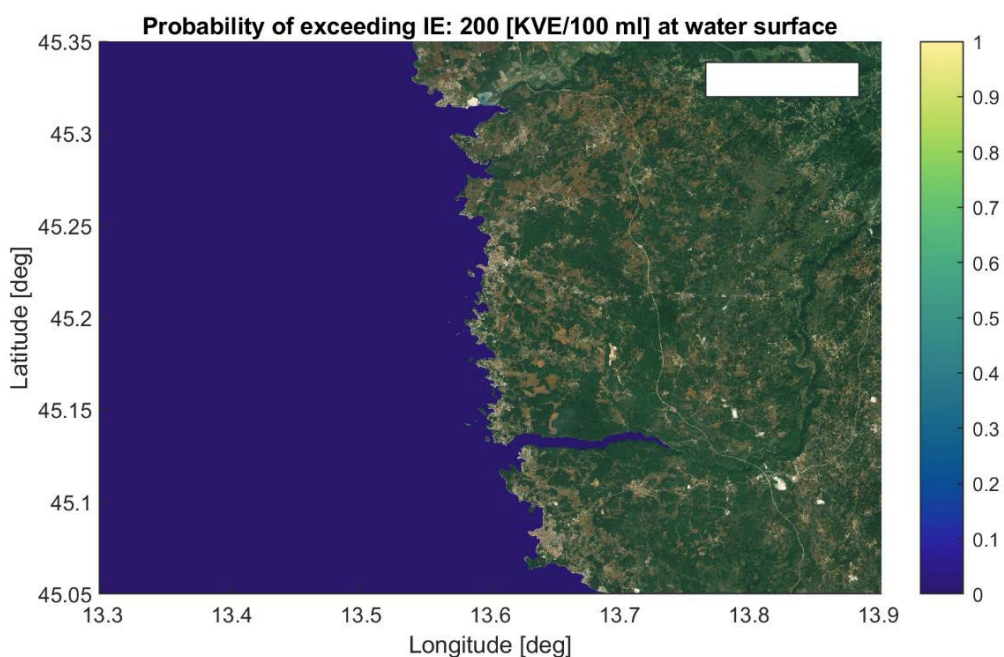


Slika 4-11 Ljetni scenarij Zumirani jug: Vjerojatnost prekoračenja koncentracija ECOLI od 300 [CFU/ 100 ml] na površini vode. Žute konture pokazuju 5. percentil; narančaste konture pokazuju 50. percentil; crvene konture pokazuju 95. percentil.





Slika 4-12 Ljetni scenarij: Vjerojatnost prekoračenja koncentracija IE od 200 [CFU/ 100 ml] na dubini vode od 12 m. Žute konture pokazuju 5. percentil; narančaste konture pokazuju 50. percentil; crvene konture pokazuju 95. percentil.



Slika 4-13 Ljetni scenarij: Vjerojatnost prekoračenja koncentracija IE od 100 [CFU/ 100 ml] na površini vode. Žute konture pokazuju 5. percentil; narančaste konture pokazuju 50. percentil; crvene konture pokazuju 95. percentil.

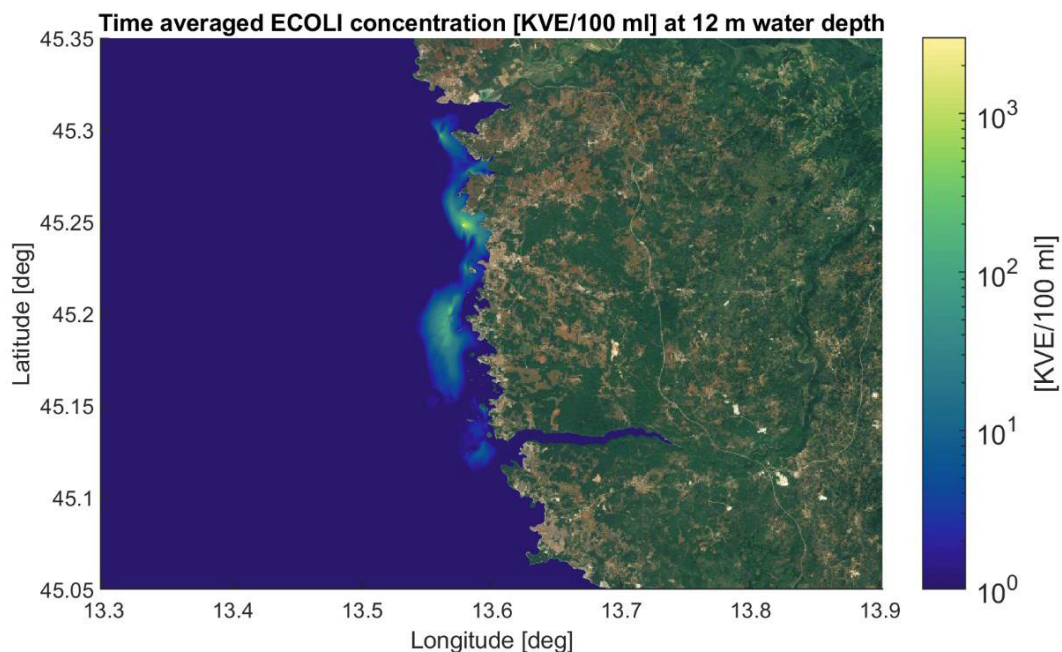
### 4.3 MJEŠOVITI UVJETI – ZIMSKI SCENARIJ

Rezultati zimskog scenarija (Slike 4-14 do 4-15) pokazuju da je oblak otpadne vode s fekalnom ECOLI bakterijom manje ograničen na uski pojas uz obalu Istre u usporedbi sa stratificiranim ljetnim scenarijem. Umjesto toga, širi se više prema moru s maksimalnom udaljenosti od 8 [km] od obale i kreće se uglavnom duž obale pokazujući ograničenu disperziju prema moru. Raspršivanjem oblaka otpadne vode upravlja plimni tok, posebno blizu površine (Slika 4-15), vidljivo je da se oblak pomiče s obale zajedno s upornim istočnim vjetrom. Kritične točke s visokim koncentracijama (u [CFU/100 ml]) odgovaraju lokacijama ispusta. Kao što je utvrđeno u modeliranju bliskog polja tijekom uvjeta s dobrim miješanjem, efluent slatke vode je snažno pozitivno plutajući i brzo se raspršuje do površine vode gdje se dalje raspršuje s lokalnim strujama. Stoga se najveće koncentracije nalaze u blizini površine vodenog stupca, dok se značajno niže koncentracije bakterija ECOLI nalaze na dubini od 15 [m] (Slika 4-14) i blizu morskog dna. To također ilustrira vertikalni presjek koncentracija ECOLI snimljenih na lokaciji ispusta Poreč jug (Slika 4-17). Praćenjem evolucije jednog ECOLI oblaka (Slika 4-18 prikazuje trenutnu prostornu raspodjelu oblaka otpadne vode na površini), može se vidjeti da se oblak raspršuje samo nekoliko kilometara od izvora prije nego što nestane zbog raspada bakterija i stalnog miješanja s okolinom.

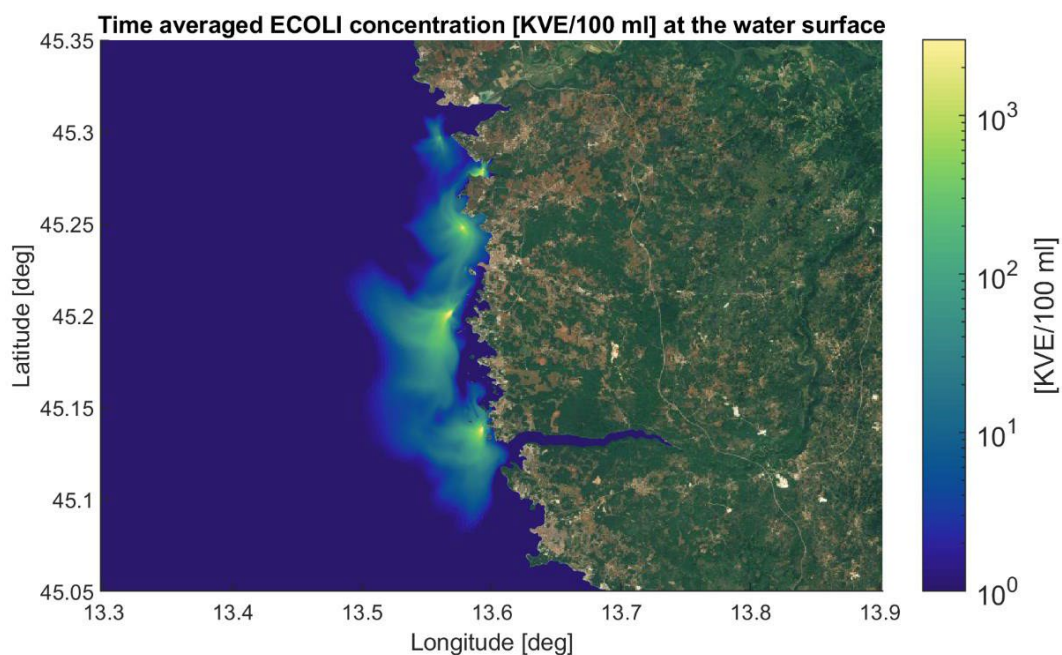
Ukupni obrasci rasprostiranja oblaka otpadne vode u skladu su s nalazima prethodno provedene studije u EIA fazi (Institut IGH d.d. i sur., 2010a, 2010b, 2010c, 2010d). Tamo je za situaciju u stratificiranim uvjetima primijenjen 2D model za proučavanje disperzije bakterija. I premda 2D model zanemaruje daljnje 3D procese difuzije koji su uključeni u sadašnji model kvalitete vode (vidi sliku 4-16), slična disperzija fekalnog oblaka otpadne vode s bakterijama ECOLI nalazi se duž obale, s najvećim koncentracijama blizu mjesta ispusta. Na površini vode, oblaci otpadne vode imaju tendenciju raspršivanja dalje od obale.

Slično ponašanje utvrđeno je za EI bakterije (Slika 4-19, Slika 4-20) ali pokazuje manje koncentracije.

Na temelju mikrobioloških kriterija kakvoće mora iz Tablice 4-1, određene su karte s vjerojatnostima prekoračenja praga kakvoće vode za zimski scenarij (Slike 4-21 do 4-26). One pokazuju da se najveća vjerojatnost prekoračenja javlja oko ispusta, ali u usporedbi s ljetnim scenarijem sa stratificiranim uvjetima, mješoviti uvjeti pokazuju najveće konture prekoračenja na površini gdje se protežu dalje od obale u odnosu na ljeto. Zbog toga je izloženost oblaku otpadnih voda na plažama tijekom mješovitih zimskih uvjeta veća nego tijekom stratificiranih ljetnih uvjeta (vidi zumirane dijelove na slikama 4-23 i 4-24). Na Lanterni konture prekoračenja zadržavaju se blizu ispusta bez izloženosti prema plažama. Južniji ispust u uvali Červar-Porat može dovesti do prekoračenja kriterija kakvoće vode. U blizini ispusta Poreč sjever, konture kvalitetne vode protežu se blizu plaža sjeverno od ovog mjesta (blizu AC Ulika) gdje može postojati određeni rizik, ali konture ne dopiru do plaže. Oko Poreča jug konture prekoračenja uglavnom su orijentirane prema moru što dovodi do ograničenog rizika od prekoračenja. Na jugu, kod Vrsara, konture prekoračenja također su uglavnom usmjerene prema pučini, ali se protežu prema nekim od obalnih otoka gdje bi mogao postojati ograničen rizik od prekoračenja. Općenito, osim za neke gore navedene lokacije, za većinu plaža rizik od prekoračenja kvalitete vode ograničen je u mješovitim uvjetima.

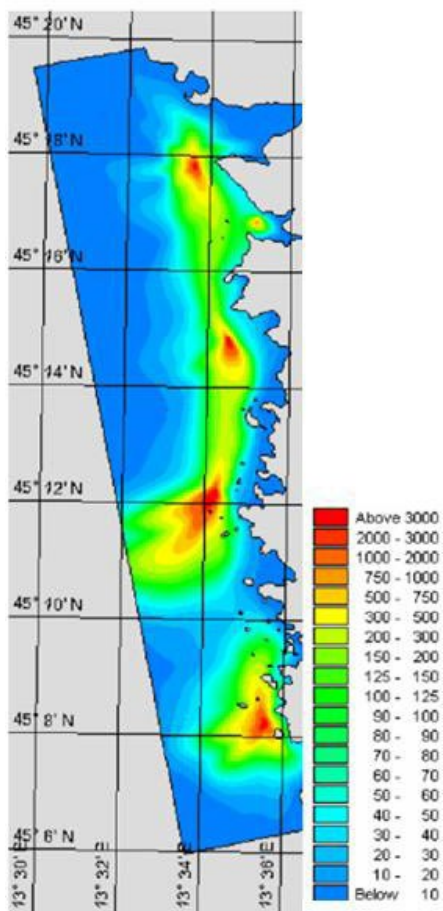


*Slika 4-14 Zimski scenarij: Prosječne vremenske koncentracije ECOLI [CFU/100 ml] na dubini vode od 12 m. Napomena: koncentracije na dnu koriste se kada je dubina vode manja od 12 [m].*

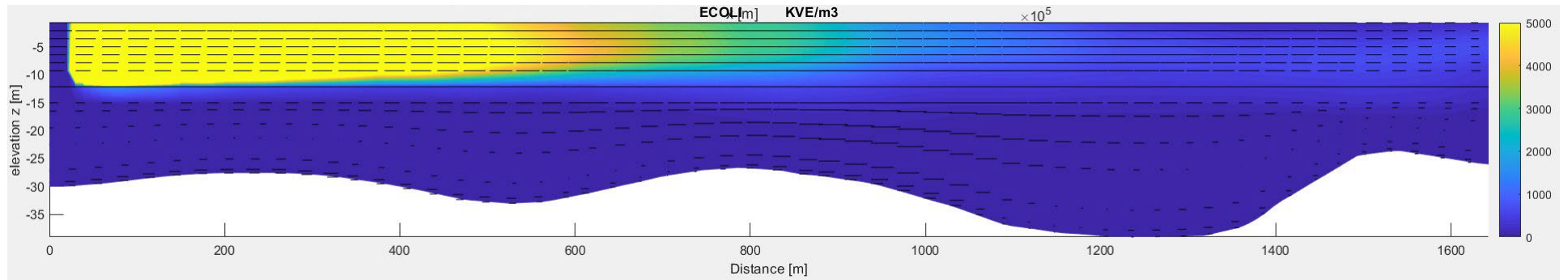


*Slika 4-15 Zimski scenarij: Prosječne vremenske koncentracije ECOLI [CFU/100 ml] na površini vode.*

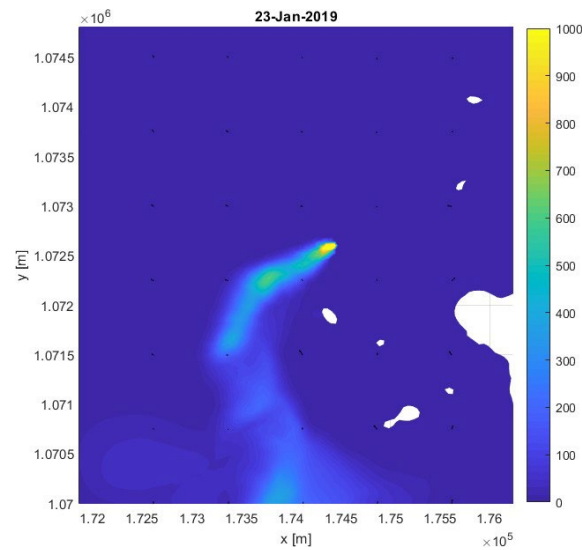




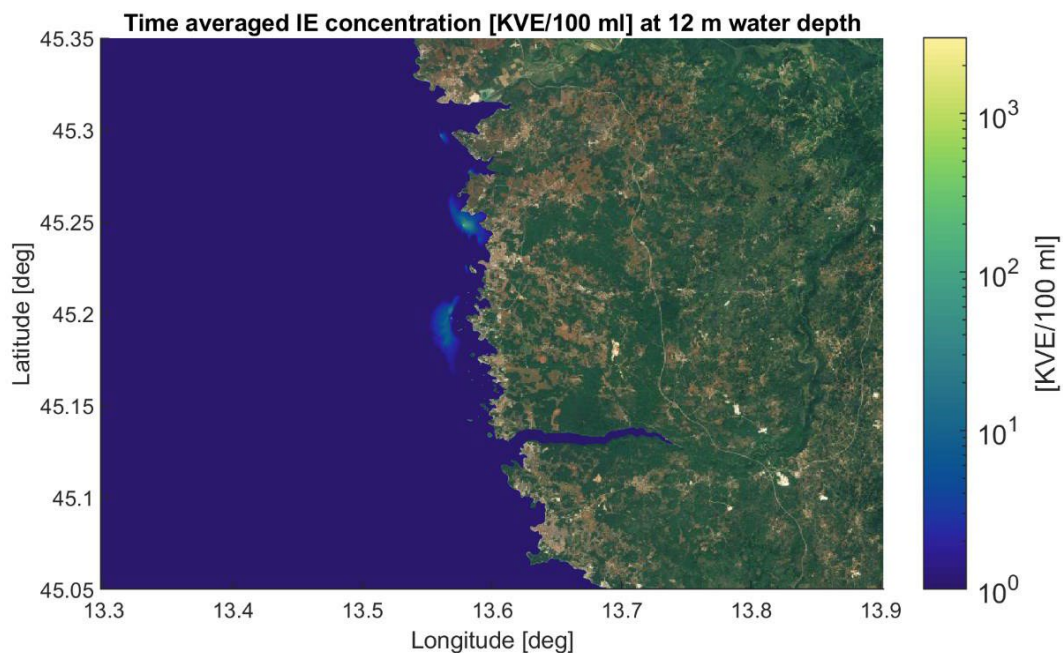
Slika 4-16: Rezultati modeliranja iz EIA studije (Institut IGH d.d. i sur. 2010a, 2010b, 2010c, 2010d). Prosječne vremenske koncentracije ECOLI [CFD/100 ml] iz 2D modela koji predstavlja površinski sloj za scenarij s karakteristikama miješane vode.



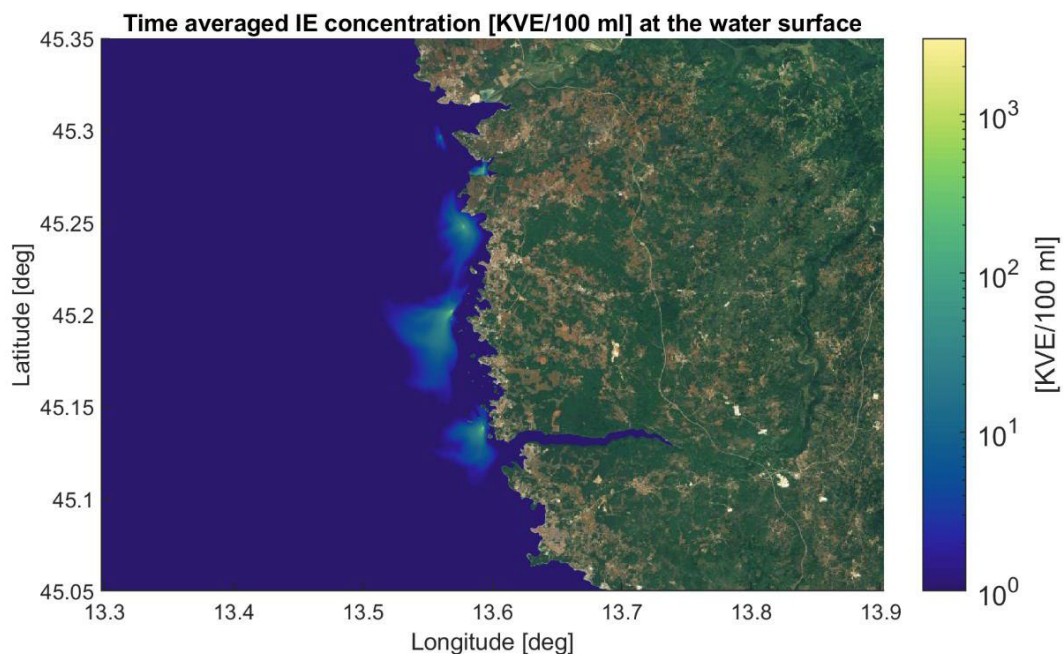
Slika 4-17 Vertikalni presjek koncentracija ECOLI [CFU/100 ml] uzeta na mjestu ispusta Poreč jug 23. siječnja 2019. 00:00.  
Položaj ispusta je na  $x = 50$  [m].



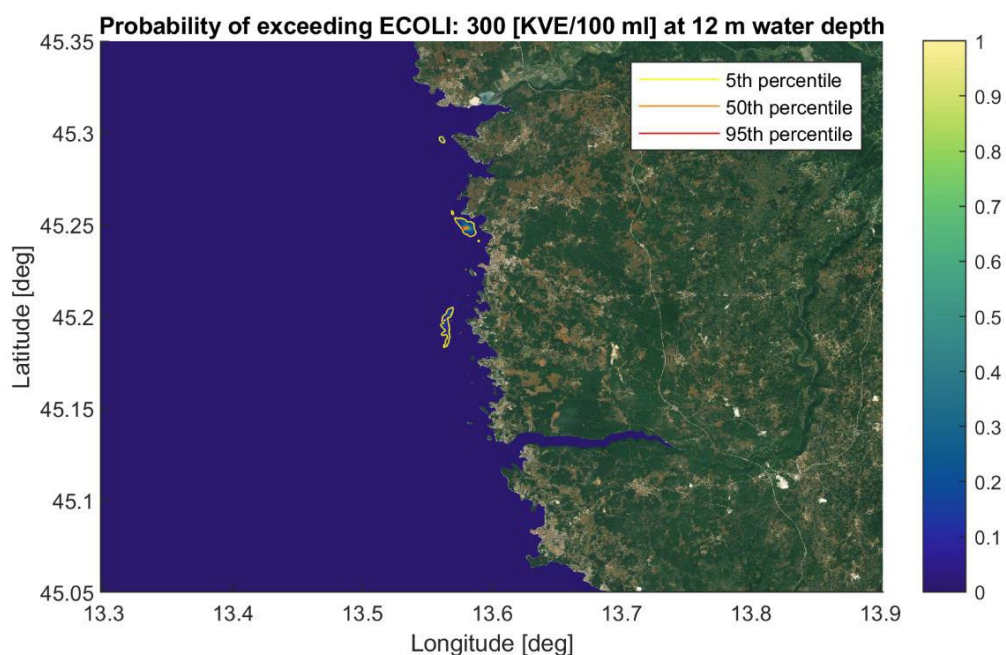
Slika 4-18 Karta oko ispusta Poreč jug s koncentracijama ECOLI [CFU/100 ml] na dubini vode od 12,5 [m] (23. siječnja 2019. 10:00)



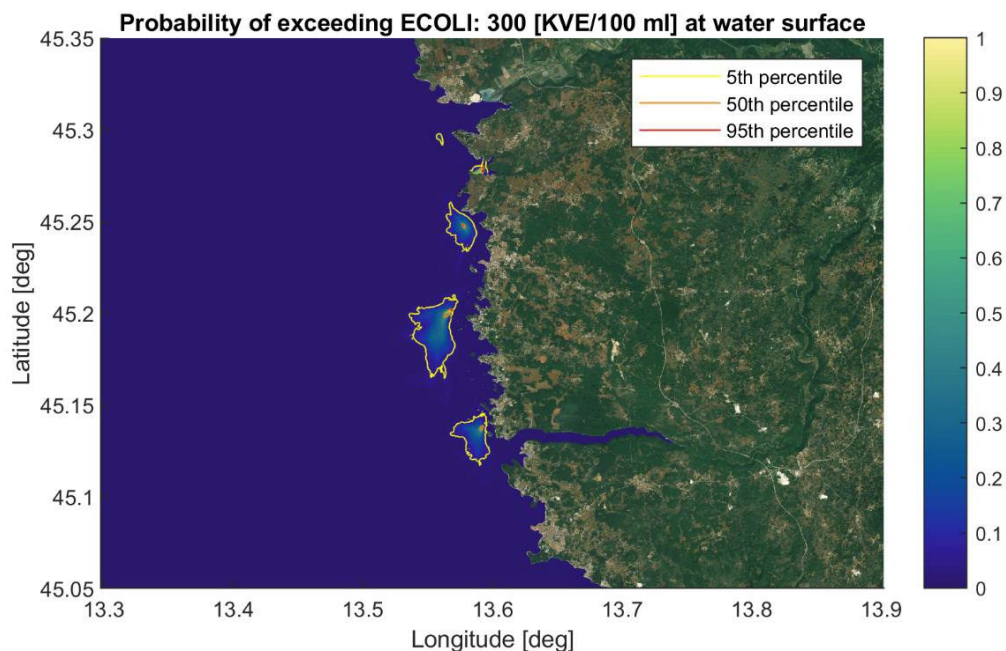
Slika 4-19 Zimski scenarij: Prosječne vremenske koncentracije IE [CFU/100 ml] na dubini vode od 12 m. Napomena: koncentracije na dnu koriste se kada je dubina vode manja od 12 [m].



Slika 4-20 Zimski scenarij: Prosječne vremenske koncentracije IE [CFU/100 ml] na površini vode.

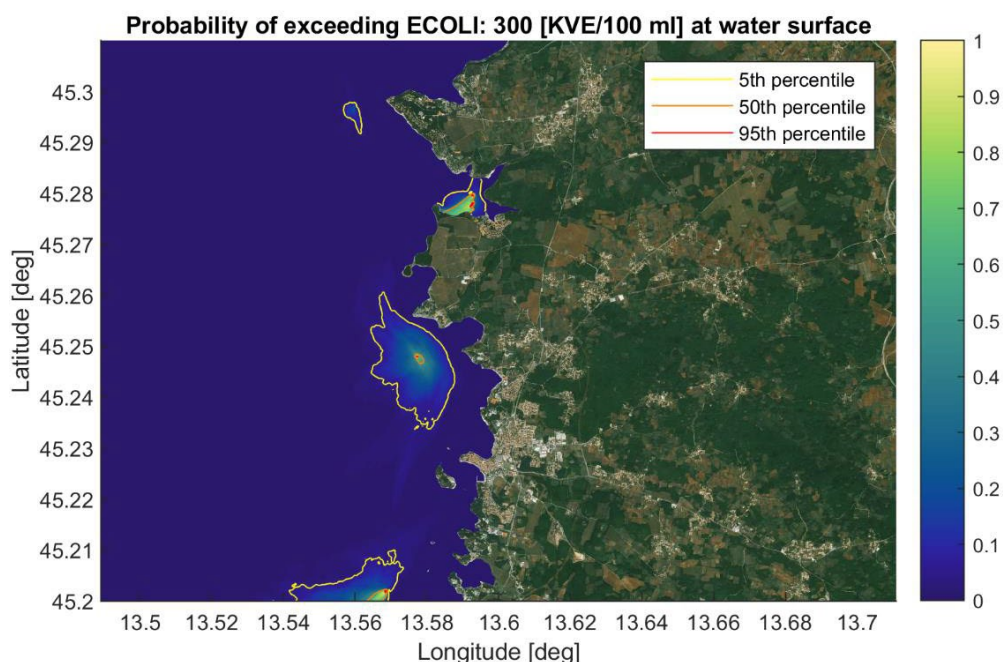


*Slika 4-21 Zimski scenarij: Vjerojatnost prekoračenja koncentracija ECOLI od 300 [CFU/ 100 ml] na dubini vode od 12 m. Žute konture pokazuju 5. percentil; narančaste konture pokazuju 50. percentil; crvene konture pokazuju 95. percentil. Napomena: koncentracije na dnu koriste se kada je dubina vode manja od 12 [m].*

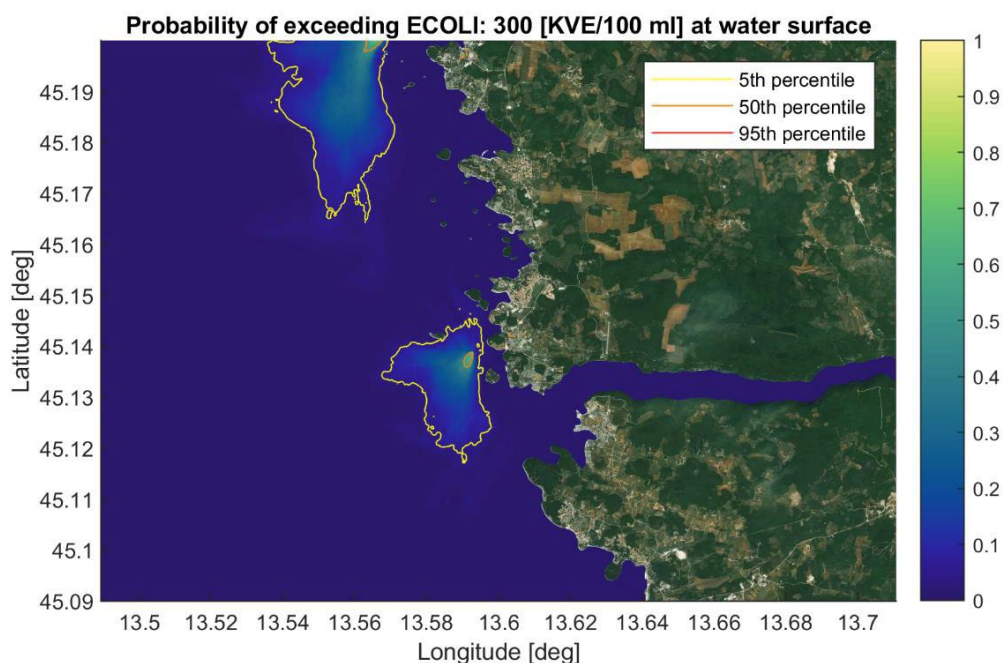


*Slika 4-22 Zimski scenarij: Vjerojatnost prekoračenja koncentracija ECOLI od 300 [CFU/ 100 ml] na površini vode. Žute konture pokazuju 5. percentil; narančaste konture pokazuju 50. percentil; crvene konture pokazuju 95. percentil.*

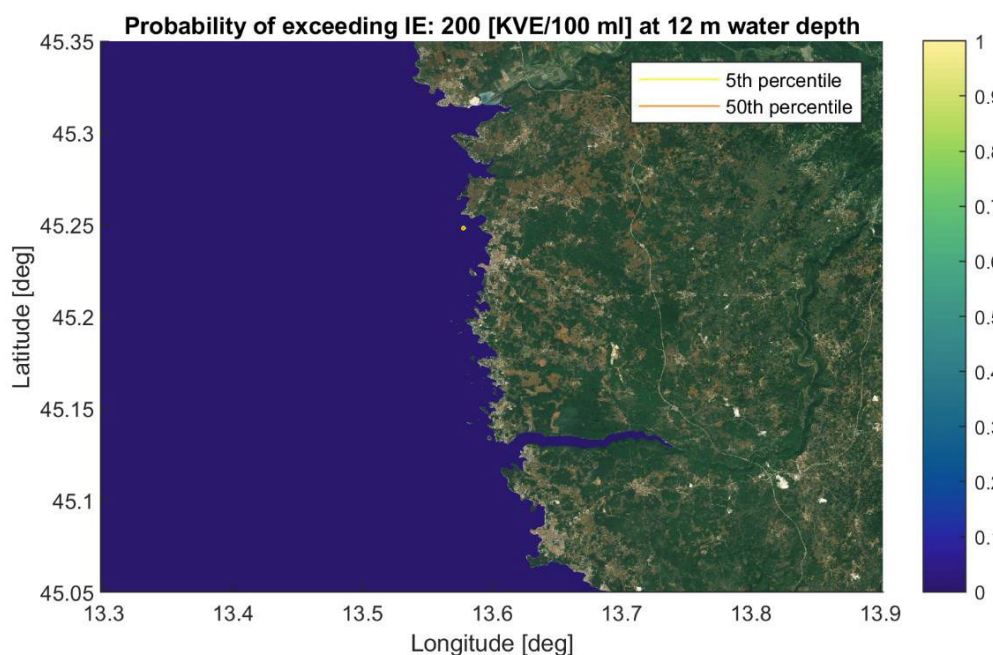




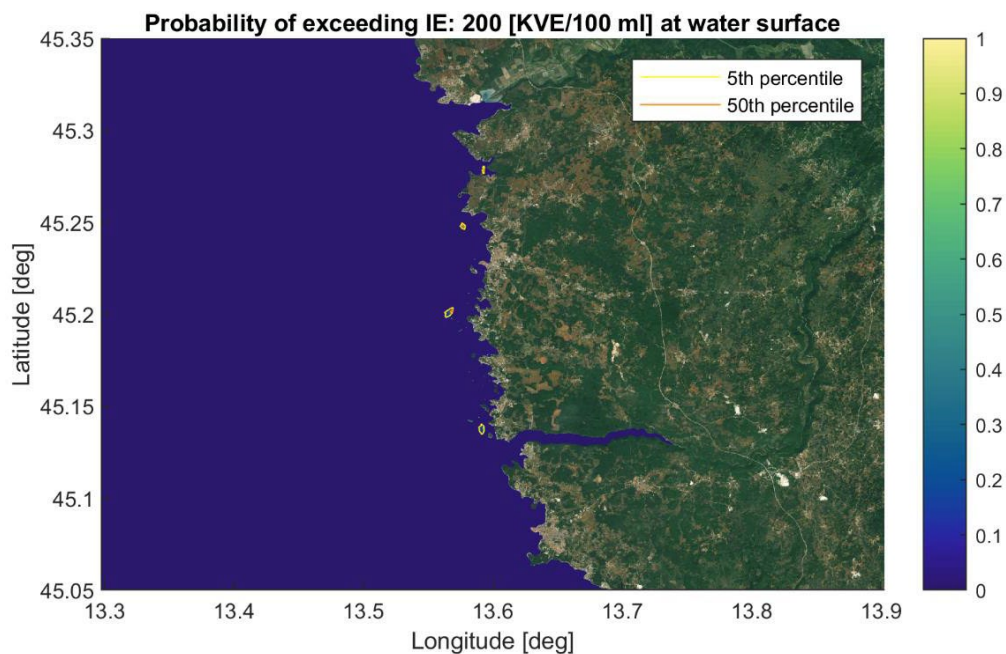
Slika 4-23 Zimski scenarij Zumirani sjever: Vjerojatnost prekoračenja koncentracija ECOLI od 300 [CFU/ 100 ml] na površini vode. Žute konture pokazuju 5. percentil; narančaste konture pokazuju 50. percentil; crvene konture pokazuju 95. percentil.



Slika 4-24 Zimski scenarij Zumirani jug: Vjerojatnost prekoračenja koncentracija ECOLI od 300 [CFU/ 100 ml] na površini vode. Žute konture pokazuju 5. percentil; narančaste konture pokazuju 50. percentil; crvene konture pokazuju 95. percentil



*Slika 4-25 Zimski scenarij: Vjerojatnost prekoračenja koncentracija IE od 200 [CFU/ 100 ml] na dubini vode od 12 m. Žute konture pokazuju 5. percentil; narančaste konture pokazuju 50. percentil; crvene konture pokazuju 95. percentil. Napomena: koncentracije na dnu koriste se kada je dubina vode manja od 15 [m].*



*Slika 4-26 Zimski scenarij: Vjerojatnost prekoračenja koncentracija IE od 200 [CFU/ 100 ml] na površini vode. Žute konture pokazuju 5. percentil; narančaste konture pokazuju 50. percentil; crvene konture pokazuju 95. percentil.*



## 5. ZAKLJUČCI

U ovom izvješću kalibriran je obalni model srednjeg polja za kvalitetu vode. Koristeći dostupne podatke, potvrđeno je da model može predstavljati varijacije fekalnih bakterija na području projekta tijekom ljetnog scenarija u uvjetima stratificirane vode i zimskog scenarija u uvjetu dobrog miješanja vode. Na temelju ove kalibracije zaključeno je da se postavka modela može koristiti za analizu scenarija pri proučavanju utjecaja uređaja za pročišćavanje otpadnih voda na kvalitetu vode.

Na kraju je prikazano ponašanje kakvoće vode u sadašnjim uvjetima korištenjem rezultata kalibriranog modela. U oba scenarija postoji glavna orijentacija prometa prema sjeveru i jugu u uzorcima koncentracije fekalnih bakterija oko ispusta. Međutim, postoji i izrazita razlika u obrascima između ova dva scenarija. Za vrijeme uvjeta s dobrim miješanjem u zimskom scenariju, postoji tendencija da se oblaci otpadnih voda transportiraju duž površine na pučinu daleko od plaža. Ovo ponašanje nije prisutno tijekom ljetnog scenarija sa stratificiranim uvjetima, gdje se oblaci otpadnih voda obično zadržavaju bliže obali. Međutim, tijekom ljetnog scenarija, najveće koncentracije oblaka otpadnih voda javljaju se dublje u vodenom stupcu zbog vertikalne varijacije karakteristika morske vode (stratifikacije) pa su koncentracije blizu površine manje. Na temelju rezultata modela mogu se identificirati izloženije plaže.

## 6. LITERATURA

Doneker R. & Jirka G. (2017). Cormix korisnički priručnik. Hidrodinamički model zone miješanja i sustav za podršku u donošenju odluka o ispuštanju onečišćujućih tvari u površinske vode (*A hydrodynamic mixing zone model and decision support system for pollutant discharges into surface waters*). EPA-823-K-07-001.

IMDC (2019a). Modeliranje kvalitete morske vode u Istri. Postavljanje hidrodinamičkog modela (*Sea water quality modelling Istria. Hydrodynamic model setup*). I/RA/12142/18.174/VBA/.

IMDC (2019b). Modeliranje kvalitete morske vode u Istri. Kalibracija hidrodinamičkog modela (*Sea water quality modelling Istria. Hydrodynamic model calibration*). I/RA/12142/19.072/RKU/.

Institut IGH d.d., Hrvatski hidrografski institut, & Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet (2010a). STUDIJA O UTJECAJU NA OKOLIŠ SUSTAVA JAVNE ODVODNJE I PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA TAR-VABRIGA (LANTERNA).

Institut IGH d.d., Hrvatski hidrografski institut, & Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet (2010b). STUDIJA O UTJECAJU NA OKOLIŠ SUSTAVA JAVNE ODVODNJE I PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA TAR-VABRIGA (PETALON).

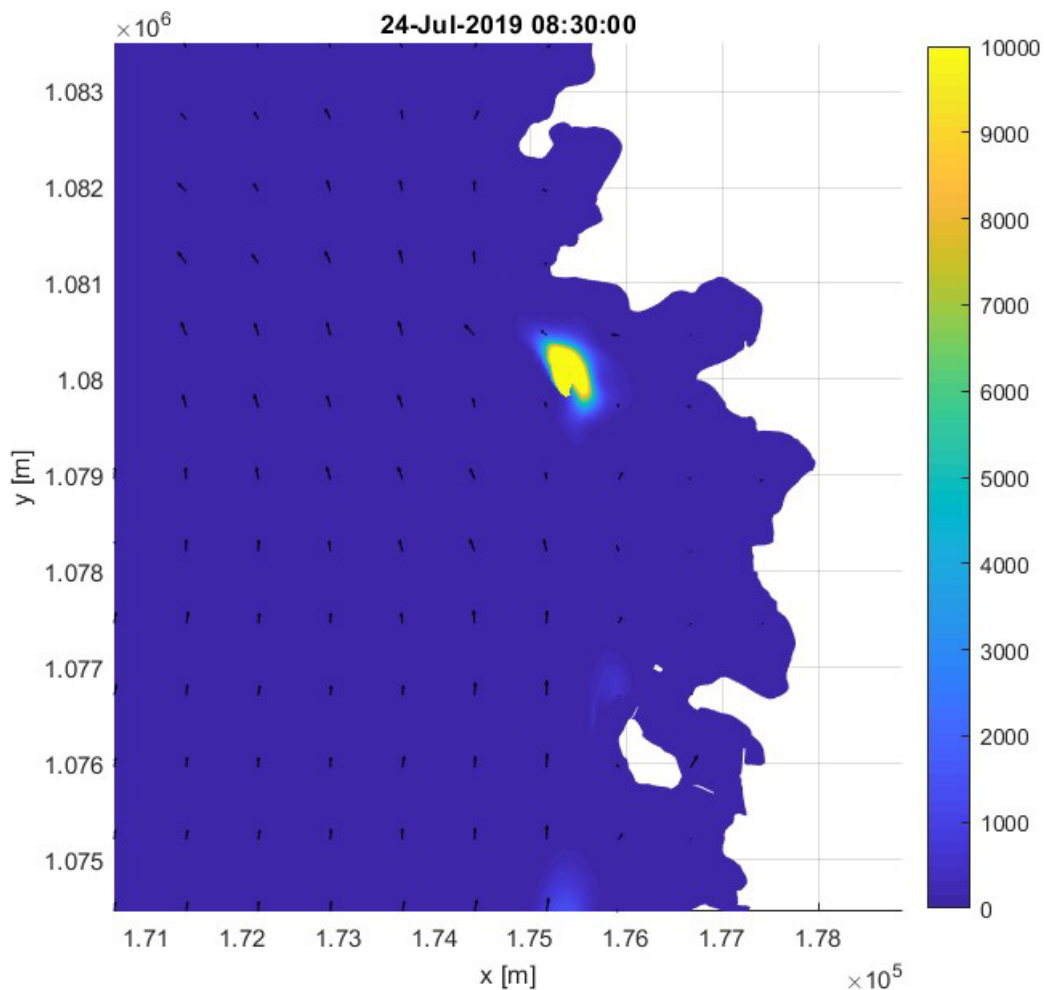
Institut IGH d.d., Hrvatski hidrografski institut, & Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet (2010c). STUDIJA O UTJECAJU NA OKOLIŠ SUSTAVA JAVNE ODVODNJE I PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA TAR-VABRIGA (MATERADA).

Institut IGH d.d., Hrvatski hidrografski institut, & Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet (2010d). STUDIJA O UTJECAJU NA OKOLIŠ SUSTAVA JAVNE ODVODNJE I PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA TAR-VABRIGA (DEBELI RT).

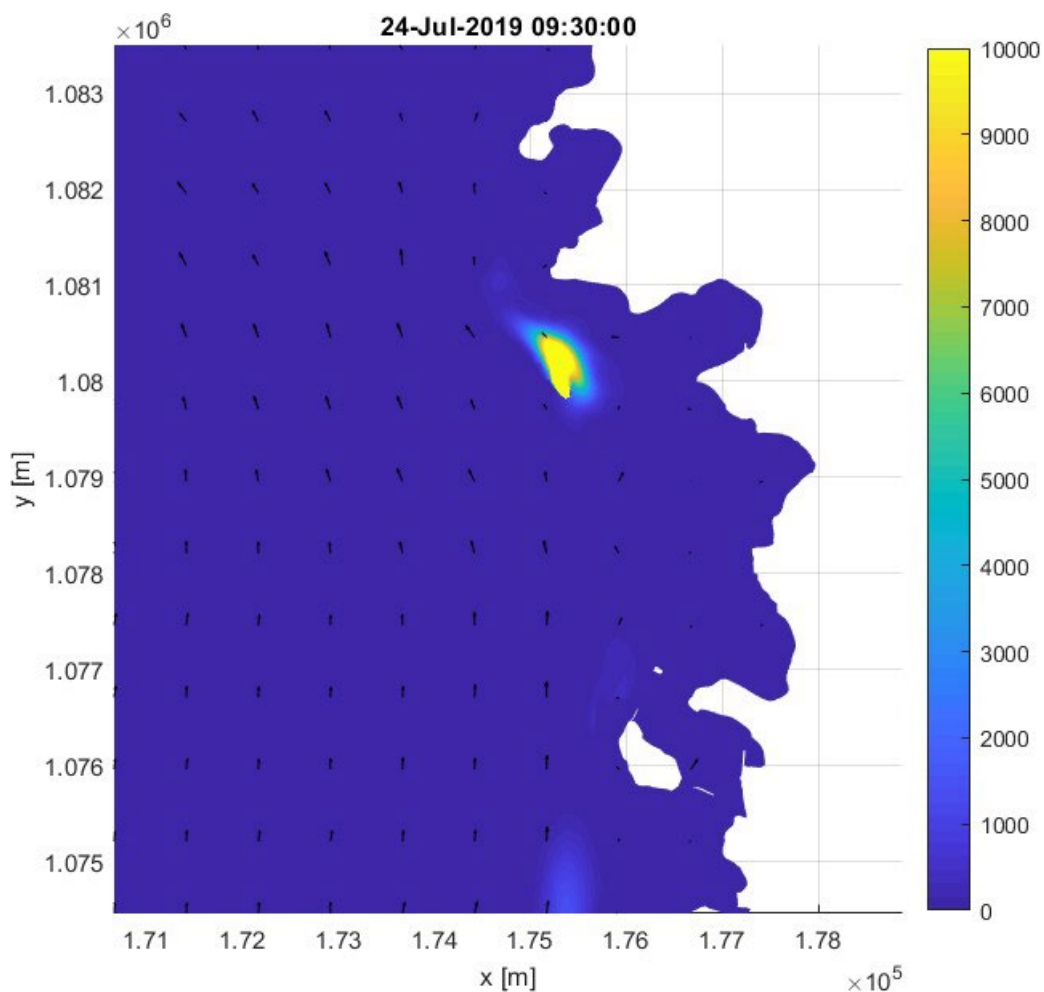
Korlević M. i Markovski M. (2019). 2. dio: Ljetno razdoblje i brzina raspada fekalnog pokazatelja (*Part 2: Summer Period and Fecal Indicator Decay Rate*).

**Prilog A      Rezultati modela koji  
prikazuju disperziju vidljivog oblaka  
otpadne vode (koncentracija bakterija)**

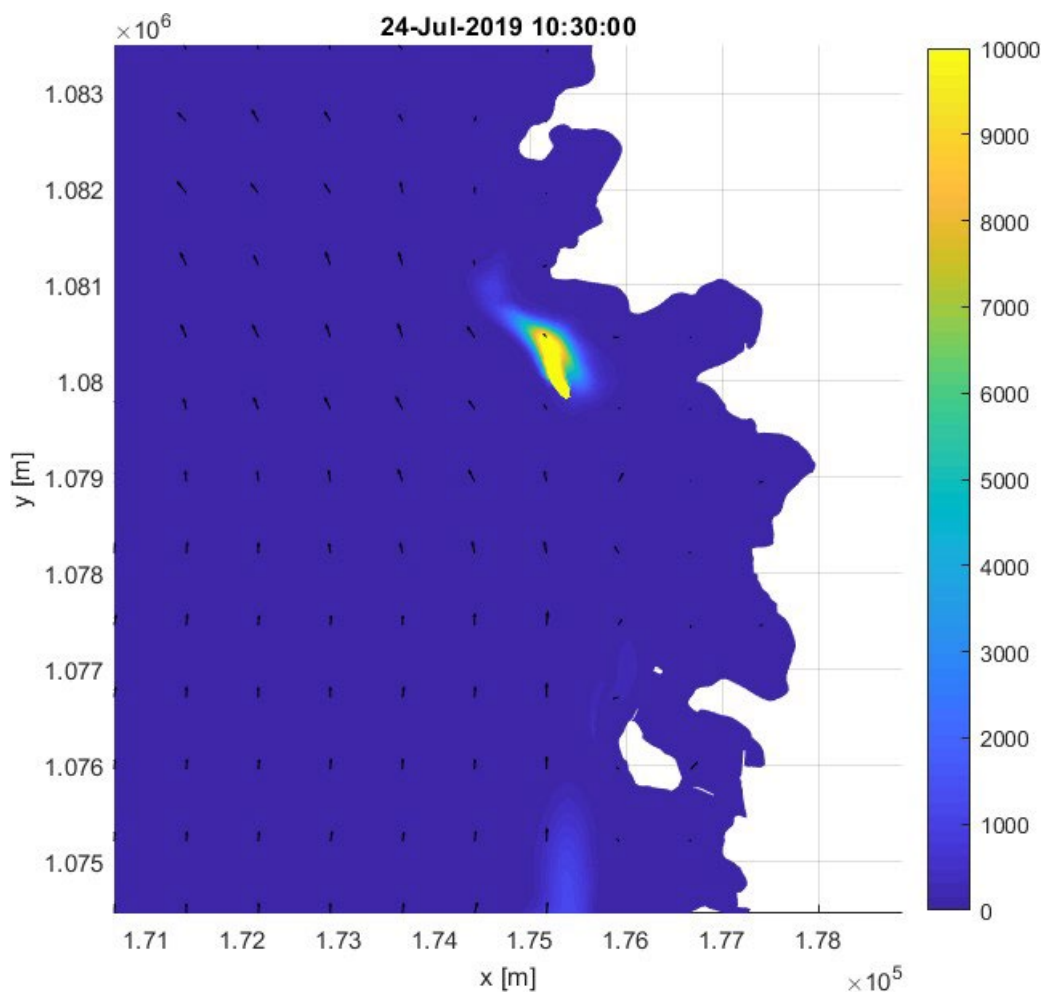
## A.1 Ljetni scenarij



*Slika Prilog A-1 Karta oko ispusta Poreč sjever s koncentracijama ECOLI [CFU/100 ml] na dubini vode od 12 [m] (24. srpnja 2019. 08:30).*

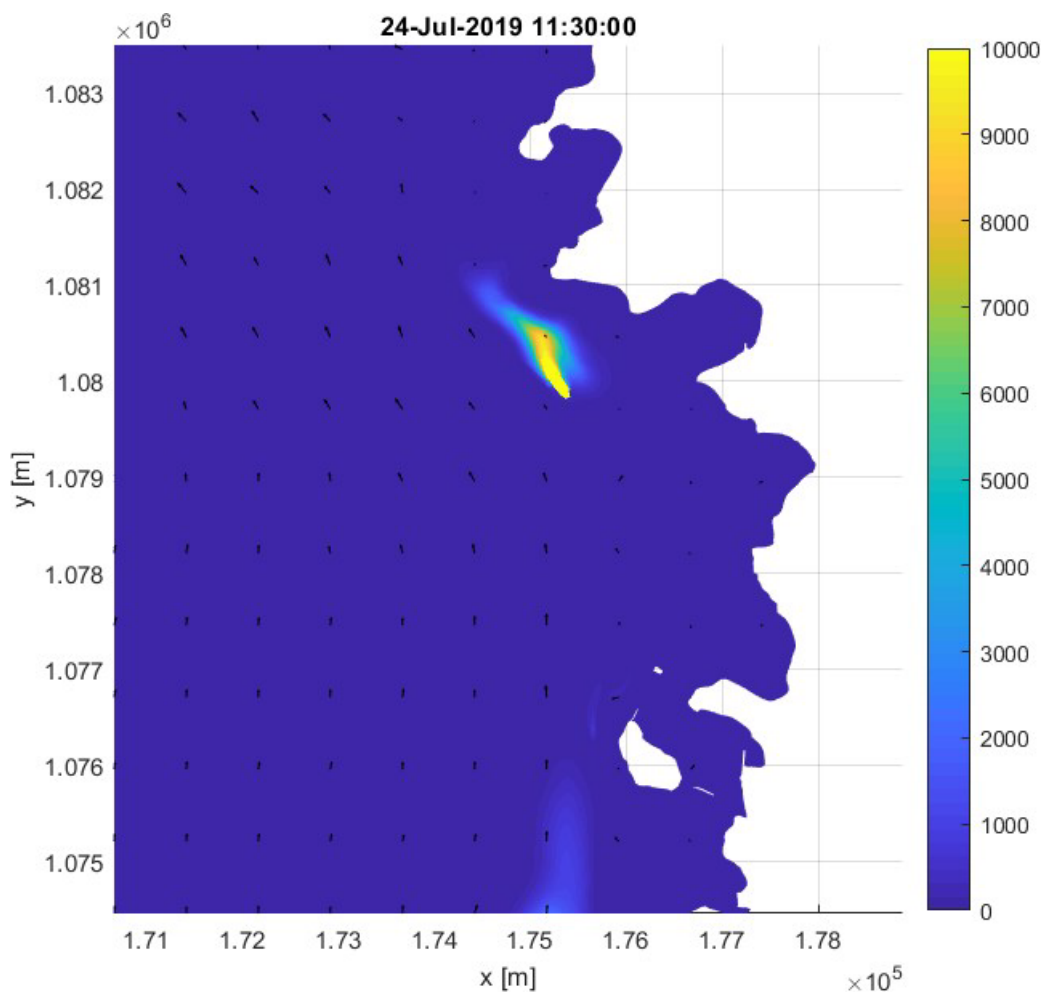


*Slika Prilog A-2 Karta oko ispusta Poreč sjever s koncentracijama ECOLI [CFU/100 ml] na dubini vode od 12 [m] (24. srpnja 2019 09:30).*

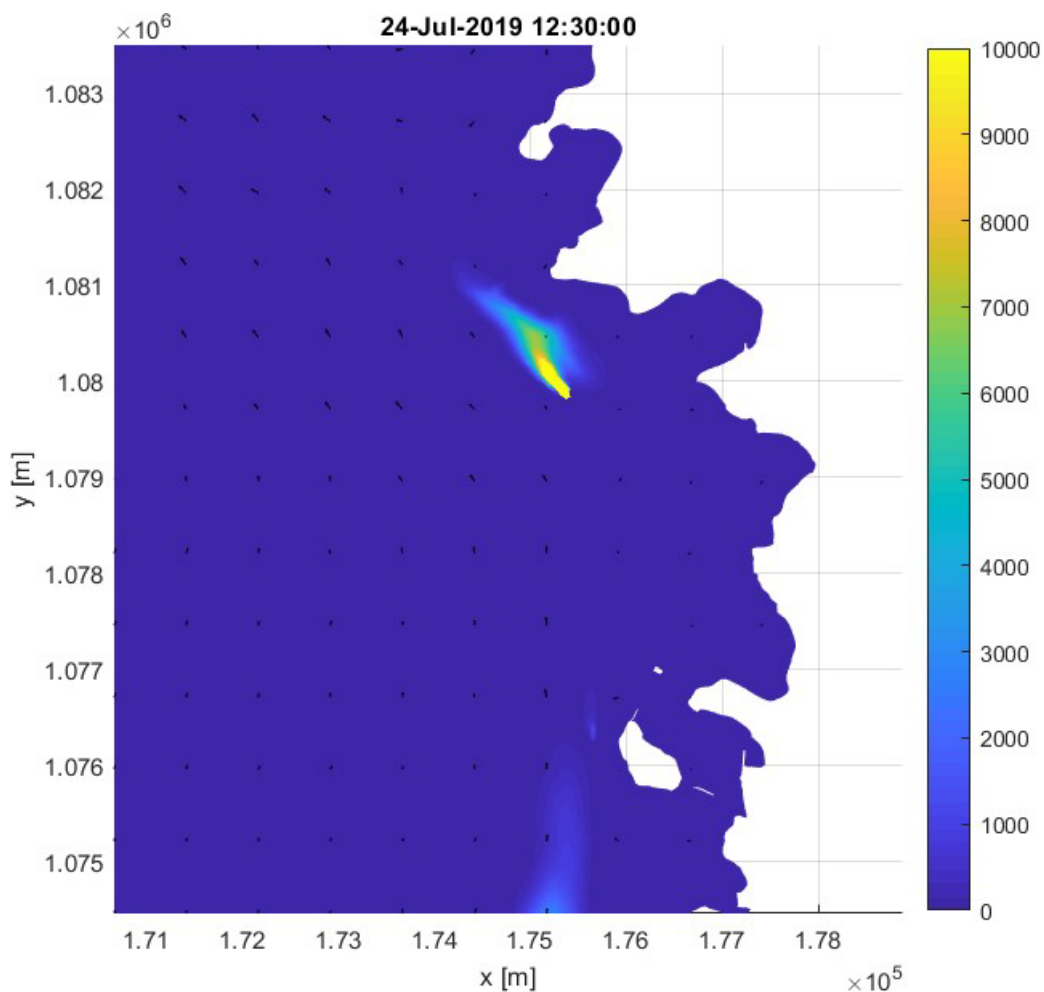


*Slika Prilog A-3 Karta oko ispusta Poreč sjever s koncentracijama ECOLI [CFU/100 ml] na dubini vode od 12 [m] (24. srpnja 2019 10:30).*



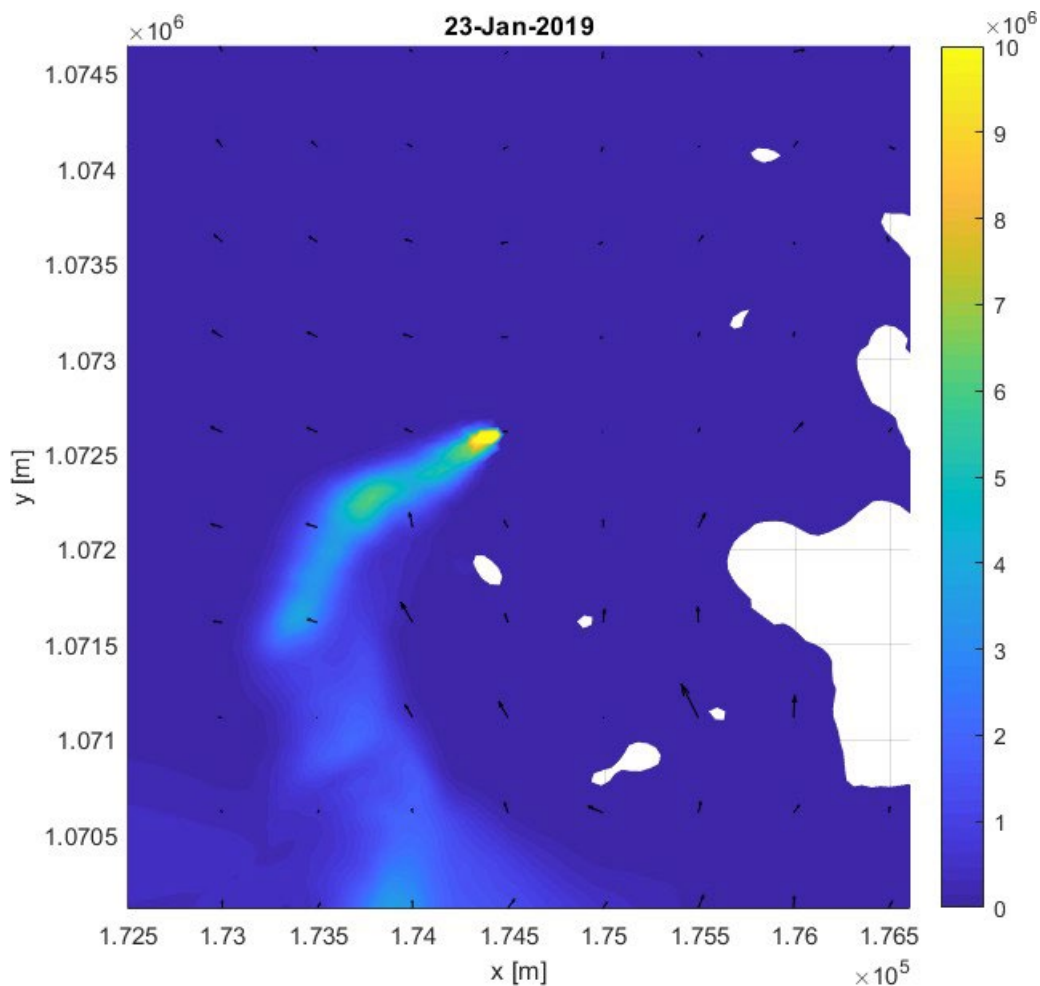


*Slika Prilog A-4 Karta oko ispusta Poreč sjever s koncentracijama ECOLI [CFU/100 ml] na dubini vode od 12 [m] (24. srpnja 2019 11:30).*

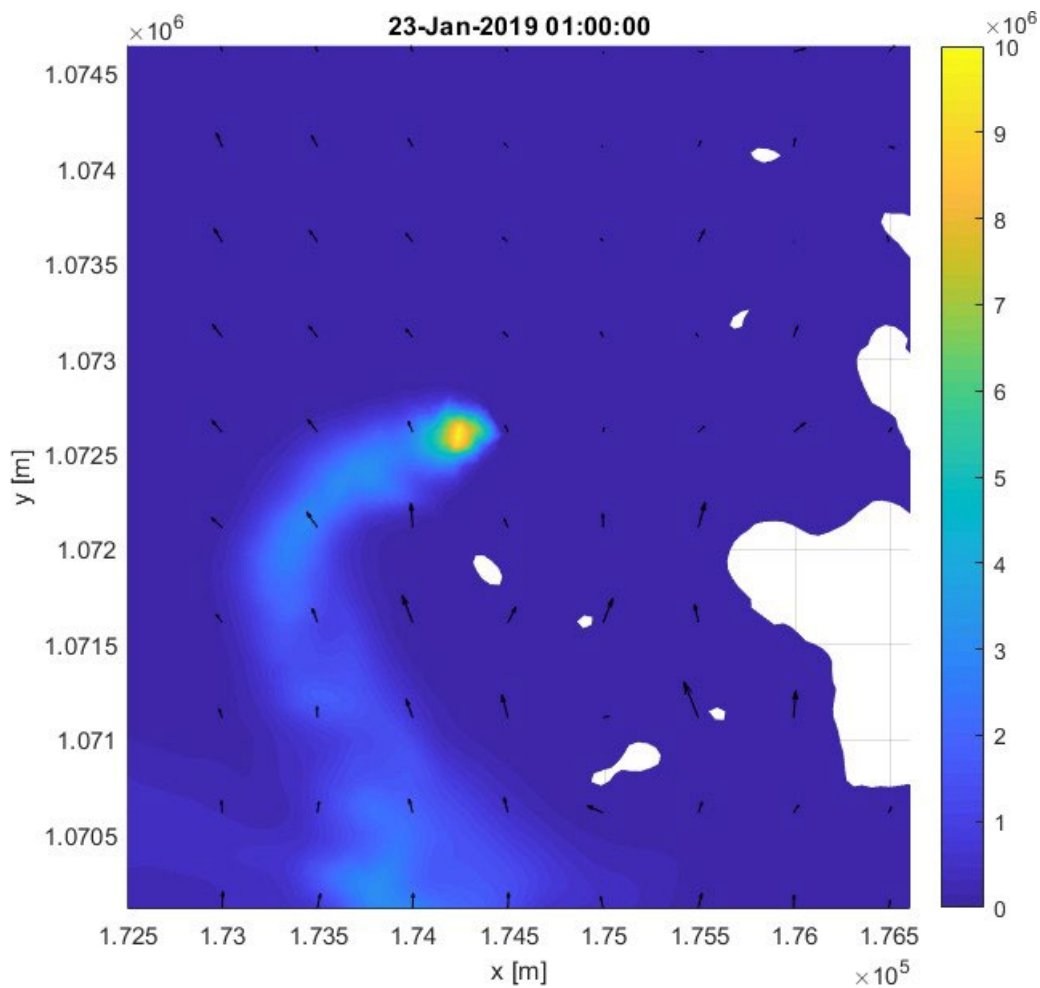


*Slika Prilog A-5 Karta oko ispusta Poreč sjever s koncentracijama ECOLI [CFU/100 ml] na dubini vode od 12 [m] (24. srpnja 12:30).*

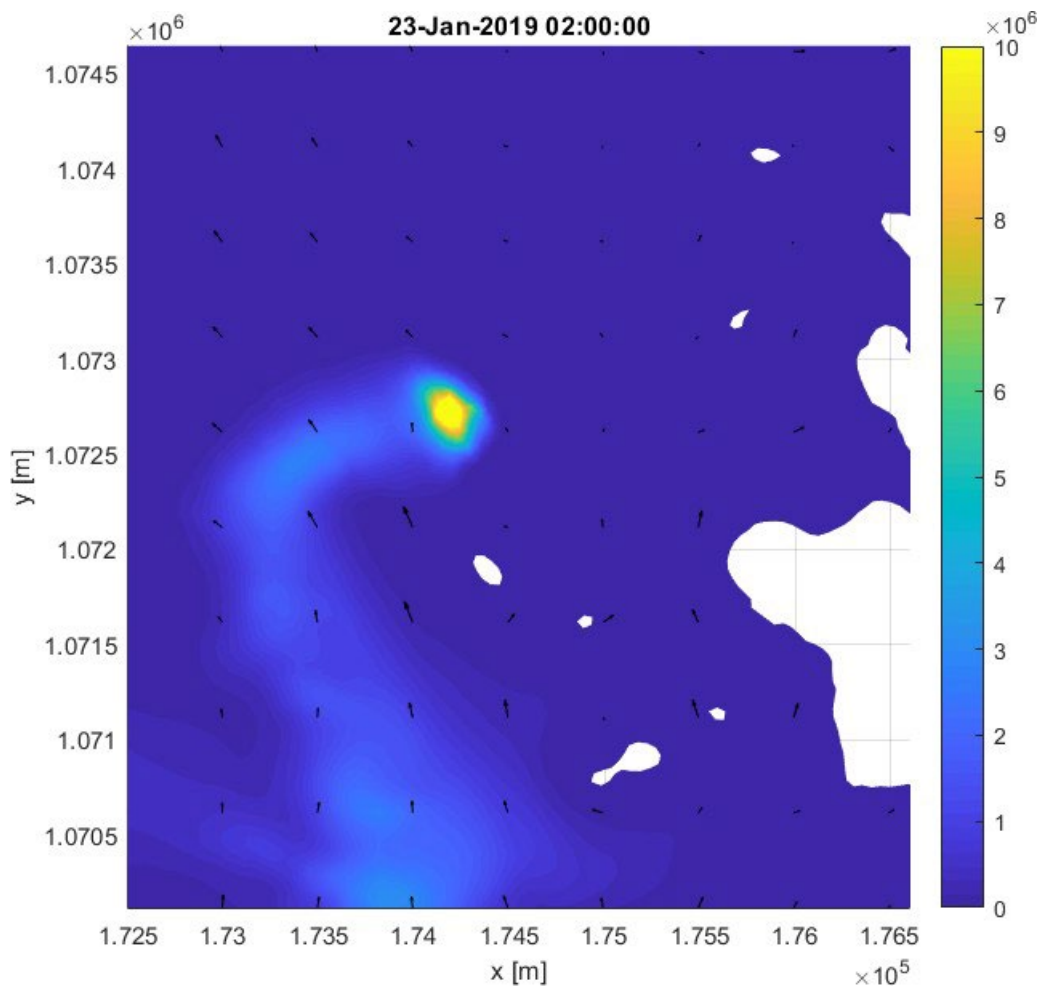
## A.2 Zimski scenarij



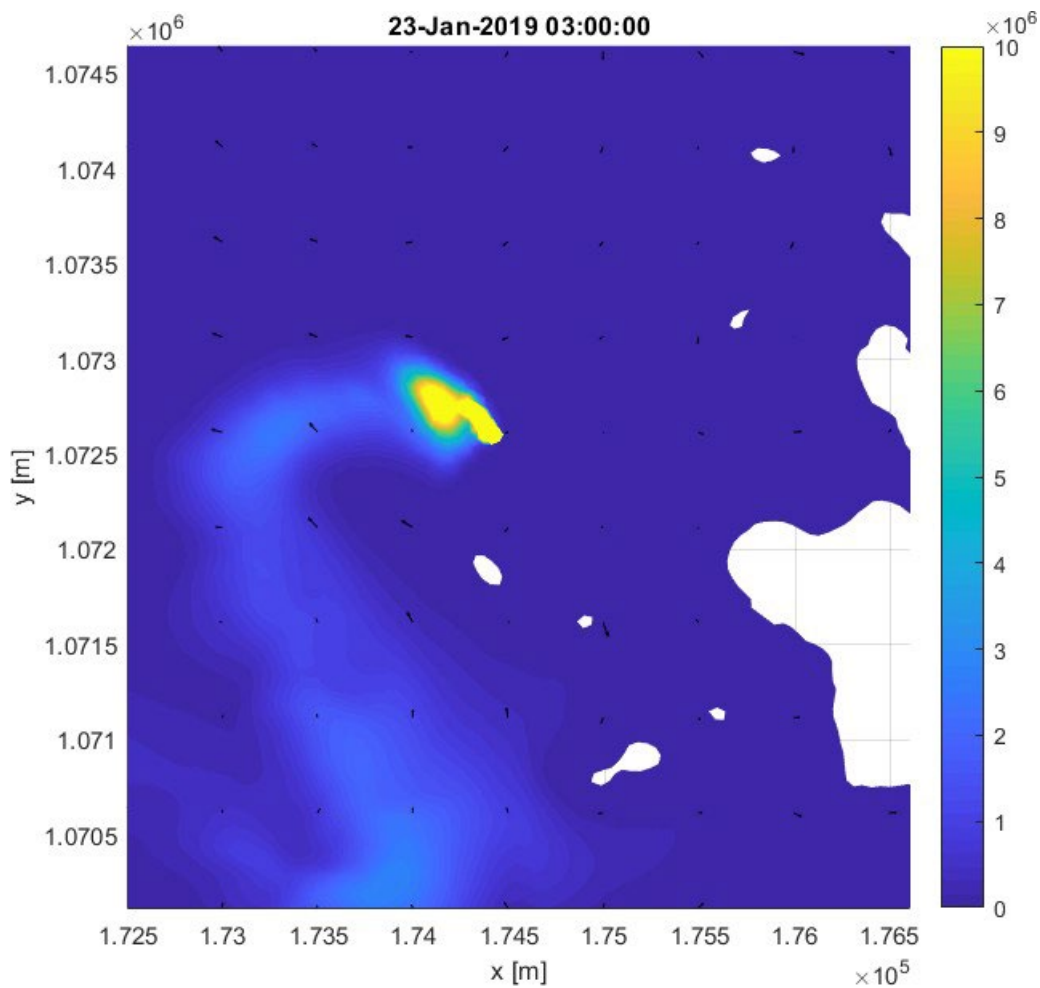
*Slika Prilog A-6 Karta oko ispusta Poreč jug s koncentracijama ECOLI [CFU/100 ml] na dubini vode od 12 [m] (23. siječnja 2019. 00:00).*



*Slika Prilog A-7 Karta oko ispusta Poreč jug s koncentracijama ECOLI [CFU/100 ml] na dubini vode od 12 [m] (23. siječnja 2019. 01:00).*

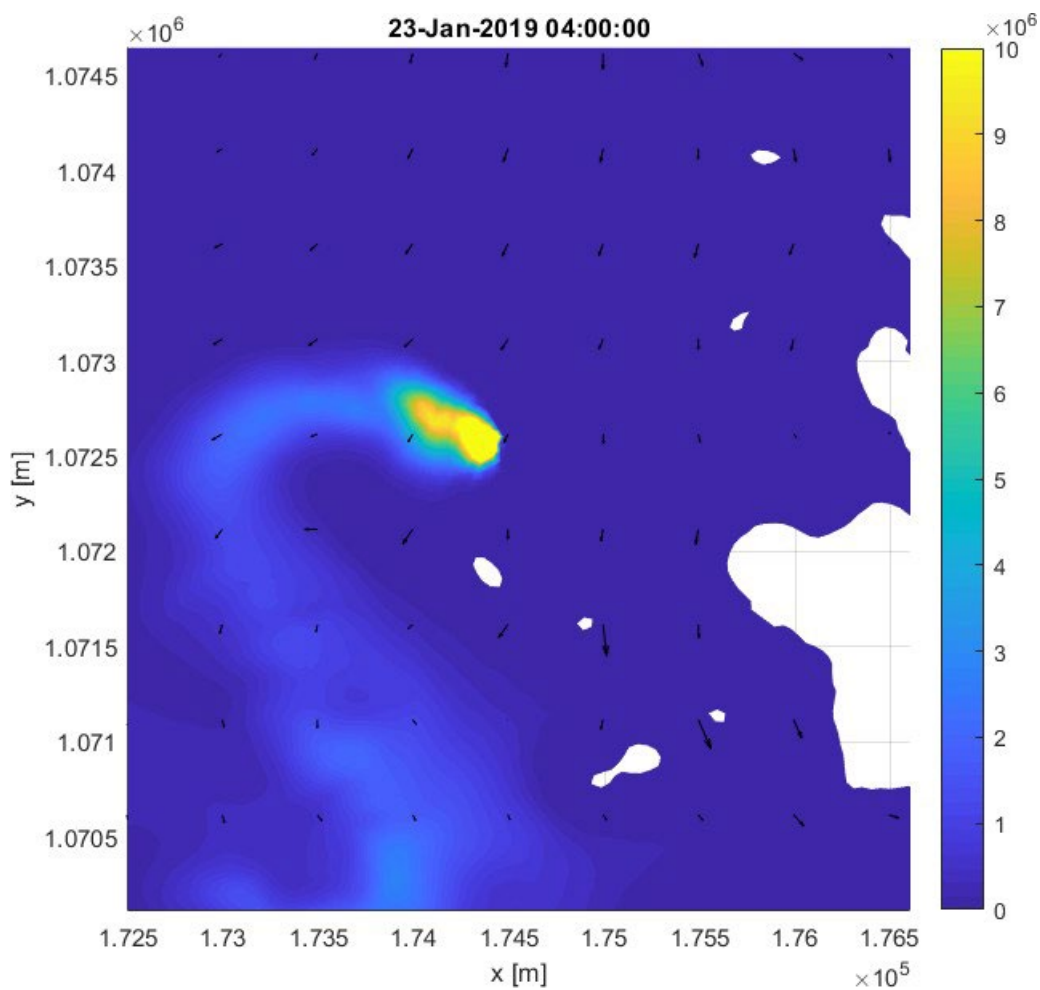


*Slika Prilog A-8 Karta oko ispusta Poreč jug s koncentracijama ECOLI [CFU/100 ml] na dubini vode od 12 [m] (23. siječnja 2019. 02:00).*



*Slika Prilog A-9 Karta oko ispusta Poreč jug s koncentracijama ECOLI [CFU/100 ml] na dubini vode od 12 [m] (23. siječnja 2019. 03:00).*





*Slika Prilog A-10 Karta oko ispusta Poreč jug s koncentracijama ECOLI [CFU/100 ml] na dubini vode od 12 [m] (23. siječnja 2019. 04:00).*