

# Statistička analiza kemijskih parametara morske vode

---

Koraca, Eta

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:190:627143>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-03**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Engineering](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
**TEHNIČKI FAKULTET**

Preddiplomski sveučilišni studij strojarstva

Završni rad

**STATISTIČKA ANALIZA KEMIJSKIH PARAMETARA  
MORSKE VODE**

Rijeka, rujan 2022.

Eta Koraca

0069086491

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
**TEHNIČKI FAKULTET**

Preddiplomski sveučilišni studij strojarstva

Završni rad

**STATISTIČKA ANALIZA KEMIJSKIH PARAMETARA  
MORSKE VODE**

Mentor: prof. dr. sc. Lado Kranjčević

Rijeka, rujan 2022.

Eta Koraca  
0069086491

Rijeka, 16. ožujka 2022.

Zavod: **Zavod za mehaniku fluida i računarsko inženjerstvo**  
Predmet: **Mehanika fluida**  
Grana: **2.15.04 mehanika fluida**

## ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnik: **Eta Koraca (0069086491)**  
Studij: **Preddiplomski sveučilišni studij strojarstva**

Zadatak: **Statistička analiza kemijskih parametara morske vode / Statistical Analysis of Seawater Chemical Parameters**

### Opis zadatka:

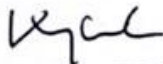
Provesti statističku analizu kemijskih parametara morske vode potrebnih za postavljanje predikcijskog modela mikrobiološkog onečišćenja plaža. Kombinirati različite izvore podataka kako bi se kreirale baze saliniteta, mutnoće i pH vrijednosti i korelirale s rezultatnim mikrobiološkim koncentracijama u obalnom morskom području.

Rad mora biti napisan prema Uputama za pisanje diplomskih / završnih radova koje su objavljene na mrežnim stranicama studija.

Eta Koraca


Zadatak uručen pristupniku: 21. ožujka 2022.

Mentor:



Prof. dr. sc. Lado Kranjčević

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

  
Prof. dr. sc. Kristian Lenić

## **IZJAVA**

Izjavljujem da sam završni rad pod naslovom „Statistička analiza kemijskih parametara morske vode“ izradila samostalno pod vodstvom prof. dr. sc. Lade Kranjčevića.

Rijeka, rujan 2022.

---

Eta Koraca

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentoru prof. dr. sc. Ladi Kranjčeviću, a posebno asist. dr. sc. Luki Grbčiću na ukazanom razumijevanju, smjernicama za izradu ovog završnog rada te strpljenju, pomoći i korisnim savjetima.

Također se zahvaljujem svojoj obitelji na motivaciji i potpori tijekom cijelog školovanja.

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. MORE I SVOJSTVA MORA .....	2
2.1. Općenito o Jadranskom moru .....	2
2.2. Temperatura mora.....	3
2.3. Salinitet .....	4
2.4. pH vrijednost .....	5
2.5. Mutnoća .....	6
2.6. Escherichia coli.....	7
2.7. Enterokok.....	8
3. LOKACIJA MJERENJA .....	9
4. STATISTIČKA ANALIZA .....	11
4.1. Aritmetička sredina.....	11
4.2. Medijan .....	12
4.3. Mod.....	12
4.4. Standardna devijacija.....	13
4.5. Varijanca.....	14
5. PEARSONOV KOEFICIJENT KORELACIJE.....	15
6. KOEFICIJENT DETERMINACIJE $R^2$ .....	17
7. STATISTIČKA ANALIZA PARAMETARA MORSKE VODE .....	18
8. ANALIZA UČESTALOSTI OKOLIŠNIH PARAMETARA .....	20
8.1. 3. Maj.....	20
8.2. Kantrida Istok .....	24
8.3. Kantrida Zapad .....	28

8.4. Pećine Istok.....	32
8.5. Pećine Zapad.....	36
9. STATISTIČKA ANALIZA PARAMETARA MORSKE VODE U OVISNOSTI O E. COLI	40
9.1. 3. Maj.....	40
9.2. Kantrida Istok .....	43
9.3. Kantrida Zapad .....	45
9.4. Pećine Istok.....	48
9.5. Pećine Zapad.....	50
9.6. Pearsonov koeficijent korelacije i koeficijent determinacije ( $R^2$ ) .....	52
10. STATISTIČKA ANALIZA PARAMETARA MORSKE VODE U OVISNOSTI O ENTEROKOKU.....	54
10.1. 3. Maj.....	54
10.2. Kantrida Istok .....	57
10.3. Kantrida Zapad .....	59
10.4. Pećine Istok.....	62
10.5. Pećine Zapad.....	64
10.6. Pearsonov koeficijent korelacije i koeficijent determinacije ( $R^2$ ) .....	66
11. ZAKLJUČAK .....	68
12. LITERATURA.....	69
SAŽETAK.....	72
SUMMARY .....	72



# 1. UVOD

Zemljina površina sastoji se većim dijelom od vode, oko 70%, od čega su oko 90% mora i oceani. Onečišćenje mora predstavlja veliki problem današnjice te ono može dovesti do zdravstvenih problema kod kupača, što je važno posebice za turističke zemlje u koje spada i Hrvatska. Onečišćenje može biti jedna od posljedica razvoja gradova na obali, industrijskih kompleksa, ribarstva ili pak ispuštanja otpadnih voda u more. Vode se onečišćuju i različitim uljima, kemikalijama, radioaktivnim otpadom, različitim krutim tvarima ili pak ispuštanjem plinova kao što je CO<sub>2</sub>. Posljedice su velike i posebice se reflektiraju na gospodarstvo.

Motivacija rada bila je analizirati različite parametre koji utječu na kakvoću morske vode te koncentraciju pojedinih bakterija koje potencijalno mogu predstavljati rizik za ugrožavanje zdravlja ljudi.

U radu će se provesti statistička analiza izmjerenih parametara i to računajući aritmetičku sredinu, medijan, mod, standardnu devijaciju i varijancu. Nakon toga će se izračunati Pearsonov koeficijent korelacije i koeficijent determinacije kojima će se utvrditi razina povezanosti pojedinog parametra i bakterije *Escherichia coli* i enterokoka. Uz to, grafički će se prikazati učestalost svakog parametra za svaku od plaža kako bi se dobio sistematičan pregled dobivenih podataka.

Cilj ovog završnog rada je na temelju provedene statističke analize s pet različitih plaža u Rijeci utvrditi koji parametri najviše, a koji najmanje utječu na onečišćenje mora s ciljem prevencije ugrožavanja zdravlja kupača.

## 2. MORE I SVOJSTVA MORA

### 2.1. Općenito o Jadranskom moru

Mjerenja potrebna za izradu ovog završnog rada obavljena su na nekoliko plaža u Rijeci, na Jadranskom moru. Jadransko more je najsjeverniji dio većega Sredozemnoga mora, a s njime se spaja preko prolaza Otrantska vrata. Geografski ga se može podijeliti na Sjeverni, Srednji i Južni Jadran. Slanost Jadranskog mora je manja od Sredozemnoga, dok se temperatura na površini mora kreće između 7°C zimi do 24°C ljeti. Obalu Jadrana naseljava oko 3,5 milijuna ljudi, a djelatnosti koje prevladavaju su ribarstvo i turizam, kao i pomorski promet. Na obali se nalazi veći broj luka kroz koje se odvija prijevoz različite robe, ali i prijevoz putnika. Također, Jadranskome moru prijete opasnost od prekomjernog zagađenja zbog ispuštanja otpadnih voda, ali i balastnih voda s brodova i tankera. Zagađenju pridonose i izljevi nafte, i to prvenstveno od strane rafinerija. Na slici 2.1. prikazana je pozicija Jadranskog mora [1].



Slika 2.1: Položaj Jadranskog mora [1]

## 2.2. Temperatura mora

Temperatura mora mijenja se tijekom godine, a ona ovisi o geografskom položaju pa tako do najvećeg zagrijavanja dolazi u okolici Ekvatora, a do najvećeg hlađenja u polarnim krajevima. S povećanjem geografske širine temperature na površini mora se smanjuju. Općenito, do zagrijavanja mora dolazi zbog upijanja Sunčevih zraka tijekom toplijih mjeseci, a do hlađenja zbog emitiranja dugovalnog Sunčevog zračenja te zbog isparavanja tijekom hladnijih mjeseci. Godišnje oscilacije u površinskim temperaturama mora na sjevernom Jadranu iznose 16°C zbog toga što taj dio Jadrana spada u plitko obalno područje pa su stoga i oscilacije veće. U tablicama 2.1 i 2.2 prikazane su prosječne površinske temperaturne vrijednosti svjetskog mora [2].

*Tablica 2.1: Prosječne površinske temperaturne vrijednosti svjetskog mora -- sjeverna geografska širina [2]*

<b>SJEVERNA GEOGRAFSKA ŠIRINA</b>							
<b>Geografska širina (°)</b>	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70
<b>Temperatura (°C)</b>	27,7	26,9	24,2	19,5	11,3	6,9	4,4

*Tablica 2.2: Prosječne površinske temperaturne vrijednosti svjetskog mora - južna geografska širina [2]*

<b>JUŽNA GEOGRAFSKA ŠIRINA</b>							
<b>Geografska širina (°)</b>	70-60	60-50	50-40	40-30	30-20	20-10	10-0
<b>Temperatura (°C)</b>	-0,4	3,3	10,0	17,7	22,7	25,7	27,0

### 2.3. Salinitet

Salinitet predstavlja udio otopljenih anorganskih soli u moru, a izražava se u gramima po kilogramu (g/kg), odnosno u promilima (‰) [2]. Jedan je od važnijih parametara morske vode jer utječe na njezina fizikalna i kemijska svojstva. U Jadransko more voda pristiže preko oborina, ali i kopnenim dotocima, dok se gubi isparavanjem, ali se više vode dobiva nego što se gubi. Isparavanjem se salinitet povećava, dok se smanjuje oborinama i ledom. Povećanjem slanosti smanjuje se ledište, toplinski kapacitet i toplinska vodljivost, a povećava se viskoznost, električna vodljivost, kao i površinska napetost vode. Slanost ovisi i o strujanju te stvaranju leda, ali i njegovom otapanju. Prosječna slanost oceana iznosi 35 ‰. Salinitet je sklon godišnjim, međugodišnjim i dugogodišnjim vremenskim promjenama zbog kojih se npr. ljeti slanost uglavnom smanjuje te zbog kojih je slanost u porastu u posljednjim desetljećima. Slanost se povećava od sjevera ka jugu Jadranskog mora. U tablicama 2.3 i 2.4 prikazane su prosječne površinske slanosti svjetskog mora [2].

*Tablica 2.3: Prosječna površinska slanost svjetskog mora - sjeverna geografska širina [2]*

<b>SJEVERNA GEOGRAFSKA ŠIRINA</b>							
<b>Geografska širina (°)</b>	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70
<b>Salinitet (‰)</b>	34,4	34,8	35,6	35,3	33,8	32,4	33,0

*Tablica 2.4: Prosječna površinska slanost svjetskog mora - južna geografska širina [2]*

<b>JUŽNA GEOGRAFSKA ŠIRINA</b>							
<b>Geografska širina (°)</b>	70-60	60-50	50-40	40-30	30-20	20-10	10-0
<b>Salinitet (‰)</b>	33,9	34,0	34,4	35,2	35,6	35,4	35,0

## 2.4. pH vrijednost

pH (lat. potentia hydrogenii: snaga vodika) ili pH-vrijednost je broj koji služi kao mjera kiselosti, odnosno lužnatosti vodenih otopina [3]. Prosječan pH morske vode iznosi od 7,5 do 8,25. Što se tiče Jadranskog mora, na sjevernom Jadranu prati se trend godišnjeg snižavanja pH vrijednosti od 0,0022 do 0,0025 pH jedinica. U tablicama 2.5 i 2.6 prikazane su pH vrijednosti Sjevernog Jadrana 2012. i 2015. godine.

*Tablica 2.5: pH vrijednosti Sjevernog Jadrana 2012. godine [4]*

<b>POSTAJA</b>	<b>pH</b>	<b>STANDARDNA DEVIJACIJA</b>
<b>Venecija</b>	8,42	0,23
<b>Trst</b>	8,56	0,24
<b>Sjeverni Jadran</b>	8,48	0,24

*Tablica 2.6: pH vrijednosti Sjevernog Jadrana 2015. godine [4]*

<b>POSTAJA</b>	<b>pH</b>
<b>SJ108</b>	8,43
<b>SJ101</b>	8,38
<b>SJ103</b>	8,20
<b>SJ105</b>	8,25
<b>SJ107</b>	8,23
<b>ZI032</b>	8,18
<b>Srednja vrijednost</b>	8,28 ± 0,004

Iz gornjih tablica zaključuje se da se u razdoblju od tri godine pH vrijednost smanjila za otprilike 0,15 pH jedinica, a vrlo vjerojatno i dalje opada.

## 2.5. Mutnoća

Mutnoća mjera je zamućenosti kapljevina, osnovni je i jednostavan pokazatelj kvalitete vode [5]. Mjeri se tako da se u uzorak vode usmjeri snop svjetlosti točno određenih karakteristika kako bi mogao identificirati čestice. Zbog tvari koje sadrži voda snop se raspršuje, a ta se svjetlost detektira i mjeri po određenom standardu. Što je više čestica u uzorku, to će mutnoća biti veća. Ona ne mjeri direktno broj čestica, nego govori o utjecaju tih čestica na prolazeću svjetlost ili pak o odbijanju svjetlosti od čestica sadržanih u vodi. Uređaj koji mjeri mutnoću naziva se turbidimetar te služi za mjerenje relativne prozirnosti tekućine.

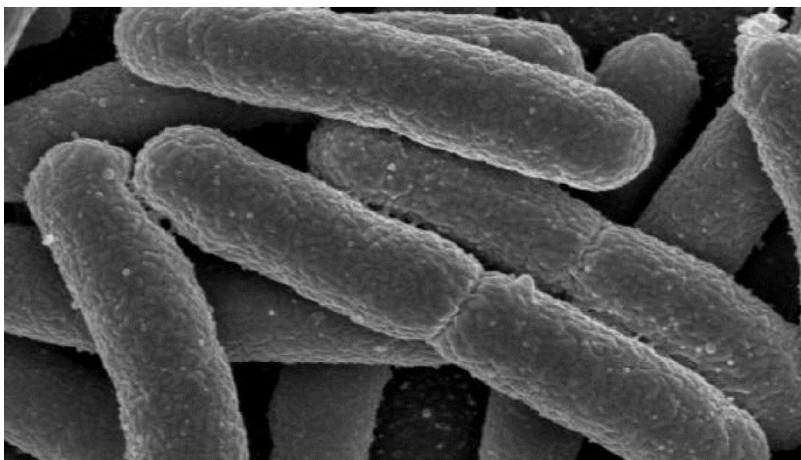


*Slika 2.2: Turbidimetar [5]*

## 2.6. Escherichia coli

Escherichia coli (E. coli) vrlo je poznata bakterija. Zanimljivo je što je uobičajeni stanar probavnog sustava kod ljudi te pomaže kod pravilne probave, no njezine određene vrste mogu izazvati različite vrste infekcija npr. kod mokraćnog sustava, ali i mnoga druga oboljenja koja mogu dovesti čak i do smrti. Otkrio ju je Theodor Escherich 1885. godine, a po njemu je i dobila ime. Kreće se pomoću rotacije trepetiljki. Kako je ova bakterija prisutna u crijevima ljudi, može biti pokazatelj zagađenja vode, ali i hrane. Pojedine vrste bakterije Escherichia coli mogu mutirati, odnosno može doći do promjene u genetskom materijalu te tada te vrste postaju patogene i time dovode do raznih bolesti. Najčešće dovodi do problema u mokraćnom sustavu, tj. do urinalnih infekcija koje imaju tendenciju da se relativno često i ponove unutar godine dana. Sojevi koji dovode do ovih oboljenja nazivaju se uropatogenima i vezuju se za stanice mokraćnog sustava.

Što se tiče podzemnih voda, E. coli služi kao pokazatelj razine onečišćenja vode, a ona se koristi zato što ne predstavlja direktnu opasnost za laborante, no u nekim područjima se množi brže nego u drugima pa stoga valja biti oprezan.



*Slika 2.3: Escherichia coli [6]*

## 2.7. Enterokok

Enterokoki su gram-pozitivne bakterije iz roda *Enterococcus* i dio su fiziološke mikroflore probavnog trakta životinja i ljudi [7]. Mogu uzrokovati različite vrste infekcija, od kože pa do spolnog i mokraćnog sustava. Osim urođene imunosti, enterokoki vrlo lako stječu nove mehanizme imunosti, a stečena imunost je posljedica mutacije gena koji već postoje ili pak stjecanja novog genetskog materijala. Enterokoki su najčešće okrugli ili ovalni, a veliki su od 0,6 do 2,5  $\mu\text{m}$ . Fermentacija im omogućuje rast i razvoj, i to na temperaturama od 10 do 45 °C, dok im je za reprodukciju infekcije najpogodnija okolišna temperatura od 35 do 37 °C. Osnovno mjesto obitavanja i razmnožavanja im je tanko crijevo, a rjeđe ih se nalazi u debelom crijevu.

Prosječan broj enterokoka u ljudskom tijelu (u 1 gramu stolice) kod male djece i kod starijih osoba je 10<sup>6</sup>-10<sup>7</sup>, a kod odraslih je to 10<sup>7</sup>-10<sup>8</sup>. Također, u ljudskom tijelu ima najviše 1% enterokoka od ukupnog broja bakterija koje se nalaze u čovjeku. Od svih mogućih vrsta enterokoka, one koje najčešće uzrokuju bolesti su *Enterococcus faecalis* i *Enterococcus faecium*.



*Slika 2.4: Enterokok [8]*



### 3. LOKACIJA MJERENJA

Podaci mjerenja su dobiveni s pet različitih lokacija u Rijeci. Rijeka je treći najveći grad u Republici Hrvatskoj i ima oko 110 000 stanovnika. Smještena je na zapadu Hrvatske, u Riječkom zaljevu koji je dio većega Kvarnerskog zaljeva. Riječki zaljev dubok je oko 60 m što je dovoljno da i najveći brodovi mogu u njega uploviti. Zbog toga je Rijeka postala vrlo važna luka. Što se tiče klime, svrstava se u umjereno toplu vlažnu s prosječnom temperaturom od 13,8 °C. Također, Rijeka je poznata po velikoj količini padalina, a na njih utječu proljetne i jesenske ciklone iz novskog zaljeva. Osim kiše, Rijeku karakterizira i poznata riječka bura – suh i hladan vjetar koji puše iz smjera sjeveroistoka, dostiže velike brzine od čak 160 km/h, a njegova češća pojava je u hladnijem dijelu godine. Reljef na riječkom području je krški, a karakterizira ga selektivna topljivost stijena koja za posljedicu ima reljef s puno uzvisina i udubina.

Mjerenja su izvršena na pet različitih plaža u Rijeci, i to 3. Maj (s duljinom plaže od 50 m), Kantrida Istok (130 m), Kantrida Zapad (140 m), Ploče Istok (160 m) i Ploče Zapad (170 m). Relativno velika duljina obale na malom području kao rezultat daje različite kvalitete vode koje, osim toga, ovise i o puno drugih parametara.



*Slika 3.1: Položaj plaža na kojima su izvršena mjerenja [9]*



*Slika 3.2: Položaj Rijeke [10]*

## 4. STATISTIČKA ANALIZA

### 4.1. Aritmetička sredina

Aritmetička sredina ili češće prosjek je najpoznatija mjera centralne tendencije. Dobiva se tako da se vrijednosti svih članova nekog skupa zbroje i zatim taj zbroj podijeli s brojem članova, odnosno pribrojnika. Općenito, aritmetička sredina se računa kao:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + \dots + x_n}{n} \quad (4.1)$$

gdje je:

$x_n$  n-ti član skupa

$n$  ukupan broj članova, tj. pribrojnika

Aritmetička sredina predstavlja srednju vrijednost. Drugim riječima, mora biti veća od najmanje vrijednosti u promatranom skupu brojeva i manja od najveće vrijednosti. Izraženo općim brojevima:

$$x_1 < \bar{x} < x_n \quad (4.2)$$

U slučaju da su sve vrijednosti u skupu iste, odnosno da vrijedi:

$$x_1 = x_2 = \dots = x_n \quad (4.3)$$

tada će zbroj odstupanja od aritmetičke sredine biti jednak nuli, tj. vrijedit će:

$$\sum(x_i - \bar{x}) = 0 \quad (4.4)$$

Mjerna jedinica aritmetičke sredine bit će jednaka kao i mjerna jedinica one varijable za koju se računa srednja vrijednost.

## 4.2. Medijan

Medijan ili centralna vrijednost (lat. medianus – srednji) je mjera centralne tendencije koja služi za određivanje sredine distribucije. Niz članova nekog skupa poredanih od najmanjeg prema najvećem dijeli se na dva jednaka dijela, na način da pola elemenata skupa, tj. prvih 50% se nalazi ispod mediane, odnosno druga polovica elemenata ili drugih 50% se nalazi iznad mediane. Položaj medijana u nizu brojeva koji su poredani po veličini, od najmanjeg ka najvećemu, računa se kao:

$$R_C = \frac{N+1}{2} \quad (4.5)$$

pri čemu je:

$R_C$  redno mjesto medijana

$N$  broj rezultata

Skup brojeva može sadržavati paran ili neparan broj vrijednosti. Ukoliko se radi o neparnom broju, centralna vrijednost će biti vrijednost u sredini skupa, a ukoliko se radi o parnom broju, medijan će se dobiti tako da se od dvije srednje vrijednosti izračuna njihova aritmetička sredina, tj. te dvije vrijednosti se zbroje i podijele s dva.

U usporedbi s aritmetičkom sredinom, medijan je manje osjetljiv na ekstreme i u tome je njegova prednost u odnosu na aritmetičku sredinu.

Medijan se još naziva i pozicijskom srednjom vrijednošću jer ga položaj u nizu određuje.

## 4.3. Mod

Mod (lat. modus – mjera) ili dominantna vrijednost je uz aritmetičku sredinu i medijan, još jedna mjera centralne tendencije. Predstavlja onu vrijednost koja prevladava u skupu brojeva, odnosno najviše puta se pojavljuje u skupu.

Koristi se onda kada distribucija nije normalna, tj. kad je vrlo različita od normalne i asimetrična je i kada ostali mogući načini određivanja srednje vrijednosti ne daju odgovarajuće rezultate. Također, broj vrijednosti u skupu mora biti dovoljno velik.

#### 4.4. Standardna devijacija

Standardna devijacija (standardno odstupanje) definira se kao prosječno srednje kvadratno odstupanje numeričkih vrijednosti neke veličine  $x_1, x_2, \dots, x_N$  od njihove aritmetičke sredine  $\bar{x}$  [11].

Općenito, standardna devijacija može se izraziti kao:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (5.1)$$

gdje je  $N$  broj članova niza.

Ako ju usporedimo sa aritmetičkom sredinom, ona može biti dobar pokazatelj ukoliko je standardno odstupanje maleno, ali izračunavanje razlike između svake vrijednosti i aritmetičke sredine je naporno i uzima puno vremena, pa se tako standardno odstupanje može računati i prema sljedećem izrazu:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}}{N - 1}} \quad (5.2)$$

Ukoliko je standardno odstupanje veliko, aritmetička sredina neće biti odgovarajući pokazatelj jer će se tražene točke nalaziti izvan šireg raspona vrijednosti.

Standardna devijacija pokazuje kako su rezultati raspoređeni u odnosu na aritmetičku sredinu jer se ona uzima kao referentna točka. Općenito, standardno odstupanje se koristi kod normalne ili približno normalne distribucije.

## 4.5. Varijanca

Varijanca je jedna od mjera raspršenosti koja opisuje koliko su podaci raspršeni oko aritmetičke sredine. Definiira se kao prosječni zbroj kvadrata odstupanja vrijednosti obilježja (veličine) od aritmetičke sredine. Za niz vrijednosti  $x_1, x_2, \dots, x_N$ , gdje je  $N$  broj članova niza, kojima je aritmetička sredina:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (5.3)$$

varijanca se izražava kao:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \quad (5.4)$$

Kao što je vidljivo iz gornjih izraza, standardnu devijaciju iz varijance može se dobiti preko drugog korijena varijance.

## 5. PEARSONOV KOEFICIJENT KORELACIJE

Pearsonov koeficijent korelacije označava se pomoću slova  $r$ . Može ga se upotrebljavati kada je distribucija normalna te kada je utvrđena linearna zavisnost među promatranim varijablama. Pearsonov koeficijent korelacije može poprimiti vrijednosti između -1 i +1. Ukoliko ima vrijednost +1, korelacija je u potpunosti pozitivna, a ukoliko poprimi vrijednost -1 tada je korelacija u potpunosti negativna. Zaključuje se da predznak govori o tome je li korelacija pozitivna (+) ili negativna (-), ali ne govori o tome koliko je jaka ta korelacija. Također, uspoređuje kako varijable utječu jedna na drugu u usporedbi na njihov maksimalni utjecaj. Kako bi se mogao dobiti Pearsonov koeficijent korelacije potrebne su sljedeće sume:

Suma kvadrata varijable  $X$  koja se može dobiti kao zbroj kvadrata odstupanja  $X$  od aritmetičke sredine i izražava se kao:

$$S_X^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2 \quad (6.1)$$

Suma kvadrata varijable  $Y$  koja se može dobiti kao zbroj kvadrata odstupanja  $Y$  od aritmetičke sredine, a može se izraziti kao:

$$S_Y^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2 \quad (6.2)$$

Suma umnožaka varijabli  $X$  i  $Y$  koja se može dobiti kao zbroj umnožaka odstupanja vrijednosti  $X$  i  $Y$  od njihovih aritmetičkih sredina i izražava se kao [12]:

$$S_{XY} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y}) \quad (6.3)$$

Iz svega navedenoga dolazi se do koeficijenta korelacije koji se računa kao:

$$r = \frac{S_{XY}}{\sqrt{S_X^2 \cdot S_Y^2}} \quad (6.4)$$

U tablici 5.1. prikazano je kako pojedini rasponi apsolutnih vrijednosti Pearsonovog koeficijenta korelacije utječu na razinu povezanosti među varijablama.

*Tablica 5.1: Apsolutna vrijednost Pearsonovog koeficijenta korelacije i jačina povezanosti između varijabli [13]*

<b>APSOLUTNA KOEFIJENTA KORELACIJE</b>	<b>VRIJEDNOST JAČINA POVEZANOSTI IZMEĐU VARIJABLI</b>
$ r  = 1$	Potpuna korelacija
$0,8 \leq  r  < 1$	Jaka korelacija
$0,5 \leq  r  < 0,8$	Srednje jaka korelacija
$0,2 \leq  r  < 0,5$	Relativno slaba korelacija
$0 <  r  < 0,2$	Neznatna korelacija
$ r  = 0$	Potpuna odsutnost korelacije



## 6. KOEFICIJENT DETERMINACIJE $R^2$

Koeficijent determinacije u statistici predstavlja udio promjene zavisne varijable koja je predvidljiva iz nezavisne varijable. Pokazuje koliko dobro su dobiveni ishodi replicirani modelom. Najveća moguća vrijednost koeficijenta determinacije je 1.0, no može poprimiti i negativne vrijednosti. Ovaj model je relevantniji što je koeficijent bliži vrijednosti jedan, ali nedostatak je što nije objektivniji. Vrijednost  $R^2$  bit će različita od nule za slučaj kada vrijednost populacijskog koeficijenta iznosi 0. Koeficijent determinacije može se izraziti kao:

$$R^2 = \frac{S_{XY}^2}{S_X^2 S_Y^2} \quad (7.1)$$

gdje je:

$S_{XY}$  definiran u izrazu (6.3),

$S_X^2$  definiran u izrazu (6.1),

$S_Y^2$  definiran u izrazu (6.2).

## 7. STATISTIČKA ANALIZA PARAMETARA MORSKE VODE

Izmjerene su fizičko-kemijske i mikrobiološke karakteristike morske vode na 5 različitim plaža u Rijeci te su izračunate mjere centralne tendencije i mjere varijabilnosti, a rezultati su prikazani u tablici 7.1. Prosječna temperatura zraka iznosi 23.8 °C, a kreće se između 8 °C i 38 °C, dok prosječna temperatura mora iznosi 21.4 °C te se kreće između 12°C i 27°C. Najveća standardna devijacija za sve plaže dobivena je kod E. coli i njezina najveća dobivena vrijednost iznosi 586.52 za plažu Kantrida Zapad. Također, velike vrijednosti standardne devijacije dobivene su za enterokok (plaža Kantrida Zapad, 305.48).

*Tablica 7.1: Mjere centralne tendencije i mjere varijabilnosti parametara morske vode s 5 različitih plaža u Rijeci*

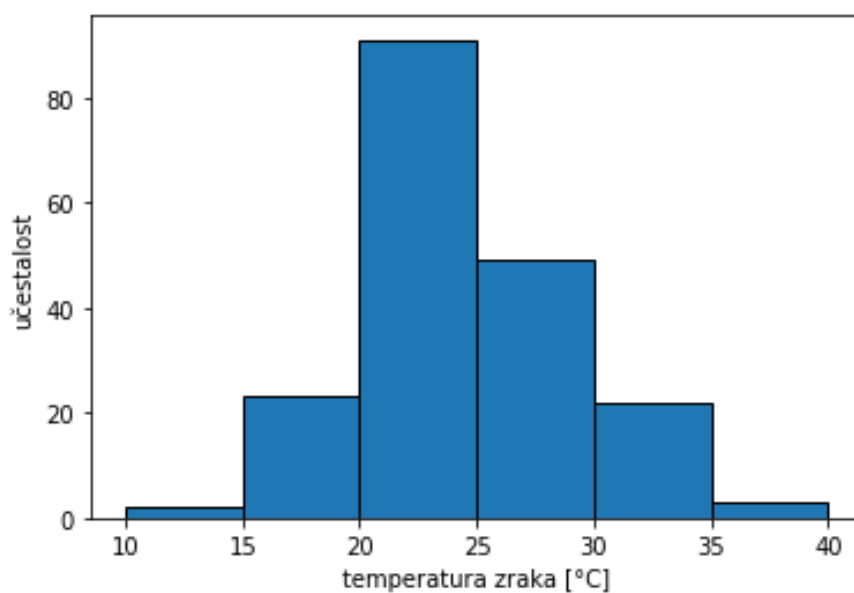
<b>LOKACIJA</b>		<b>TEMP. ZRAKA</b>	<b>TEMP. MORA (°C)</b>	<b>SALINITET</b>	<b>pH</b>	<b>MUTNOĆA</b>	<b>EC</b>	<b>EN</b>
<b>3M</b>	Srednja vrijednost	23.99	20.1	27.71	7.95	1.26	205.51	48.67
	Medijan	23.5	19.0	28.45	7.97	0.9	55.5	20.0
	St. dev.	4.49	3.2	6.0	0.11	1.72	402.69	88.4
	Mod	/	/	/	/	/	/	/
	Varijanca	20.16	10.26	35.94	0.01	2.95	162162.48	7814.62
<b>KE</b>	Srednja vrijednost	23.79	21.42	33.55	8.0	1.24	176.92	61.0
	Medijan	23.1	21.0	34.87	8.01	0.9	60.0	26.0
	St. dev.	4.58	3.19	3.92	0.08	1.33	339.99	120.84
	Mod	/	/	/	/	/	/	/
	Varijanca	21.02	10.19	15.33	0.01	1.78	115593.63	14601.72

<b>KW</b>	Srednja vrijednost	23.75	21.54	33.11	8.0	2.04	397.76	145.1
	Medijan	23.0	21.0	34.47	8.01	1.2	140.0	43.0
	St. dev.	4.61	3.25	3.99	0.08	2.47	586.52	305.48
	Mod	/	/	/	/	/	/	/
	Varijanca	21.25	10.56	15.89	0.006	6.11	344010.5	93321.05
<b>PE</b>	Srednja vrijednost	23.79	21.91	34.68	8.0	1.46	72.15	31.62
	Medijan	23.5	21.5	35.63	8.01	0.9	8.0	7.0
	St. dev.	4.72	3.18	3.38	0.08	1.58	210.41	83.64
	Mod	/	/	/	/	/	/	/
	Varijanca	22.24	10.1	11.4	0.006	2.49	44272.05	6994.83
<b>PW</b>	Srednja vrijednost	23.78	21.87	34.74	8.0	1.59	186.6	111.13
	Medijan	23.0	21.5	35.79	8.01	1.0	50.0	39.0
	St. dev.	4.72	3.19	3.7	0.09	2.2	412.78	225.28
	Mod	/	/	/	/	/	/	/
	Varijanca	22.27	10.16	13.67	0.007	4.84	170388.9	50751.65

## 8. ANALIZA UČESTALOSTI OKOLIŠNIH PARAMETARA

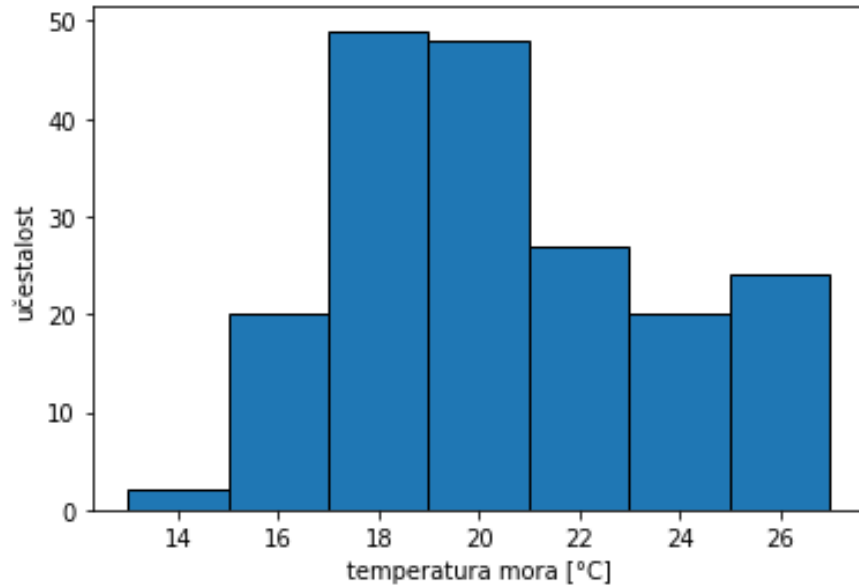
Izrađeni su histogrami svakog parametra zasebno za svaku od plaža kako bi se moglo lakše vidjeti raspodjelu pojedinih parametara.

### 8.1. 3. Maj



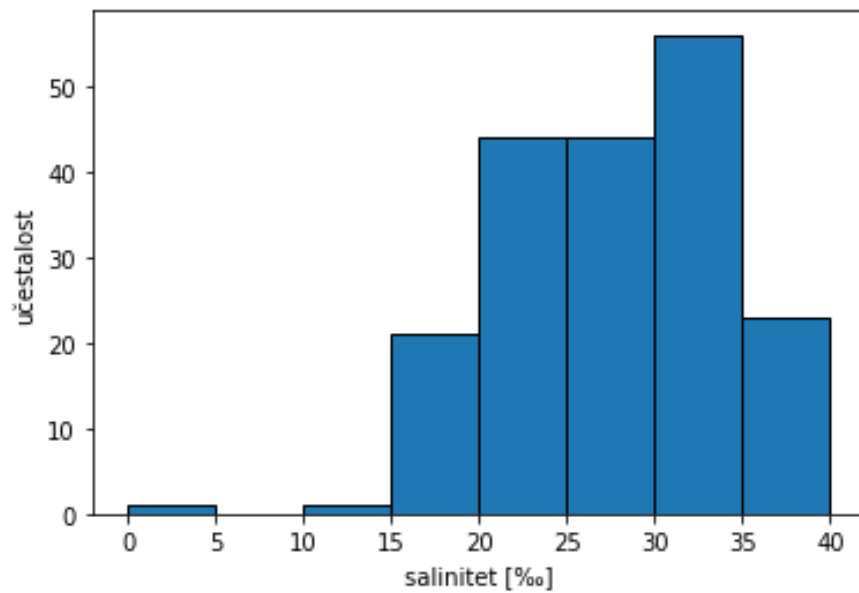
*Slika 8.1: Raspodjela temperature zraka*

Sa slike 8.1. se može vidjeti da je najučestalija temperatura zraka u rasponu od 20 °C do 25 °C.



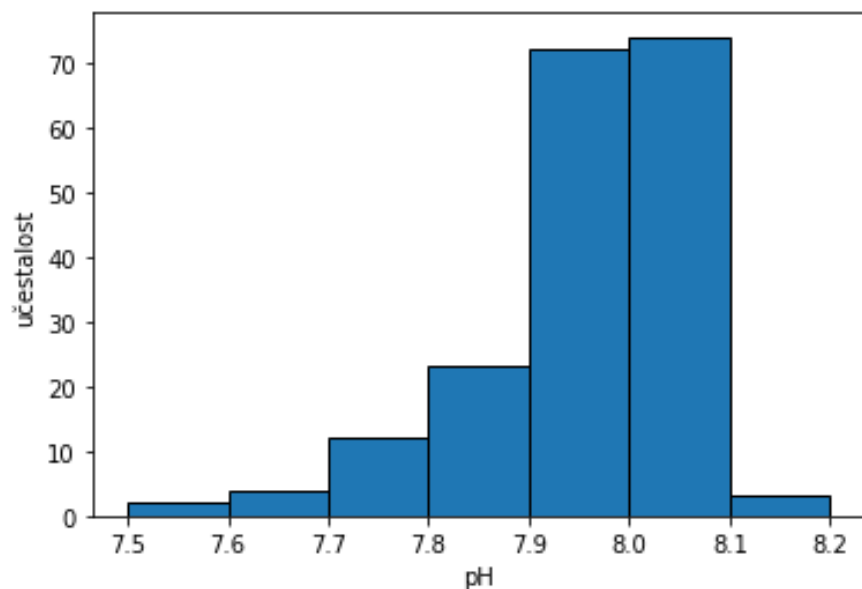
*Slika 8.2: Raspodjela temperature mora*

Na slici 8.2. se može vidjeti da se u najviše uzoraka dobivenih mjerenjima, temperatura mora na plaži 3. Maj kretala u intervalu između 17 °C i 19 °C.



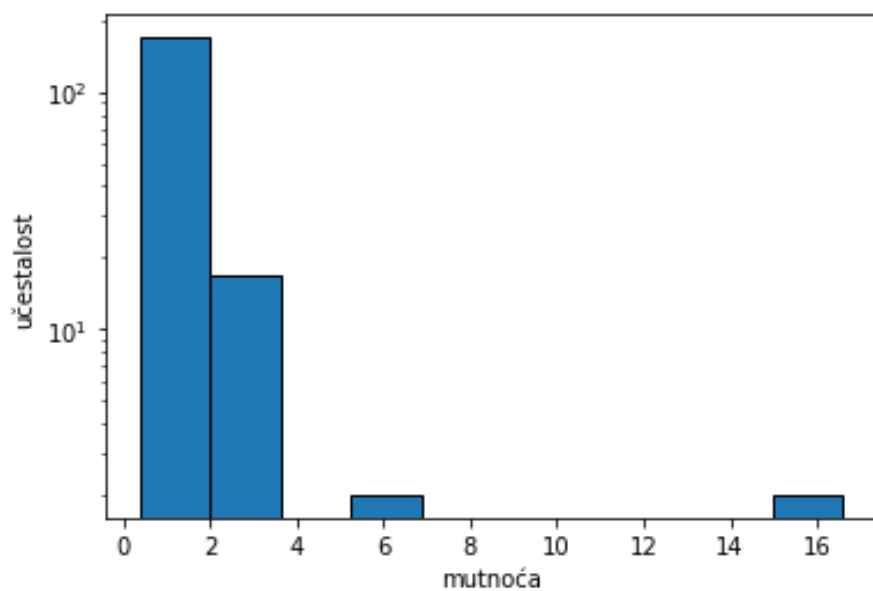
*Slika 8.3: Raspodjela saliniteta*

Sa slike 8.3. vidi se da se u najviše uzoraka salinitet kretao između 30‰ i 35‰.



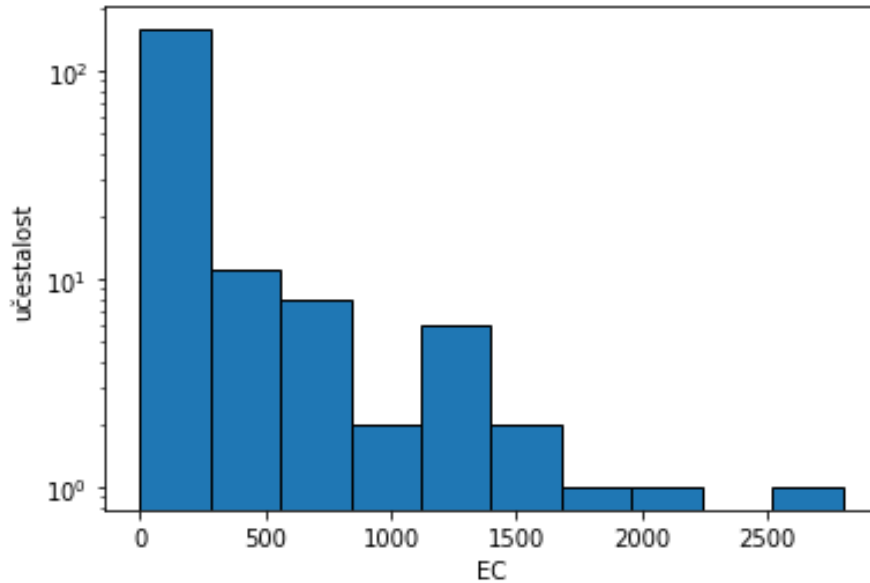
*Slika 8.4: Raspodjela pH*

Na slici 8.4. je prikazano da na plaži 3. Maj prevladava pH u intervalu od 8 do 8.1, koji se pojavio u nešto više od 70 mjerenja.



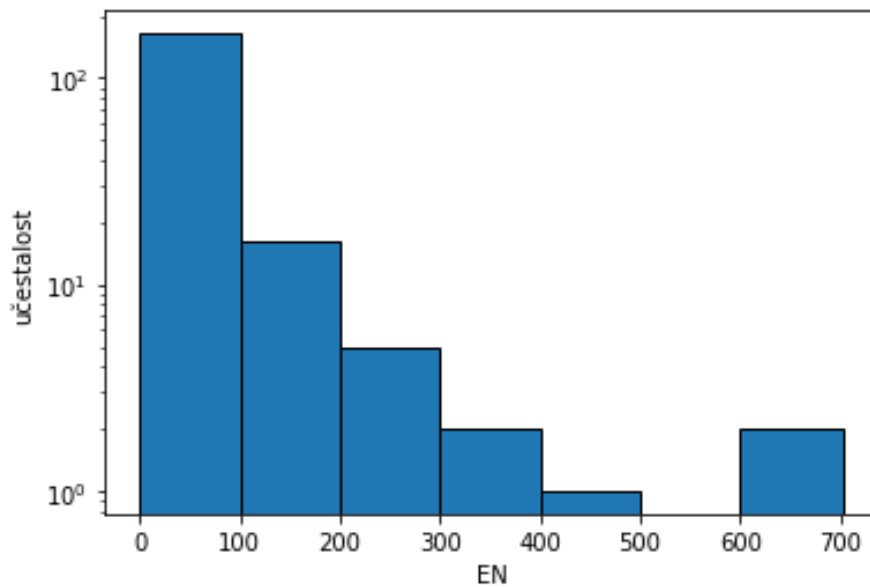
*Slika 8.5: Raspodjela mutnoće*

Na slici 8.5. vidi se da je mutnoća u najvećem broju uzoraka (nešto više od 150) u rasponu od 0.4 do 2.



*Slika 8.6: Raspodjela E. coli*

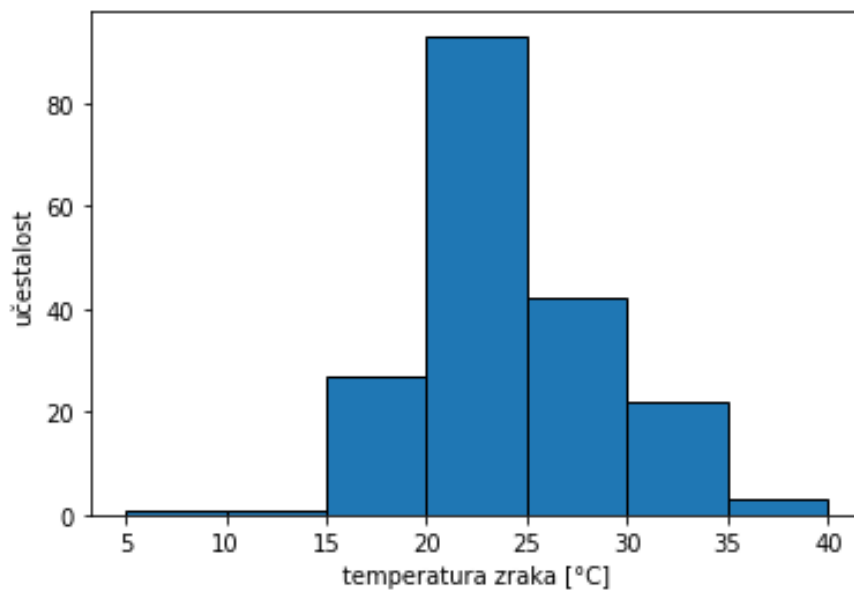
Sa slike 8.6. može se očitati da se u oko 150 uzoraka mjerenja koncentracija EC kretala od 0 do 300 CFU/100 ml.



*Slika 8.7: Raspodjela enterokoka*

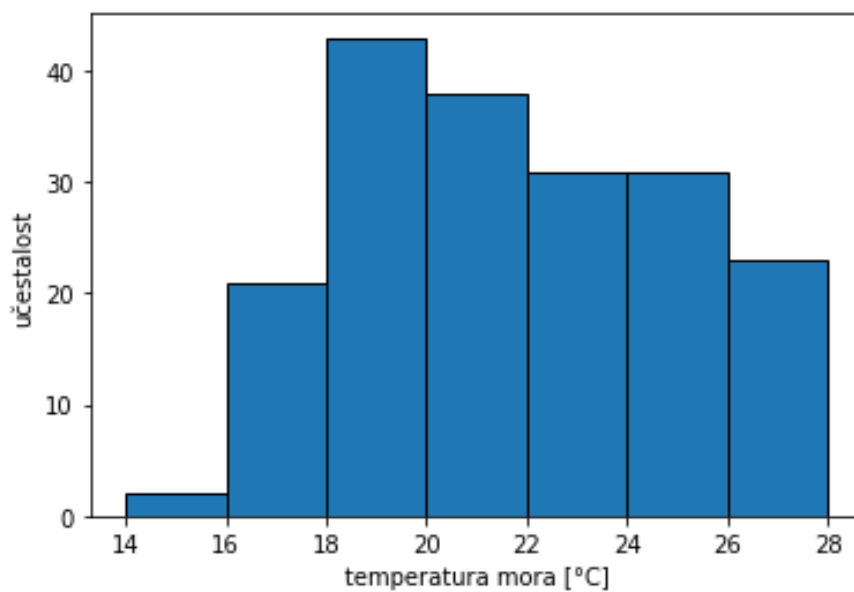
Na slici 8.7. vidi se da je koncentracija enterokoka od 0 do 100 CFU/100 ml izmjerena u najvećem broju uzoraka.

## 8.2. Kantrida Istok



*Slika 8.8: Raspodjela temperature zraka*

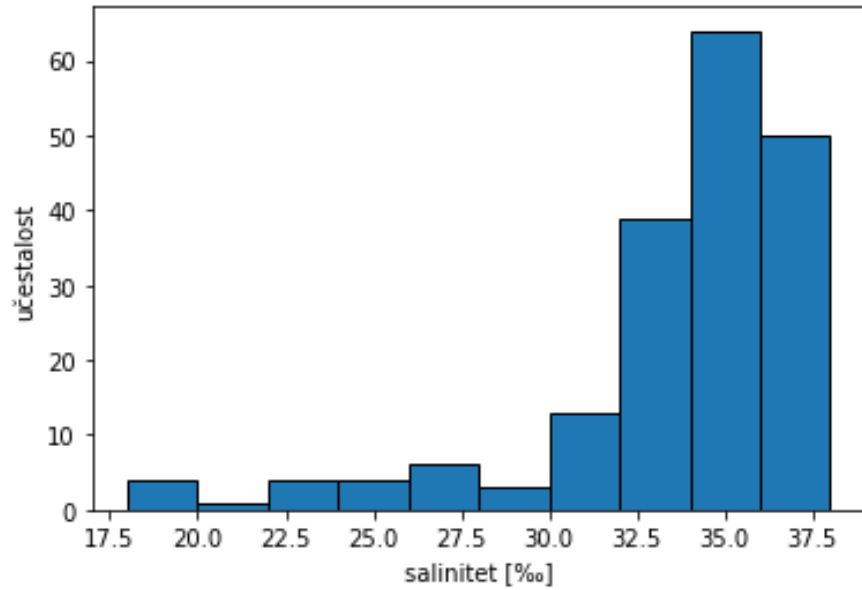
Sa slike 8.8. se može očitati da je najučestalija temperatura zraka u rasponu od 20 °C do 25 °C.



*Slika 8.9: Raspodjela temperature mora*

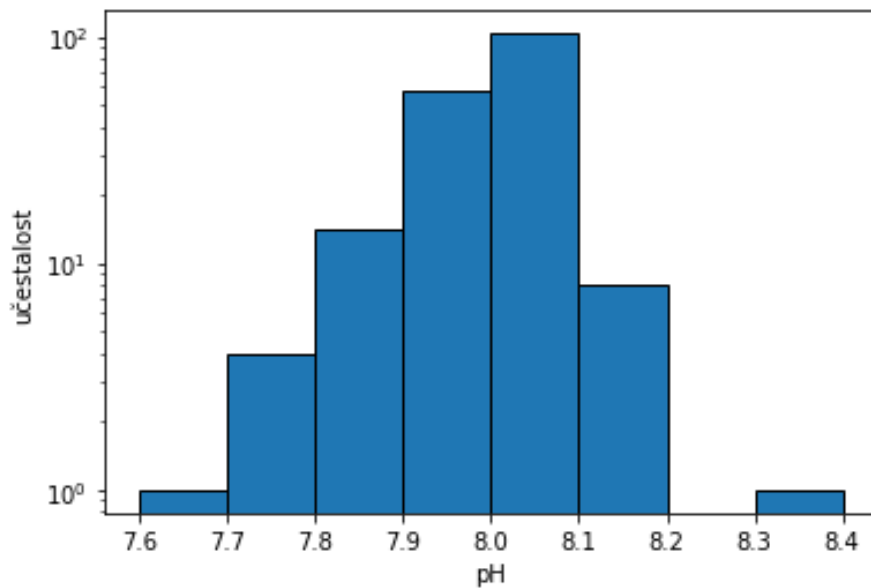
Na slici 8.9. vidi se da je temperatura mora koja je prevladavala na plaži Kantrida Istok bila u rasponu od 18 °C do 20 °C.





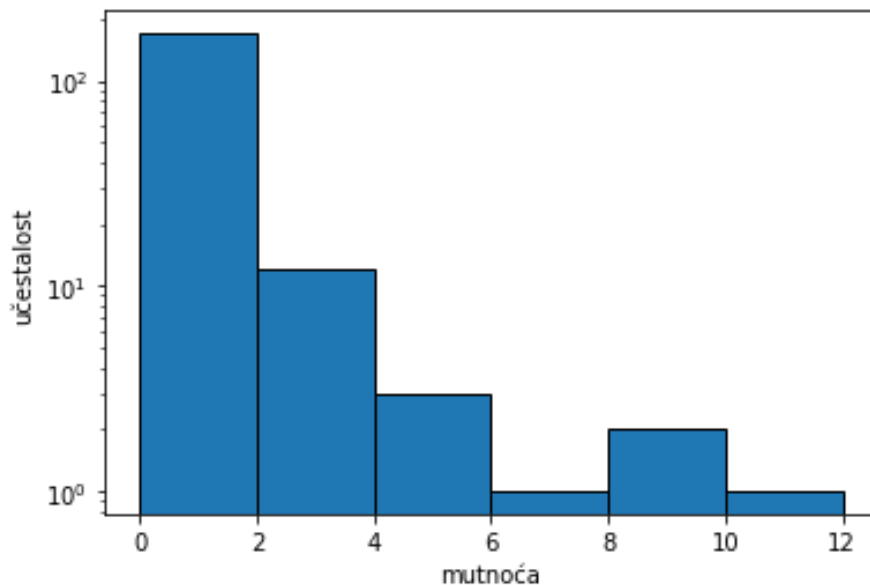
*Slika 8.10: Raspodjela saliniteta*

Sa slike 8.10. može se vidjeti da se u najvećem broju uzoraka salinitet kretao između 34‰ i 36‰.



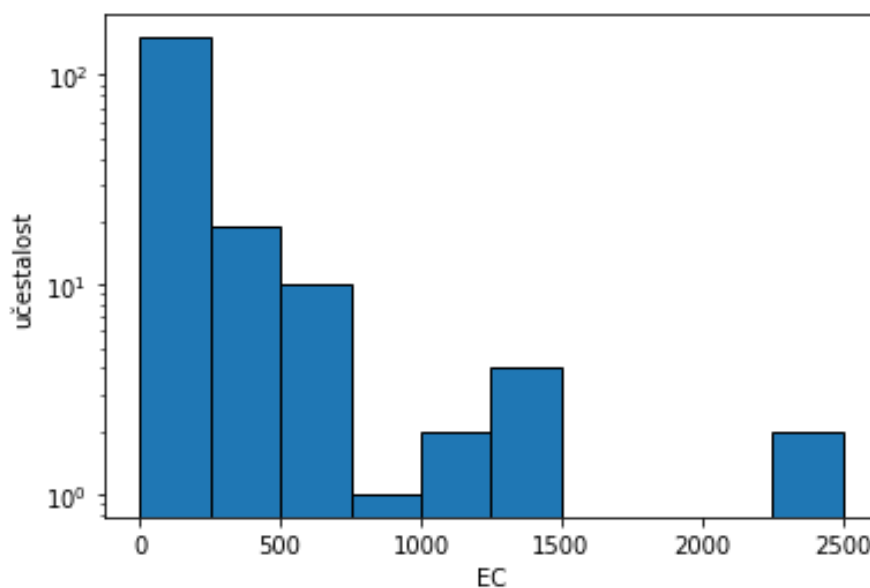
*Slika 8.11: Raspodjela pH*

Na slici 8.11. je prikazano da na plaži Kantrida Istok prevladava pH u intervalu od 8 do 8.1, koji se pojavio u nešto više od 100 slučajeva.



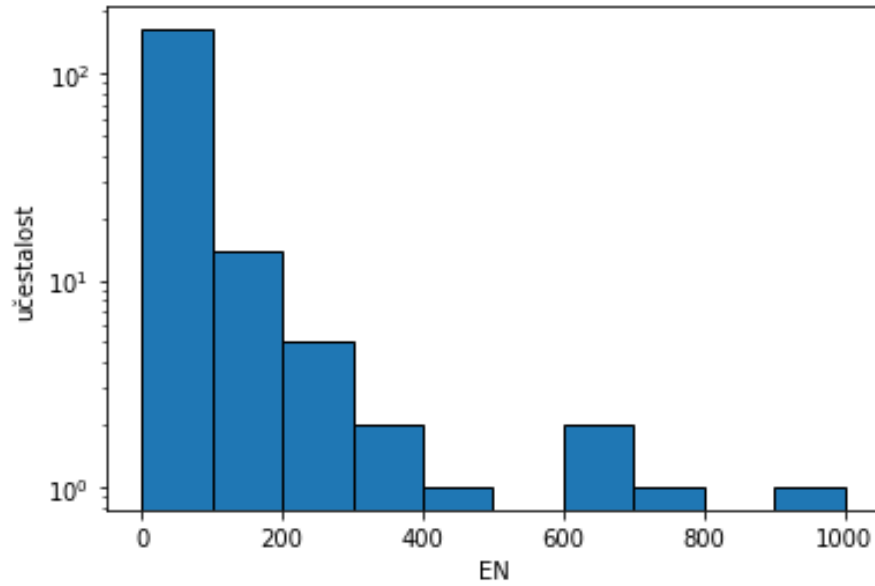
*Slika 8.12: Raspodjela mutnoće*

Na slici 8.12. vidi se da je mutnoća u najvećem broju uzoraka (oko 170) u rasponu od 0 do 2.



*Slika 8.13: Raspodjela E. coli*

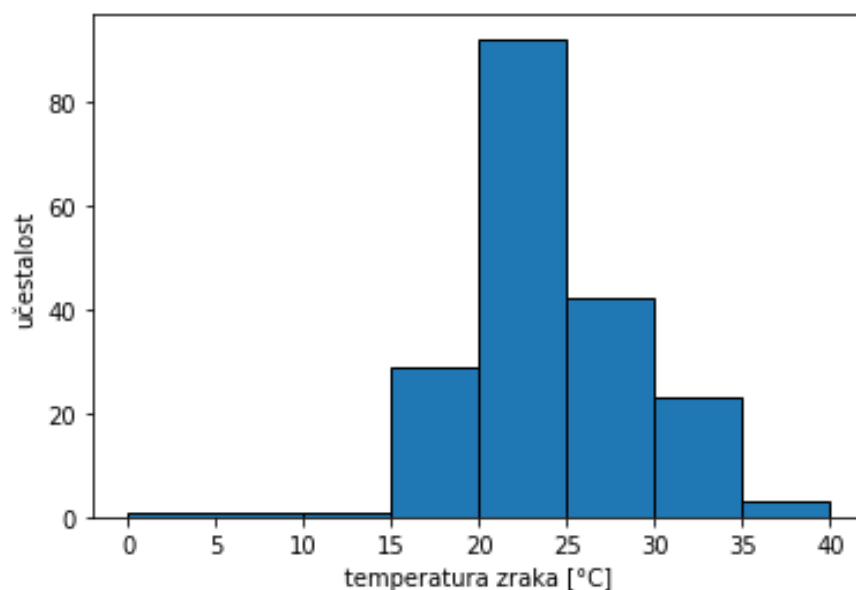
Sa slike 8.13. može se očitati da se u oko 150 uzoraka mjerenja koncentracija EC kretala od 0 do 250 CFU/100 ml.



*Slika 8.14: Raspodjela enterokoka*

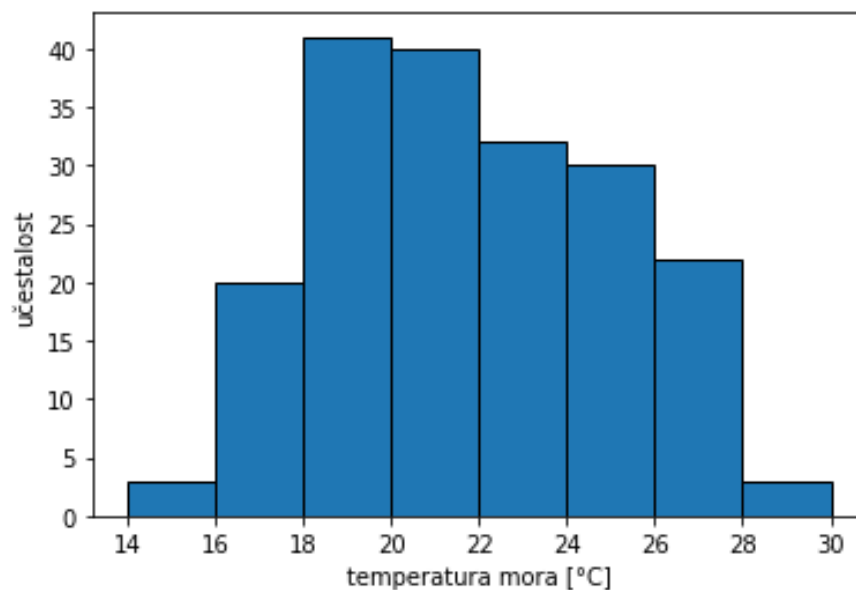
Na slici 8.14. vidi se da je koncentracija enterokoka od 0 do 100 CFU/100 ml izmjerena u najvećem broju uzoraka.

### 8.3. Kantrida Zapad



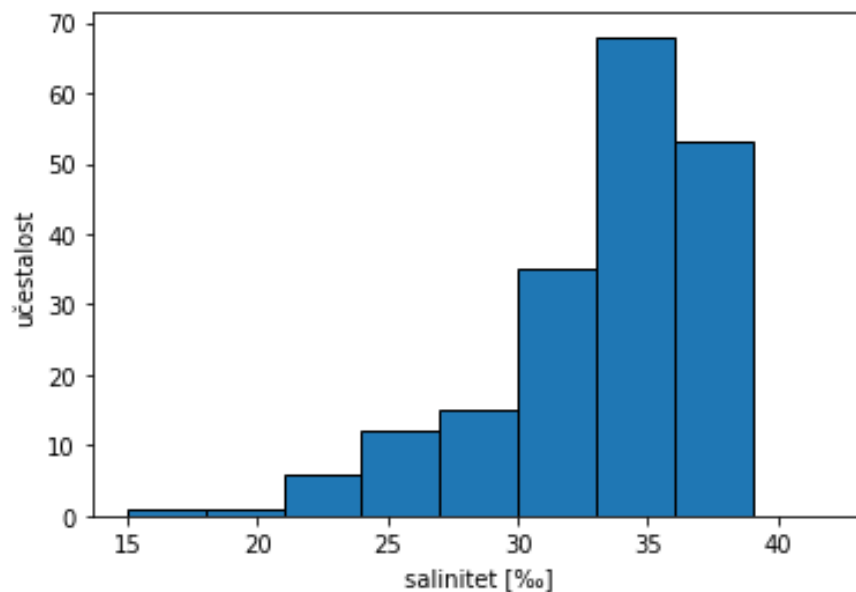
*Slika 8.15: Raspodjela temperature zraka*

Sa slike 8.15. može se očitati da je u najvećem broju uzoraka na plaži Kantrida Zapad temperatura zraka bila u intervalu od 20 °C do 25 °C.



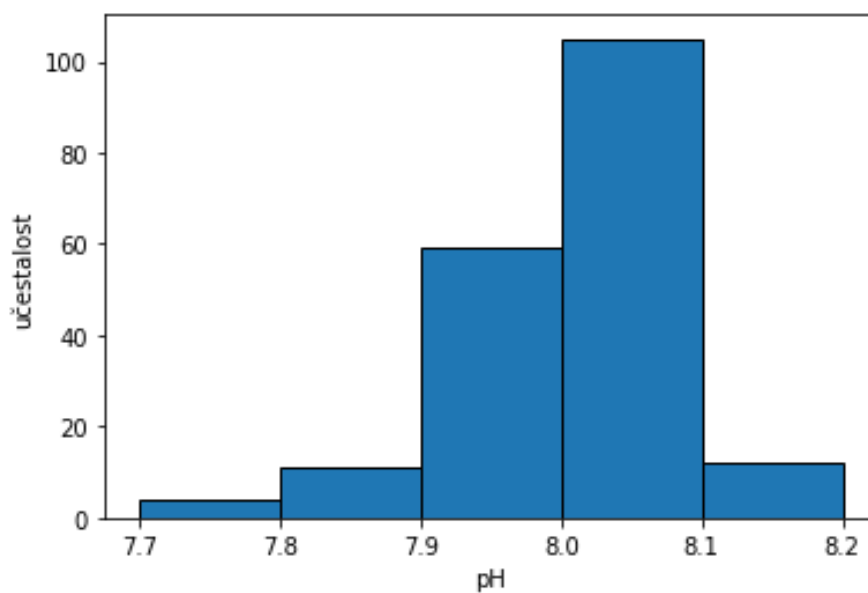
*Slika 8.16: Raspodjela temperature mora*

Na slici 8.16. vidi se da je temperatura mora koja je prevladavala na plaži Kantrida Zapad bila u rasponu od 18 °C do 20 °C.



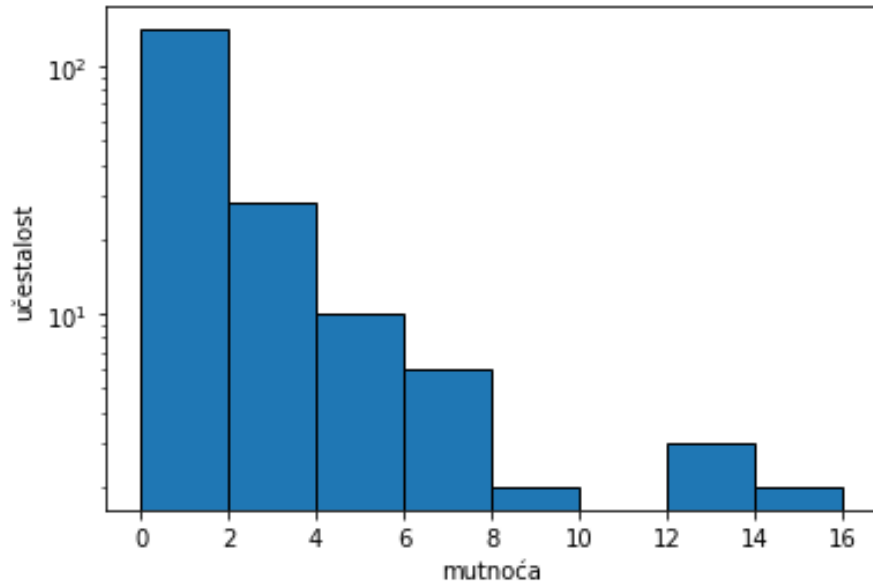
*Slika 8.17: Raspodjela saliniteta*

Sa slike 8.17. može se vidjeti da se u najvećem broju uzoraka salinitet nalazio u intervalu između 33‰ i 36‰.



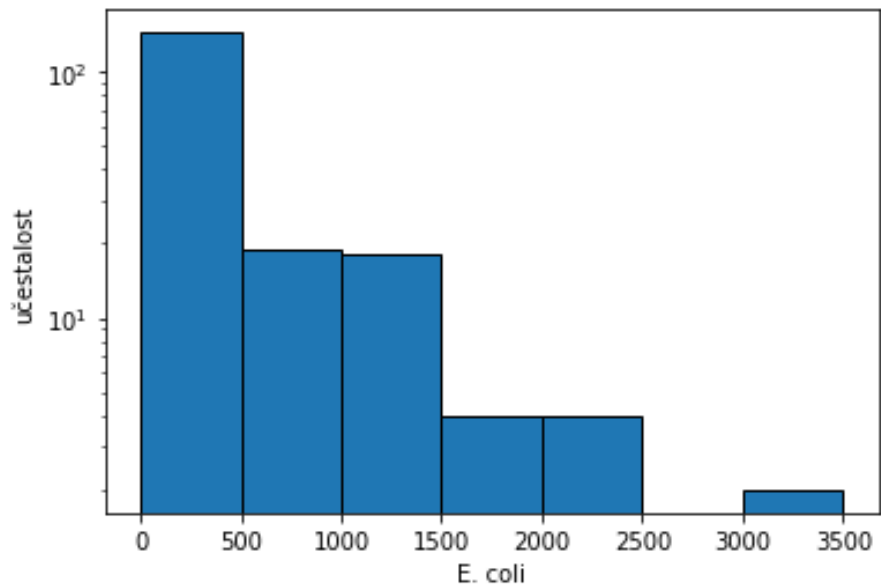
*Slika 8.18: Raspodjela pH*

Na slici 8.18. prikazano je da na plaži Kantrida Zapad prevladava pH između 8.0 i 8.1.



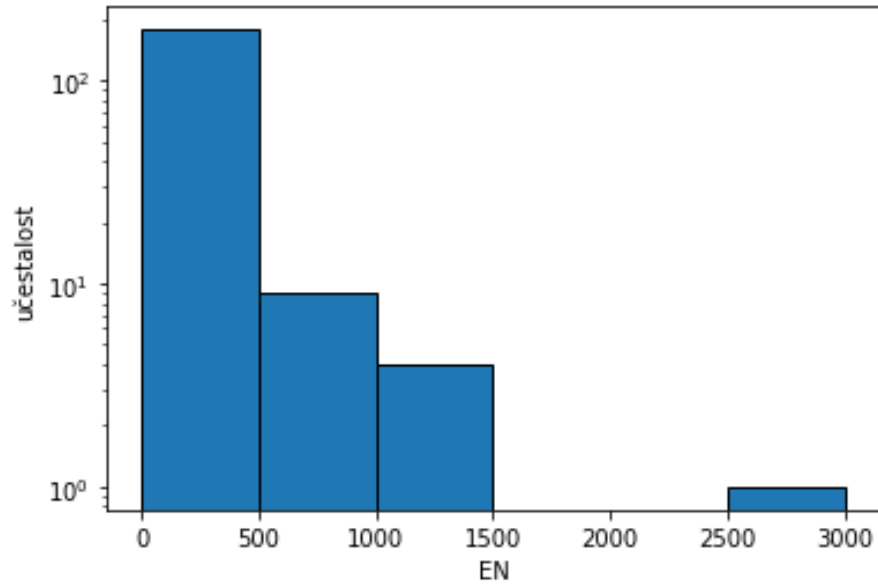
*Slika 8.19: Raspodjela mutnoće*

Na slici 8.19. vidi se da se mutnoća u najvećem broju uzoraka kreće između 0 i 2.



*Slika 8.20: Raspodjela E. coli*

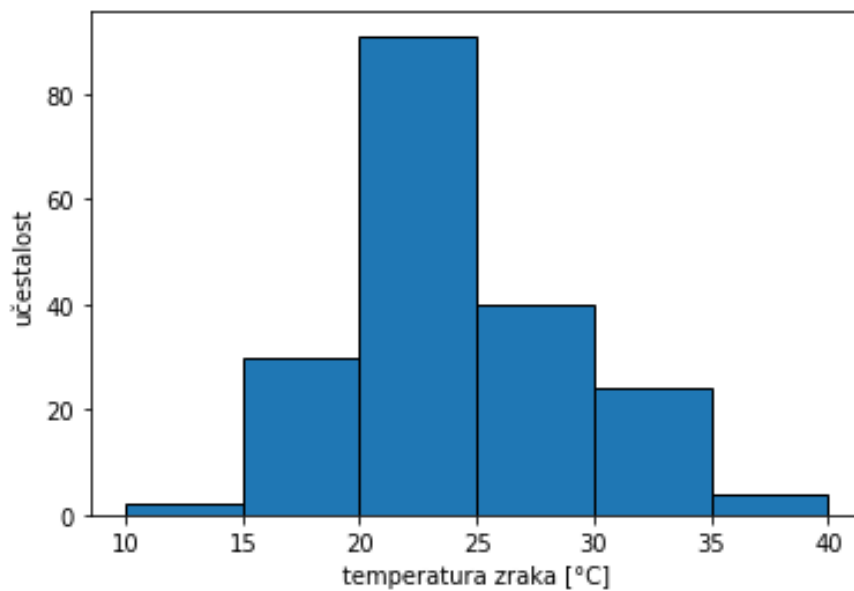
Sa slike 8.20. može se očitati da se koncentracija E. coli koja je prevladavala u uzorcima dobivenim na plaži Kantrida Zapad kretala između 0 i 500 CFU/100 ml.



*Slika 8.21: Raspodjela enterokoka*

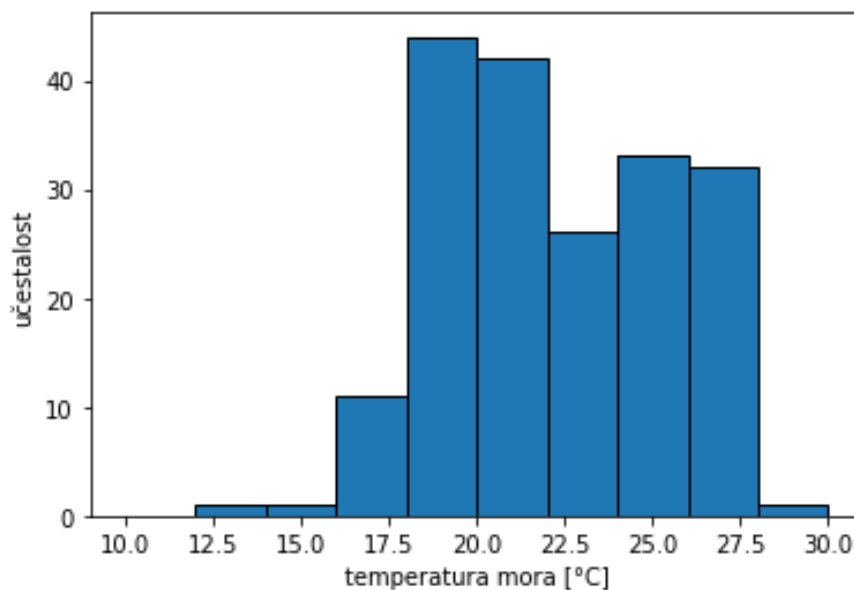
Na slici 8.21. vidi se da je od 0 do 500 CFU/100 ml enterokoka izmjereno u najvećem broju uzoraka.

#### 8.4. Pećine Istok



Slika 8.22: Raspodjela temperature zraka

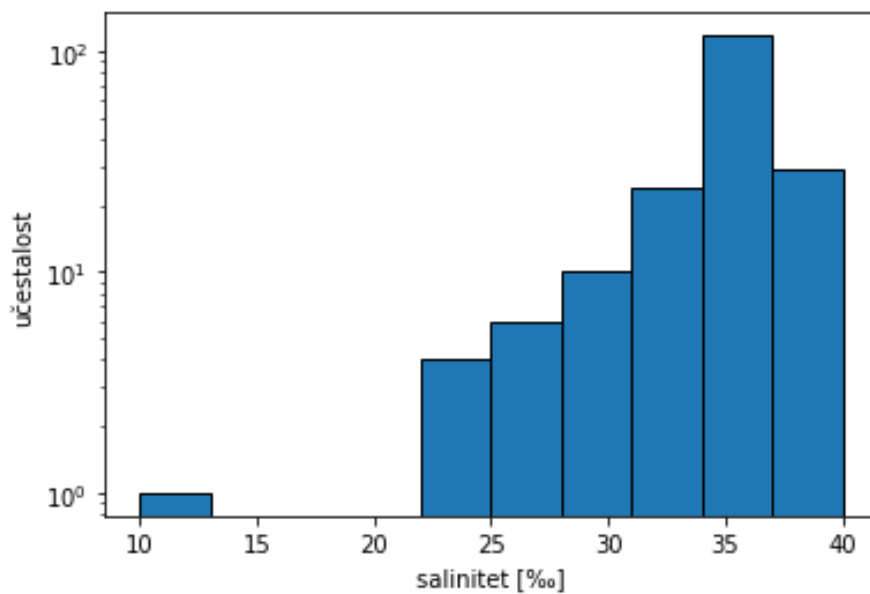
Sa slike 8.22. može se očitati da je na plaži Pećine Istok mjerenjima utvrđeno da je prevladavala temperatura zraka u rasponu od 20 °C do 25 °C.



Slika 8.23: Raspodjela temperature mora

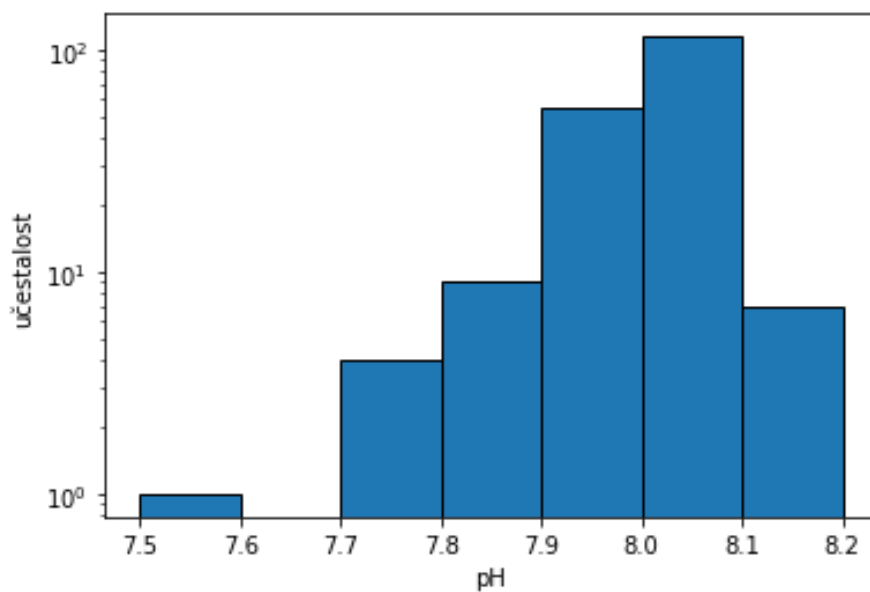
Na slici 8.23. vidi se da je temperatura mora u najvećem broju uzoraka iznosila 18-20 °C.





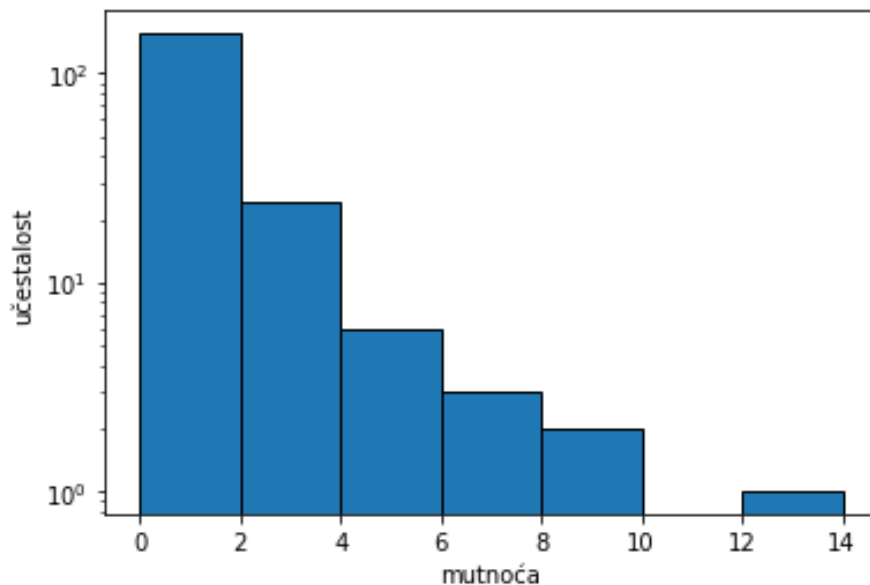
*Slika 8.24: Raspodjela saliniteta*

Sa slike 8.24. moĝe se vidjeti da je u najvećem broju uzoraka salinitet iznosio izmeĝu 34‰ i 37‰.



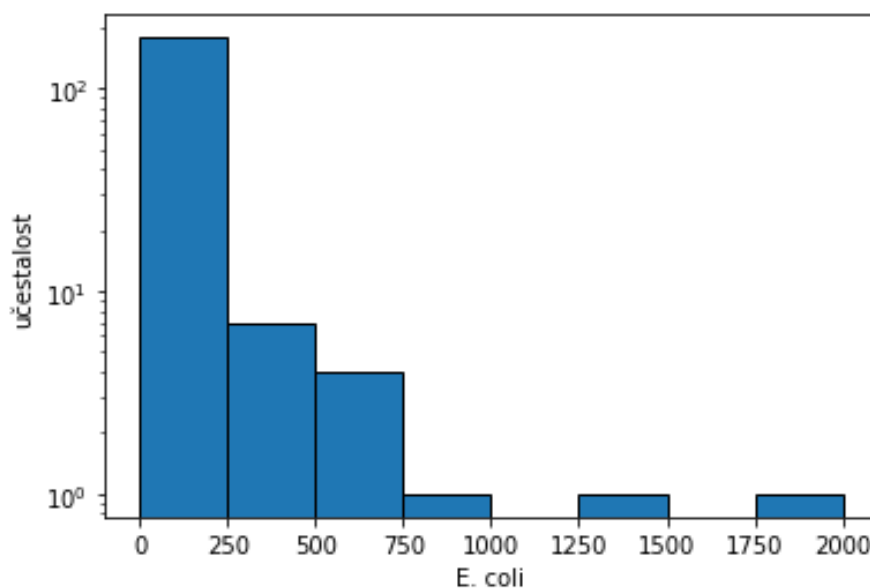
*Slika 8.25: Raspodjela pH*

Na slici 8.25. prikazano je da na plaĝi Pećine Istok pH koji prevladava je izmeĝu 8.0 i 8.1.



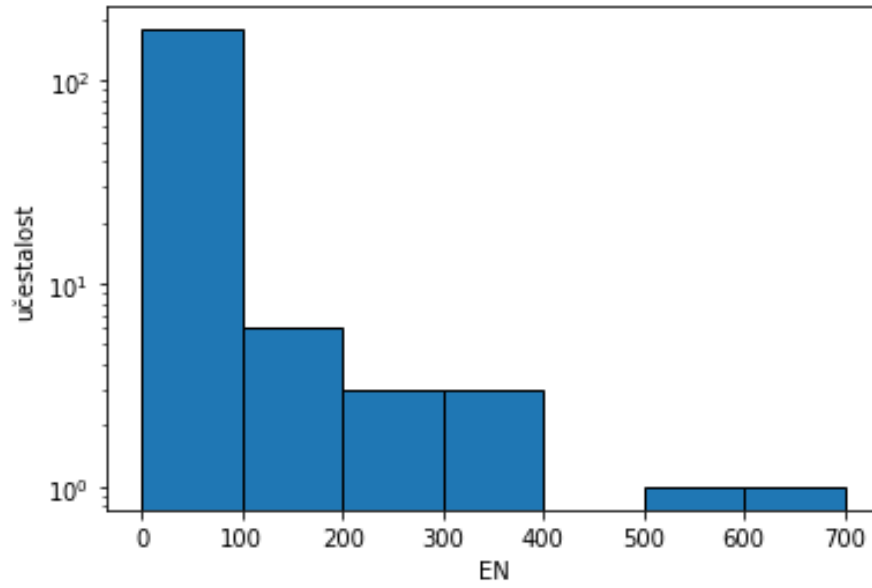
*Slika 8.26: Raspodjela mutnoće*

Na slici 8.26. vidi se da je u najvećem broju mjerenja mutnoća iznosila od 0 do 2.



*Slika 8.27: Raspodjela E. coli*

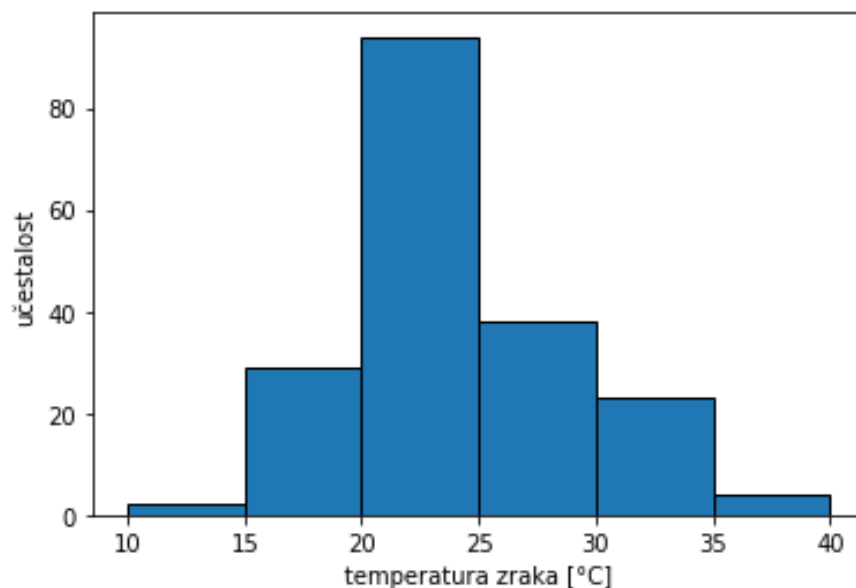
Sa slike 8.27. može se očitati da se koncentracija E. coli koja je prevladavala u uzorcima dobivenim na plaži Pećine Istok kretala između 0 i 250 CFU/100 ml.



*Slika 8.28: Raspodjela enterokoka*

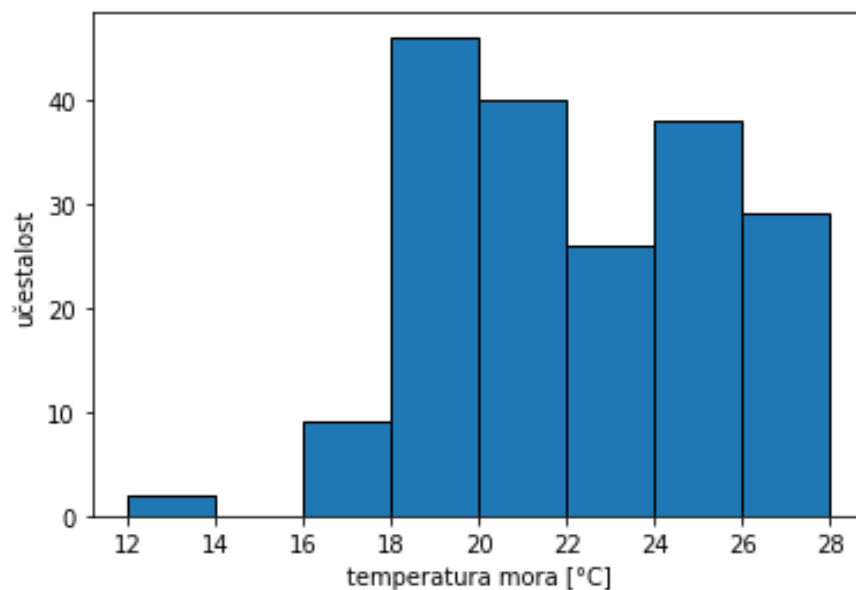
Na slici 8.28. vidi se da je od 0 do 100 CFU/100 ml enterokoka izmjereno u najvećem broju uzoraka.

## 8.5. Pećine Zapad



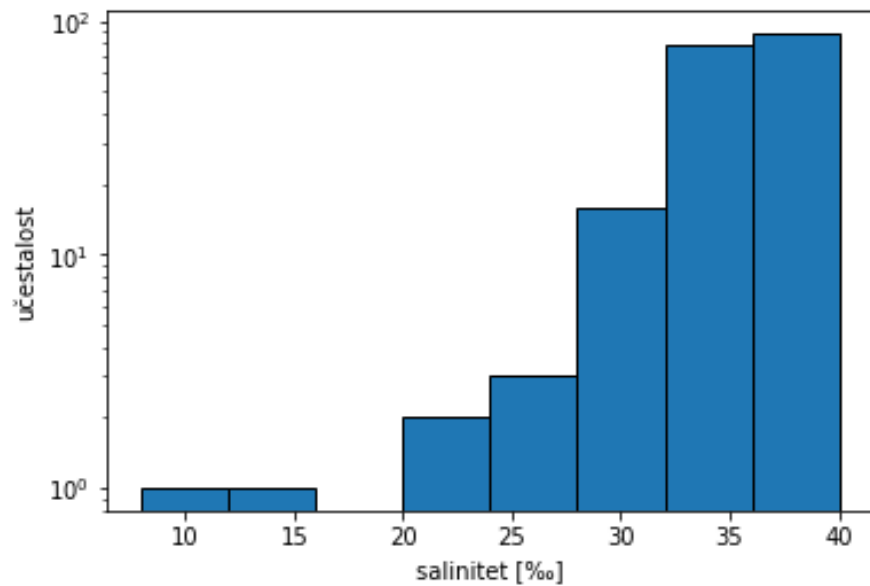
*Slika 8.29: Raspodjela temperature zraka*

Sa slike 8.29. može se vidjeti da je na plaži Pećine Zapad mjerenjima utvrđeno da je prevladavala temperatura zraka u rasponu od 20 °C do 25 °C.



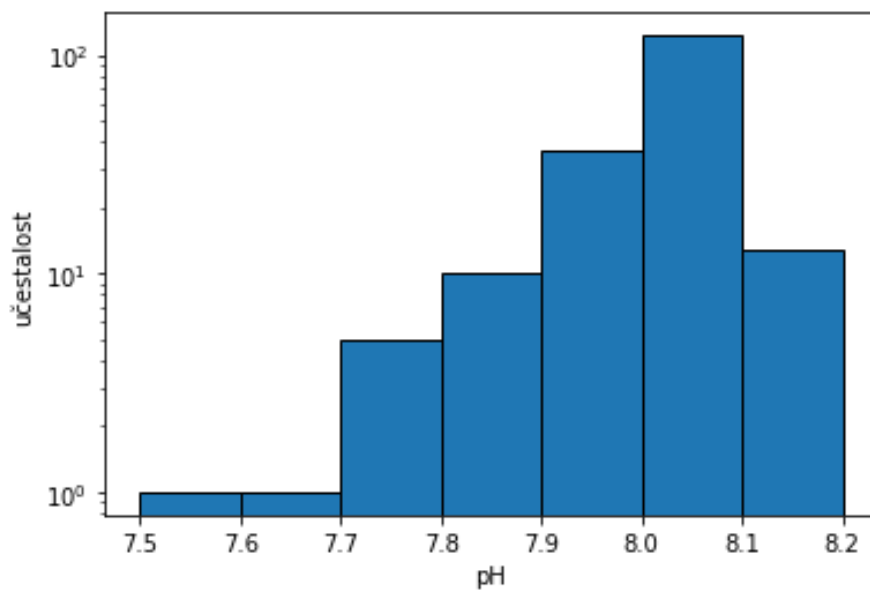
*Slika 8.30: Raspodjela temperature mora*

Na slici 8.30. vidi se da je temperatura mora u najvećem broju uzoraka iznosila 18-20 °C.



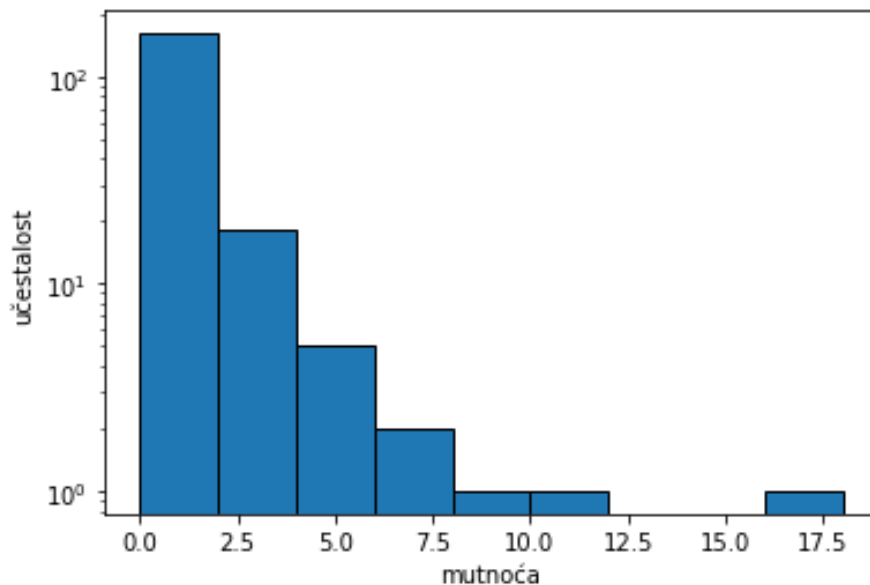
*Slika 8.31: Raspodjela saliniteta*

Sa slike 8.31. moĝe se vidjeti da je najvećem broju uzoraka salinitet iznosio izmeĝu 36‰ i 40‰.



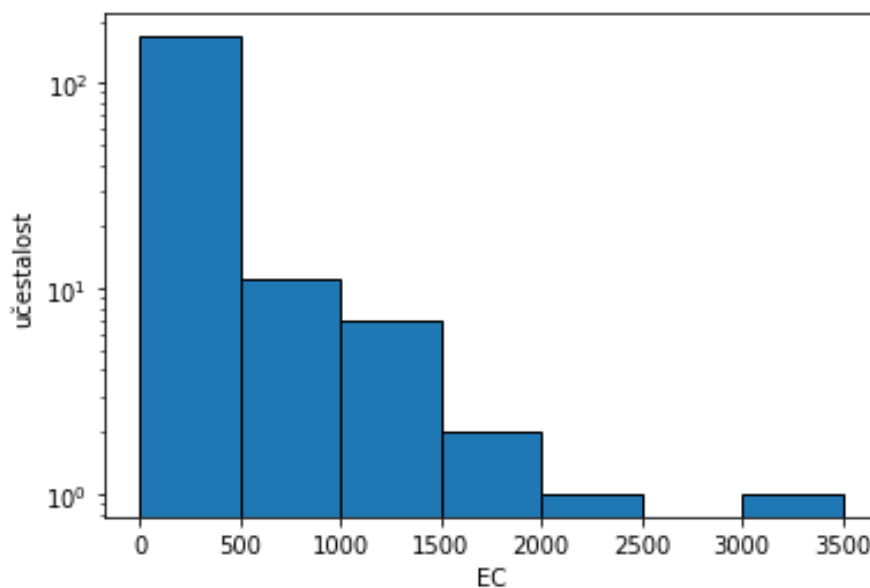
*Slika 8.32: Raspodjela pH*

Na slici 8.31. prikazano je da na plaĝi Pećine Zapad pH koji prevladava je izmeĝu 8.0 i 8.1.



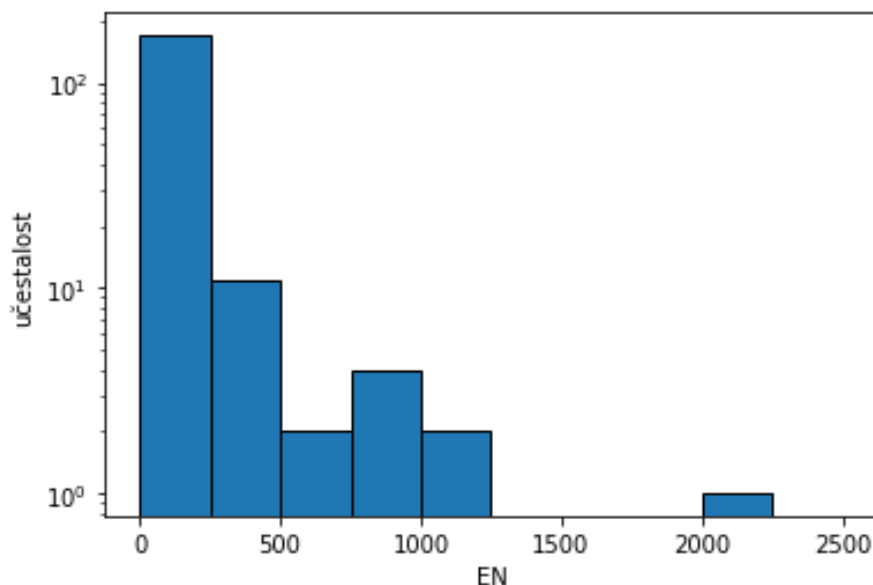
*Slika 8.33: Raspodjela mutnoće*

Na slici 8.33. vidi se da je u najvećem broju mjerenja mutnoća iznosila od 0 do 2.



*Slika 8.34: Raspodjela E. coli*

Sa slike 8.34. može se očitati da se koncentracija E. coli koja je prevladavala u uzorcima dobivenim na plaži Pećine Zapad kretala između 0 i 500 CFU/100 ml.



*Slika 8.35: Raspodjela enterokoka*

Na slici 8.35. vidi se da je od 0 do 250 CFU/100 ml enterokoka izmjereno u najvećem broju uzoraka.

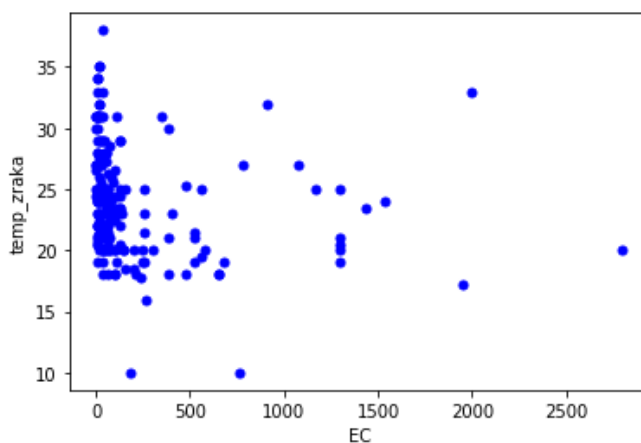
Iz gornjih histograma može se zaključiti da na svim plažama na kojima je provedeno mjerenje, u najvećem broju mjerenja temperatura zraka se kretala između 20 °C i 25 °C, temperatura mora između 18 °C i 20 °C, što odgovara dobu u godini kada su izvršena mjerenja, jer je većina uzoraka uzeta za vrijeme sezone kupanja, salinitet je varirao od 33 ‰ do 37 ‰, pH vrijednost se uglavnom kretala između 8 i 8.1 što odgovara prosjeku za Sjeverni Jadran, mutnoća se kretala između vrijednosti 0 i 2 iz čega zaključujemo da je voda prilično kvalitetna, E. coli u prosjeku nije prelazila vrijednost od 500 CFU/100 ml, a enterokok se kretao između 0 i 250 CFU/100 ml.

## 9. STATISTIČKA ANALIZA PARAMETARA MORSKE VODE U OVISNOSTI O E. COLI

Na temelju prikupljenih, odnosno izmjerenih podataka s 5 različitih plaža u Rijeci, izrađeni su grafovi koji prikazuju ovisnost koncentracije E. coli o pojedinim parametrima.

### 9.1. 3. Maj

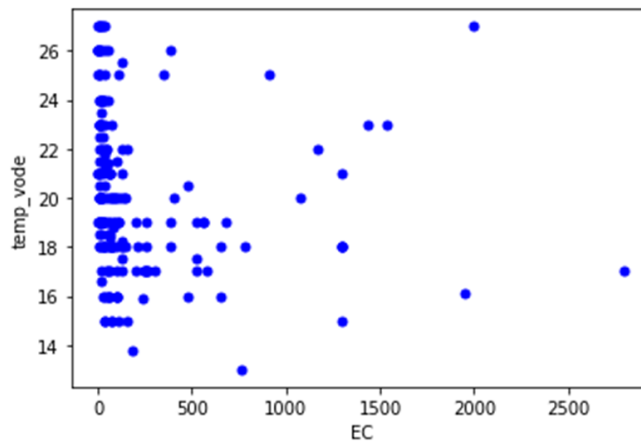
Na slici 9.1. prikazana je ovisnost temperature zraka u °C o E. coli (CFU/100 ml). Vidljivo je da se najveća koncentracije E. coli nalazi između temperatura 15 °C i 35 °C.



Slika 9.1: Ovisnost temperature zraka o E. coli

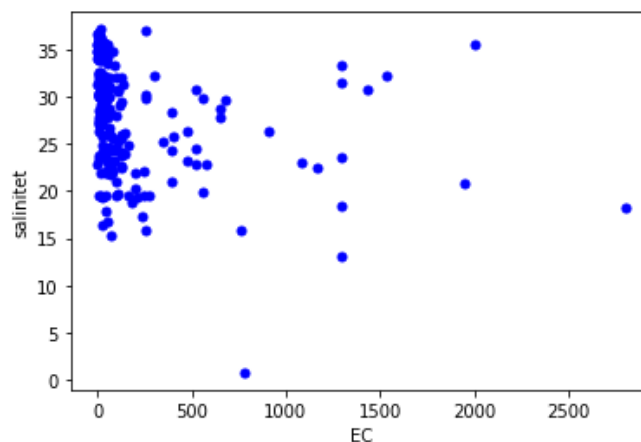
Na slici 9.2. prikazana je ovisnost temperature mora u °C o E. coli (CFU/100 ml) koja je najkoncentriranija na temperaturama mora od 15 °C do 25 °C.





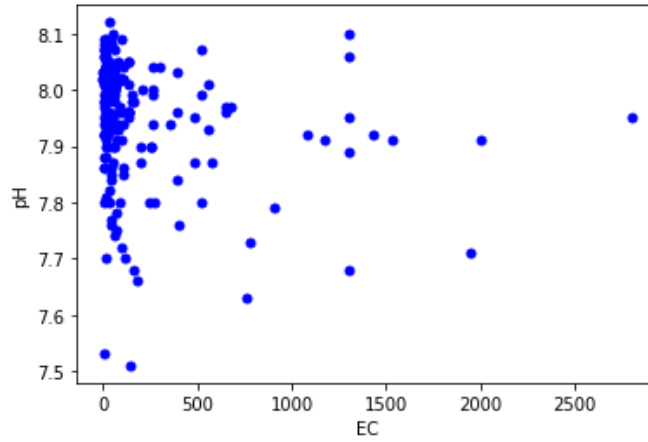
*Slika 9.2: Ovisnost temperature mora o E. coli*

Na slici 9.3. prikazana je ovisnost saliniteta (‰) o E. coli (CFU/100 ml), a sa slike se može očitati da je najveća koncentracija E. coli kod saliniteta od 15 ‰ do 35 ‰.



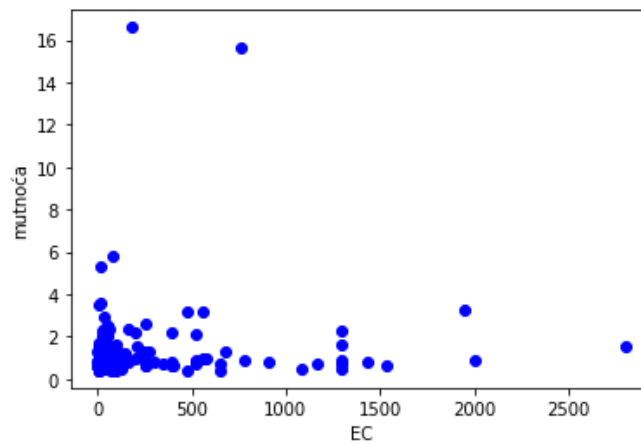
*Slika 9.3: Ovisnost saliniteta o E. coli*

Na slici 9.4. prikazana je ovisnost pH vrijednosti o E. coli (CFU/100 ml) koja je najkoncentriranija kod pH vrijednosti od 7.7 do 8.1.



*Slika 9.4: Ovisnost pH o E. coli*

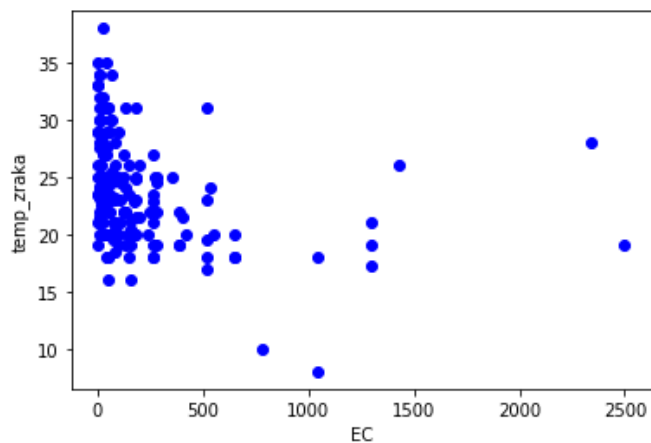
Na slici 9.5. prikazana je ovisnost mutnoće (NTU) o E. coli (CFU/100 ml). Kod mutnoće od 0 do 5 NTU izmjerena je najveća koncentracija E. coli.



*Slika 9.5: Ovisnost mutnoće o E. coli*

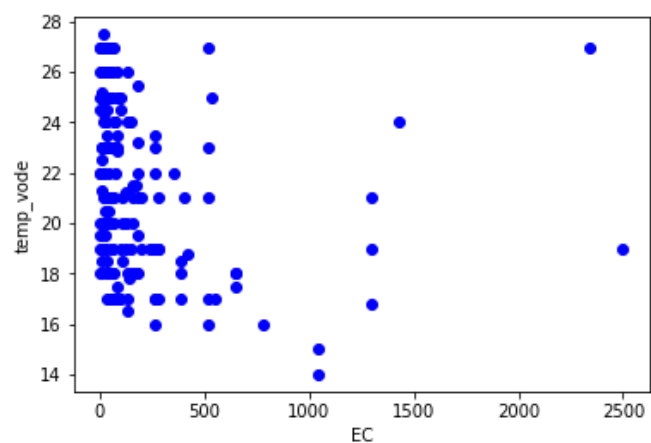
## 9.2. Kantrida Istok

Na slici 9.6. prikazana je ovisnost temperature zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ) o *E. coli* (CFU/100 ml). Vidljivo je da se najveća koncentracije *E. coli* nalazi između temperatura 15  $^{\circ}\text{C}$  i 35  $^{\circ}\text{C}$ .



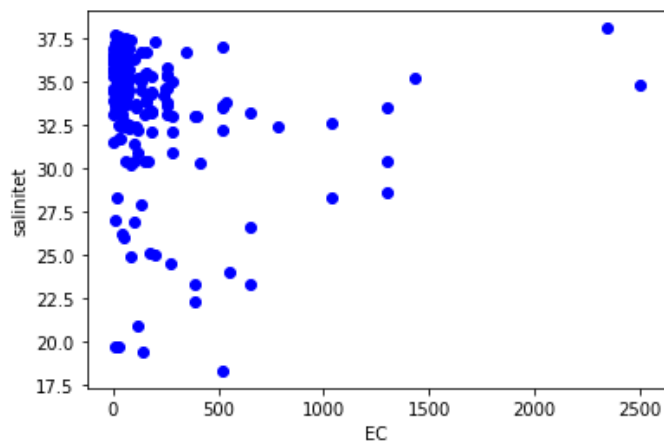
Slika 9.6: Ovisnost temperature zraka o *E. coli*

Na slici 9.7. prikazana je ovisnost temperature mora u  $^{\circ}\text{C}$  o *E. coli* (CFU/100 ml) koja je najkoncentriranija na temperaturama mora od 15  $^{\circ}\text{C}$  do 28  $^{\circ}\text{C}$ .



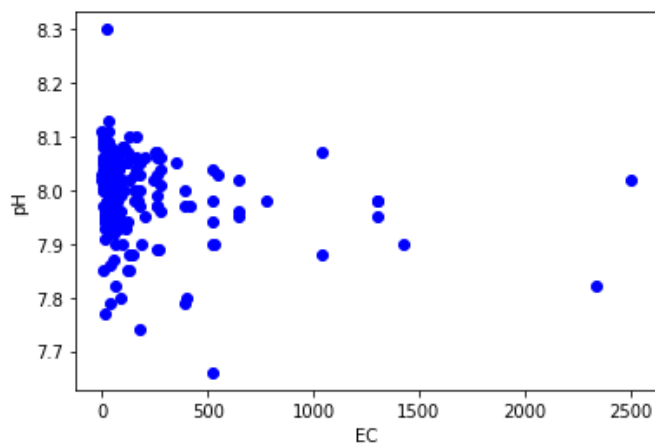
Slika 9.7: Ovisnost temperature mora o *E. coli*

Na slici 9.8. prikazana je ovisnost saliniteta (‰) o *E. coli* (CFU/100 ml), a sa slike se može očitati da je najveća koncentracija *E. coli* kod saliniteta od 30 ‰ do 38 ‰.



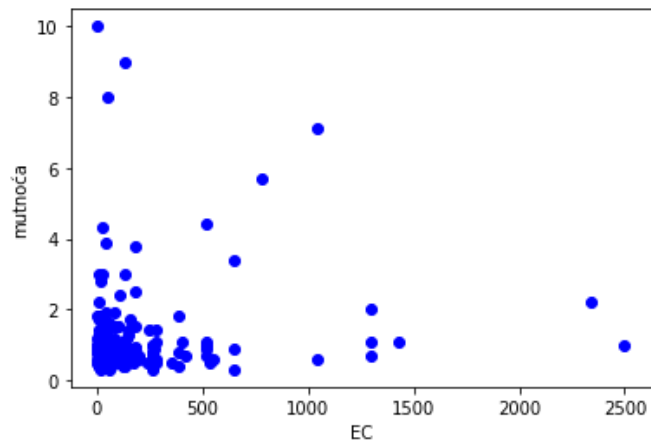
*Slika 9.8: Ovisnost saliniteta o E. coli*

Na slici 9.9. prikazana je ovisnost pH vrijednosti o *E. coli* (CFU/100 ml) koja je najkoncentriranija kod pH vrijednosti od 7.7 do 8.1.



*Slika 9.9: Ovisnost pH o E. coli*

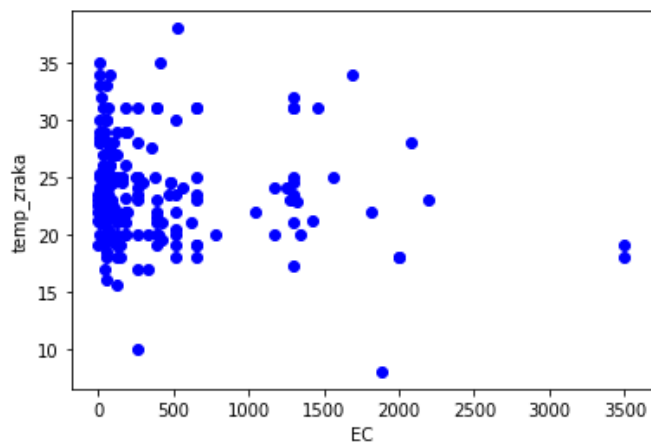
Na slici 9.10. prikazana je ovisnost mutnoće (NTU) o *E. coli* (CFU/100 ml). Kod mutnoće od 0 do 4 NTU izmjerena je najveća koncentracija *E. coli*.



Slika 9.10: Ovisnost mutnoće o *E. coli*

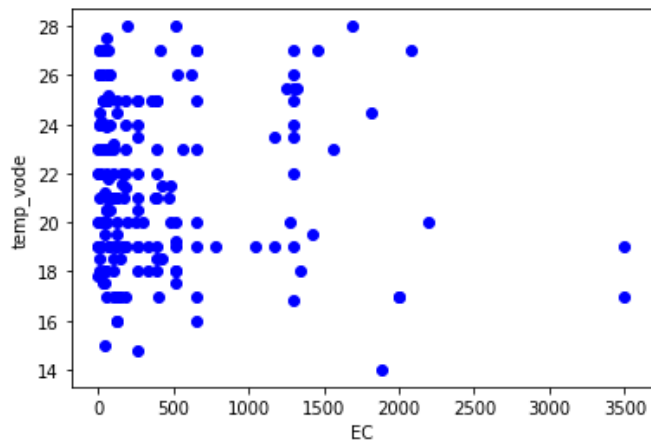
### 9.3. Kantrida Zapad

Na slici 9.11. prikazana je ovisnost temperature zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ) o *E. coli* (CFU/100 ml). Vidljivo je da se najveća koncentracije *E. coli* nalazi između temperatura  $15^{\circ}\text{C}$  i  $35^{\circ}\text{C}$ .



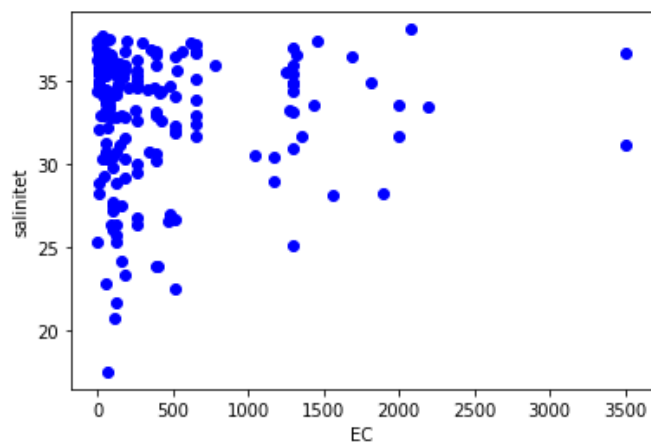
Slika 9.11: Ovisnost temperature zraka o *E. coli*

Na slici 9.12. prikazana je ovisnost temperature mora u  $^{\circ}\text{C}$  o *E. coli* (CFU/100 ml) koja je najkoncentriranija na temperaturama mora od  $16^{\circ}\text{C}$  do  $28^{\circ}\text{C}$ .



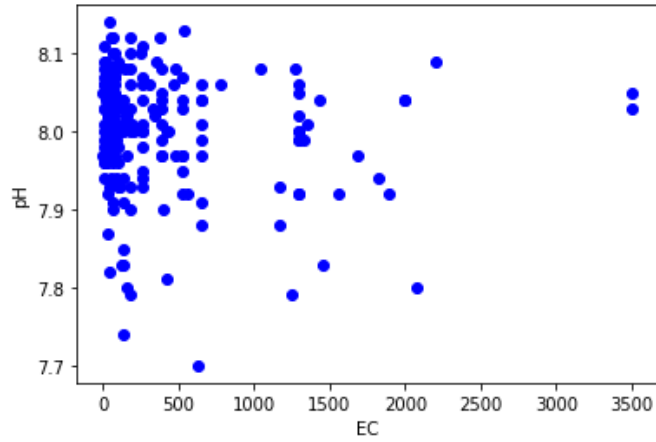
Slika 9.12: Ovisnost temperature mora o *E. coli*

Na slici 9.13. prikazana je ovisnost saliniteta (‰) o *E. coli* (CFU/100 ml), a sa slike se može očitati da je najveća koncentracija *E. coli* kod saliniteta od 25 ‰ do 38 ‰.



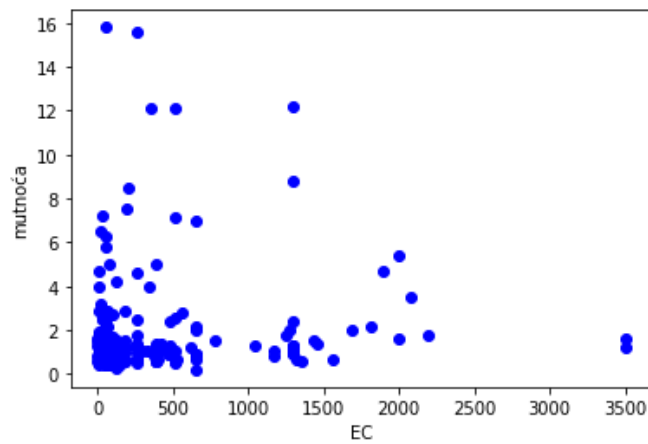
Slika 9.13: Ovisnost saliniteta o *E. coli*

Na slici 9.14. prikazana je ovisnost pH vrijednosti o *E. coli* (CFU/100 ml) koja je najkoncentriranija kod pH vrijednosti od 7.9 do 8.2.



*Slika 9.14: Ovisnost pH o E. coli*

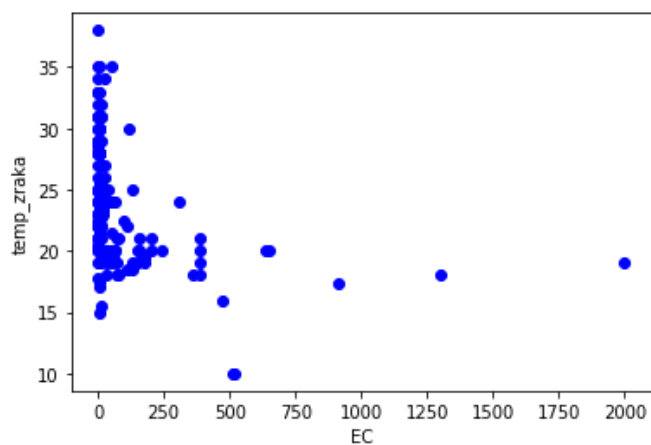
Na slici 9.15. prikazana je ovisnost mutnoće (NTU) o E. coli (CFU/100 ml). Kod mutnoće od 0 do 6 NTU izmjerena je najveća koncentracija E. coli.



*Slika 9.15: Ovisnost mutnoće o E. coli*

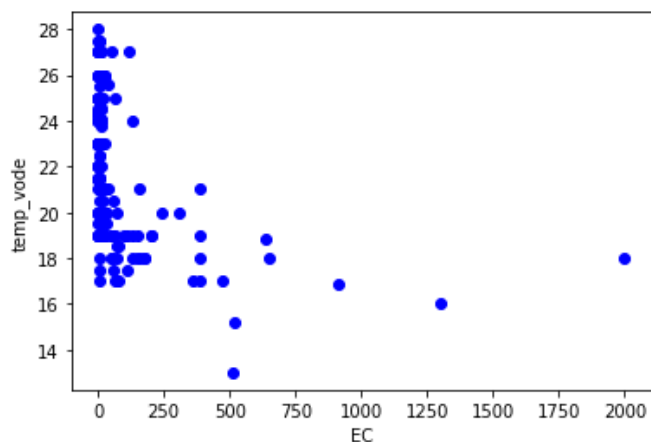
#### 9.4. Pećine Istok

Na slici 9.16. prikazana je ovisnost temperature zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ) o *E. coli* (CFU/100 ml). Vidljivo je da se najveća koncentracije *E. coli* nalazi između temperatura  $15^{\circ}\text{C}$  i  $35^{\circ}\text{C}$ .



Slika 9.16: Ovisnost temperature zraka o *E. coli*

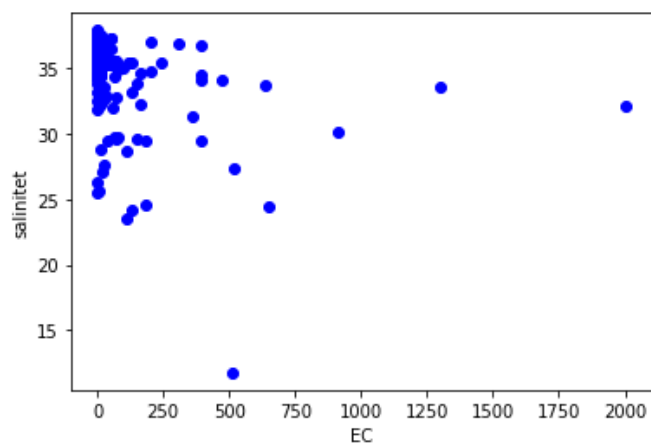
Na slici 9.17. prikazana je ovisnost temperature mora u  $^{\circ}\text{C}$  o *E. coli* (CFU/100 ml) koja je najkoncentriranija na temperaturama mora od  $16^{\circ}\text{C}$  do  $28^{\circ}\text{C}$ .



Slika 9.17: Ovisnost temperature mora o *E. coli*

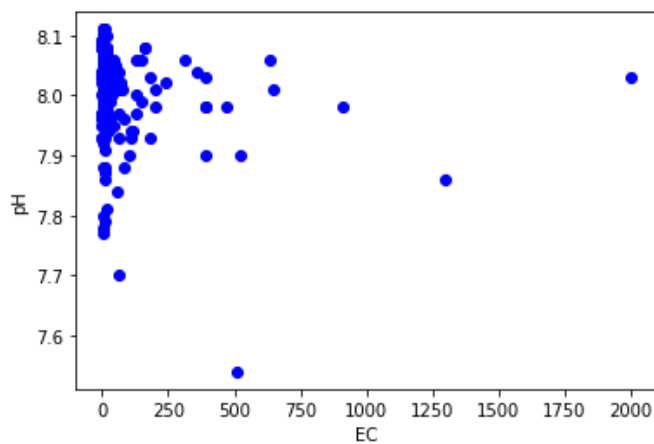
Na slici 9.18. prikazana je ovisnost saliniteta ( $\%$ ) o *E. coli* (CFU/100 ml), a sa slike se može očitati da je najveća koncentracija *E. coli* kod saliniteta od  $25\%$  do  $39\%$ .





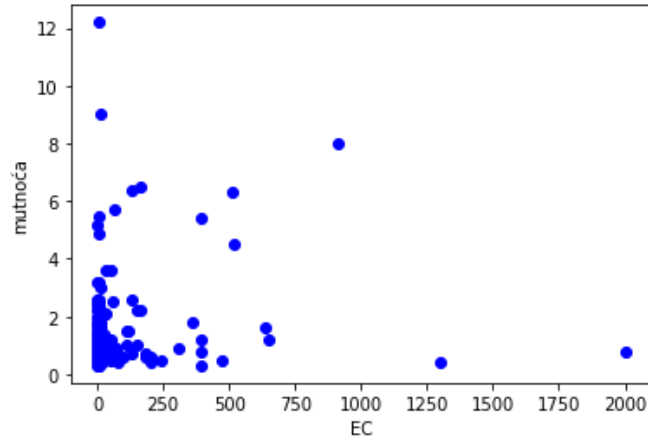
*Slika 9.18: Ovisnost saliniteta o E. coli*

Na slici 9.19. prikazana je ovisnost pH vrijednosti o E. coli (CFU/100 ml) koja je najkoncentriranija kod pH vrijednosti od 7.8 do 8.1.



*Slika 9.19: Ovisnost pH o E. coli*

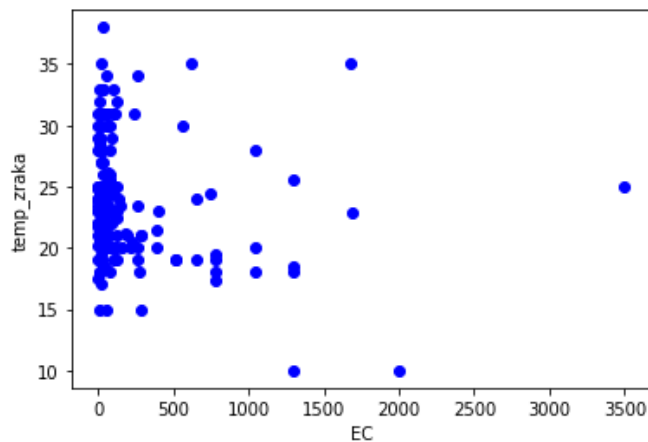
Na slici 9.20. prikazana je ovisnost mutnoće (NTU) o E. coli (CFU/100 ml). Kod mutnoće od 0 do 4 NTU izmjerena je najveća koncentracija E. coli.



Slika 9.20: Ovisnost mutnoće o *E. coli*

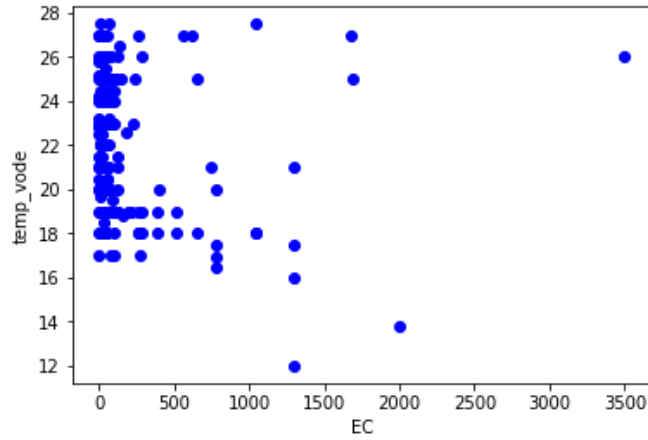
### 9.5. Pećine Zapad

Na slici 9.21. prikazana je ovisnost temperature zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ) o *E. coli* (CFU/100 ml). Vidljivo je da se najveća koncentracije *E. coli* nalazi između temperatura 15  $^{\circ}\text{C}$  i 35  $^{\circ}\text{C}$ .



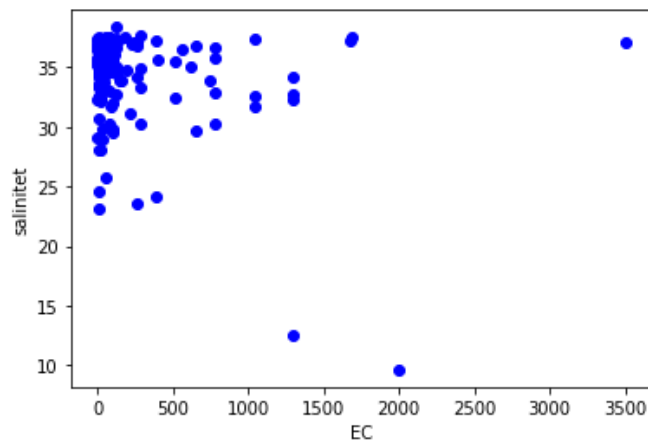
Slika 9.21: Ovisnost temperature zraka o *E. coli*

Na slici 9.22. prikazana je ovisnost temperature mora u  $^{\circ}\text{C}$  o *E. coli* (CFU/100 ml) koja je najkoncentriranija na temperaturama mora od 16  $^{\circ}\text{C}$  do 28  $^{\circ}\text{C}$ .



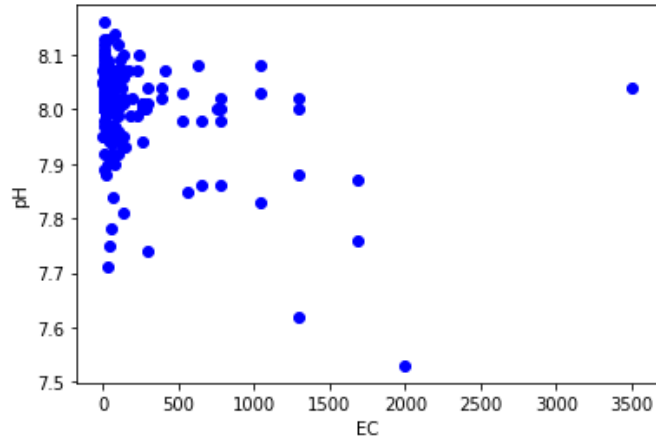
Slika 9.22: Ovisnost temperature mora o *E. coli*

Na slici 9.23. prikazana je ovisnost saliniteta (‰) o *E. coli* (CFU/100 ml), a sa slike se može očitati da je najveća koncentracija *E. coli* kod saliniteta od 27 ‰ do 39 ‰.



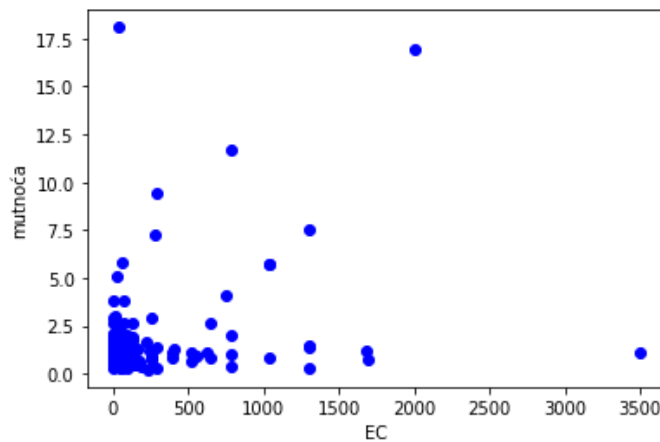
Slika 9.23: Ovisnost saliniteta o *E. coli*

Na slici 9.24. prikazana je ovisnost pH vrijednosti o *E. coli* (CFU/100 ml) koja je najkoncentriranija kod pH vrijednosti od 7.9 do 8.2.



Slika 9.24: Ovisnost pH o *E. coli*

Na slici 9.25. prikazana je ovisnost mutnoće (NTU) o *E. coli* (CFU/100 ml). Kod mutnoće od 0 do 4 NTU izmjerena je najveća koncentracija *E. coli*.



Slika 9.25: Ovisnost mutnoće o *E. coli*

### 9.6. Pearsonov koeficijent korelacije i koeficijent determinacije ( $R^2$ )

Izračunati su Pearsonovi koeficijenti korelacije kao i koeficijenti determinacije ( $R^2$ ) za *E. coli* i pojedine parametre koji su prikazani u tablici 9.1, a iz kojih se može vidjeti da je korelacija uglavnom negativna. Pearsonov koeficijent korelacije je u rasponu  $0 < |r| < 0,2$  što spada u neznatnu korelaciju ili pak  $0,2 \leq |r| < 0,5$  što spada u relativno slabu korelaciju. Jedini parametar kod kojega se može vidjeti povezanost, odnosno korelacija po Pearsonu je mutnoća.

Tablica 9.1: Pearsonov koeficijent korelacije i koeficijent determinacije ( $R^2$ )

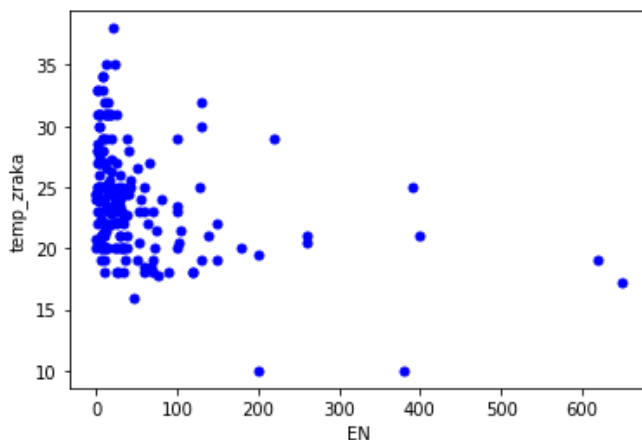
<b>LOKACIJA</b>		<b>PEARSONOV KOEFIKIJENT KORELACIJE</b>	<b>KOEFIKIJENT DETERMINACIJE (<math>R^2</math>)</b>
<b>3M</b>	EC – temp. zraka	-0.18	-0.21
	EC - mutnoća	0.09	-0.26
	EC - salinitet	-0.25	-0.2
	EC - pH	-0.19	-0.24
	EC – temp. mora	-0.13	-0.22
<b>KE</b>	EC – temp. zraka	-0.29	-0.21
	EC - mutnoća	0.1	-0.27
	EC - salinitet	-0.16	-0.18
	EC - pH	-0.22	-0.25
	EC – temp. mora	-0.21	-0.21
<b>KW</b>	EC – temp. zraka	-0.12	-0.41
	EC - mutnoća	0.06	-0.46
	EC - salinitet	0.02	-0.39
	EC - pH	-0.1	-0.44
	EC – temp. mora	-0.04	-0.41
<b>PE</b>	EC – temp. zraka	-0.34	-0.07
	EC - mutnoća	0.12	-0.11
	EC - salinitet	-0.31	-0.04
	EC - pH	-0.14	-0.09
	EC – temp. mora	-0.39	-0.07
<b>PW</b>	EC – temp. zraka	-0.17	-0.16
	EC - mutnoća	0.28	-0.2
	EC - salinitet	-0.27	-0.14
	EC - pH	-0.35	-0.19
	EC – temp. mora	-0.14	-0.16

## 10. STATISTIČKA ANALIZA PARAMETARA MORSKE VODE U OVISNOSTI O ENTEROKOKU

Na temelju prikupljenih, odnosno izmjerenih podataka s 5 različitih plaža u Rijeci, izrađeni su grafovi koji prikazuju ovisnost koncentracije enterokoka o pojedinim parametrima.

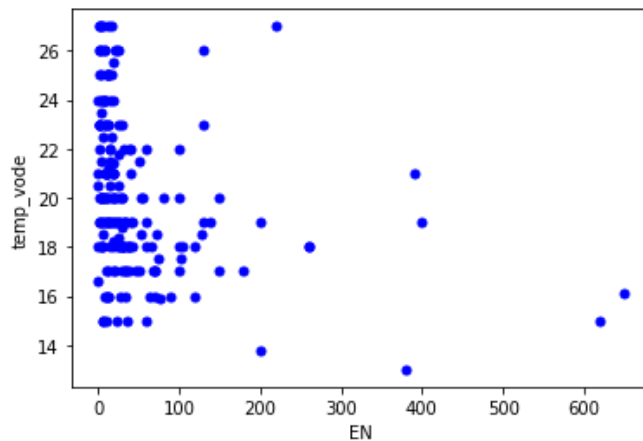
### 10.1. 3. Maj

Na slici 10.1. prikazana je ovisnost temperature zraka (°C) o enterokoku (CFU/100 ml). Vidljivo je da se najveća koncentracije enterokoka nalazi između temperatura 15 °C i 35 °C.



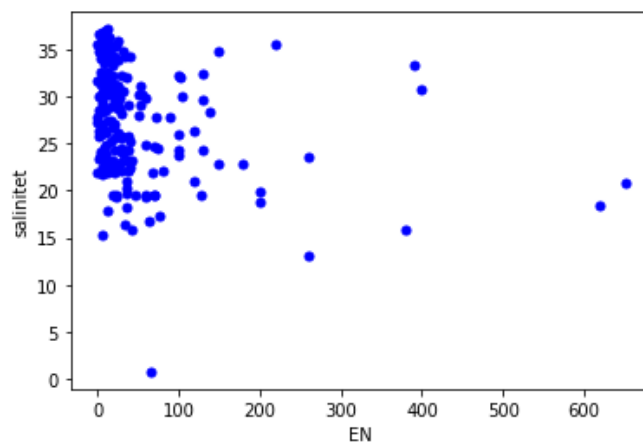
*Slika 10.1: Ovisnost temperature zraka o EN*

Na slici 10.2. prikazana je ovisnost temperature mora u °C o enterokoku (CFU/100 ml) koji je najkoncentriraniji na temperaturama mora od 15 °C do 27 °C.



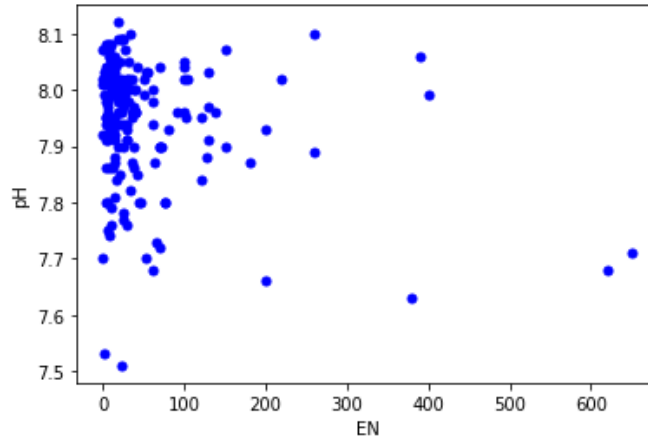
*Slika 10.2: Ovisnost temperature mora o EN*

Na slici 10.3. prikazana je ovisnost saliniteta (‰) o enterokoku (CFU/100 ml), a sa slike se može očitati da je najveća koncentracija enterokoka kod saliniteta od 15 ‰ do 39 ‰.



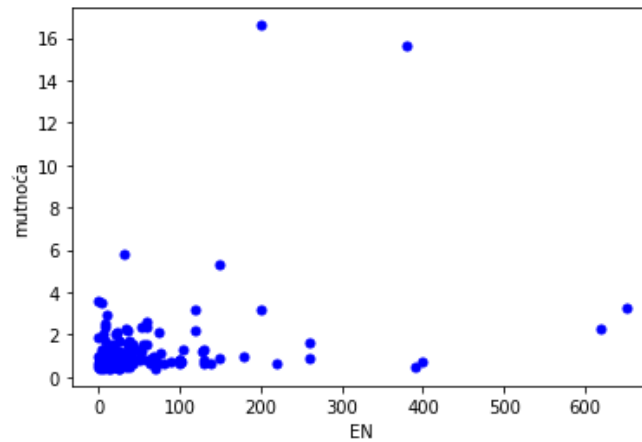
*Slika 10.3: Ovisnost saliniteta o EN*

Na slici 10.4. prikazana je ovisnost pH vrijednosti o enterokoku (CFU/100 ml) koji je najkoncentriraniji kod pH vrijednosti od 7.7 do 8.1.



*Slika 10.4: Ovisnost pH o EN*

Na slici 10.5. prikazana je ovisnost mutnoće (NTU) o enterokoku (CFU/100 ml). Kod mutnoće od 0 do 4 NTU izmjerena je najveća koncentracija enterokoka.

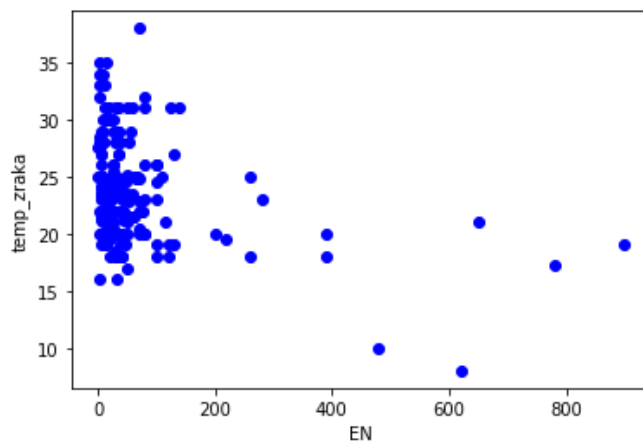


*Slika 10.5: Ovisnost mutnoće o EN*



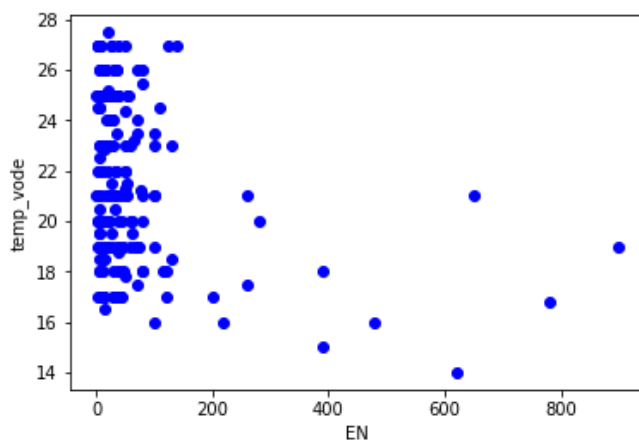
## 10.2. Kantrida Istok

Na slici 10.6. prikazana je ovisnost temperature zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ) o enterokoku (CFU/100 ml). Vidljivo je da se najveća koncentracije enterokoka nalazi između temperatura  $15^{\circ}\text{C}$  i  $35^{\circ}\text{C}$ .



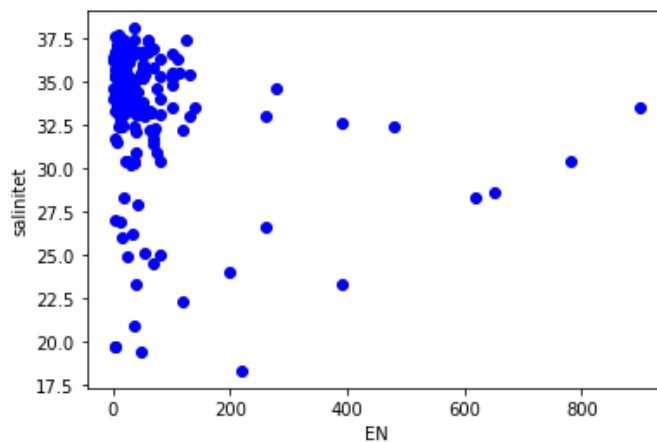
Slika 10.6: Ovisnost temperature zraka o EN

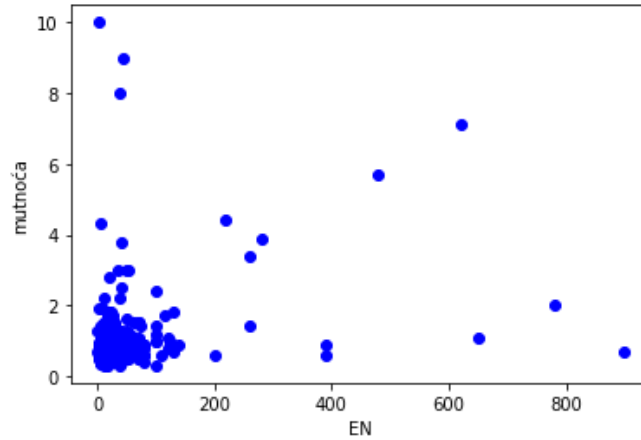
Na slici 10.7. prikazana je ovisnost temperature mora u  $^{\circ}\text{C}$  o enterokoku (CFU/100 ml) koji je najkoncentriraniji na temperaturama mora od  $16^{\circ}\text{C}$  do  $27^{\circ}\text{C}$ .



Slika 10.7: Ovisnost temperature mora o EN

Na slici 10.8. prikazana je ovisnost saliniteta (‰) o enterokoku (CFU/100 ml), a sa slike se može očitati da je najveća koncentracija enterokoka kod saliniteta od 30 ‰ do 38 ‰.

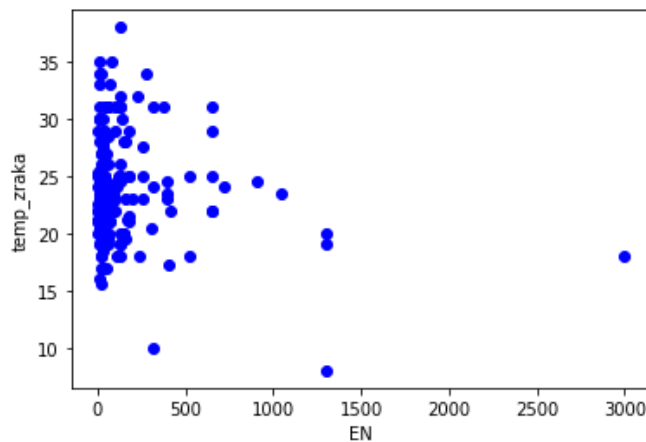




Slika 10.10: Ovisnost mutnoće o EN

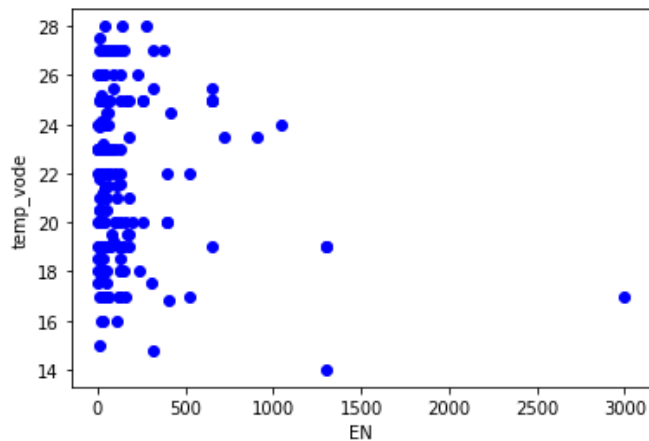
### 10.3. Kantrida Zapad

Na slici 10.11. prikazana je ovisnost temperature zraka (°C) o enterokoku (CFU/100 ml). Vidljivo je da se najveća koncentracije enterokoka nalazi između temperatura 15 °C i 35 °C.



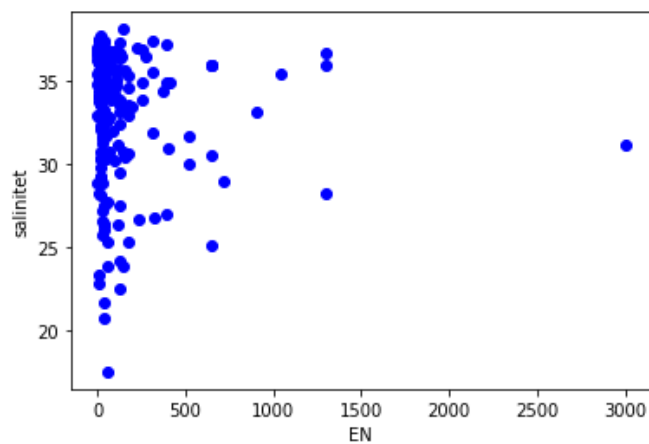
Slika 10.11: Ovisnost temperature zraka o EN

Na slici 10.12. prikazana je ovisnost temperature mora u °C o enterokoku (CFU/100 ml) koji je najkoncentriraniji na temperaturama mora od 16 °C do 28 °C.



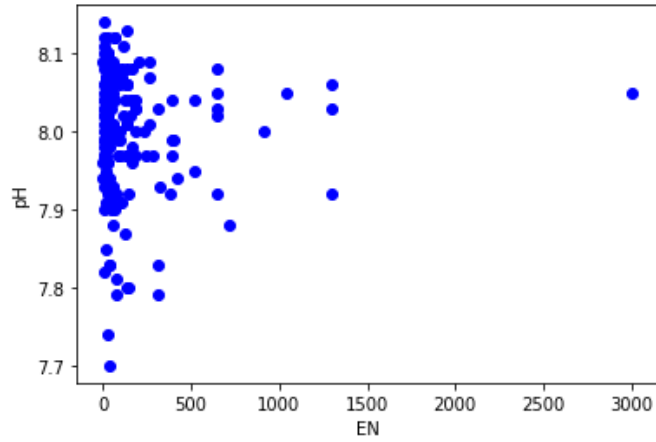
Slika 10.12: Ovisnost temperature mora o EN

Na slici 10.13. prikazana je ovisnost saliniteta (‰) o enterokoku (CFU/100 ml), a sa slike se može očitati da je najveća koncentracija enterokoka kod saliniteta od 25 ‰ do 39 ‰.



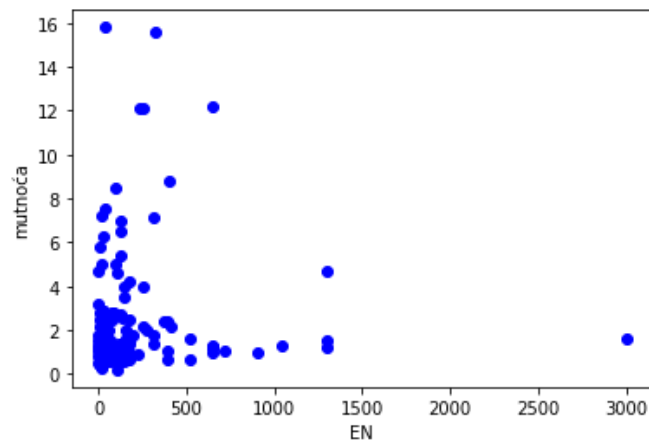
Slika 10.13: Ovisnost saliniteta o EN

Na slici 10.14. prikazana je ovisnost pH vrijednosti o enterokoku (CFU/100 ml) koji je najkoncentriraniji kod pH vrijednosti od 7.9 do 8.2.



*Slika 10.14: Ovisnost pH o EN*

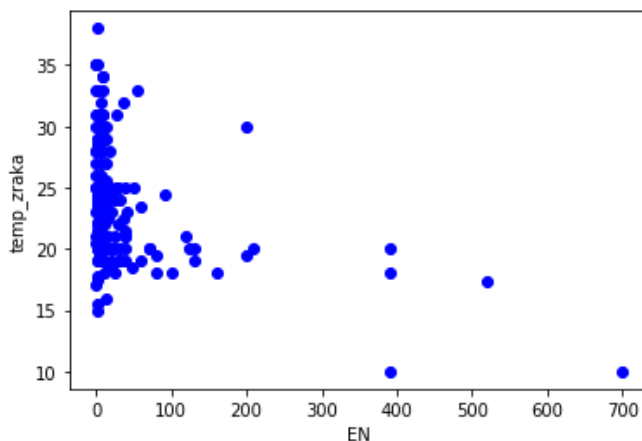
Na slici 10.15. prikazana je ovisnost mutnoće (NTU) o enterokoku (CFU/100 ml). Kod mutnoće od 0 do 6 NTU izmjerena je najveća koncentracija enterokoka.



*Slika 10.15: Ovisnost mutnoće o EN*

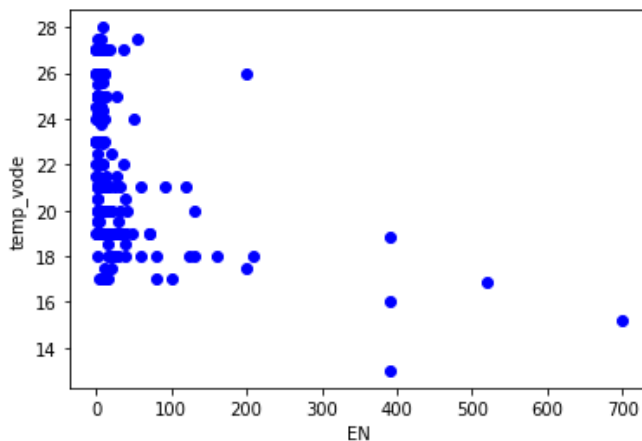
#### 10.4. Pećine Istok

Na slici 10.16. prikazana je ovisnost temperature zraka (°C) o enterokoku (CFU/100 ml). Vidljivo je da se najveća koncentracije enterokoka nalazi između temperatura 15 °C i 35 °C.



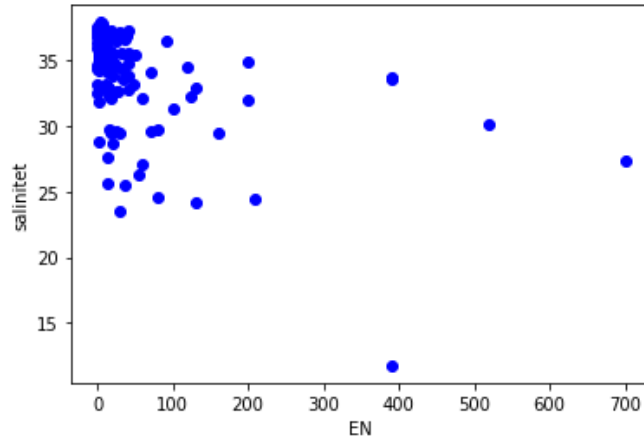
Slika 10.16: Ovisnost temperature zraka o EN

Na slici 10.17. prikazana je ovisnost temperature mora u °C o enterokoku (CFU/100 ml) koji je najkoncentriraniji na temperaturama mora od 16 °C do 28 °C.



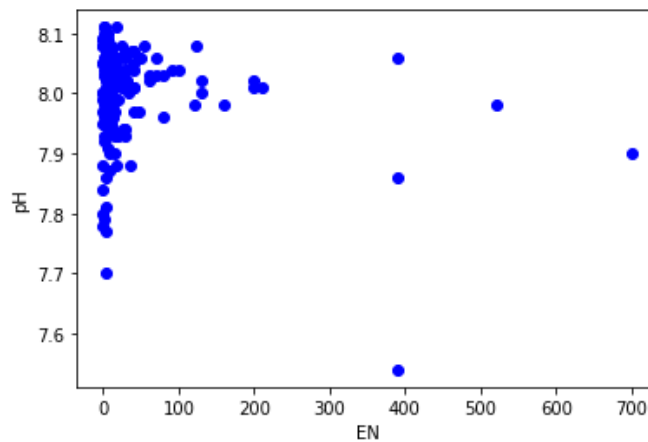
Slika 10.17: Ovisnost temperature mora o EN

Na slici 10.18. prikazana je ovisnost saliniteta (‰) o enterokoku (CFU/100 ml), a sa slike se može očitati da je najveća koncentracija enterokoka kod saliniteta od 25 ‰ do 39 ‰.



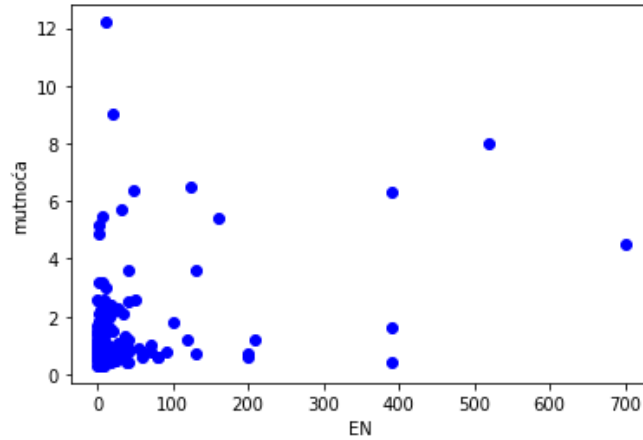
*Slika 10.18: Ovisnost saliniteta o EN*

Na slici 10.19. prikazana je ovisnost pH vrijednosti o enterokoku (CFU/100 ml) koji je najkoncentriraniji kod pH vrijednosti od 7.8 do 8.2.



*Slika 10.19: Ovisnost pH o EN*

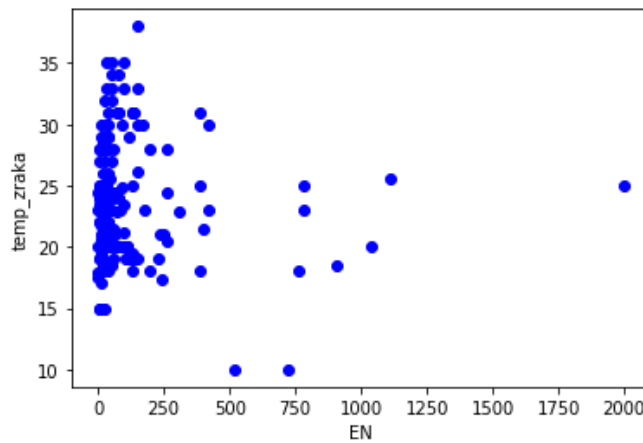
Na slici 10.20. prikazana je ovisnost mutnoće (NTU) o enterokoku (CFU/100 ml). Kod mutnoće od 0 do 4 NTU izmjerena je najveća koncentracija enterokoka.



Slika 10.20: Ovisnost mutnoće o EN

### 10.5. Pećine Zapad

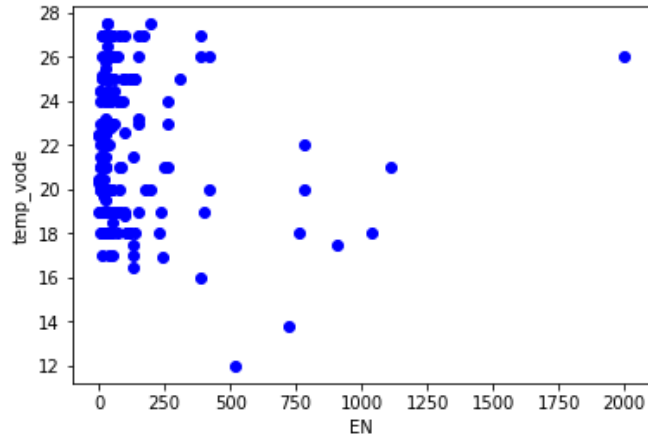
Na slici 10.21. prikazana je ovisnost temperature zraka (°C) o enterokoku (CFU/100 ml). Vidljivo je da se najveća koncentracije enterokoka nalazi između temperatura 15 °C i 35 °C.



Slika 10.21: Ovisnost temperature zraka o EN

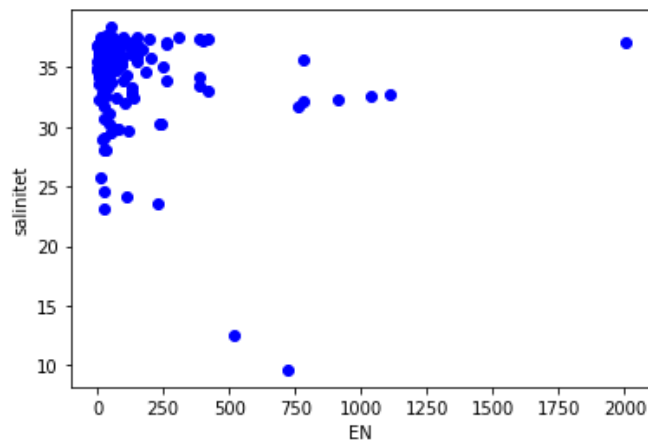
Na slici 10.22. prikazana je ovisnost temperature mora u °C o enterokoku (CFU/100 ml) koji je najkoncentriraniji na temperaturama mora od 16 °C do 28 °C.





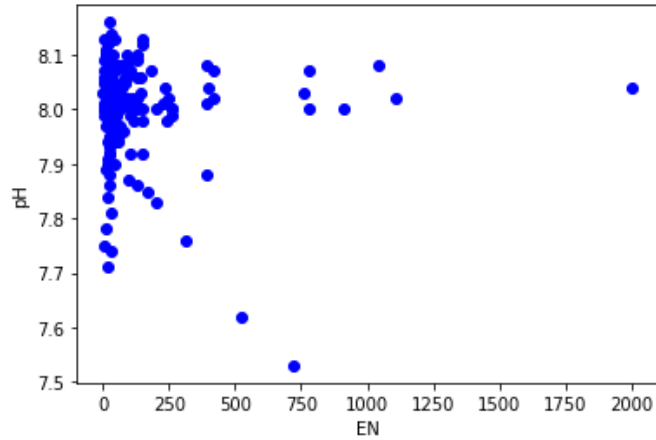
*Slika 10.22: Ovisnost temperature mora o EN*

Na slici 10.23. prikazana je ovisnost saliniteta (‰) o enterokoku (CFU/100 ml), a sa slike se može očitati da je najveća koncentracija enterokoka kod saliniteta od 25 ‰ do 39 ‰.



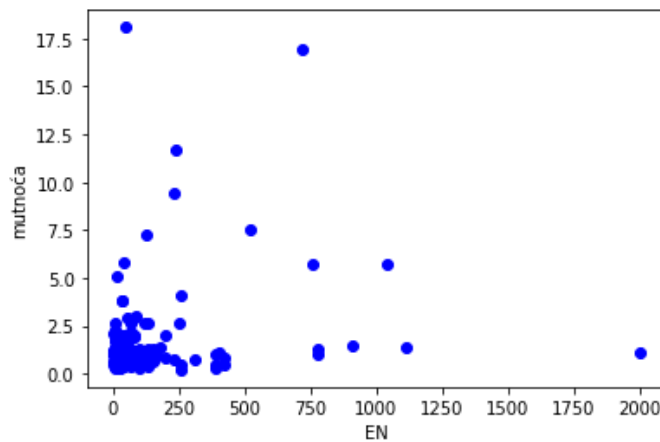
*Slika 10.23: Ovisnost saliniteta o EN*

Na slici 10.24. prikazana je ovisnost pH vrijednosti o enterokoku (CFU/100 ml) koji je najkoncentriraniji kod pH vrijednosti od 7.8 do 8.2.



Slika 10.24: Ovisnost pH o EN

Na slici 10.25. prikazana je ovisnost mutnoće (NTU) o enterokoku (CFU/100 ml). Kod mutnoće od 0 do 5 NTU izmjerena je najveća koncentracija enterokoka.



Slika 10.25: Ovisnost mutnoće o EN

### 10.6. Pearsonov koeficijent korelacije i koeficijent determinacije ( $R^2$ )

Izračunati su Pearsonovi koeficijenti korelacije kao i koeficijenti determinacije ( $R^2$ ) za enterokok i pojedine parametre koji su prikazani u tablici 10.1, a iz kojih se može vidjeti da je korelacija uglavnom negativna. Pearsonov koeficijent korelacije je u rasponu  $0 < |r| < 0,2$  što spada u neznatnu korelaciju illi pak  $0,2 \leq |r| < 0,5$  što spada u relativno slabu korelaciju. Jedini parametar kod kojega se može vidjeti povezanost, odnosno korelacija po Pearsonu je mutnoća.

Tablica 10.1: Pearsonov koeficijent korelacije i koeficijent determinacije ( $R^2$ )

<b>LOKACIJA</b>		<b>PEARSONOV KOEFIKIJENT KORELACIJE</b>	<b>KOEFIKIJENT DETERMINACIJE (<math>R^2</math>)</b>
<b>3M</b>	EN – temp. zraka	-0.32	-0.21
	EN - mutnoća	0.35	-0.28
	EN - salinitet	-0.27	-0.1
	EN - pH	-0.24	-0.21
	EN – temp. mora	-0.28	-0.13
<b>KE</b>	EN – temp. zraka	-0.33	-0.12
	EN - mutnoća	0.23	-0.24
	EN - salinitet	-0.24	-0.07
	EN - pH	-0.11	-0.19
	EN – temp. mora	-0.28	-0.12
<b>KW</b>	EN – temp. zraka	-0.15	-0.16
	EN - mutnoća	0.1	-0.22
	EN - salinitet	-0.04	-0.14
	EN - pH	0.01	-0.2
	EN – temp. mora	-0.09	-0.17
<b>PE</b>	EN – temp. zraka	-0.37	-0.05
	EN - mutnoća	0.32	-0.12
	EN - salinitet	-0.48	-0.04
	EN - pH	-0.2	-0.08
	EN – temp. mora	-0.4	-0.05
<b>PW</b>	EN – temp. zraka	-0.09	-0.16
	EN - mutnoća	0.21	-0.23
	EN - salinitet	-0.21	-0.12
	EN - pH	-0.07	-0.21
	EN – temp. mora	-0.1	-0.16

## 11. ZAKLJUČAK

Kvaliteta mora ovisi o puno različitih faktora, na neke od njih čovjek uvelike može utjecati, a neki ovise o vanjskim utjecajima koje čovjek ne može promijeniti. Čistoća morske vode utječe i na turizam, odnosno na odabir turističke destinacije gostiju, ali ona također može predstavljati veliki rizik za zdravlje kupaca ukoliko se u njoj nalazi koncentracija veća od dozvoljene nekih od gore promatranih parametara. Zbog svih tih razloga važno je mjerenjima, ali i uspostavljanjem predikcijskog modela pratiti kako se kreću količine pojedinih kemijskih parametara morske vode.

Iz svih provedenih mjerenja tijekom nekoliko godina može se vidjeti da doba dana u kojem je mjerenje obavljeno utječe na kvalitetu vode. U jutarnjim satima izmjereno je najveće mikrobiološko opterećenje morske vode zbog nedostatka sunčeve svjetlosti koja predstavlja najutjecajni faktor prilikom indiciranja bakterija.

Statistička analiza provedena je pomoću programskog paketa Python, a pomoću istog softvera dobiveni su i svi grafički prikazi. Na temelju izračunatih koeficijenata determinacije ( $R^2$ ) utvrđena je zanemariva korelacija, odnosno zaključeno je da je problem previše kompleksan da jedna varijabla utječe samo na bakterije. Bilo bi potrebno provesti puno detaljniju analizu s više parametara i njihovim međusobnim djelovanjem. Međutim, po Pearsonovom koeficijentu korelacije može se vidjeti povezanost parametra mutnoće i bakterija E. coli i enterokoka.

Predikcijski modeli općenito imaju veliki potencijal u području praćenja okoliša jer pokrivaju i vremensku i prostornu domenu te uz daljnji razvoj mogu postati važni alat koji će imati ulogu u zaštiti ljudskog zdravlja.

## 12. LITERATURA

- [1] „Adriatic Sea Map“, s Interneta, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Adriatic\\_Sea\\_map\\_hr.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Adriatic_Sea_map_hr.svg), 4. kolovoza 2022.
- [2] „More“, s Interneta, <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=41900>, 4. kolovoza 2022.
- [3] „pH“, s Interneta, <https://hr.wikipedia.org/wiki/PH>, 5. kolovoza 2022.
- [4] Sedlar, J.: „Kemijska svojstva morske vode“, s Interneta, <https://repozitorij.ktf-split.hr/islandora/object/ktfst%3A970/datastream/PDF/view>, 3. kolovoza 2022.
- [5] Bolf, N.: „Mjerna i regulacijska tehnika“, s Interneta, <https://hrcak.srce.hr/file/360391>, 5. kolovoza 2022.
- [6] „Escherichia coli“, s Interneta, [https://hr.wikipedia.org/wiki/Escherichia\\_coli](https://hr.wikipedia.org/wiki/Escherichia_coli), 7. kolovoza 2022.
- [7] „Enterococcus uzrok, simptomi i liječenje“, s Interneta, <https://hipokrat.com.hr/enterococcus-uzrok-simptomi-i-lijecenje/>, 7. kolovoza 2022.
- [8] „Enterococcus Faecalis i Faecium“, s Interneta, <http://produzizivot.com/enterococcus-faecalis-i-faecium/>, 7. kolovoza 2022.
- [9] Vukić Lušić D.; Kranjčević L.; Maćešić S.; Lušić D.; Jozić S.; Linšak Ž.; Bilajac L.; Grbčić L.; Bilajac N.: „Temporal variations analyses and predictive modeling of microbiological seawater quality“, Water research, 119 (2017), 160-170, 2017.
- [10] „Grad Rijeka“, s Interneta, <https://sites.google.com/site/gradrijeka1946/karta>, 7. kolovoza 2022.
- [11] „Standardna devijacija“, s Interneta, <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=57758>, 10. kolovoza 2022.
- [12] „Korelacija“, s Interneta, [https://hr.wikipedia.org/wiki/Korelacija#Pearsonov\\_koeficijent\\_korelacije](https://hr.wikipedia.org/wiki/Korelacija#Pearsonov_koeficijent_korelacije), 11. kolovoza 2022.

- [13] „Koeficijenti korelacije: Pearsonov i Spearmanov koeficijent korelacije“, s Interneta, <https://dokumen.tips/documents/koeficijent-korelacije-pearsonov-i-spearmanov.html>, 5. rujna 2022.
- [14] „Onečišćenje mora“, s Interneta, [https://civilna-zastita.gov.hr/UserDocsImages/CIVILNA%20ZA%20C5%A0TITA/PDF\\_ZA%20WEB/One%20C4%8Di%20C5%A1%20C4%87enje%20mora\\_bro%20C5%A1ura%20A5%20-%20web.pdf](https://civilna-zastita.gov.hr/UserDocsImages/CIVILNA%20ZA%20C5%A0TITA/PDF_ZA%20WEB/One%20C4%8Di%20C5%A1%20C4%87enje%20mora_bro%20C5%A1ura%20A5%20-%20web.pdf), 3. kolovoza 2022.
- [15] „Jadransko more“, s Interneta, <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=28478>, 4. kolovoza 2022.
- [16] „Jadransko more“, s Interneta, [https://hr.wikipedia.org/wiki/Jadransko\\_more](https://hr.wikipedia.org/wiki/Jadransko_more), 4. kolovoza 2022.
- [17] „Escherichia coli“, s Interneta, <https://www.plivazdravlje.hr/aktualno/clanak/26315/Escherichia-coli.html>, 7. kolovoza 2022.
- [18] „Enterococcus“, s Interneta, <https://en.wikipedia.org/wiki/Enterococcus>, 7. kolovoza 2022.
- [19] „Enterokok“, s Interneta, <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=18026>, 7. kolovoza 2022.
- [20] „Rijeka“, s Interneta, <https://hr.wikipedia.org/wiki/Rijeka>, 7. kolovoza 2022.
- [21] „Aritmetička sredina“, s Interneta, [https://hr.wikipedia.org/wiki/Aritmeti%20C4%8Dka\\_sredina](https://hr.wikipedia.org/wiki/Aritmeti%20C4%8Dka_sredina), 8. kolovoza 2022.
- [22] „Aritmetička sredina“, s Interneta, <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=3839>, 8. kolovoza 2022.
- [23] „Medijan“, s Interneta, <https://hr.wikipedia.org/wiki/Medijan>, 8. kolovoza 2022.
- [24] „Medijan“, s Interneta, <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=39758>, 8. kolovoza 2022.
- [25] Burić I.: „Uvod u deskriptivnu i inferencijalnu statistiku“, s Interneta, <https://www.unizd.hr/Portals/12/Nastavnici/Irena%20Buric/Uvod%20u%20deskriptivnu%20i%20inferencijalnu%20statistiku.pdf>, 8. kolovoza 2022.

- [26] „Modus“, s Interneta, <https://bs.wikipedia.org/wiki/Modus>, 8. kolovoza 2022.
- [27] „Mod“, s Interneta, <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=41445>, 8. kolovoza 2022.
- [28] „Standardna devijacija“, s Interneta, [https://bs.wikipedia.org/wiki/Standardna\\_devijacija](https://bs.wikipedia.org/wiki/Standardna_devijacija), 10. kolovoza 2022.
- [29] „Varijanca“, s Interneta, <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=63913>, 10. kolovoza 2022.
- [30] „Varijansa“, s Interneta, <https://sh.wikipedia.org/wiki/Varijansa>, 10. kolovoza 2022.
- [31] „Coefficient of determination“, s Interneta, [https://en.wikipedia.org/wiki/Coefficient\\_of\\_determination](https://en.wikipedia.org/wiki/Coefficient_of_determination), 30. kolovoza 2022.
- [32] Lulić I.: „Uporaba metode regresijske analize u rješavanju problema vezanih za inženjersku praksu“, s Interneta, [http://repositorij.fsb.hr/2940/1/18\\_09\\_2014\\_Ivan\\_Lulic\\_Zavrzni\\_Rad.pdf](http://repositorij.fsb.hr/2940/1/18_09_2014_Ivan_Lulic_Zavrzni_Rad.pdf), 30. kolovoza 2022.
- [33] „Regresijska analiza“, s Interneta, [http://www.mathos.unios.hr/ptfstatistika/Vjezbe/materijali\\_7.pdf](http://www.mathos.unios.hr/ptfstatistika/Vjezbe/materijali_7.pdf), 30. kolovoza 2022.

## SAŽETAK

Ovaj završni rad bavi se statističkom analizom kemijskih parametara morske vode. Kvaliteta vode za kupanje iznimno je važna za zdravlje kupaca te je tako najprije teorijski opisan svaki od parametara morske vode koji su se mjerili, zatim je izrađena statistička analiza tih parametara, izrađeni su grafovi koji prikazuju ovisnost svakog parametra i E. coli odnosno enterokoka, izračunati koeficijenti korelacije koji govore o povezanosti dviju promatranih varijabli i na kraju su izrađeni histogrami u kojima je sistematično prikazana raspodjela pojedinog promatranog parametra za svaku od ukupno pet plaža.

Ključne riječi: kvaliteta vode za kupanje, mikrobiološki parametri, E. coli, predikcijski modeli, statistička analiza

## SUMMARY

This final paper deals with the statistical analysis of seawater chemical parameters. Bathing water quality is extremely important for public health. Firstly, there is a theoretical description of each measured seawater parameter. Then, there was made statistical analysis of those parameters, as well as graphs that show us how each parameter is connected with E. coli, that is enterococcus. There were calculated coefficients of correlation that show us the connection of two observed variables and in the end there were made histograms that show us the distribution of each observed parameter for each of total five beaches.

Keywords: bathing water quality, microbiological parameters, E. coli, predictive models, statistical analysis