

# Kemijska svojstva morske vode

---

**Sedlar, Jelena**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split, Faculty of Chemistry and Technology / Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:167:591749>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-09**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of chemistry and technology - University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**

# **KEMIJSKA SVOJSTVA MORSKE VODE**

**ZAVRŠNI RAD**

**JELENA SEDLAR**

**Matični broj: 1241**

**Split, rujan 2021.**



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**  
**PREDDIPLOMSKI STUDIJ KEMIJSKE TEHNOLOGIJE**  
**ZAŠTITA OKOLIŠA**

**KEMIJSKA SVOJSTVA MORSKE VODE**

**ZAVRŠNI RAD**

**JELENA SEDLAR**

**Matični broj: 1241**

**Split, rujan 2021.**

**UNIVERSITY OF SPLIT**  
**FACULTY OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY**  
**UNDERGRADUATE STUDY OF CHEMICAL TECHNOLOGY**  
**ENVIRONMENTAL PROTECTION**

# **CHEMICAL PROPERTIES OF SEA WATER**

**BACHELOR THESIS**

**JELENA SEDLAR**

**Parent number: 1241**

**Split, September 2021.**

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

ZAVRŠNI RAD

Sveučilište u Splitu

Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu

Preddiplomski studij Kemijske tehnologije, smjer: Zaštita okoliša

**Znanstveno područje:** prirodne znanosti

**Znanstveno polje:** kemija

**Tema rada** je prihvaćena na 6. elektronskoj sjednici Fakultetskog vijeća Kemijsko tehnološkog fakulteta

**Mentor:** doc. dr. sc. Maša Buljac

### KEMIJSKA SVOJSTVA MORSKE VODE

Jelena Sedlar, br. Indexa: 1241

**Sažetak:**

Jadransko more spada u plitko, poluzatvoreno more koje je jako osjetljivo na razne promjene u morskom okolišu. Veliku ulogu u promjeni svojstava (onečišćenja) ovog akvatorija imaju ljudske aktivnosti koje kontinuirano dovode do onečišćenja morskog ekosustava, zatim klimatske promjene i sve izraženiji razvoj industrije na moru. Stanje kakvoće Jadranskog mora je važno pratiti zbog gospodarske uporabe mora, zaštite zdravlja ljudi te održavanja biološke raznolikosti. Tema ovog rada je prikaz i opis najčešće određivanih pokazatelja Jadranskog mora i konkretni prikaz analiza uzoraka mora prikupljenih na području Splita. Uz standardne pokazatelje kao što su temperatura i praćenje razina mora, rad se bavi prikazom i načinom određivanja kloriniteta, saliniteta, sadržaja otopljenog kisika te sadržajem kalcija i magnezija.

**Ključne riječi:** more, pokazatelji stanja morskog okoliša, Jadransko more, kakvoća mora

**Rad sadrži:** 58 stranica, 32 slike, 13 tablica, 29 literaturnih referenci

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Sastav Povjerenstva za obranu:**

1. izv. prof. dr. sc. Marijo Buzuk

predsjednik

2 prof. dr. sc. Sandra Svilović

član

3. doc. dr. sc. Maša Buljac

član-mentor

**Datum obrane:** 15.09.2021.

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen** u Knjižnici Kemijsko-tehnološkog fakulteta Split, Ruđera Boškovića 35

## BASIC DOCUMENTATION CARD

BACHELOR THESIS

**University of Split**  
**Faculty of Chemistry and Technology Split**  
**Undergraduate study of Chemical Technology, orientation: Environmental protection**

**Scientific area:** natural sciences

**Scientific field:** chemistry

**Thesis subject** was approved by Faculty Council of Faculty of Chemistry and Technology, session no. VI.

**Mentor:** Maša Buljac PhD, assistant professor

### CHEMICAL PROPERTIES OF SEA WATER

Jelena Sedlar, index number: 1241

**Abstract:**

The Adriatic Sea is a shallow, semi-enclosed sea that is very sensitive to various changes in the marine environment. Human activities that continuously lead to pollution of the marine ecosystem, climate change and the increasingly pronounced development of the marine industry play a major role in changing the properties (pollution) of this area. The quality of the Adriatic Sea is important to monitor for the economic use of the sea, the protection of human health and the maintenance of biological diversity. The topic of this thesis is the presentation and description of the most frequently determined indicators of the Adriatic Sea, and a concrete presentation of the sea samples analysis collected in the area of Split. In addition to the usual indicators such as temperature and monitoring of sea levels, the thesis deals with the presentation and methods of determining chlorinity, salinity, the amount of dissolved oxygen and the content of calcium and magnesium.

**Keywords:** sea, indicators of the marine environment state, Adriatic sea, sea quality

**Thesis contains:** 58 pages, 32 figures, 13 tables, 29 references

**Original in:** Croatian

**Defence committee:**

- |                                       |              |
|---------------------------------------|--------------|
| 1. Marijo Buzuk - PhD, associate prof | chair person |
| 2. Sandra Svilović -PhD, full prof.   | member       |
| 3. Maša Buljac –PhD, assistant prof.  | supervisor   |

**Defence date:** 15.09.2021.

**Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited** in Library of Faculty of Chemistry and Technology Split, Ruđera Boškovića 35





*Završni rad je izrađen u Zavodu za Kemiju okoliša, Kemijsko-tehnološkog fakulteta u Splitu pod mentorstvom doc.dr.sc. Maše Buljac, u razdoblju od veljače do rujna 2021. godine.*

*Veliko hvala mentorici doc. dr. sc. Maši Buljac na ukazanoj pomoći pri izradi Završnog rada. Hvala dragom Bogu i svojoj obitelji bez koje sve ovo ne bi bilo moguće.*

## ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Zadatak ovog završnog rada je:

- prikaz pojedinih pokazatelja stanja mora
- prikaz važnosti njihovog praćenja u svrhu izbjegavanja ekoloških katastrofa te utjecaja na ljudsko zdravlje
- prikaz analiza parametara mora tijekom više godina, zbog važnosti upoznavanja promjena koje se događaju u morskom okolišu
- prikaz načina prikupljanja i provođenja konkretnih analiza uzoraka prikupljenih na području Splita

## SAŽETAK

Jadransko more spada u plitko, poluzatvoreno more koje je jako osjetljivo na razne promjene u morskom okolišu. Veliku ulogu u promjeni svojstava (onečišćenja) ovog akvatorija imaju ljudske aktivnosti koje kontinuirano dovode do onečišćenja morskog ekosustava, zatim klimatske promjene i sve izraženiji razvoj industrije na moru. Stanje kakvoće Jadranskog mora je važno pratiti zbog gospodarske uporabe mora, zaštite zdravlja ljudi te održavanja biološke raznolikosti. Tema ovog rada je prikaz i opis najčešće određivanih pokazatelja Jadranskog mora i konkretni prikaz analiza uzoraka mora prikupljenih na području Splita. Uz uobičajne pokazatelje kao što su temperatura i praćenje razina mora, rad se bavi prikazom i načinom određivanja kloriniteta, saliniteta, količine otopljenog kisika te sadržajem kalcija i magnezija.

**Ključne riječi:** more, pokazatelji stanja morskog okoliša, Jadransko more, kakvoća mora

## **SUMMARY**

The Adriatic Sea is a shallow, semi-enclosed sea that is very sensitive to various changes in the marine environment. Human activities that continuously lead to pollution of the marine ecosystem, climate change and the increasingly pronounced development of the marine industry play a major role in changing the properties (pollution) of this area. The quality of the Adriatic Sea is important to monitor for the economic use of the sea, the protection of human health and the maintenance of biological diversity. The topic of this thesis is the presentation and description of the most frequently determined indicators of the Adriatic Sea, and a concrete presentation of the sea samples analysis collected in the area of Split. In addition to the usual indicators such as temperature and monitoring of sea levels, the thesis deals with the presentation and methods of determining chlorinity, salinity, the amount of dissolved oxygen and the content of calcium and magnesium.

**Keywords:** sea, indicators of the marine environment state, Adriatic sea, sea quality

## SADRŽAJ:

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OPĆI DIO .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. PODRUČJE SREDOZEMLJA (MEDITERANA) .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2. POKAZATELJI STANJA MORSKOG OKOLIŠA.....</b>	<b>5</b>
<b>2.3. NAJČEŠĆI KEMIJSKI PARAMETRI KOJI SE ODREĐUJU U MORU .....</b>	<b>7</b>
<b>2.3.1 pH VRIJEDNOST .....</b>	<b>7</b>
<b>2.3.1.1. pH JADRANSKOG MORA .....</b>	<b>9</b>
<b>2.3.2. KLORINITET (Cl).....</b>	<b>13</b>
<b>2.3.2.1. KLORINITET JADRANSKOG MORA .....</b>	<b>13</b>
<b>2.3.3. TEMPERATURA I SALINITET MORA .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3.3.1. TEMPERATURA I SALINITET JADRANSKOG MORA .....</b>	<b>17</b>
<b>2.3.4. SADRŽAJ OTOPLJENOG KISIKA.....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.4.1. SADRŽAJ OTOPLJENOG KISIKA U JADRANSKOM MORU .....</b>	<b>24</b>
<b>2.3.5. KALCIJ I MAGNEZIJ .....</b>	<b>29</b>
<b>2.3.6. OSTALI VAŽNI PARAMETRI .....</b>	<b>30</b>
<b>3 . EKSPERIMENTALNI DIO.....</b>	<b>31</b>
<b>3.1. METODIKA.....</b>	<b>32</b>
<b>3.2. PRIPRAVA OTOPIVA .....</b>	<b>33</b>
<b>3.3 POSTUPCI ODREĐIVANJA.....</b>	<b>35</b>
<b>3.3.1 .ODREĐIVANJE pH VRIJEDNOSTI.....</b>	<b>35</b>
<b>3.3 2. ODREĐIVANJE KLORIDA I SALINITETA .....</b>	<b>36</b>
<b>3.3.3. ODREĐIVANJE KISIKA OTOPLJENOG U VODI .....</b>	<b>37</b>
<b>3.3.4. ODREĐIVANJE KALCIJA.....</b>	<b>39</b>
<b>3.3.5. ODREĐIVANJE MAGNEZIJA .....</b>	<b>40</b>
<b>4. REZULTATI I RASPRAVA.....</b>	<b>41</b>
<b>4.1. pH VRIJEDNOST.....</b>	<b>42</b>
<b>4.2. ODREĐIVANJE KLORIDA I SALINITETA .....</b>	<b>43</b>
<b>4.3. ODREĐIVANJE SADRŽAJA KISIKA OTOPLJENOG U VODI .....</b>	<b>45</b>
<b>4.3.1.Uređaj „LabQuest 2” .....</b>	<b>45</b>
<b>4.3.2. Winkler-ova metoda .....</b>	<b>45</b>

<b>4.4. ODREĐIVANJE KALCIJA .....</b>	<b>48</b>
<b>4.5. ODREĐIVANJE MAGNEZIJA.....</b>	<b>49</b>
<b>5. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>51</b>
<b>6. LITERATURA .....</b>	<b>53</b>
<b>6.1. Popis slika.....</b>	<b>56</b>
<b>6.2. Popis tablica .....</b>	<b>58</b>

## **1. UVOD**



Od ukupne Zemljine površine, tri četvrtine zauzima voda, od čega više od 90% opada na mora i oceane. More predstavlja jedinstvenu cjelinu vodenih masa koje se nalaze na površini Zemlje i koje su međusobno povezane. One imaju prosječno jednaka fizikalna i kemijska svojstva. U užem smislu pod morem se podrazumijevaju vodene mase koje se nalaze među bliskim kontinentima te između otoka i kontinenata.

Morska voda je sastavljena od: vode, soli, plinova, elementa u tragovima koji su otopljeni u vodi te ostalih organskih spojeva. Do sada je utvrđeno preko 90 kemijskih elemenata u moru, a koji se mogu svrstati u dvije skupine: glavne elemente ili makrokonstituente i elemente u tragovima ili mikrokonstituente. <sup>[1]</sup>

Isparavanjem morske vode kao talog zaostaje morska sol koja je smjesa anorganskih soli u kojoj su sastavni dijelovi kloridi i sulfati: natrijev klorid (NaCl), magnezijev klorid (MgCl<sub>2</sub>), magnezijev sulfat (MgSO<sub>4</sub>), kalcijev sulfat (CaSO<sub>4</sub>), kalijev sulfat (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). <sup>[2]</sup>

Poznavanje fizikalnih, kemijskih te ostalih osobina mora od velike je važnosti za očuvanje i zaštitu morskog ekosustava. Uvjeti koji vladaju u moru moraju biti stabilni. Život morskih organizama ovisi o tri činitelja: o solarnoj radijaciji s obzirom na sezonu i zemljopisnu širinu, o faktoru dubine i udaljenosti od obale prema otvorenom moru, koja se često podudara s faktorom dubine. Najistaknutija od ta tri činitelja jest faktor dubine. <sup>[3]</sup>

Pravo stanje mora koje uključuje njegovu kakvoću, mogućnost obitavanja flore i faune te općenito utjecaj na okoliš pa samim time i utjecaj na čovjeka određuje se uz pomoć mnogobrojnih parametara od kojih se najčešće određuju: pH vrijednost, kloridi, temperatura, salinitet, sadržaj kisika, kalcija i magnezija te sadržaj teških metala.

Ova svojstva bitno utječu na mogućnost odvijanja ljudskih aktivnosti koje su vezane za more (npr. turizam, marikultura, ribarstvo, rekreacija ) te na ljudsko zdravlje kroz konzumaciju proizvoda mora te drugih morskih djelatnosti. Za održivo korištenje morskih resursa potrebno je stalno praćenje stanja u moru, kako bi se u slučaju nastanka štetnih promjena mogle poduzeti potrebne zaštitne mjere. <sup>[4]</sup>

Cilj ovog završnog rada je opisati pojedine pokazatelje stanja mora koji se određuju prikladnim metodama i prikazati važnost njihovog praćenja u svrhu izbjegavanja ekoloških katastrofa te utjecaja na ljudsko zdravlje. Također rad prikazuje analize parametara mora tijekom više godina zbog važnosti upoznavanja promjena koje se događaju u morskom okolišu.

## **2. OPĆI DIO**

## 2.1. PODRUČJE SREDOZEMLJA (MEDITERANA)

Izraz „Mediteran” potječe od latinske riječi mediterraneus, što se može prevesti kao ono što se nalazi u sredini zemlje. Sredozemno more se prostire između Europe, Azije i Afrike. Obuhvaća površinu od oko 2,5 milijuna četvornih kilometara, što ga stvara najvećim kopnenim morem na planetu, iza Karipskog mora. [5]

Položaj Sredozemnog mora smatra se nužnim resursom za obitavanje stanovništva ali i razvoj samog područja. Spada u jedno od najčišćih vodenih područja u svijetu. Ubrzanim industrijskim razvojem (razvoj luka i marina) otvara se pitanje ekoloških posljedica za ovaj prostor. Jako veliki utjecaj na morski okoliš ima sve intenzivniji pomorski promet prijevoza nafte jer povećava mogućnost nesreća i ekoloških katastrofa.

Na sjevernoj strani Mediteranskog mora nalazi se Jadransko more koje je plitko, poluzatvoreno more tirkizne boje zanemarivo u odnosu na svjetske oceane, ali svejedno ima jako važnu ulogu za područje Hrvatske (gospodarsku, ekološku i prometnu).



Slika 1. Položaj Sredozemnog mora [6]

## 2.2. POKAZATELJI STANJA MORSKOG OKOLIŠA

Promjene uzorkovane pomorskim razvojem prometa ali i klimatskim promjenama zahtijevaju provođenje analiza pokazatelja stanja morskog okoliša kako bih se stanje Sredozemnog mora moglo kontinuirano pratiti te da bi se njegovo stanje moglo poboljšati.

Jadransko more i obalni prostor zbog navedenih razloga su izloženi velikim pritiscima.

Ljudske aktivnosti kontinuirano dovode do onečišćenja te se time uvelike ugrožava morski ekosustav i gospodarska vrijednost obalnog područja. Izvori onečišćenja su najvećim dijelom smješteni u gradovima i naseljima.

Jako je važno pratiti stanje kakvoće Jadranskog mora zbog gospodarske uporabe mora, zaštite zdravlja ljudi te održavanja biološke raznolikosti. S obzirom na to u svrhu zaštite "morskog okoliša" Jadranskog mora donesena je "Odluka o donošenju akcijskog programa strategije upravljanja morskim okolišem i obalnim područjem" (sustav praćenja i promatranja za stalnu procjenu stanja Jadranskog mora).<sup>[7]</sup>

Podjela pokazatelja stanja morskog okoliša u Jadranskom moru:<sup>[8]</sup>

**Ekološki pokazatelji** uključuju :

- Kvantitativna ocjena ekološkog stanja prijelaznih, priobalnih i otvorenih voda
- Kakvoća uzgajanih morskih organizama i mora u kojem se uzgajaju
- Unos opterećenja/tereta rijekama
- Vruće točke \*
- Popis organizama u glavnim hrvatskim lukama
- Otpad u moru
- Podvodna buka

**Fizikalni pokazatelji** uključuju:

- Temperatura, salinitet i gustoća morske vode
- Promjena razine mora

\* mjesta povišenih razina onečišćenja okoliša koja zahtijevaju pojačanu pažnju i praćenje

**Biološki pokazatelji** uključuju :

- Biološka kakvoća prijelaznih voda - fitoplankton
- Biološka kakvoća prijelaznih voda - ribe
- Biološka kakvoća prijelaznih voda - klasifikacija prijelaznih voda (ekološki status)
- Biološka kakvoća priobalnih voda - fitoplankton
- Biološka kakvoća priobalnih voda - makroalge
- Biološka kakvoća priobalnih voda - ribe
- Unos i širenje invazivnih vrsta
- Fitoplanktonske alge u prijelaznim i priobalnim vodama i moru
- Biološka kakvoća mora

**Ribarstveni pokazatelji** uključuju:

- Stok (ribarstvena biologija)
- Statistika ulova
- Kretanje indeksa biomase morskih organizama
- Kapacitet ribarske flote
- Proizvodnja marikulture po vrstama i slatkovodna akvakultura
- Mjere regulacije ribolova i zaštite obnovljivih bogatstava mora

**Kemijski pokazatelji** uključuju:

- Opasne tvari u morskom sedimentu
- Opasne tvari u morskim organizmima
- Stanje eutrofikacije
- Suspendirana tvar (ukupna, anorganska, organska)
- Učestalost niskih koncentracija kisika u pridnom sloju, Zasićenje kisikom

**Ostali aktivni pokazatelji** uključuju:

- Sigurnost prometa Jadranom
- Iznenadna onečišćenja mora i pomorskog dobra
- Onečišćenja mora iz pomorskog prometa
- Kakvoća mora za kupanje na plažama hrvatskog Jadrana

### **Neaktivni pokazatelji uključuju:**

- Biološka kakvoća mora (prijelaznih (1) i priobalnih (2) voda – fitoplankton)
- Klorofil u prijelaznim, priobalnim i morskim vodama
- Toksičnost školjkaša
- Biomarkeri
- Utjecaj ribarstva na ekosisteme - fizička šteta staništa
- Utjecaj marikulture na ekosustav
- Koncentracija klorofila u prijelaznim i priobalnim vodama i moru WEU13
- Primarna proizvodnja u prijelaznim i priobalnim vodama
- Migracije organizama

## **2.3. NAJČEŠĆI KEMIJSKI PARAMETRI KOJI SE ODREĐUJU U MORU**

### **2.3.1 pH VRIJEDNOST**

Općenito pH (lat. potentia hydrogenii: snaga vodika) ili pH-vrijednost je broj koji služi kao mjera kiselosti (aciditeta), odnosno lužnatosti (alkaliteta) vodenih otopina a koji se dobiva kao negativan dekadski logaritam množinske koncentracije (točnije: aktiviteta) vodikovih iona u otopini: <sup>[9]</sup>

$$pH = -\log[H^+] \quad pOH = -\log[OH^-]$$

pH vrijednost morske vode u prosjeku iznosi od 7,50 do 8,25 a na promjenu te vrijednosti utječu CO<sub>2</sub>, pufersko djelovanje otopljenih soli te procesi hidrolize. Naime, ugljikov oksid iz atmosfere se otapa u vodi i tvori ugljikovodičnu kiselinu. Ona disocira u vodi otpuštajući vodikove ione. Kako se povećava količina vodikovih iona, tako pH oceana i mora opada.

Do značajnog povećanja koncentracije CO<sub>2</sub> dolazi tijekom 20. stoljeća izgaranjem fosilnih goriva, deforestacijom i industrijalizacijom.

Kao rezultat, povećava se koncentracija otopljenog anorganskog ugljika (DIC) u bliskom površinskom oceanu, što potiče smanjenje pH da bi se održala kemijska ravnoteža. Te promjene imaju složene izravne i neizravne utjecaje na morske organizme i ekosustave.<sup>[10]</sup>

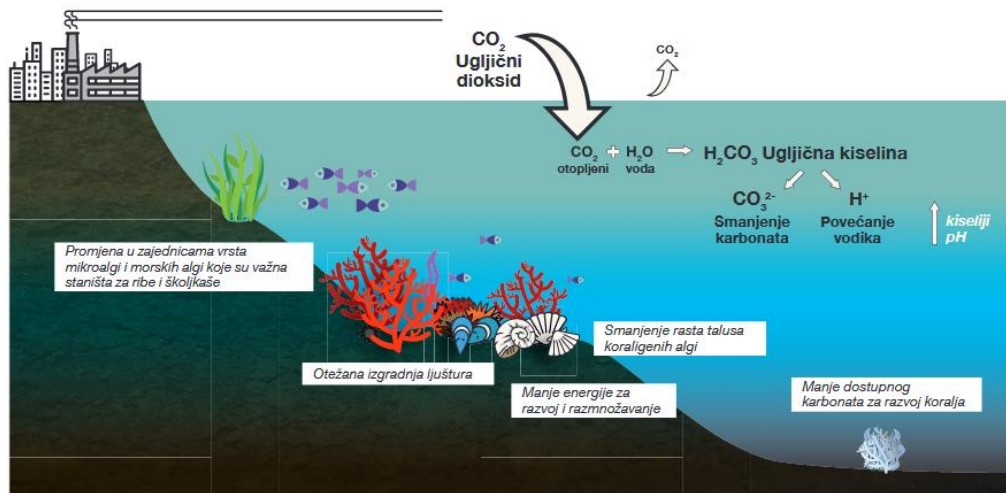
Procjena je da oceani svakog dana apsorbiraju 250 miliona tona antropogenog CO<sub>2</sub> (IPCC, 2007), što je u prosjeku gotovo 30% od ukupne količine antropogenog CO<sub>2</sub>.<sup>[11]</sup>

Zakiseljavanje mora je proces koji se događa zbog porasta koncentracije ugljikovog dioksida u oceanima, što dovodi do snižavanja pH vrijednosti. Uslijed globalnog zatopljenja proces zakiseljavanja mora je sve izraženiji i tijekom posljednjih godina posebno je zabrinuo mnoge znanstvenike i širu javnost.

Za Sredozemno more procjene zakiseljavanja temeljene na in situ mjerenjima su malobrojne, no određene značajke ovog poluzatvorenog mora čine ga posebno osjetljivim na povećanje atmosferskog CO<sub>2</sub> te izgleda da je kao takvo jedno od svjetskih mora najbrže pogođenih zakiseljavanjem. Znanstvenici su došli do zaključka da je kiselost Sredozemnog mora porasla za čak 10% u posljednja dva desetljeća, što znači da pH svake godine pada za 0,04 (0,0022 - 0,0025 pH jedinica godišnje). Važno je naglasiti da i ljudska aktivnost ima veliku ulogu u povećanom oslobađanju CO<sub>2</sub>.<sup>[12]</sup>

Dodatno smanjenje pH vrijednosti oceana primijećeno je na sjevernoj hemisferi, gdje je prisutna znatno veća industrijalizacija, znatno veće izgaranje fosilnih goriva i intenzivnije bavljenje poljoprivredom.<sup>[11]</sup> Različita istraživanja su dokazala kako zakiseljavanje mora ima značajan utjecaj na morske organizme.

Kao posljedica ovog trenda moglo bi doći do nestanka vrsta koje imaju jako važnu ulogu u hranidbenim lancima. Isto tako moglo bi doći do poremećaja kobnih za život i produkciju fitoplanktona gdje bi došlo do nestanka koraljnih grebena, a sve to dovelo bi do nepovratnih promjena u morskom okolišu i dramatičnih posljedica za čovječanstvo.



**Slika 2.** Zakiseljavanje mora kao posljedica povećanja atmosferskog CO<sub>2</sub> [12]

Slika prikazuje CO<sub>2</sub> koji se oslobađa iz raznih industrija te dopijeva u more gdje se otapa. Pri tome nastaje H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> koja mijenja kemiju mora prema kiselijim uvjetima. Nastale kemijske promjene utječu na sposobnost sustava da se prirodno prilagodi daljnjim promjenama CO<sub>2</sub>, što se prirodno ogađa tijekom više tisućljeća.

### 2.3.1.1. pH JADRANSKOG MORA

Zbog svog poluzatvorenog izgleda Jadransko more je iznimno izloženo trendu zakiseljavanja. Sjeverni dio je posebno pogođen zbog puno razvijenih industrijskih područja, unosa hranjivih tvari i ugljika sa kopna.

Tijekom višegodišnjih istraživanja na području sjevernog Jadrana zabilježen je pad pH vrijednosti od 0,0022 - 0,0025 pH jedinica godišnje. Većina istraživanja koja su provedena usmjerena su upravo prema tom dijelu bazena te to ostavlja prostora za daljnji napredak tehnologije i istraživanja drugih dijelova Jadrana.

Sjeverni bazen je pod snažnim utjecajem ispuštanja slatke vode rijeke Po, druge najveće rijeke u Sredozemnom moru.<sup>[13]</sup> Glavni procesi koji se pojavljuju u sjevernom bazenu su procesi razrjeđivanja koji kontroliraju koncentracije otopljenih tvari i čestica organske tvari u zoni miješanja rijeke Po.<sup>[14]</sup> Na takav način u sjeverni akvatorij se unose nutrijenti čija povećana količina može uzrokovati „cvjetanje“ mora. Sagledavajući odnos između otopljenog, anorganskog dušika i saliniteta primjetno je da je većina nutrijenata dospjela u more putem slatke vode.



Analize pH vrijednosti sjevernog bazena iz 2012.godine

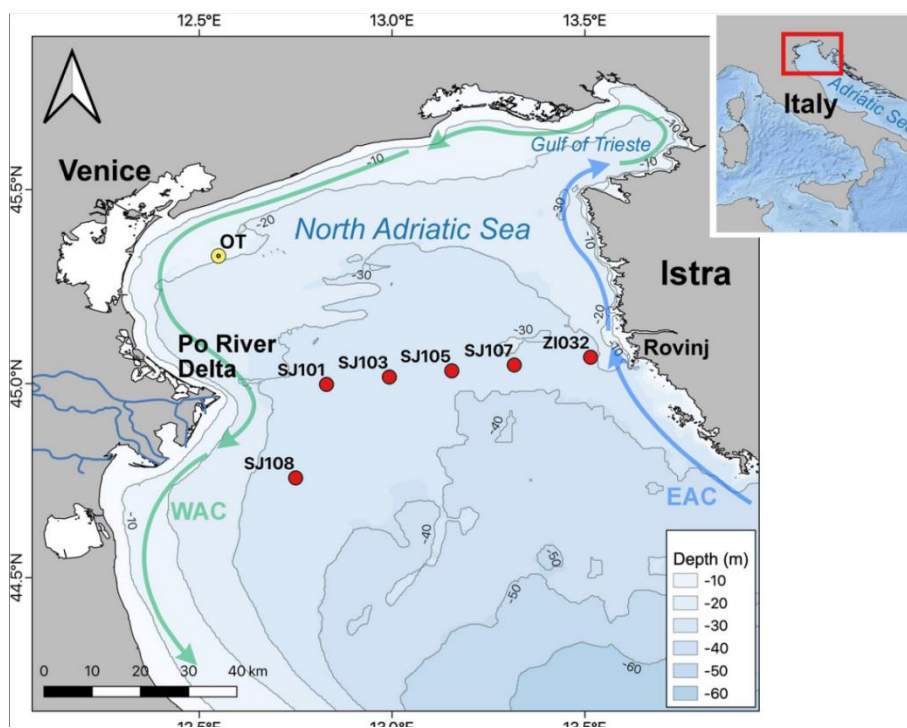


**Slika 3.** Mjesta uzorkovanja na kojima se analiza provodila<sup>[15]</sup>

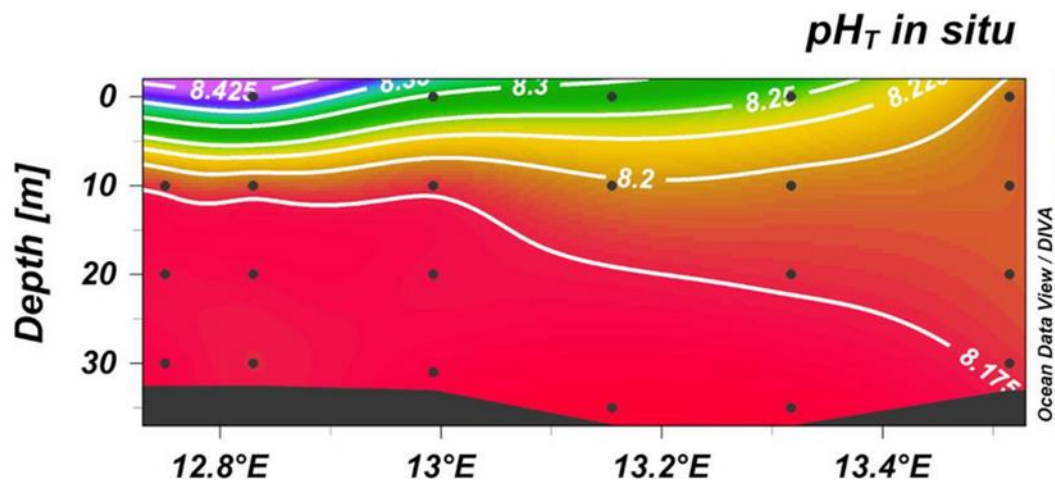
**Tablica 1.** pH vrijednosti Sjevernog Jadrana iz 2012.<sup>[15]</sup>

Postaja	pH	Standardna devijacija
Venecija	8,42	0,23
Trst	8,56	0,24
Sjeverni Jadran (Venecija, Trst)	8,48	0,24

Analize pH vrijednosti sjevernog bazena iz 2015 .godine



Slika 4. Mjesta uzorkovanja na kojima se analiza provodila [13]



Slika 5. Prilaz promjene pH vrijednosti po mjestima uzorkovanja [13]

**Tablica 2.** pH vrijednosti Sjevernog Jadrana iz 2015. <sup>[13]</sup>

Postaja	pH
SJ108	8,43
SJ101	8,38
SJ103	8,20
SJ105	8,25
SJ107	8,23
ZI032	8,18
Srednja vrijednost	8,28 ± 0,004

Iz prikazanih podataka je vidljivo da se u vremenskom razmaku od tri godine pH vrijednost mora sjevernog akvatorija smanjila za čak cca. 0,15 pH jedinica, te to daje naslutiti da je na današnji dan ta vrijednost čak i manja.

Tijekom godina, pri usporedbi pH vrijednosti sjevernog, srednjeg i južnog Jadrana uočeno je da je trend zakiseljavanja najizraženiji na sjevernom dijelu. A razlozi su kako je i prije navedeno ubrzani razvoj industrije i utjecaj pritoka rijeke Po.

Spuštanjem prema području Dubrovnika i okolice taj trend je manje izražen ali u usporedbi s pH vrijednosti tog područja u 90-tim godina bilježi se porast kiselosti.

Koliko razvoj pomorskog prometa i industrije ima utjecaj na pH može se uočiti na pojedinim postajama srednjeg Jadrana. Primjerice u luci Kaštelanskog zaljeva gdje se nalazi tvornica cementa i teretna luka, pH je povišeniji nego li na mjestu uzorkovanja mora koja se nalazi između Brača i Hvara. Negativa slika je uočena i za teretnu luku kraj Šibenika.

Južni Jadran, tj. Dubrovnik je u najpovoljnijem položaju jer je on većinom usmjeren na turizam pa je i more u tom djelu manje izloženu negativnom trendu.

### 2.3.2. KLORINITET (Cl)

Klorinitet je definiran kao ukupna količina halida (klorida, bromida i jodida) u jednom kilogramu mora, a da su pri tome jodid i bromid zamijenjeni ekvivalentnom količinom klorida. Klorinitet se danas definira kao masa čistog srebra potrebna da se istalože svi kloridi, bromidi i jodidi pomnožena s 0,37285233. Klorinitet se općenito određuje kako bi se izračunala slanost (salinitet) mora. <sup>[16]</sup>

Određivanje klorida se radi uz pomoć Mohrove metode tj. titracije uzoraka sa standardnom otopinom srebrovog nitrata ( $\text{AgNO}_3$ ) uz kalijev kromat ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) kao indikator. (više o postupku u Eksperimentalnom dijelu)

Problem ove titracije je u tome što srebrov nitrat nije primarni standard. Kako bi ovo izbjegao i omogućio da sva mjerenja saliniteta budu usporediva, predsjednik Međunarodnog povjerenstva za istraživanje mora (ICES, International Council for the Exploration of the Sea), danski fizičar Martin Knudsen definirao je kao standard Normalnu vodu stalnog sastava s točno određenim klorinitetom (oko 19,38 ‰). Ova voda je potom korištena za standardizaciju otopine srebrovog nitrata. Na taj način sva određivanja kloriniteta referirala su se na isti standard što je omogućilo da svi rezultati budu usporedivi. <sup>[17]</sup>

Formula za određivanje saliniteta koji usko veže klorinitet je sljedeća:

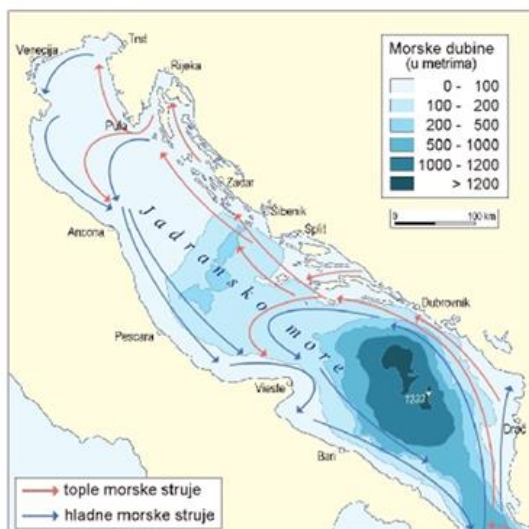
$$S = 0,030 + 1,805 \text{ Cl}$$

ili prema novim pravilima:

$$S (\text{‰}) = 1,80655 \text{ Cl}(\text{‰})$$

#### 2.3.2.1. KLORINITET JADRANSKOG MORA

Klorinitet mora usko je povezan s pojmom saliniteta. Upravo iz tog razloga svi faktori koji utječu na salinitet utječu i na klorinitet. Sa sjeverne strane Jadranskog mora jako veliki utjecaj imaju pritoci rijeke Po. Slika prikazuje još jedan faktor koji utječe na klorinitet a to je dubina mora koja se prema jugu povećava pa skupa s njom raste i klorinitet.



**Slika 6.** Raspored dubina u Jadranskom moru <sup>[18]</sup>

### 2.3.3. TEMPERATURA I SALINITET MORA

Temperatura i salinitet važna su svojstva morske vode jer djeluju na biotičke (životna sredina mora) i abiotičke (gustoća, morske struje) faktore i naposljetku na biljni i životinjski svijet mora.

#### a) Temperatura

Temperatura je termička veličina stanja koja označava mjeru srednje kinetičke energije molekula. <sup>[19]</sup> U SI sustavu se izražava u kelvinima (K) a može biti izražena u °C. Ona je vrlo značajan faktor koji djeluje na fizikalne, kemijske i biološke osobine mora.

Jadran je umjereno toplo more u čijim najvećim dubinama temperatura ne pada ispod 10 do 12°C. Zadnjih nekoliko desetljeća morsko područje Mediterana pa tako i Jadrana se zagrijava. Povećanje utjecaja globalnog zatopljenja za posljedicu ima povećanje temperature mora, što utječe na klimatske promjene. Konstantno bilježimo nove temperaturne ekstreme, promatramo otapanje arktičkog leda i rast razine mora. Čak i predviđeni umjereni scenariji donose drastične promjene globalne bioraznolikosti i značajne socioekonomske učinke. <sup>[20,21]</sup> Povećanjem temperature u budućnosti će se sve više povećavati ekstremne pojave kao što su suše, poplave, jake oluje, mijenjat će se evaporacija, precipitacija te smjer i jačina morskih struja i vjetrova. Očekuju nas i negativne promjene u produktivnosti mora.

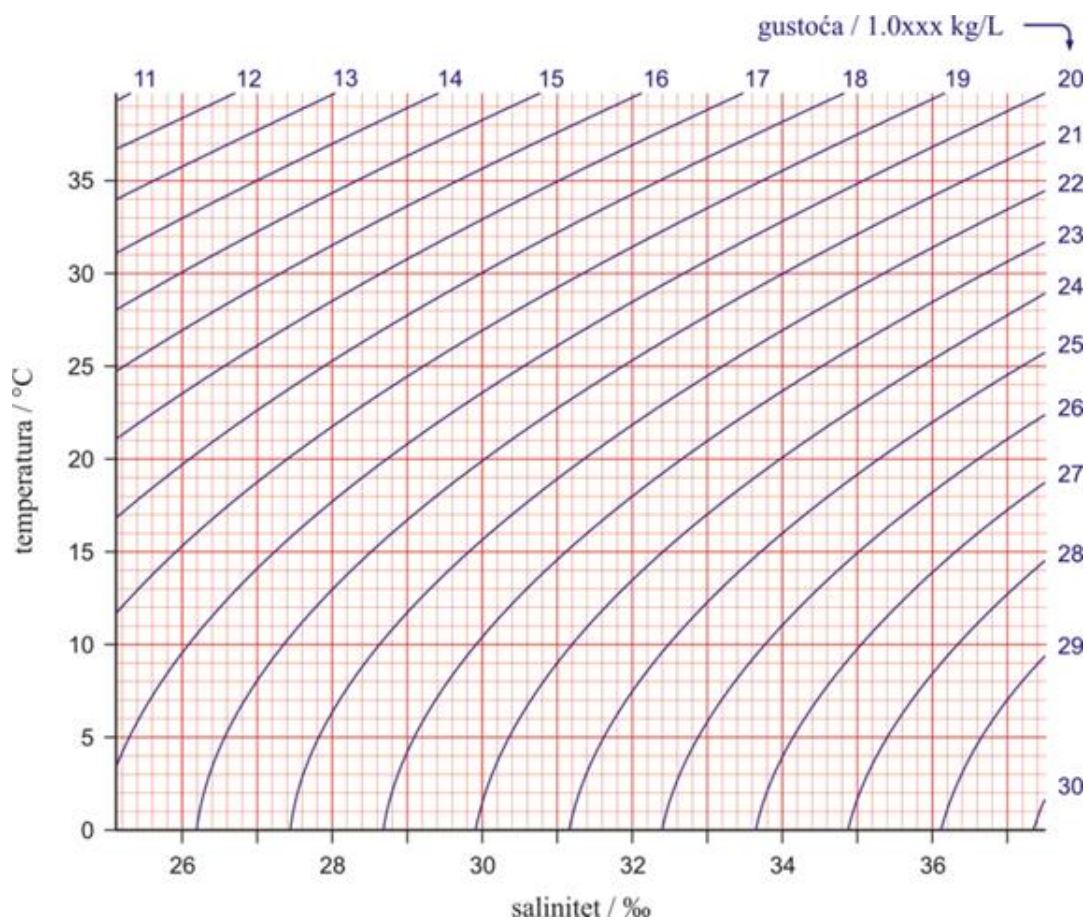
### *b) Salinitet*

Salinitet je količina anorganskih soli izražena u gramima koja je otopljena u 1 kg morske vode. Salinitet se izražava kao dijelovi u tisuću (ppt) ili u promilima (‰).<sup>[22]</sup> Predstavlja proces u kojem se svi karbonati pretvore u okside, jodidi i bromidi u kloride te kada se organske tvari u potpunosti oksidiraju.

Dva glavna faktora koja djeluju na salinitet mora su: isparavanje (evaporacija) koje povećava slanost mora te razrjeđenje pomoću voda (oborine, slatke komponente vode, led) koje smanjuju slanost. Jadransko more ima prosječni salinitet od 38,30‰ što je nešto niže od saliniteta vode istočnog Mediterana (39‰) a više od saliniteta voda zapadnog Mediterana (37‰). Iako se čini da je razlika od približno 2 ‰ zanemariva ona je dovoljna da uzrokuje razliku u gustoći a time ima i veliki utjecaj na živi svijet.

Jadran spada u područje Mediterana u kojem je razlika između ukupne količine primjene slatke vode i vode koja je izgubljena isparavanjem pozitivna vrijednost. Prema tome, glavni faktor povećanja saliniteta jadranske vode, pored isparavanja, jest ulaženje mediteranske vode kroz Otrantska vrata u Jadran; glavni faktor sniženja saliniteta je nadolaženje vode s kopna i oborina (pretežno donosi rijeka i velike količine oborine u sjevernom Jadranu). Zato se u Jadranu pojavljuju dva godišnja minimuma saliniteta, i to u svibnju i prosincu, i dva maksimuma, i to u rujnu i veljači.<sup>[23]</sup>

Upravo iz toga razloga postoji i raspodjela saliniteta u Jadranskom moru: u južnom dijelu je viši salinitet nego u sjevernom dijelu i to zbog velikog utjecaja Mediterana. Salinitet je osobito važan parametar jer utječe na pojedina fizikalno-kemijska svojstva morske vode. Povećanje saliniteta uzrokuje sniženje toplinskog kapaciteta, temperature ledišta, povećanje viskoznosti, smanjuje toplinsku, i jako povećava električnu vodljivost, povećava indeks refrakcije i površinsku napetost vode.



**Slika 7.** TS dijagram koji prikazuje odnos temperature (t), saliniteta (S) i gustoće (sa ot linije se mogu očitati zadnje tri znamenke gustoće). [24]



### **2.3.3.1. TEMPERATURA I SALINITET JADRANSKOG MORA**

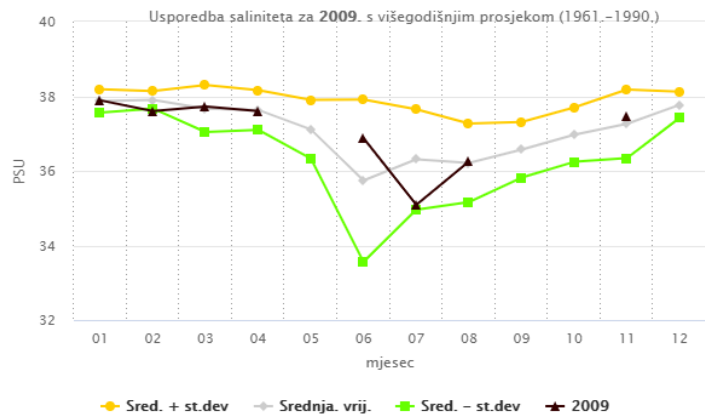
Promjene temperature i saliniteta ukazuju na djelovanje klimatskih promjena i skokova koje mijenjanjem preduvjeta za stvaranje vodenih masa značajnih za Jadran, mijenjaju cirkulaciju u moru, i lokalne termohaline osobine. Salinitet raste idući od sjevera (salinitet 33-37) prema jugu Jadranskog mora (salinitet 38-39).<sup>[25]</sup> Analize opisane u ovom odlomku odnose se na usporedbu promjena temperature i saliniteta u vremenskom razdoblju od 2009. do 2019. godine.

#### **2009. godina**

2009. godina je klimatski gledano bila izrazito topla godina. Detaljnom analizom srednjih mjesečnih vrijednosti temperature zraka nad središnjom Europom zapažena je anomalija temperature zraka i oborina koje su doprinijele neobičnim situacijama na površinskom sloju mora te utjecaju na termohaline osobine vodenog stupca u obalnim i vodama otvorenog mora srednjeg Jadrana.

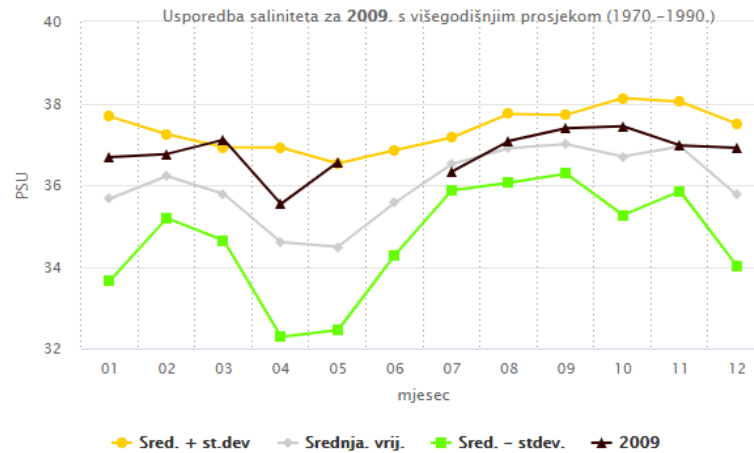
Procesi kruženja morskih struja (termohaline) priobalnih voda sjevernog Jadrana su tijekom 2009. godine bile prosječne uz iznimku Istarske obale gdje je zabilježeno značajno povećanje temperature (i do 3°C od višegodišnjeg prosjeka 1961.-1990.) tijekom većeg dijela ljeta. Tijekom tog razdoblja također je zapaženo sniženje saliniteta (do 2) i to zbog značajnog dotoka rijeke Po u prvom dijelu godine. Tijekom drugog dijela godine nije bilo značajnog odstupanja. Područje srednjeg Jadrana je bilo pod sličnim utjecajem. Područje Vira tj. južnog Jadrana zabilježilo je porast temperature u svibnju praćen značajnim smanjenjem saliniteta. Stabilni meteorološki uvjeti podigli su površinske temperature ljetnog razdoblja do 25°C na postajama otvorenog mora, a nešto manje uz obalu. U pridnenom sloju temperatura je tijekom godine u području otoka Visa i Hvara bila niža dok je salinitet bio unutar uobičajenih vrijednosti.<sup>[25]</sup>



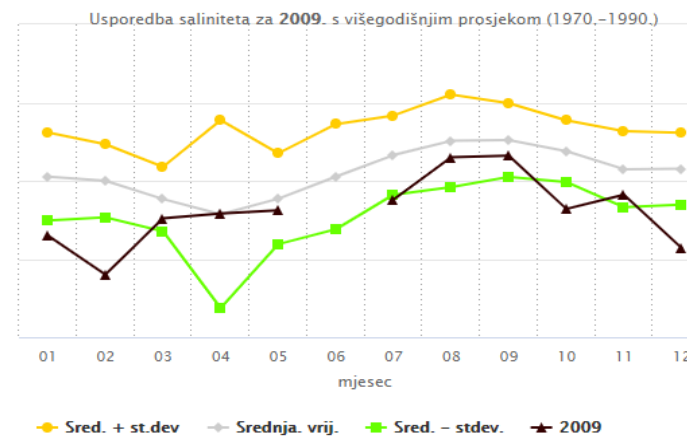


**Slika 8.** Godišnji hod saliniteta u površinskom sloju postaje OC18 ( Rovinj) <sup>[25]</sup>

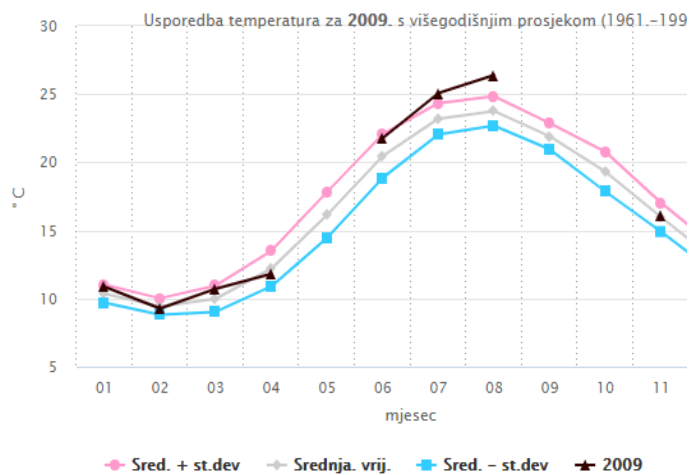
Godišnji hod saliniteta u pridnom sloju postaje OC18 ( Rovinj) nije napravljen.



**Slika 9.** Godišnji hod saliniteta u površinskom sloju postaje OC06 (Kaštelanski zaljev) <sup>[25]</sup>

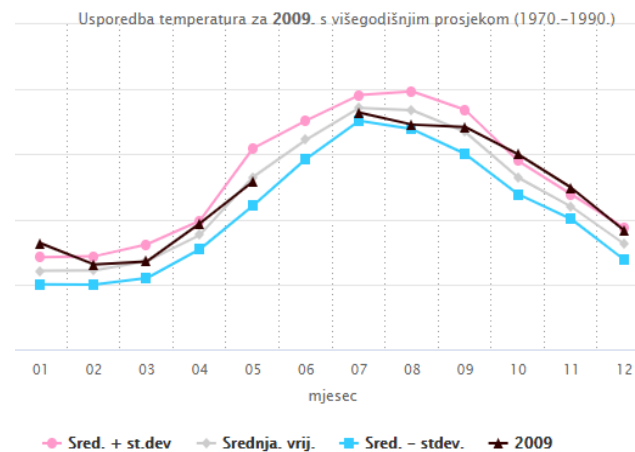


**Slika 10.** Godišnji hod saliniteta u pridnom sloju postaje OC06 (Kaštelanski zaljev) <sup>[25]</sup>

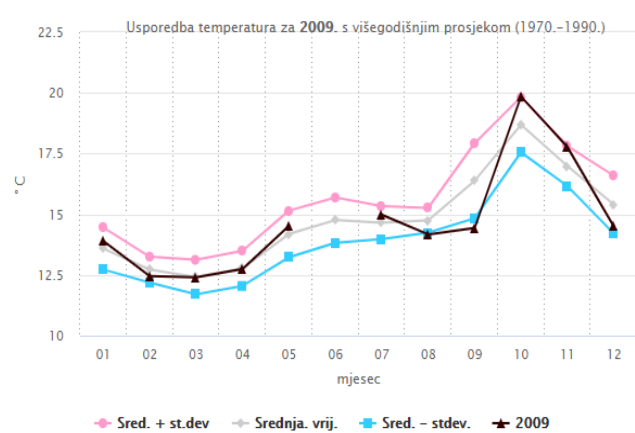


**Slika 11.** Godišnji hod temperature u površinskom sloju postaje OC18 ( Rovinj) [25]

Godišnji hod temperature u pridnenom sloju postaje OC18( Rovinj) nije napravljen.



**Slika 12.** Godišnji hod temperature u površinskom sloju postaje OC06 (Kaštelanski zaljev) [25]





**Slika 13.** Godišnji hod temperature u pridnenom sloju postaje OC06 (Kaštelanski zaljev) [25]

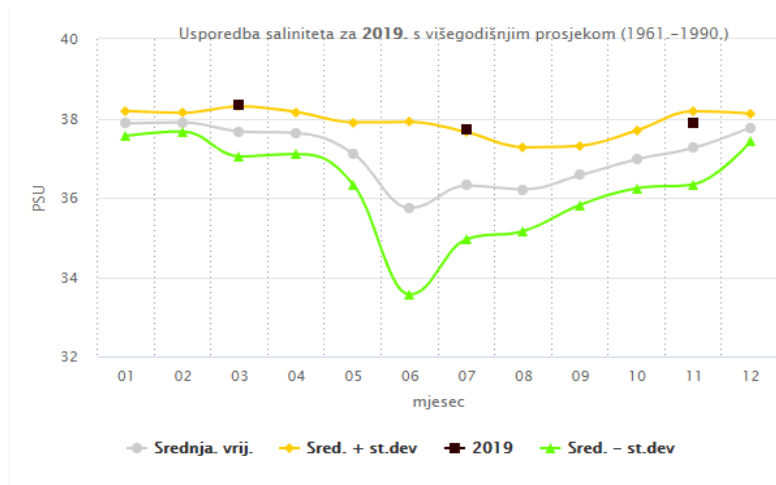
## 2019.

2019. godina bilježi daljnji pozitivni trend srednje godišnje temperature zraka koji je usko povezan s trendom globalnog zatopljenja. Površinski sloj mora srednjeg Jadrana tijekom cijele godine je zabilježio nastavak zagrijavanja koji je svoj vrhunac doživio tijekom toplog dijela godine. U postajama južnog Jadrana od lipnja te godine uočen je iznadprosječan sadržaj topline. Jedina postaja južnog bazena koja nije pokazala veliko odstupanje od višegodišnjih vrijednosti je Kaštelanski zaljev.

Paralelno s porastom temperature i salinitet površinskog sloja bio je povećan uz očuvan sezonski hod. U pridnenom sloju temperatura nije znatnije odstupala od gornje granice višegodišnje varijabilnosti, dok je salinitet bio iznadprosječan na svim analiziranim postajama. U sjevernom Jadranu obavljeno je (zbog objektivnih okolnosti) tek nekoliko mjerenja, ali su ona obuhvatila tri godišnja doba, zimu (ožujak), ljeto (srpanj) i jesen (studeni). Površinski salinitet i temperatura bili su u sva tri slučaja oko prosjeka za određeni mjesec uvećanog za iznos jedne standardne devijacije. <sup>[25]</sup>

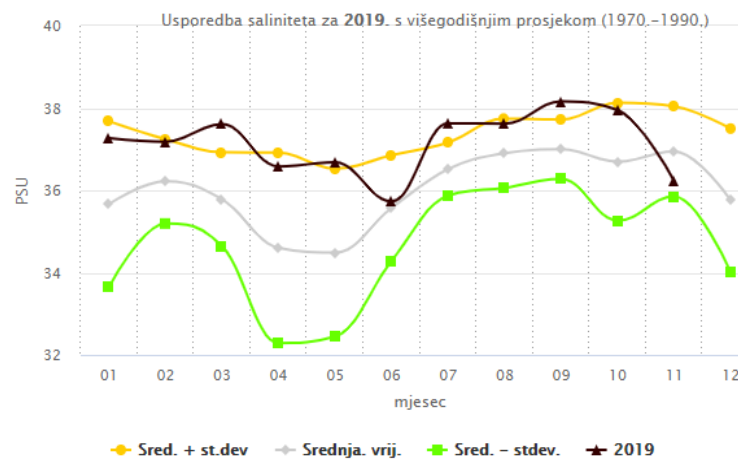
**Tablica 3.** Trend i ekološki status mora <sup>[25]</sup>

<b>TREND</b>		I dalje je prisutan pozitivan trend površinske temperature mora.
<b>EKOLOŠKI STATUS</b>		Iskaz ekološkog statusa nije prikladan za ovaj pokazatelj.



**Slika 14.** Godišnji hod saliniteta u površinskom sloju postaje OC18 ( Rovinj) <sup>[25]</sup>

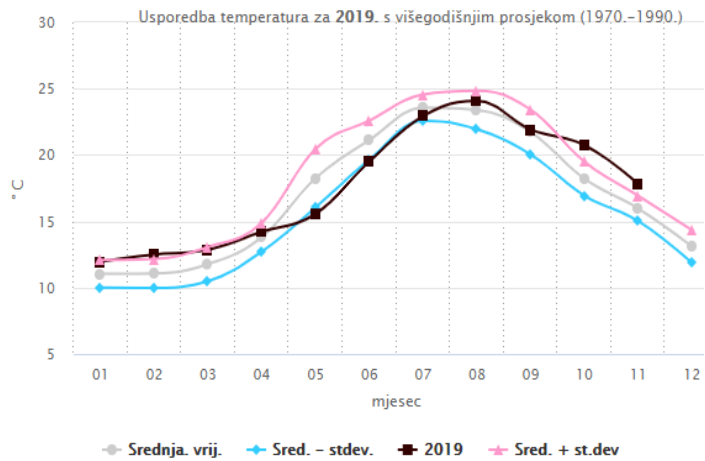
Godišnji hod saliniteta u pridenom sloju postaje OC18 ( Rovinj) nije napravljen.



**Slika 15.** Godišnji hod saliniteta u površinskom sloju postaje OC06 (Kaštelanski zaljev) <sup>[25]</sup>

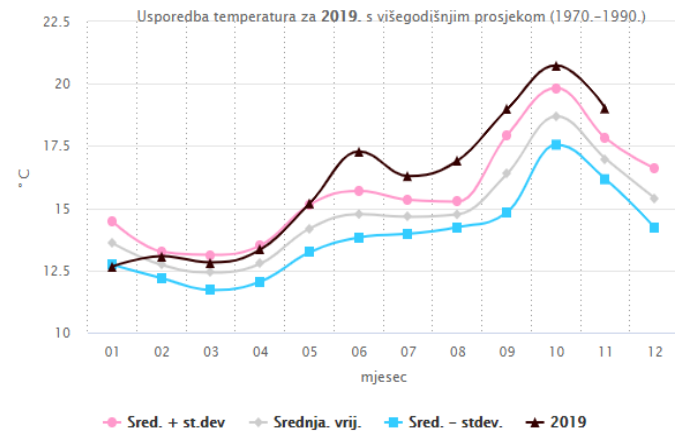


**Slika 16.** Godišnji hod saliniteta u pridenom sloju postaje OC06 (Kaštelanski zaljev) <sup>[25]</sup>

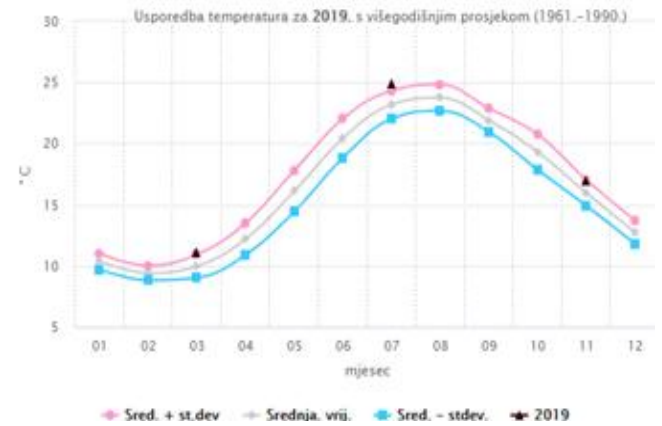


**Slika 17.** Godišnji hod temperature u površinskom sloju postaje OC18 (Rovinj) <sup>[25]</sup>

Godišnji hod temperature u pridenom sloju postaje OC18 (Rovinj) nije napravljen.



**Slika 18.** Godišnji hod temperature u površinskom sloju postaje OC06 (Kaštelanski zaljev) <sup>[25]</sup>



**Slika 19.** Godišnji hod temperature u pridenom sloju postaje OC06 (Kaštelanski zaljev) <sup>[25]</sup>

#### 2.3.4. SADRŽAJ OTOPLJENOG KISIKA

Kisik je jedan od najrasprostranjenijih i najvažnijih kemijskih elementa na svijetu. Dva glavna procesa uz pomoć kojih dolazi u more su: difuzija iz zraka i fotosinteza vodenih algi i viših biljaka. Procesi su najizraženiji na površinskim slojevima koji su i najbogatiji kisikom. Pokazatelj je intenziteta biokemijskih procesa u prirodnim vodama te je nužan uvjet za disanje, hranjenje, razvitak, probavu, reprodukciju riba i njihovo zdravstveno stanje. Sadržaj otopljenog kisika, uz temperaturu i salinitet, najčešće je određivani kemijski pokazatelj mora i vodenih masa.

Topljivost kisika u morskoj vodi ovisi o tlaku, temperaturi, i salinitetu pa se, uključujući ovisnosti o tim parametrima, može izraziti kao udio zasićenja ( $\rho$ ), a ravnotežnom stanju topljivosti odgovara vrijednost od  $\rho = 1,00$ . Kako se u morskoj sredini odvijaju kemijski i biološki procesi koji narušavaju ravnotežno stanje, uobičajena je pojava prezasićenja ( $>1,00$ ) ili smanjenog zasićenja ( $<1,00$ ).<sup>[25]</sup> Koncentracija kisika se smanjuje s povećanjem temperature te je taj trend u konstantnom porastu zbog pojačanog utjecaja klimatskih promjena i onečišćenja. U usporedbi sa šezdesetim godinama prošlog stoljeća nedostatak kisika zabilježen je na 45 oceanskih lokacija, a danas je isti problem uočen na čak 700 mjesta.<sup>[26]</sup> Ovakav nedostatak kisika jako je štetan za sve riblje vrste koje ovise o kisiku a pogotovo na vrste kao što su: morski pas, tuna i jedna vrsta sabljarki. Ovome doprinosi i čovjek razvojem industrije i ispuštanjem štetnih kemikalija u more koji stvaraju CO<sub>2</sub> (zakiseljavanje mora) koji istiskuje kisik. Zbog ovakvih promjena predviđanja su da će se do 2100. godine koncentracija kisika u svjetskim oceanima smanjiti za tri do četiri posto što je iznimno loše a neke od izjava znanstvenika su sljedeće:

*'I ranije nam je fenomen smanjenja količine kisika u morima i oceanima bio upoznat, no sada to prvi put povezujemo s klimatskim promjenama',*

*Minna Apes*

*'Ovo je možda krajnji poziv na buđenje iz nekontroliranog ljudskog eksperimenta jer se emisija ugljika nastavlja povećavati',*

*Dan Laffoley*

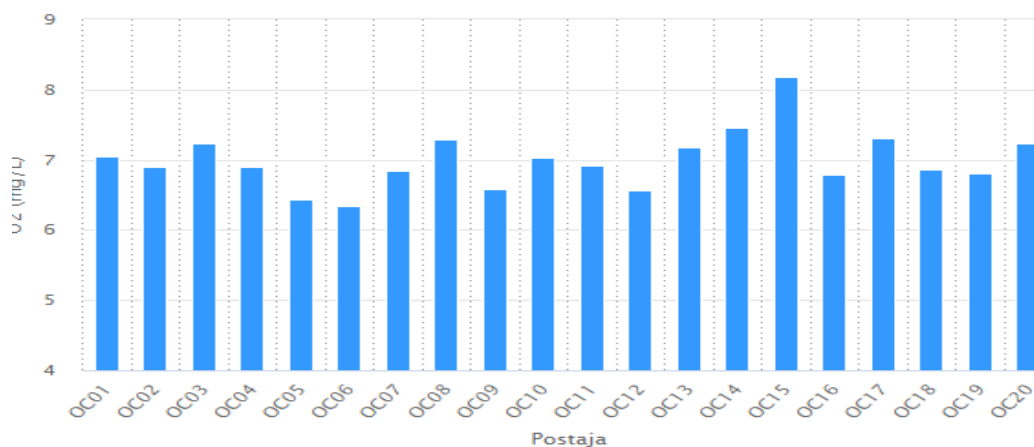
#### **2.3.4.1. SADRŽAJ OTOPLJENOG KISIKA U JADRANSKOM MORU**

Već spomenute klimatske promjene jako utječu na podizanje temperature atmosfere ali i mora. Posljedice toga mogle bi biti takve da nastanu procesi kojima bi se razina kisika spustila ispod razine nužne za život prirodnih stanovnika dubljih dijelova Jadrana. Jedna od tih posljedica je već i danas uočena a to je da se trpovi koji obitavaju na dnu sjevernih hrvatskih voda penju po užadi u površinske slojeve u potrazi za kisikom. Analize opisane u ovom odlomku odnose se na usporedbu promjene sadržaja i udjela kisika u vremenskom razdoblju od 2009. do 2019. godine. Provedene analize se odnose na pridneni sloj gdje je negativni učinak izraženiji.

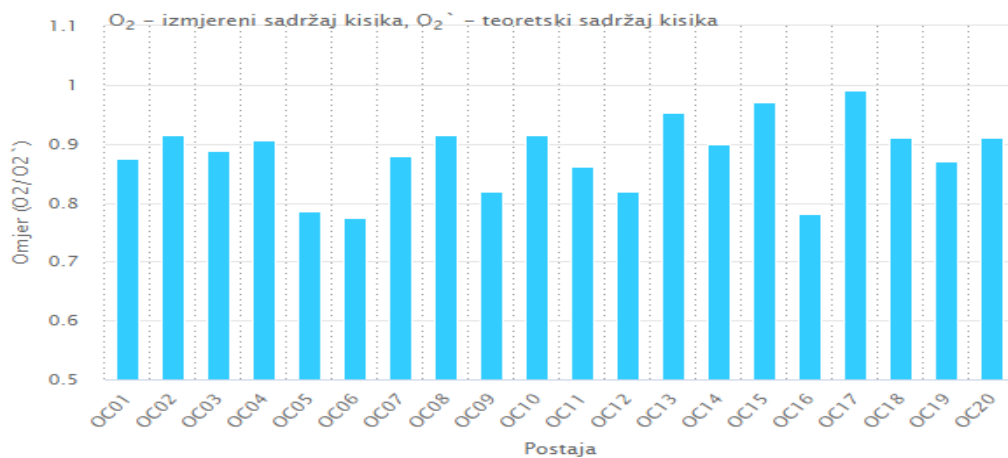
#### **2009.**

Rezultati ispitivanja koncentracija otopljenog kisika u pridnenom sloju na 20 postaja u području prijelaznih i priobalnih voda Republike Hrvatske tijekom 2009. godine su pokazali da su minimalne koncentracije bile u rasponu od 6,33 mg/L (OCO6, postaja Kaštelanski zaljev (centralna)) do 8,18 mg/L (OC15, postaja u Bakarskom zaljevu). Minimalni udjeli zasićenja kisikom (zasićenost kisika pri određenoj temperaturi koja nam pokazuje postotak otopljenog kisika u vodi u odnosu na normalnu topljivost) na postajama su bili u rasponu od  $\rho = 0,78$  (OC06 u Kaštelanskom zaljevu) do 0,99 (OC17 u području Kvarnera).<sup>[25]</sup>

Iz navedenih rezultata minimalnih koncentracija u pridnenom sloju i udjela zasićenja kisikom može se reći da je stanje vodenog stupca svih 20 postaja tijekom 2009. godine prihvatljivo i ocijenjeno ocjenom vrlo dobar jer nisu zabilježene niske vrijednosti do razine kritičnosti koje bi imale negativan utjecaj na život flore i faune u moru.



**Slika 20.** Minimalni otopljeni kisik za 2009. [25]



**Slika 21.** Minimalni udio zasićenja kisikom za 2009. [25]

Popis postaja:

OC01- Dubrovnik	OC11- Zadar(Gaženica)
OC02- Bistrina	OC12- Zadar
OC03- Ploče(luka)	OC13- Petrčane
OC04- Cetina	OC14- Crkvenica
OC05- Splitska vrata	OC15- Bakarski zaljev
OC06- Kaštelanski zaljev(centar)	OC16- Riječki zaljev
OC07- Vranjic	OC17- Kvarner
OC08- Primošten	OC18- Rovinj
OC09- Šibenik(zaljev)	OC19- 5Nm od Rovinja
OC10- Šibenik(kanal sv.Ante)	OC20- 5Nm od Umaga



Koncentracije otopljenog kisika u pridnenom sloju prijelaznih, priobalnih i morskih voda Republike Hrvatske tijekom 2019. godine bile su u rasponu od 5,26 mg/L (postaja OC09 u području šibenske luke) do 7,12 mg/L (postaja OC07, istočni dio Kaštelanskog zaljeva - vranjički bazen). Dobivene vrijednosti su u užem rasponu u odnosu na rezultate iz 2018. godine (5,32 – 7,38 mg/L). Iz prikaza udjela zasićenja kisikom ( $\rho = O_2 \text{ teoretski} / O_2 \text{ ustanovljeni}$ ) uočava se raspon od 0,65 do 0,97 s najnižom vrijednosti na postaji OC16, u području Riječkog zaljeva i najvišom vrijednosti zasićenja kisikom na postaji OC07, u istočnom dijelu Kaštelanskog zaljeva - vranjički bazen. Ovaj raspon zasićenja je uži od raspona zasićenosti kisikom pridnenog sloja određenom tijekom 2018. godine ( $\rho = 0,69 \text{ do } 1,05$ ).<sup>[25]</sup>

Iz navedenih rezultata minimalnih koncentracija u pridnenom sloju i udjela zasićenja kisikom može se reći da je stanje vodenog stupca svih 20 postaja tijekom 2009. godine prihvatljivo i ocijenjeno ocjenom vrlo dobar jer nisu zabilježene niske vrijednosti do razine kritičnosti koje bi imale negativan utjecaj na život flore i faune u moru.



Naime da bi se kisik što lakše mogao odrediti, napravljena je usporedba koncentracija kisika u pridnenom sloju svih postaja u 2019. godini sa srednjim vrijednostima i standardnim devijacijama u razdoblju od 1998. do 2018.

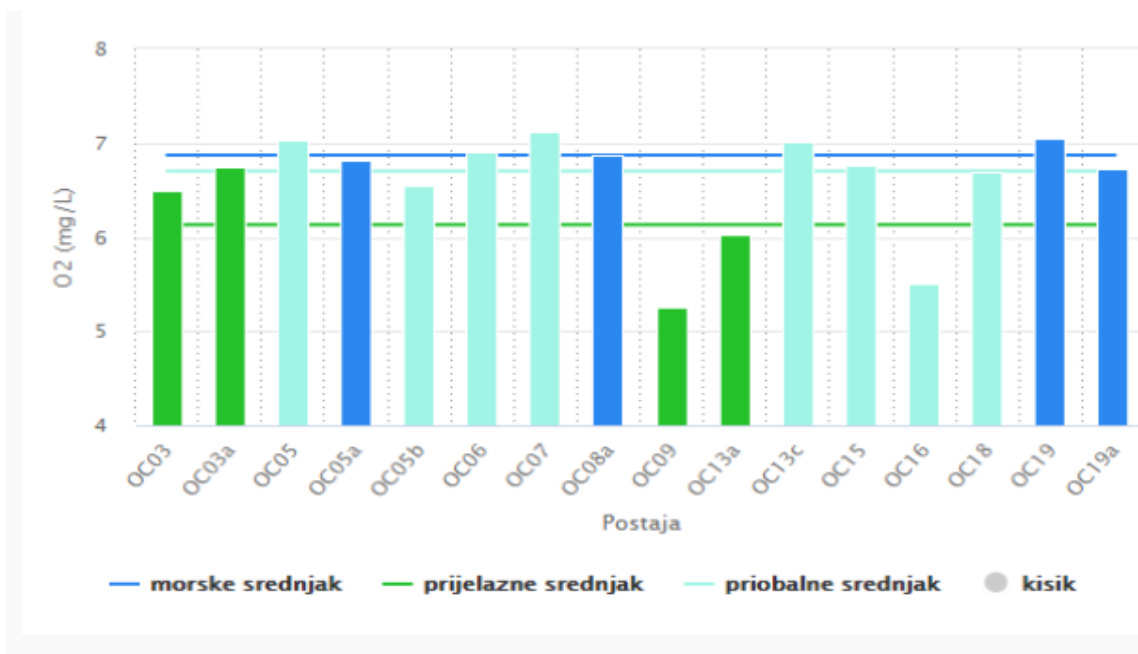
**Tablica 4.** Usporedbe koncentracija otopljenog kisika u pridnenom sloju tijekom 2019. godine s koncentracijama ( $SV \pm STD$ ) na istraživanim postajama za razdoblje od 1998. do 2018. godine.<sup>[25]</sup>

Evidentirana promjena	Postaja
Nema značajnije promjene	
- Koncentracije jednake	-
- Koncentracije unutar $SV+1SD$	OC06
- Koncentracije unutar $SV-1SD$	OC15, OC16
Pozitivna promjena (koncentracije više od $SV+1SD$ )	OC07, OC18, OC19
Negativna promjena (koncentracije niže od $SV-1SD$ )	OC03, OC09

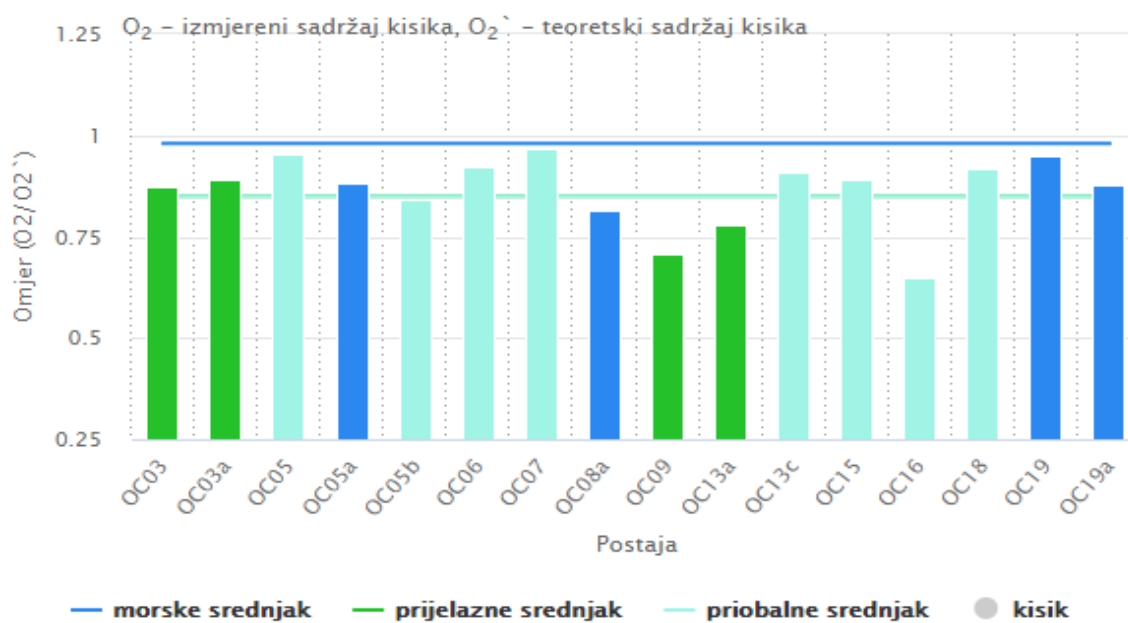
Iz tablice 4 primjetno je da na tri postaje u 2019. nisu vidljive značajne promjene u koncentracijama otopljenog kisika u pridnenom sloju u razdoblju od 1998. do 2018. godine. Pozitivne promjene (koncentracije više od SV-1SD) zabilježene su na postaji OC16 (Riječki zaljev) a negativne (koncentracije niže od SV-1SD) na postaji OC07 (Vranjic), OC18 (Rovinj) i OC19 (5 Nm od Rovinja).

**Tablica 5:** Trend i ekološki status mora <sup>[25]</sup>

<b>TREND</b>		Na većini istraživanih postaja izražen je pozitivan trend ili nije bilo značajnije promjene u koncentracijama kisika i zasićenosti kisikom u pridnenom sloju u odnosu na ranija razdoblja
<b>EKOLOŠKI STATUS</b>		Kritično niska koncentracija kisika za bentoske organizme nije određena ni na jednoj postaji, pa se ekološko stanje vezano za ovaj parametar na čitavom istraženom području u 2019. godini može ocijeniti kao zadovoljavajuće – dobro



Slika 22. Minimalni otopljeni kisik za 2019. [25]



Slika 23. Minimalni udio zasićenja kisikom za 2019. [25]

### 2.3.5. KALCIJ I MAGNEZIJ

Kalcij i Magnezij predstavljaju jako bitne elemente koji se nalaze u moru. U jednoj litri morske vode ima oko 1,3 g  $Mg^{2+}$  i 0,4 g  $Ca^{2+}$  iona.

#### a) Kalcij

Kalcij se u morskoj vodi pojavljuje u približnoj količini od 400 ppm-a a razlog tome je njegova prirodna pojava u zemljinoj kori. Predstavlja sastavni dio koralja. U vodenoj otopini kalcij je uglavnom prisutan kao  $Ca^{2+}$  (aq), ali se može pojaviti i kao  $CaOH^+$  (aq) ili  $Ca(OH)_2$  (aq) ili kao  $CaSO_4$  u morskoj vodi. Kalcij je važna odrednica vodenog pojasa, a također djeluje i kao stabilizator pH vrijednosti zbog svojih puferskih svojstava. [27]

Važnost kalcija u moru je višestruka i to zbog činjenice da je sastavni dio oklopa životinjica, sastavnica je za određivanje tvrdoće vode zajedno sa magnezijem te na samom kraju veliku ulogu ima i za zdravlje ljudi jer ljudsko tijelo sadrži čak 1,2 kg kalcija. Također velika važnost pridaje se procesu kalcifikacije i fotosinteze.

Povezanost kalcifikacije i fotosinteze u koraljima istražena je pomoću standardne morske vode s pojačanom koncentracijom kalcija. U standardnoj morskoj vodi na 23°C s koncentracijom kalcija povećanom za 2,5 mmol/L, ugradnja kalcija u kostur povećana je za 30-61%, ovisno o metodi normalizacije podataka i fotosintezi, izmjerenoj kao ugradnja  $^{14}C$  u tkiva, koje je porasla za 87%. Na 29 °C, ugradnja kalcija u kostur povećala se za 54-84%, a ugradnja  $^{14}C$  povećala se za 32% kada se koncentracija kalcija u morskoj vodi povećala za 5 mmol/l. [28]

#### b) Magnezij

Magnezij je u morskoj vodi prisutan u količini od oko 1300 ppm-a. Kao i kalcij odgovoran je za tvrdoću vode. Magnezij je uglavnom prisutan kao  $Mg^{2+}$  (aq) u vodenim otopinama, ali i kao  $MgOH^+$  (aq) i  $Mg(OH)_2$  (aq). U morskoj vodi može se naći i kao  $MgSO_4$ . [22] U moru se na prirodan način pojavljuje ispiranjem stijena ali je i sastavni dio mnogih minerala (dolomiti i magneziti). Drugi način dospijevanja u more je putem kemijske industrije, primjene gnojiva i stočne hrane. Jako je važan prehrambeni mineral i u ljudskom tijelu prisutan je u količini od 25g.

### 2.3.6. OSTALI VAŽNI PARAMETRI

Od ostalih važnijih parametara velika pažnja se usmjerava na praćenje promjene razine mora, ispuštanje otpada, onečišćenja koja nastaju iz pomorskog prometa, praćenje kakvoće mora za kupanje, teški metali i drugi.

Promjena razine mora je pod velikim klimatološkim utjecajem i u provedenim desetogodišnjim analizama zabilježena je negativna promjena jer su rezultati iznad višegodišnjeg prosjeka i taj trend je u konstantnom porastu. Veliki problem predstavlja ispuštanje otpada koji se poglavito odnosi na ostavljanje otpada na plažama i obalnim područjima (najviše su zastupljeni polimerni materijali 60,13 – 94,20%, zatim staklo/keramika 4,78%, metal 2,79%, obrađeno drvo 1,17%, papir/karton 1,16%, tekstil 1,03%, guma 0,79%, te neodređeno 0,29%). Parametar koji je pod budnim okom znanstvenika je i onečišćenje koje nastaje iz pomorskog prometa koji je od 2012. godine kada su istraživanja započela u pozitivnom trendu jer je primjerice 2019. godine volumen ispuštenog balasta smanjen za čak 45 % u odnosu na mjerenja provedena od 2006. -2009. godine. Kakvoća mora za kupanje je u pravilu zadovoljavajuća uz jako mali, zanemariv broj lokacija koji kroz godine pokazuju odstupanja.

Pod određenim uvjetima okoliša, teški metali mogu se akumulirati do toksične koncentracije i uzrokovati ekološku štetu. Metali poput kroma, željeza, bakra, cinka i mangana su najbitniji metali jer igraju važnu ulogu u biološkim sustavima, dok su živa, olovo i kadmij nebitni metali zbog toga što su toksični, čak i u tragovima. <sup>[29]</sup>

**Tablica 6.** Pojedine grane industrije koje emitiraju teške metale <sup>[30]</sup>

Industrijska grana	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Sn
Industrija papira	-	+	+	+	+	+	-
Petrokemija	+	+	-	+	+	-	+
Proizvodnja klor	+	+	-	+	+	-	+
Industrija gnojiva	+	+	+	+	+	+	-
Željezare i čeličane	+	+	+	+	+	+	+

### **3 . EKSPERIMENTALNI DIO**

### 3.1. METODIKA

Tijekom eksperimentalnog rada korištene su sljedeće kemikalije:

**Tablica 7.** Popis kemikalija korištenih u eksperimentalnom dijelu ovog rada

KEMIKALIJA	MOLEKULSKA FORMULA	DOBAVLJAČ
Natrij klorid	NaCl	Kemika d.d., Zagreb
Kalij kromat	K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	Kemika d.d., Zagreb
Srebrov nitrat	AgNO <sub>3</sub>	Kemika d.d., Zagreb
Manganov klorid	MnCl <sub>2</sub>	Kemika d.d., Zagreb
Kalijev jodid	KI	Kemika d.d., Zagreb
Fosforna kiselina	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , konc	T.T.T. d.o.o.
Natrijev tiosulfat	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SAMAGO, Zagreb
Škrob	(C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> ) <sub>n</sub>	Kemika d.d., Zagreb
Natrijev hidroksid	NaOH	GRAM-MOL, Zagreb
Mureksid	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> N <sub>6</sub> O <sub>6</sub>	Carl Roth GmbH
Amonijev klorid	NH <sub>4</sub> Cl	Kemika d.d., Zagreb
Komplekson III	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> N <sub>2</sub> Na <sub>2</sub> O <sub>8</sub> X 2H <sub>2</sub> O	Kemika d.d., Zagreb
Amonijakalni pufer	NH <sub>4</sub> Cl + NH <sub>4</sub> OH	Kemika d.d., Zagreb
Eriokromerno T	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub> N <sub>3</sub> O <sub>7</sub> SNa	Carl Roth GmbH

### 3.2. PRIPRAVA OTOPINA

#### 1) Određivanje klorida i saliniteta

##### **Priprava bezvodnog natrijeva klorida**

Pripravljena je otopina natrijevog klorida, otapanjem 32,9 g NaCl u 1L destilirane vode .

##### **Priprava 5% vodene otopine kalijevog kromata**

Pripravljena je otopina kalijevog kromata, otapanjem 52,6 g  $K_2CrO_4$  u 1L destilirane vode.

##### **Priprava otopine srebrovog nitrata (c= 0,1M)**

Pripravljena je 1 mol/L otopina srebrovog nitrata, vaganjem 17 g  $AgNO_3$  i standardizacijom (određivanje faktora F).

##### **Standardizacija otopine srebrovog nitrata sa bezvodnim natrijevim kloridom**

$AgNO_3$  se standardizira uz pomoć primarnog standarda (0,1 mol/L NaCl) poznatog faktora, a kao pomoćna kemikalija koristi se  $K_2CrO_4$  5 %.

##### **a) Priprava primarnog standarda NaCl**

Prije odvage NaCl je stavljen u čisti porculanski lončić, te žaren u peći 2h na  $500^\circ C$ , a nakon toga lončić je stavljen na hlađenje 1h u eksikatoru te je izvagan na analitičkoj vagi. Točnom odvagom na četiri decimale, NaCl ima  $F=1,000$ . Nakon odvage od 5,8454 g pripremljena je otopina u odmjerne tikvici od 1L.

##### **b) Postupak standardizacije otopine srebrovog nitrata sa bezvodnim natrijevim kloridom**

Bireta je napunjena otopinom  $AgNO_3$  poznate koncentracije. Otpipetirano je 20 mL NaCl poznate koncentracije i faktora u Erlenmeyerovu tikvicu. NaCl je razrijeđen s 20 mL vode i dodano je 3 kapi  $K_2CrO_4$  5 %. Titracija je vršena polaganim dodavanjem otopine  $AgNO_3$  iz birete uz stalno miješanje otopine dok se ne pojavi žuto smeđa boja. Odrađene su tri titracije nakon čega je izračunata srednja vrijednost.



## 2) Određivanje kisika otopljenog u vodi

### Priprava 40 % otopine $\text{MnCl}_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$

Pripravljena je 40 % otopina manganova klorida, otapanjem 54,64 g  $\text{MnCl}_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$  u 50 mL destilirane vode.

### Priprava otopine KI

Pripravljena je otopina kalijeva jodida, otapanjem 75 g KI u 50 mL destilirane vode.

## 3) Određivanje kalcija

### Priprava 10 % otopine NaOH

Za pripravu 10 % otopine NaOH otopljeno je 111,11 g NaOH u 1L destilirane vode.

### Priprava indikatora

Za pripravu indikatora u tarioniku je izmješano 1 g mureksida i 100 g  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

### Priprava 0,01 mol/L primarnog standarda Kompleksona III. tj. EDTA ( $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8 \times 2\text{H}_2\text{O}$ )

Komplekson III stavljen je u čistu i suhu posudu za vaganje, sušen u sušioniku 2h na  $80^\circ\text{C}$  i ohlađen u eksikatoru oko 1h. Nakon hlađenja češće točnom odvagom (3,7225 g/1L vode ili češće korišteno 7,4450 g/2L) Kompleksona III dobiven je  $F=1,004$ .

## 4) Određivanje magnezija

### Priprava Amonijakalnog pufera

Izvagano je 1,0698 g  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , koji je otopljen u maloj količini destilirane vode. Uzorak je kvantitativno prenesen u odmjenu tikvicu volumena 1000 mL, te je ista nadopunjena do oznake. Ovako pripremljena otopina ima koncentraciju 0,02 M. pH otopine je podešavan na ~ 9 dodavanjem kap po kap konc. amonijaka uz kontinuiranu kontrolu pH pomoću pH-metra.

### Priprava indikatora

Pripravljena je smjesa indikatora, miješanjem 1g eriokromcrno T i 100 g  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

### 3.3 POSTUPCI ODREĐIVANJA

#### 3.3.1 .ODREĐIVANJE pH VRIJEDNOSTI

##### **POSTUPAK:**

Prije mjerenja pH vrijednosti, pH-metar je kalibriran (baždaren) s dva pufera: kiseli (pH=4) i lužnati (pH=9). Zatim je uzorak uliven u suhu i čistu čašu pazeći da gornja razina uzorka prekriva vrh elektrode. Prije uranjanja elektrode u uzorak potrebno ju je isprati destiliranom vodom a zatim pažljivo posušiti. Uzorak se stabilizira i na samom kraju očitana je vrijednost. Nakon završetka ispitivanja referentna elektroda se ponovo ispire destiliranom vodom i čuva u referentnom elektrolitu (otopina KCl-a).



**Slika 24.** pH-metar

### 3.3 2. ODREĐIVANJE KLORIDA I SALINITETA

#### POSTUPAK:

Bireta je napunjena otopinom  $\text{AgNO}_3$  poznate koncentracije i faktora. Otpipetirano je 20 mL  $\text{NaCl}$  u odmjernu tikvicu od 100 mL. Nakon toga otopina je razrijeđena destiliranom vodom do oznake. Otpipetirano je 20 mL uzorka i preneseno u Erlenmeyerovu tikvicu. Dodano je nekoliko kapi  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  5% i otopina je razrijeđena s oko 20 mL destilirane vode. Titracija je vršena s  $\text{AgNO}_3$  do stalne žuto smeđe boje. Izvode se tri titracije i uzima se srednja vrijednost.



**Slika 25.** Početak titracije



**Slika 26.** Kraj titracije

Salinitet je zatim određen uz pomoć masa dobivenih klorida, izračunatih prema odgovarajućoj formuli.

### 3.3.3. ODREĐIVANJE KISIKA OTOPLJENOG U VODI

- a) Uz pomoć uređaja „LabQuest 2”
- b) Winkler-ov postupak

#### a) Uređaj „LabQuest 2”

#### POSTUPAK :

Prije mjerenja uređaj je potrebno kalibrirati prema postupku opisanom u Priručniku za korištenje uređaja. Nakon kalibracije potrebno je elektrodu za određivanje otopljenog kisika uroniti u uzorak i pričekati određeno vrijeme da se ona stabilizira te je nakon stabilizacije očitana vrijednost.



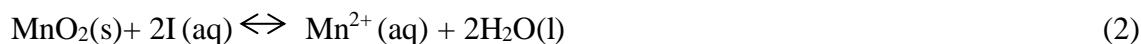
Slika 27. Uređaj „LabQuest 2”

## b) Winkler-ov postupak

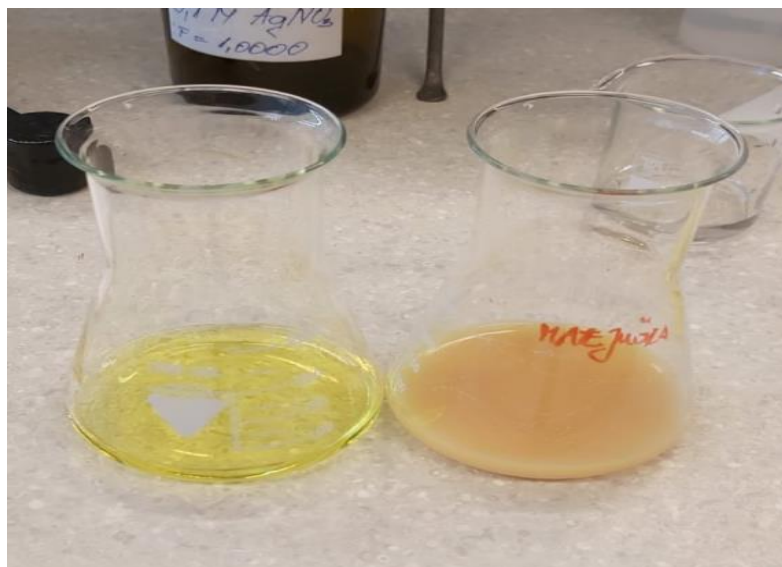
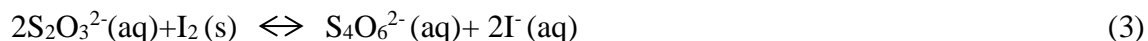
### POSTUPAK :

Winkler-ova boca (boca poznatog volumena) napunjena je s uzorkom. Dodano je 2 mL  $\text{MnCl}_2$  i 2 mL KI. Dodavanje je napravljeno tako da je vrh pipete s kemikalijom uronjen do dna boce s tim da je višak vode prelijevan iz boce. Nakon dodavanja otopina, boca je neko vrijeme ostavljena na tamnom mjestu da se talog slegne. Poslije je talog tretiran s 5 ml kiseline. Sadržaj je zatim prebačen u Erlenmeyerovu tikvicu, a jod koji se izlučio, titriran je s otopinom  $\text{NaS}_2\text{O}_3$ . Pri samom kraju titracije, kada se počne gubiti žuta boja otopine, dodana je otopina škroba i titracija je nastavljena sve do gubitka plave boje.

Reakcije do kojih dolazi dodatkom reagensa su sljedeće:



Titracija nastalog joda s tiosulfatom odvija se prema sljedećoj reakciji:

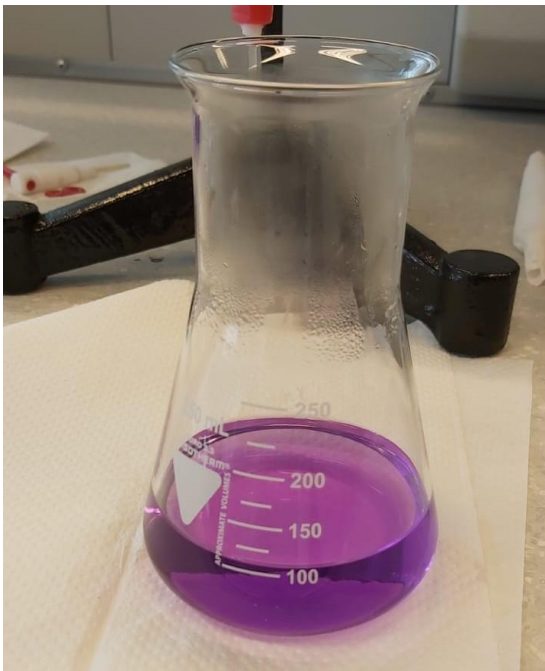


**Slika 28.** Izgled ispitivanog uzorka prije i nakon dodatka kiseline

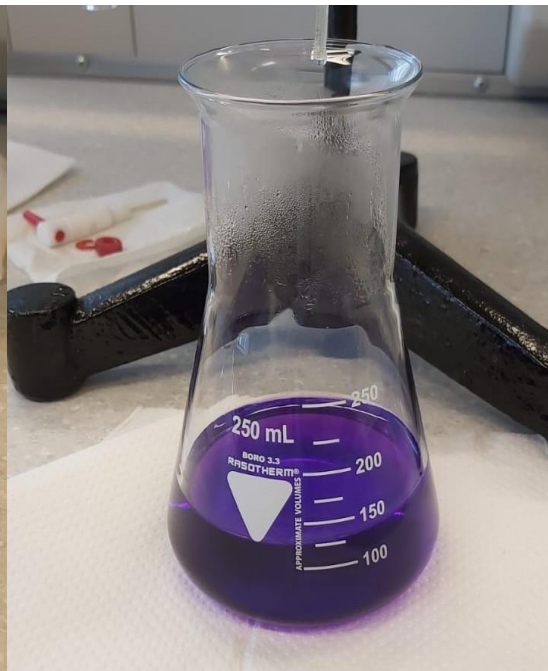
### 3.3.4. ODREĐIVANJE KALCIJA

#### POSTUPAK :

Bireta je napunjena s otopinom Kompleksona III poznate koncentracije i faktora. Iz odmjerne tikvice otpipetirano je 5mL uzorka i preneseno u Erlenmeyerovu tikvicu. Ta je otopina razrijeđena destiliranom vodom do oko 100 mL. Otopina je zagrijana na 50-60 °C i iz birete je dodano 5mL otopine te 5mL NaOH-a. Nakon toga je provjeren pH =12 i dodan je indikator mureksid. Titracija je nastavljena s otopinom Kompleksona III do promjene boje iz crvene u plavo ljubičastu. Izvođene su tri titracije i uzeta je srednja vrijednost.



Slika 29. Početak titracije



Slika 30. Kraj titracije



### 3.3.5. ODREĐIVANJE MAGNEZIJA

#### **POSTUPAK :**

Bireta je napunjena otopinom Kompleksona III poznate koncentracije i faktora. Iz odmjerne tikvice otpipetirano je 5 mL uzorka i preneseno u Erlenmeyerovu tikvicu a otopina je razrijeđena destiliranom vodom do 100mL. Dodano je 15 mL amonijakalnog pufera da bi se pH-a podesio na 10.

Zatim je dodano onoliko otopine Kompleksona III koliko je utrošeno u titraciji s kalcijem. S obzirom da se u ovom postupku magnezij određuje skupa s kalcijem. Zatim je na vrh žličice dodan indikator eriokrom crno T i otopina je stavljena na zagrijavanje. Nakon toga je izvršena titracija sa Kompleksonom III do promjene crvene boje u tamno plavu. Odrađene su tri titracije i uzeta je srednja vrijednost.



**Slika 31.** Početak titracije



**Slika 32.** Kraj titracije

## **4. REZULTATI I RASPRAVA**



#### 4.1. pH VRIJEDNOST

**Tablica 8.** pH vrijednosti na svim mjestima uzorkovanja

Mjesta uzorkovanja	pH
Marjan - Prva voda	7,38
Žnjan – Trstenik	7,81
Matejuška	8,02
Bačvice	8,03
Žnjan – COOL	8,07

U usporedbi sjevernog, srednjeg i južnog Jadrana, najveće promjene (proces zakiseljavanja mora) uočene su u sjevernom akvatoriju i to zbog razvijenosti industrije i pomorskog prometa. Najblaže promjene uočene su na južnom dijelu (Dubrovnik) koji je pretežito okrenut turizmu. Istraživanja u ovom radu, koja su provedena na području Splita, pokazala su da je trend zakiseljavanja najizraženiji na mjestu uzorkovanja Marjan-Prva voda gdje je zabilježena pH vrijednost od 7,38 a na području Žnjana-COOL pH vrijednost iznosi 8,07. S obzirom na dobivene rezultate može se zaključiti da more na području Splita ne odstupa od pravila koje se tiče razvijenosti pomorskog prometa i industrije. Marjan-Prva voda je mjesto uzorkovanja gdje je promet morskih vozila jako razvijen što blizinom sjeverne luke što blizinom brodogradilišta, dok je Žnjan- COOL „samo“ plaža pa je i njezina pH vrijednost najviša. Još jedan razlog niske pH-vrijednosti na Marjanu-Prvoj vodi i Žnjanu-Trstenik je postojanje prirodnih izvora pitke vode tj. potoka koji se slijevaju u more.

## 4.2. ODREĐIVANJE KLORIDA I SALINITETA

### Proračun

a) Jednadžba proračuna:

$$\gamma_{Cl^-} = \frac{V_{utrošak AgNO_3} \times C_{AgNO_3} \times F_{AgNO_3} \times M_{Cl^-} \times raz.}{V_{uzorak}}$$

b) Primjer proračuna za određivanje mase klorida i saliniteta:

Marjan - Prva voda

$$V_1 = 2 \text{ mL}$$

$$V_2 = 2,2 \text{ mL}$$

---

$$V_{srednji} = \frac{(2+2,2) \text{ mL}}{2} = 2,1 \text{ mL}$$

$$\gamma_{Cl^-} = \frac{2,1 \text{ mL} \times 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 1 \times 35,453 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 1}{5 \text{ mL}} = 1,49 \text{ g/L}$$

$$S = 0,03 + 1,805 \times m_{Cl^-} = 0,03 + 1,805 \times 1,49 = 2,72 \text{ g/L}$$

c) Rezultati na svim mjestima uzorkovanja:

**Tablica 9.** Sadržaj klorida i salinitet na svim mjestima uzorkovanja

Mjesto uzorkovanja	Kloridi [g/L]	Salinitet [g/L]
Trstenik-Žnjan	1,36	2,48
Marjan- Prva voda	1,49	2,72
Bačvice	3,23	5,86
Matejuška	3,86	6,99
Žnjan-Cool	4,01	7,27

Jedan od faktora koji utječe na klorinitet je dubina mora koja se prema jugu Jadrana povećava a usporedno s tim i salinitet. Veliki utjecaj ima i temperatura mora koje se tijekom godina povećava te je naše more po mišljenju znanstvenika slanije nego ikad. Analize provedene u ovom radu pokazuju da jesu klorinitet i salinitet najmanji na mjestu uzorkovanja Trstenik-Žnjan te iznosi 1,36 g/L, dok je (salinitet 2,48 g/L), a najveći na mjestu uzorkovanja Žnjan-COOL gdje je izmjereni klorinitet 4,01 g/L, do je (salinitet 7,27 g/L). Iz prikazanih rezultata da se primjetiti da je poprilična razlika između vrijednosti uzetih sa mjesta uzorkovanja Trstenik-Žnjan, Marjan-Prva voda sa vrijednostima na ostalim mjestima uzorkovanja, a razlog tome je postojanje izvora pitke vode tj, potoci koji se slijevalju u more.

### 4.3. ODREĐIVANJE SADRŽAJA KISIKA OTOPLJENOG U VODI

#### 4.3.1. Uređaj „LabQuest 2”

a) Rezultati na svim postajama uzorkovanja

**Tablica 10.** Sadržaj kisika na svim mjestima uzorkovanja određen uređajem „LabQuest 2”

Mjesta uzorkovanja	O <sub>2</sub> [mg/L]
Marjan - Prva voda	7,5
Matejuška	7,9
Bačvice	8,6
Žnjan – Trstenik	9,1
Žnjan – COOL	9,1

#### 4.3.2. Winkler-ova metoda

##### Proračun

a) Jednadžba proračuna:

$$\gamma_{O_2} = \frac{V_{Na_2S_2O_3} \times c_{Na_2S_2O_3} \times 8 \times 1000}{\text{volumen boce} - (\text{dodani reagensi} - \text{staklene kugice})}$$

b) Primjer proračuna za određivanje sadržaja kisika otopljenog u vodi:

Marjan – Prva voda

$$V_{Winkler\ boca} = 276,83\text{ mL}$$

$$V_{Na_2S_2O_3} = 23,1\text{ mL}$$

---

$$\begin{aligned} m_{Na_2S_2O_3} &= c_{Na_2S_2O_3} \times M_{Na_2S_2O_3} \times V_u \text{ kojem se otapa} = \\ &= 0,01\text{ mol/L} \times 248,2\text{ g/mol} \times 0,5\text{L} = 1,24\text{ g} \end{aligned}$$

$$\gamma_{O_2} = \frac{23,1\text{ mL} \times 0,01\frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 8 \times 1000}{276,83\text{ mL} - 4\text{ mL}} = 6,8\text{ mg/L}$$

b) Rezultati na svim mjestima uzorkovanja:

**Tablica 11.** Sadržaj kisika na svim mjestima uzorkovanja određen Winkler-ovom metodom

Mjesta uzorkovanja	O <sub>2</sub> [mg/L]
Marjan - Prva voda	6,8
Matejuška	7,9
Bačvice	8,6
Žnjan – Trstenik	9,07
Žnjan – COOL	9,08

Topljivost kisika u morskoj vodi ovisi o tlaku, temperaturi i salinitetu. Povišenjem temperature mora koje nastaje kao posljedica klimatskih promjena i onečišćenja, sadržaj kisika se tijekom proteklog stoljeća značajno smanjio. Ovome doprinosi i čovjek razvojem industrije i ispuštanjem štetnih kemikalija u more koji stvaraju CO<sub>2</sub> (zakiseljavanje mora) koji istiskuje kisik. Ovakav nedostatak kisika jako je štetan za sve riblje vrste koje ovise o kisiku. Jedna od tih posljedica uočena je i u Jadranskom moru a to je da se trpovi koji obitavaju na morskom dnu očajnički penju po užadi u površinske slojeve u potrazi za kisikom. Dva načina određivanja sadržaja kisika koja su provedena u ovom radu su: određivanje uz pomoć uređaja „LabQuest 2” gdje su dobiveni rezultati pokazali da je najveći sadržaj kisika na mjestu uzorkovanja Žnjan-COOL i Žnjan-Trstenik te iznosi 9,1 mg/L, a najmanji na mjestu uzorkovanja Marjan-Prva voda i iznosi 7,5 mg/L. Drugi način je Winklerova metoda koja pokazuje ispravnije rezultate jer ne ovisi o vanjskim faktorima kao prethodna. Ovo je računski metoda. Dobiveni rezultati i ovom metodom pokazuju da je najveći sadržaj kisika na mjestu uzorkovanja Žnjan-COOL i Žnjan-Trstenik te iznosi 9,07 mg/L te 9,08 mg/L a najmanji na mjestu uzorkovanja Marjan-Prva voda sa sadržajem kisika od 6,8 mg/L.

#### 4.4. ODREĐIVANJE KALCIJA

##### Proračun

a) Jednadžba proračuna

$$\gamma_{Ca} = \frac{V_{\text{utrošak EDTA}} \times C_{\text{EDT-a}} \times F_{\text{EDTA}} \times M_{\text{EDTA}} \times \text{razrijeđivanje}}{5 \text{ cm}^3}$$

b) Primjer proračuna za određivanje sadržaja kalcija

Marjan – Prva voda

V= 6,1 mL

---

$$\gamma_{Ca} = \frac{6,1 \text{ mL} \times 0,01 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 40,087 \frac{\text{mol} \cdot \text{g}}{\text{mol}}}{5 \text{ cm}^3} = 0,49 \text{ g/L}$$

c) Rezultati na svim mjestima uzorkovanja:

**Tablica 12.** Sadržaj kalcija na svim mjestima uzorkovanja

Mjesta uzorkovanja	Ca [g/L]
Marjan-Prva voda	0,49
Žnjan-Cool	0,50
Žnjan-Trstenik	0,50
Matejuška	0,50
Bačvice	0,51

#### 4.5. ODREĐIVANJE MAGNEZIJA

##### Proračun

a) Jednadžba proračuna

$$\gamma_{Mg} = \frac{V_{\text{utrošak EDTA}} \times F_{\text{EDTA}} \times M_{Mg} \times \text{razrijeđivanje}}{5 \text{ cm}^3}$$

c) Primjer proračuna za određivanje sadržaja magnezija

Marjan – Prva voda

V= 24,3mL

---

$$\gamma_{Mg} = \frac{24,3 \text{ mL} \times 0,01 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 24,3050 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{5 \text{ cm}^3} = 1,18 \text{ g/L}$$



d) Rezultati na svim mjestima uzorkovanja:

**Tablica 13.** Sadržaj magnezija na svim mjestima uzorkovanja

Mjesta uzorkovanja	Mg [g/L]
Bačvice	0,86
Žnjan-Trstenik	0,97
Žnjan-Cool	1,17
Matejuška	1,17
Marjan-Prva voda	1,18

Kalcij i magnezij predstavljaju esencijalne elemente u moru. Kalcij je sastavni dio oklopa životinjica, zajedno sa magnezijem je važan za određivanje tvrdoće vode te ima veliku ulogu i za zdravlje ljudi jer ljudsko tijelo sadrži čak 1,2 kg kalcija. Također velika važnost pridaje se procesu kalcifikacije i fotosinteze. Odnosi kalcija i magnezija su obrnuto proporcionalni i to se vidi na dobivenim rezultatima. Najveći sadržaj kalcija zabilježen je na mjestu uzorkovanja Bačvice i iznosi 0,51 g/L a sadržaj magnezija na istom mjestu je najmanji i iznosi 0,86 g/L, dok je na mjestu uzorkovanja Marjan-Prva voda zabilježen najmanji sadržaj kalcija i iznosi 0,49 g/L, a sadržaj magnezija je najveći i iznosi 1,18 g/L.

## **5. ZAKLJUČAK**

Zaključci ovoga rada mogu se sumirati u slijedećim točkama:

- U desetogodišnjim istraživanjima na većini istraživanih postaja izražen je pozitivan trend ili nije bilo značajnije promjene u koncentracijama kisika i zasićenosti kisikom.
- S obzirom na dobivene rezultate može se zaključiti da more na području Splita ne odstupa od pravila koje se tiče razvijenosti pomorskog prometa i industrije. Marjan-Prva voda je mjesto uzorkovanja gdje je promet morskih vozila jako razvijen što blizinom sjeverne luke što blizinom brodogradilišta, dok je Žnjan- COOL „samo“ plaža pa je i njezina pH vrijednost najviša. Još jedan razlog niske pH-vrijednosti na Marjanu-Prvoj vodi i Žnjanu-Trstenik je postojanje prirodnih izvora pitke vode tj. potoka koji se slijevaju u more.
- Najmanja vrijednost klorida i saliniteta je očekivano izmjerena na mjestu uzorkovanja Trstenik, gdje se u more izlijevaju prirodni izvori pitke vode.
- Sagledavajući sadržaj kisika može se zaključiti da je zabilježen pozitivan trend i nema značajnije promjene koncentracije kisika u odnosu na koncentracije kisika izmjerenih u godinama prije.
- Odnosi količine kalcija i magnezija su obrnuto proporcionalni i to je prikazano rezultatima.
- Provedbom analize mora u Splitu koji je prikazan u Eksperimentalnom dijelu daje se zaključiti da je more na tom području prema propisanim pravilnicima i graničnim vrijednostima pogodno za kupanje i ostale aktivnosti vezane za more.

## **6. LITERATURA**

- [1] <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=41900> (preuzeto: 02.02.2021. )
- [2] [https://www.periodni.com/hr/klorinitet\\_i\\_slanost\\_mora.html](https://www.periodni.com/hr/klorinitet_i_slanost_mora.html) (preuzeto: 2.02.2021.)
- [3] A. Đukić, *Prirodne karakteristike mora*, Naše more, Vol. 40, **1993.**, 5-6
- [4] M. Buljac, *Prostorna i vremenska raspodjela antropogenih elemenata u sedimentu Kaštelskog zaljeva*, doktorski rad, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Zagreb, **2012.**, str. 198.
- [5] <https://hr.tax-definition.org/29384-mediterranean> (preuzeto: 03.02.2021.)
- [6] <https://storymaps.arcgis.com/stories/c3fad5550dba4b76ae7016df2da0a8cf>  
(preuzeto: 03.02.2021.)
- [7] Strategija upravljanja morskim okolišem i obalnim područjem, Narodne novine, 112/2014
- [8] Podjela pokazatelja stanja morskog okoliša u Jadranskom moru,  
<http://baltazar.izor.hr/azopub/bindex> (preuzeto: 05.02.2021.)
- [9] Leksikografski zavod M.K. Hrvatska enciklopedija,  
<https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=48063> (preuzeto: 05.02.2021.)
- [10] L. Merlivat, J. Boutin, D. Antoine, L. Beaumont, M. Golbol, V. Vellucc, *Increase of dissolved inorganic carbon and decrease in Ph in near-surface waters in the Mediterranean Sea during the past two decades*, Biogeosciences, **2018.**, 5653–5662
- [11] A. Blašković, *Utjecaj zakiseljavanja mora na morske organizme*, Završni rad. Prirodoslovno-matematički fakultet Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, **2013.**, str. 3, str. 30.
- [12] *Utjecaj zakiseljavanja na zaštićena morska područja, informativna brošura*, IUCN Centar za mediteransku suradnju, **2019.**, str. 2.
- [13] L. Urbini, G. Ingrosso, T. Djakovac, S. Piacentino, M. Giani, *Temporal and Spatial Variability of the CO<sub>2</sub> System in a Riverine Influenced Area of the Mediterranean Sea, the Northern Adriatic*, Frontiers, **2020.**

- [14] E. Pasariček, *Utjecaj rijeke po na riblje populacije sjevernog Jadrana*, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, **2014**.
- [15] Acidificazione marina, *Strategia per l'ambiente marino*, ISPRA, 2012., str. 4-5.
- [16] A. Morcos Selim, *Substandard Seawater of any Salinity for Chlorinity*, ICES Journal of Marine Science, Vol 31, **1968.**, str. 291–299.
- [17] <https://glossary.periodni.com/glosar.php?hr=klorinitet> (preuzeto: 10.02.2021.)
- [18] <https://proleksis.lzmk.hr/28692> (preuzeto: 10.02.2021.)
- [19] N. Petrić, I. Vojnović, V. Martinac, *Tehnička termodinamika*, Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu, **2007.**, str. 24.
- [20] W. Cheung, W. L., V. W. Y., Lam V. W., J. L Sarmiento, K. Kearney, K., D. Watson, D. Pauly, *Projecting global marine biodiversity impacts under climate change scenarios*, Fish and Fisheries 10, **2009.**, 235 – 251.
- [21] N. Streftaris, A. Alien Zenetos, *Marine Species in the Mediterranean - the 100 'Worst Invasives' and their Impact*, Mediterranean Marine Science. Volume 7/1, **2006.**, 87 – 118.
- [22] M. Šolić, *Ekologija mora*, Interna skripta, Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split, **2015.**, str. 6.
- [23] J. M. Peres, H. G. Brida, *Biološka oceanografija*, Školska knjiga, Zagreb, **1973.**, str. 341-344.
- [24] [https://www.periodni.com/hr/klorinitet\\_i\\_slanost\\_mora.html](https://www.periodni.com/hr/klorinitet_i_slanost_mora.html) ( preuzeto: 12.02.2021.)
- [25] Oceanografski institut, <http://baltazar.izor.hr/azopub/bindex> ( preuzeto: 13.02.2021.)
- [26] <https://www.tportal.hr/vijesti/clanak/klimatske-promjene-s-porastom-temperature-u-oceanima-nestaje-kisika-20191209> (preuzeto:15.02.2021.)
- [27] <https://www.lenntech.com/periodic/water/calcium/calcium-and-water.htm> (preuzeto:15.02.2021.)

[28] A. T. Marshall, P L. Clode, *Effect of increased calcium concentration in sea water on calcification and photosynthesis in the scleractinian coral Galaxea fascicularis*, The company of Biologists, **2002.**, 205: 2107-2113

[29] A. Tu ĩrkmena, M. Tu ĩrkmenb, Y. ĩn Tepeb, I. Akyurtba, *Heavy metals in three commercially valuable fish species from Iskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey*, Food Chemistry, **2014.**, (2005) 167–172

[30] <https://biorezonanca-homeopatija.com/teski-metali/> (preuzeto:18.02.2021.)

## **6.1. Popis slika**

**Slika 1.** Položaj Sredozemnog mora

**Slika 2.** Zakiseljavanje mora kao posljedica povećanja atmosferskog CO<sub>2</sub>

**Slika 3.** Postaje koje na kojima se analiza provodila

**Slika 4.** Mjesta uzorkovanja na kojima se analiza provodila

**Slika 5.** Prilaz promjene pH vrijednosti po mjestima uzorkovanja

**Slika 6.** Raspored dubina u Jadranskom moru

**Slika 7.** TS dijagram koji prikazuje odnos temperature (t), saliniteta (S) i gustoće

**Slika 8.** Godišnji hod saliniteta u površinskom sloju postaje OC18 ( Rovinj) 2009.

**Slika 9.** Godišnji hod saliniteta u površinskom sloj postaje OC06 (Kaštelanski zaljev) 2009.

**Slika 10.** Godišnji hod saliniteta u površinskom sloju postaje OC06 (Kaštelanski zaljev) 2009,

**Slika 11.** Godišnji hod temperature u površinskom sloju postaje OC18 ( Rovinj, 2009.)

**Slika 12.** Godišnji hod temperature u površinsko sloju postaje OC06 ( Kaštelanski zaljev, 2009)

**Slika 13.** Godišnji hod temperature u pridnenom sloju postaje OC06 ( Kaštelanski zaljev, 2009.)

**Slika 14.** Godišnji hod saliniteta u površinskom sloju postaje OC18 ( Rovinj, 2019.)

**Slika 15.** Godišnji hod saliniteta u površinsko sloju postaje OC06( Kaštelanski zaljev, 2019.)

**Slika 16.** Godišnji hod saliniteta u pridnom sloju postaje OC06 ( Kaštelanski zaljev, 2019.)

**Slika 17.** Godišnji hod temperature u površinskom sloju postaje OC18 ( Rovinj, 2019.)

**Slika 18.** Godišnji hod temperature u površinskom sloju postaje OC18 ( Kaštelanski zaljev, 2019.)

**Slika 19.** Godišnji hod temperature u pridnom sloju postaje OC06 ( Kaštelanski zaljev, 2019.)

**Slika 20.** Minimalni otopljeni kisik za 2009.

**Slika 21.** Minimalni udio zasićenja kisikom za 2009.

**Slika 22.** Minimalni otopljeni kisik za 2019

**Slika 23.** Minimalni udio zasićenja kisikom za 2019

**Slika 24.** pH-metar

**Slika 25.** Početak titracije

**Slika 26.** Kraj titracije

**Slika 27.** Uređaj „LabQuest 2”

**Slika 28.** Izgled uzorka prije i nakon dodatka kiseline

**Slika 29.** Početak titracije (Kalcij)

**Slika 30.**Kraj titracije ( Kalcij)

**Slika 31.** Početak titracije (Magnezij)

**Slika 32.** Kraj titracije (Magnezij)



## **6.2. Popis tablica**

**Tablica 1.** pH vrijednosti Sjevernog Jadrana iz 2012.

**Tablica 2.** pH vrijednosti Sjevernog Jadrana iz 2015.

**Tablica 3.** Trend i ekološki status mora

**Tablica 4.** Usporedbe koncentracija otopljenog kisika u pridnom sloju tijekom 2019. godine s koncentracijama ( $SV \pm STD$ ) na istraživanim postajama za razdoblje od 1998. do 2018. godine.

**Tablica 6.** Pojedine grane industrije koje emitiraju teške metale

**Tablica 7.** Metodika korištenih kemikalija

**Tablica 8.** pH vrijednosti svih mjesta uzorkovanja

**Tablica 9.** Sadržaj klorida i salinitet na svim mjestima uzorkovanja

**Tablica 10.** Sadržaj kisika na svim mjestima uzorkovanja određen uređajem „LabQuest 2”

**Tablica 11.** Sadržaj kisika na svim mjestima uzorkovanja određen Winkler-ovom metodom

**Tablica 12.** Sadržaj kalcija na svim mjestima uzorkovanja

**Tablica 13.** Sadržaj magnezija na svim mjestima uzorkovanja

