



Zlatimir Bičanić*

ISSN 0469-6255

(42-49)

USPOREDBA TERMOHALINSKIH STANJA MORSKE VODE U MIKROPODRUČJIMA PIRAN I ROVINJ THE PARALLEL TERMOHALINE SITUATION OF THE SEA WATER IN THE MICRO AREAS PIRAN AND ROVINJ

UDK 551-463(262.3 PIRAN, ROVINJ)

Izvorni znanstveni članak

Original scientific paper

Sažetak

Šira područja Pirana i Rovinja, unatoč maloj fizičkoj udaljenosti, najčešće djeluju kao dva potpuno odvojena termohalinska sustava. To se želi dokazati usporedbom kretanja termohalinskih vrijednosti u ova dva područja u duljem vremenskom razdoblju. Na termohalinska svojstva morske vode u području Pirana prevladavajući utjecaj imaju kontinentalskoklimatski i hidrološki čimbenici. U području Rovinja primarni su maritimni. Razlikama pridonosi i činjenica da je obujam vodene mase u području Rovinja znatno veći u odnosu na područje Pirana. Uočen je značajan utjecaj temperature zraka, slatkovodnog dotoka i halinski utjecaj iz otvorenog dijela sjevernog Jadrana na temperaturu morske vode, te osobita važnost dinamike morske vode (morske struje) u razmještanju vodenih masa različitih termohalinskih obilježja. Postoje značajne razlike između područja u ekstremnim vrijednostima termohalinskih parametara, njihovim tijekovima, kao i u sezonskom postojanju samostalnog termohalinskog i dinamičnog sustava u području Pirana.

Ključne riječi: termohalinski, klimatski, ekstremi, termohalinska struktura

Summary

Wider areas of Piran and Rovinj, in spite of their proximity, in most cases behave as two completely different termohaline systems. The aim of this article is to prove the fact of mutual fluctuation of termohaline values in two similar and nearshore areas over longer time periods. The termohaline characteristics of sea water in Piran area are mainly

influenced by continental/climate and hydrologic factors. In Rovinj area maritime factors are primary. To the differences also contribute the fact that the water masse of Rovinj area is twice in comparasion with Piran area. Significant influence of air temperature on the sea water temperature, fresh-water inflow and haline influence from north Adriatic, and extraordinary values of sea water dynamics (currents) in displacing different water masses with different termohaline characteristics can be observed. There exist significant diferences between these two areas in extreme values and their course, as in the season an existence of an independent dynamic system in the Piran area.

Key words: thermohaline, climate, extremes, thermohaline structure

1. Uvod Introduction

Na termohalinsku strukturu morske vode u sjevernom Jadranu primarni utjecaj ima dotok slatkih voda s talijanskog kopna. Na ovakva stanja geomorfološke značajke imaju znatno veći utjecaj glede južnijih dijelova bazena.

Svrha je ovog rada ustanoviti opravdanost sve češćih mišljenja i stavova o znatnijim promjenama vrijednosti klimatskih elemenata, osobito temperature zraka i njihovih sezonskih kolebanja. Rad treba pružiti prilog razrješenju dvojba o rečenom problemu, jer se takve promjene moraju intenzivno odraziti i na vrijednosti termohalinskih jedinica. Značenje temi daje pokušaj usporedbe dvaju fizički bliskih područja, ali sa znatnim

Dr. sc. Zlatimir Bičanić

Visoka pomorska škola u Splitu, Zrinsko-frankopanska 38

razlikama u klimatskim, geomorfološkim i maritimnim značajkama.

Područje Pirana (u daljnjem tekstu I) smješteno je za oko 30 nautičkih milja sjevernije i površinski je gotovo dvostruko manje (slika 1.) od područja Rovinja (u daljnjem tekstu II). Manje su mu dubine, pa tako i obujam vodene mase. U području I očit je naglašeni hidrološki utjecaj. Ulijevaju se znatne količine slatke vode, osobito iz pritoka na sjevernoj obali Tršćanskog zaljeva (rijeke Soča, Aussa, Como, Stella, Tagliamento). Zbog malog obujma vodene mase hidrološki je utjecaj izraženiji, kao i velika oslađenja morske vode.

U područje II ne dotječe slatka rječna voda izravno. U nekim sezonama umjerena oslađenja ovog akvatorija uvjetuju *rezidualna strujanja*, dotokom slađe površinske vode istočnom strujom iz šireg područja rijeke Po. Ova je voda i nešto hladnija [6]. U ovom su području dubine nešto veće, do 40m.

Unatoč maloj fizičkoj udaljenosti između mikropodručja Pirana i Rovinja, geomorfološki čimbenik uvjetovao je specifičnosti u dinamici morske vode i na taj način osobitosti u termohalinskim strukturama vodenih masa. Tomu je pridonijela i različitost u kontinentokoklimatskom i maritimnom utjecaju. Oba su područja priobalna, ali je njihova izloženost *vanjskim* i *unutarnjim* utjecajima jako različita.

U području Pirana utjecajnu prevagu imaju kontinentalski, a u području Rovinja maritimni čimbenici. I. područje je većim dijelom smješteno u zaljevu (slika 1.) pa su klimatski elementi, u prvom redu vjetar i temperatura zraka, izrazito kontinentalskog obilježja. Fizički je većim dijelom zaklonjeno od utjecaja s otvorenog mora. Smješteno je izvan općeg strujnog-jadranskog sustava. U ovom području opstaje *parcijalni* strujni sustav tijekom duljeg godišnjeg razdoblja.

Područje Rovinja je na putu ulazne istočnojadranske struje [4]. Njezin najsjeverniji ogranak prolazi uz zapadnoistarsku obalu. U području Savudrije ciklonski mijenja smjer. Ovo strujanje donosi topliju i slaniju vodu iz srednjeg Jadrana.

Od vanjskih čimbenika, osim temperature zraka, na raspored termohalinskih jedinica značajan utjecaj ima i vjetar. Na otvorenom moru uvjetuje stvaranje *inercijalnih kolebanja*, osobito ljeti u površinskom sloju. U priobalnim područjima prevladavajući utjecaj ima na *srednje struje* [6].

2. Metode rada, podaci i istraživana područja

Methods, data and research areas

Kako su oba područja priobalna, u termohalinskim raščlambama više pozornosti valja posvetiti još jednom klimatskom elementu - temperaturi zraka. Temeljitom analizom utjecaja

klimatskih elemenata na termohalinska svojstva morske vode vjerojatno bi se podržalo mišljenje o znatnoj razlici u utjecaju temperature zraka na termohalinsku strukturu morske vode u istraživanim područjima. Takav bi se pristup morao temeljiti na raščlambi i uspoređivanju podataka u mjesečnim i sezonskim rokovima, a ne u višegodišnjem razdoblju. S obzirom da se u istraživanju *operiralo* srednjim vrijednostima, drži se ispravnim na isti način postupiti i u ovom radu.

Drugi metodološki pristupi podržavaju raščlambe vrijednosti termohalinskih jedinica i klimatskih elemenata u duljim vremenskim rokovima, višegodišnjim hodovima. Drži se da su rezultati o promjenama ovih vrijednosti i njihovi tijekovi (*tendencije*), dobiveni takvim načinima čak prihvatljiviji.

U ovom je radu višegodišnja sezonska analiza. U zimskom razdoblju analiziralo se termohalinska stanja za siječanj, veljaču i ožujak. Koristilo se podatke poglavito iz prvih mjesečnih dekada.

Razvrstalo se i obradilo podatke o vrijednostima temperature, slanosti i gustoće morske vode i tumačena (*interpretirana*) karakteristična termohalinska stanja u duljem vremenskom razdoblju (od 1973. do 1989. za područje Pirana i od 1968 do 1987. za područje Rovinja). Nastali su problemi zbog nepotpunih podataka pa se nije moglo izračunati srednje godišnje vrijednosti [1].

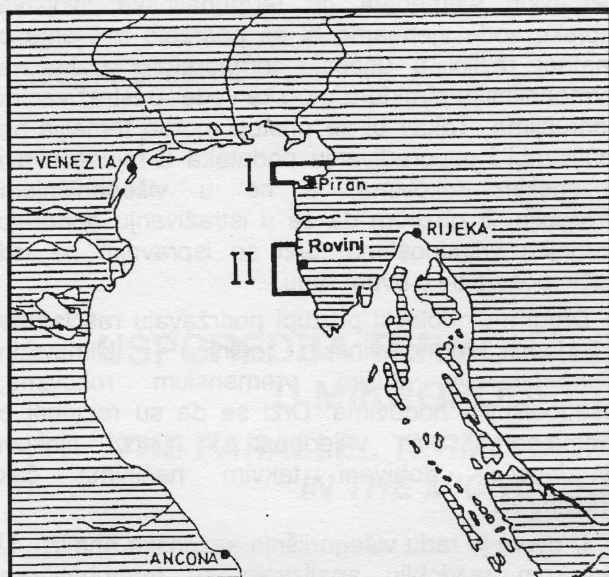
Meteorološke podatke za temperaturu zraka prikupilo se na meteorološkim postajama u razdoblju od 1967. do 1988. Za područje Piran to su Koper-Semedela do gašenja 1975., a nakon toga s postaje Portorož. Meteorološka postaja Piran nije radila od listopada 1986. do svibnja 1988. Kao zamjena poslužila je postaja u Poreču.

Osim ovih, koristilo se i podatke s meteoroloških postaja Rovinj, Pula i Mali Lošinj [1].

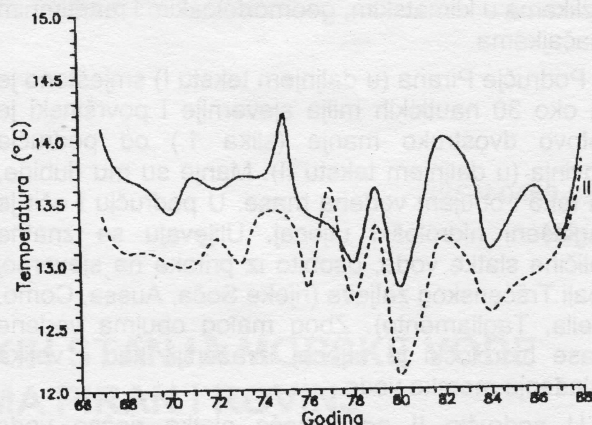
Temeljni izvori su: banka podataka Hrvatskog hidrografskog instituta iz Splita (HHI, 1909. do 1990. [7]), banka podataka Centra za istraživanje mora, Rovinj, Institut *Ruđer Bošković*, Zagreb (CIM, od 1967. do 1990. [8]), datoteka Morske biološke postaje, Piran [9] i Meteorološki godišnjaci (od 1949. do 1984. [10]).

Područje I (Piran) priobalno je i obuhvaća južni dio Tršćanskog zaljeva (slika 1.). Omeđuju ga spojnice točaka: rt (svjetionik) Savudrija, P1 - $\varphi=45^{\circ}29,4'N$ $\lambda=13^{\circ}20,0'E$, P2 - $\varphi=45^{\circ}35,4'N$ $\lambda=13^{\circ}20,0'E$ i Debeli rtić. Dubine su male (ne preleže 30m), a kontinentokoklimatski utjecaj vrlo je velik. Na kvalitetu morske vode znatno utječu slatkovodni dotoci sa sjeverne obale.

Područje II (Rovinj) je površinski znatno veće. Priobalno je također, ali dosta široko. Omeđuju ga spojnice točaka: P1 - $\varphi=45^{\circ}00,0'N$ $\lambda=13^{\circ}43,5'E$, P2 - $\varphi=45^{\circ}00,0'N$ $\lambda=13^{\circ}20,0'E$, P3 - $\varphi=45^{\circ}15,0'N$ $\lambda=13^{\circ}20,0'E$ i P4 - $\varphi=45^{\circ}15,0'N$ $\lambda=13^{\circ}35,7'E$. Dubine su manje od 40m. Područje je na putu ulaznoj sjeverozapadnoj jadranskoj struji, a do njega



Slika 1. Mikropodručja Piran i Rovinj
Figure 1. Micro areas Piran and Rovinj



Slika 2. Višegodišnji hod srednjih godišnjih vrijednosti temperature zraka (°C) u području I (meteorološke postaje Koper-Semedela i Portorož) i području II (Rovinj i Poreč) [10]

Figures 2. The step of several-year period values of mean air temperature (°C) in the area I (meteorological station Koper-Semedela and Portorož) and area II (Rovinj and Poreč) [10]

dopiru i vodene mase koje prenosi povremena istočna struja iz područja ušća Poa [6]. Od slatkovodnih dotoka najbliže je ušće rijeke Mirne kraj Novigrada. Područje je pod izravnim kontinentaskoklimatskim utjecajem (hladni vjetrovi, zračne mase iz sjevernih kvadranta i kontinentske temperature), te utjecajem s otvorenog mora.

3. Temperatura zraka i morske vode Air temperature and sea water temperature

Srednja godišnja temperatura zraka (od 1967. do 1988.) u području Pirana u svim je godinama viša nego u području Rovinja, osim 1977. Nakon najvećeg sniženja od početka razdoblja (slika 2.), temperatura sljedećih sedam godina umjereno koleba. Izraženi maksimum bio je 1975., 14,20°C. Osim maksimuma u 1967. (14,10°C) bilježe se još dva, 1982., 14,00°C i isto toliko 1988. Najniža srednja godišnja vrijednost bila je 1980., 12,80°C. Iste godine bila je najniža vrijednost temperature zraka i u području Rovinja, 12,10°C. Razlika ne izgleda velika, ali budući da se radi o srednjim vrijednostima, ona to ipak jest.

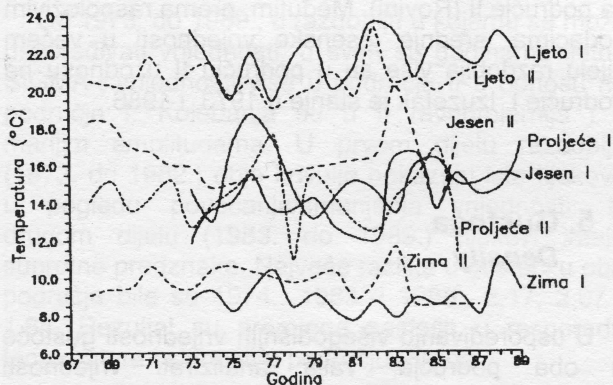
Obje krivulje imaju sličan izgled i približne trendove u kretanju vrijednosti s većim ili manjim odstupanjima, osim u godinama: 1972., 1975. i 1977. Najveća razlika u temperaturi zraka bila je 1975., 1981., 1982. i 1983., (0,80°C). Najmanja 0,30°C. Takvo stanje izravno se odražava na termohalinsku strukturu. To potvrđuje i analiza međutjecaja parametara površinske temperature morske vode i zraka.

Na sličan način obavilo se uspoređivanje srednjih godišnjih vrijednosti i *marinskih* parametara (temperature, slanosti i gustoće morske vode) u oba područja.

Na slici 3. prikazuju se višegodišnji hodovi sezonskih vrijednosti temperatura morske vode u oba područja [1]. Rezultat su djelovanja vanjskih i unutarnjih čimbenika koji, osim što uzrokuju premještanje vodenih masa, djelomice uvjetuju i njihovo kvalitativno oblikovanje (promjene termohalinskih struktura) u prostornom i vremenskom opsegu.

Razlika termalnih vrijednosti morske vode u dva istraživana područja zimi nije velika. Postojeće stanje je uobičajeno. Nešto veća je 1975., a najveća 1983., 3,82°C. Općenito višu srednju zimsku temperaturu ima morska voda u području II. To su prouzročili maritimni utjecaji iz južnijeg dijela jadranskog bazena sa znatno višim temperaturama. U nekim je godinama, osobito 1975., 1980., 1982., zimsku temperaturu zraka u području I bila je znatno viša nego u području II (slika 2.). Međutim, ona neposredno utječe samo na površinski sloj, a na cijeli vodeni stupac posredno. To znači da je maritimni utjecaj bio vrlo jak, pa je značajno umanjio klimatski. Najmanja zimsku razlika bila je 1984., 0,41°C (slika 3.). Te godine temperatura zraka bila je viša u području I. I temperatura mora je u I. bila viša, ali je maritimni čimbenik uvjetovao stanje u kojemu ta razlika nije velika.

Ljetne temperature morske vode su najviše, ali je termalni odnos u područjima suprotan zimskom. Izuzetak je stanje u 1980., a gotovo izjednačene su 1974., 1975., 1984. i 1987. (slika 3.). U rečenim godinama ljetne temperature zraka više su u području I, pa znači da je razlog gotovo



Slika 3. Višegodišnji hodovi sezonskih vrijednosti temperature morske vode u područjima I (Piran) i II (Rovinj)

Figure 3. The step of several-years period seasonal values of the sea water temperature in the areas I (Piran) and II (Rovinj)

izjednačenim vrijednostima temperatura morske vode dotok toplije površinske iz južnijih kvadranta u područje II. Na oblikovanje ljetne termalne strukture prevladavajući utjecaj u području Pirana imao je klimatski, a u području Rovinja, maritimni utjecaj. Najveće razlike bile su u godinama: 1973., 1978., 1983. i 1985. Općenito višu ljetnu temperaturu u području I vjerojatno je prouzročila viša temperatura zraka. Značajan prilog tomu je i činjenica da su dubine (visine vodenog stupca) u području I znatno manje.

Zanimljiva su proljetna i jesenska stanja. Krivulje se međusobno isprepleću. Pokazuju česte promjene u tijekovima i kolebaju s vrlo velikim amplitudama. Proljetna kolebanja su intenzivna kao i jesenska, a tijekovi kretanja vrijednosti, u pogledu povećanja/smanjenja, često su suprotnog predznaka. Također se često susreće pojava jednogodišnjeg/višegodišnjeg porasta/pada temperature u jednom, i potpuno suprotan istodobni tijekom ovog parametra u drugom području. Iz toga slijede velike razlike u vrijednostima u ova dva područja. Najveća proljetna razlika bila je 1986., 4,16°C. Viša temperatura bila je u području Pirana, a najveća jesenska 1983., 6,80°C (slika 3.) [1]. Zakonitosti u kretanju i međudnose ne može se točno odrediti osim već rečenog, o većem/manjem utjecaju vanjskih i unutarnjih čimbenika. Prostorno šira analiza vjerojatno bi polučila prihvatljivije rezultate. Odnosi se na analizu termohalinskog stanja u području najmanje cijelog sjevernog Jadrana, istočnog dijela srednjeg i znatno šireg kontinentskog pojasa. U analizu bi valjalo uključiti i više klimatskih elemenata.

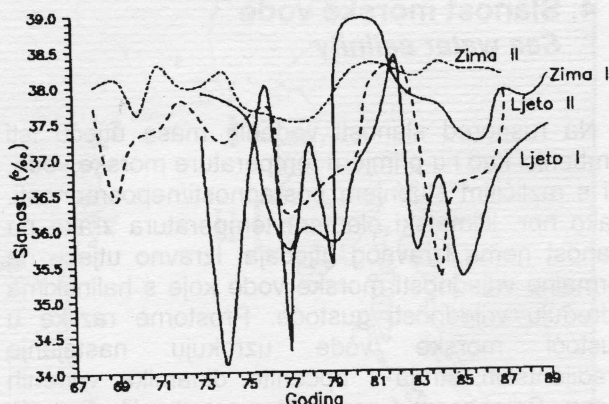
4. Slanost morske vode Sea water salinity

Na raspored slanosti vodenih masa utječu isti čimbenici kao i u primjeru temperature morske vode, ali s različitim stupnjem posrednosti/neposrednosti. Tako npr. klimatski element temperatura zraka na slanost nema izravnog utjecaja. Izravno utječe na termalne vrijednosti morske vode koje s halinskim određuju vrijednosti gustoće. Prostorne razlike u gustoći morske vode uzrokuju nastajanje gradijentnih struja i općenito dinamike vodenih masa. Prijenosom i premještanjem manjih ili većih vodenih masa neprekidno se mijenja okomiti i vodoravni raspored vrijednosti parametara temperature, slanosti i gustoće, odnosno, smanjuju/povećavaju njihovi gradijenti. Ipak, u ovom području na dinamiku vodenih masa primaran izravni utjecaj imaju vjetar, Coriolisova sila i slatkovodni dotok [5].

Zbog stanovite ujednačenosti u jednom, te velikih kolebanja vrijednosti u drugom području, vrijedno je usporediti višegodišnje hodove halinskih vrijednosti u sezonama zima - ljetno. Općenito viša slanost zimi vladala je u području Rovinja (slika 4.) osim u godinama 1980. i 1981. Srednje zimske vrijednosti 1982. bile su približne (razlika je 0,025ppt). U području Rovinja višegodišnja kolebanja nisu velika, a ukupna srednja zimska vrijednost u cijelom razdoblju je 38,027ppt [1]. Iz višegodišnjih srednjih sezonskih vrijednosti vidi se da nekih osobito jakih poremećaja u halinskoj strukturi u području II nije bilo. To je rezultat utjecaja sjeverozapadnog strujanja uz zapadnoistarsku obalu. Protok vode visoke slanosti uz obalu s povoljnom konfiguracijom djelovao je stabilizirajuće u duljem vremenskom razdoblju. Uzrok visoke slanosti je i manji riječni dotok s obala, osobito zimi. U godinama kad je zimska slanost u području Pirana viša glede područja Rovinja, nastupio je poremećaj u rasporedu ovog parametra. To se može objasniti prijenosom (*transportom*) morske vode osobito visoke slanosti iz srednjeg Jadrana. Nastupom poremećaja u sustavu strujanja u Tršćanskom zaljevu, voda visoke slanosti popunila je ovo područje. Mogla se dulje zadržati zbog većeg smanjenja slatkovodnih dotoka. Zimi je to uobičajeno. U međuvremenu je morska voda u području Rovinja oslađena dotokom slađe, površinskom strujom iz područja Poa [6].

Srednja vrijednosti zimske slanosti u I. području u cijelom razdoblju je 37,569ppt. Višegodišnja kolebanja vrlo su velika i kreću se u granicama od 35,470ppt (1979.) do 38,898ppt (1981.).

Ljeti slanost također intenzivno koleba, ali su u I. području promjene znatno veće (sl. 4). U području I 1973./74. slanost je naglo opala s 37,260 na 34,140ppt. Do ljeta 1976. raste do prvog



Slika 4. Višegodišnji hodovi zimskih i ljetnih vrijednosti slanosti morske vode (ppt) u područjima Piran (I) i Rovinj (II)

Figure 4. The step of several-years period winter and summer values of sea water salinity (ppt) in the areas Piran (I) and Rovinj (II)

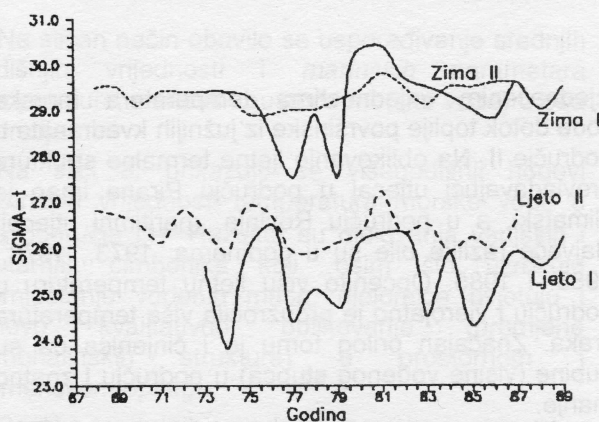
maksimuma u razdoblju (38,030ppt), jako koleba, a najvišu vrijednost ima 1982., 38,360ppt [1]. Takva stanja uvjetovana su sušnim razdobljima i malim utokom slatke vode iz istarskih i sjevernojadranskih rijeka, kao i zaslanjenjem iz južnih dijelova bazena. U tim je godinama nešto viša od slanosti u području II u kojemu je najviša vrijednost bila 38,295 (1982.), a najniža 35,297ppt (1984.). U području I slanost se jako smanjila 1974. Iste godine u području II pad je bio mali. Do 1982. ritam je podudaran, ali su amplitude različite. Tijekovi u kretanju ljetnih vrijednosti 1983/84. imaju suprotan predznak. U području Rovinj slanost opada, a povećava se u području Pirana. Sljedeće godine bilo je obratno.

U području Rovinja srednja proljetna vrijednost slanosti u cijelom proljetnom razdoblju koleba između 37,000 i 38,000ppt, osim između 1975. i 1978. kad se spušta na najnižu vrijednost (1977. je 35,386ppt). Srednja proljetna slanost u području Pirana u višegodišnjem hodu ima čak četiri minimuma; 1975., 1977., 1984. i 1986. i dva izrazita maksimuma, 1976. i 1981. [1]. Razlog tako velikom zaslanjenju u području I obrazložilo se ranije, a jaka oslađenja vjerojatno su uslijedila nakon dugotrajnih kišnih razdoblja i obilnog dotoka slatke vode iz rijeka (otapanje snijega). Međutim, nije isključeno da stanoviti udio u oslađenju ima i povratni ogranak ciklonskog smjera površinske struje iz područja II. Podrijetlo joj je u području ušća Poa [6]. Krivulje koje predstavljaju proljetno stanje u oba područja ne pokazuju nikakvu ritmičnu zakonitost u međusobnom odnosu. Kao i u primjeru termalnih odnosa morske vode, može se pretpostaviti da ova dva područja, unatoč maloj fizičkoj udaljenosti, u većem dijelu istraživanog razdoblja djeluju kao dva potpuno odvojena sustava.

Jesensko višegodišnje halinsko stanje u oba područja ne može se primjerno analizirati uspoređivanjem, zbog nedostatnog broja podataka za područje II (Rovinj). Međutim, prema raspoloživim podacima, srednje jesenske vrijednosti u većem dijelu razdoblja više su u području II u odnosu na područje I. Izuzetak je stanje u 1973. i 1986.

5. Gustoća Density

U uspoređivanju višegodišnjih vrijednosti gustoće u oba područja, valja analizirati vrijednosti parametara u sezonama zima - ljeto, proljeće - jesen. U načelu, SIGMA-t vrijednosti najviše su i najniže u zimskom i ljetnom godišnjem razdoblju, u prvom redu uvjetovane termalnim čimbenikom. Međutim, znatan udio u stvaranju vrijednosti gustoće imaju i više zimske halinske vrijednosti, odnosno ljetne u oba područja.



Slika 5. Višegodišnji hodovi zimskih i ljetnih vrijednosti gustoće morske vode u područjima Pirana (I) i Rovinja (II)

Figure 5. The step of several-years period winter and summer values of sea water density in the areas Piran (I) and Rovinj (II)

Zimsko halinsko kolebanje u području II (slika 4.) i nešto veće, ali umjereno i ritmički relativno pravilno kolebanje termalnih vrijednosti morske vode, uvjetuju prilično stabilne godišnje vrijednosti gustoće. Na slici 5. krivulje srednjih godišnjih SIGMA-t vrijednosti za područje I i II, iako se razlikuju, ipak pokazuju relativno stabilan višegodišnji hod vrijednosti u oba područja. Takav izgled krivulja valja tumačiti sa stanovitim oprezom. Podaci za područje II nisu potpuni, pa se ne isključuje i drukčiji odnos vrijednosti. Ipak, to je manje vjerojatno, jer je višegodišnji hod srednjih godišnjih vrijednosti slanosti pokazao znatno veće zimsko kolebanje upravo u području Pirana.

Isključujući nejasnoće u 1976., 1977. i 1979., u oba područja zimska gustoća ne razlikuje se puno, a u pojedinim je godinama približna [1].

Od 1973. do 1989., u razdoblju u kojemu se može uspoređivati vrijednosti, u svim su godinama ljetne SIGMA-t vrijednosti više u području II u odnosu na područje I. Kolebanja su u II ravnomjernija i s manjim amplitudama. U prvom dijelu razdoblja (1973. do 1982.) obje krivulje pokazuju iste tijekove u pogledu povećanja/smanjenja vrijednosti. U drugom dijelu (1983. do 1989.) tijekovi imaju suprotne predznake. Najveće razlike u gustoći u oba područja bile su 1974., 1983. i 1985., 2,17, 2,07 i 1,84. Rezultat su promjena nastalih u rasporedu temperature i slanosti u području Pirana.

Prolježno i jesensko stanje u gustoći morske vode znatno se razlikuje od ljetnog i zimskog. Označuju ga velike amplitude u kolebanju SIGMA-t vrijednosti i česte promjene tijekova u hodovima višegodišnjih srednjih vrijednosti. Tako npr. u području Pirana u 15-godišnjem razdoblju (1973. do 1987.) proljetna je gustoća čak devet puta promijenila predznak u hodu (povećanje/smanjenje). U primjeru ovog parametra za oba se područja ne može naglašavati maksimume i minimume. Sastavni su dio ritma u kojemu je kolebao tijekom cijelog razdoblja. Najveća razlika bila je 1986., 2,27. Budući da se radi o srednjacima, razlika je velika. To pokazuje i usporedba ekstremnih vrijednosti. Ovi rezultati potvrđuju stav o odnosu termohalinskih parametara u ova dva područja i njihovom djelovanju poput dvaju potpuno samostalnih sustava.

6. Utjecaj temperature zraka na temperaturu morske vode

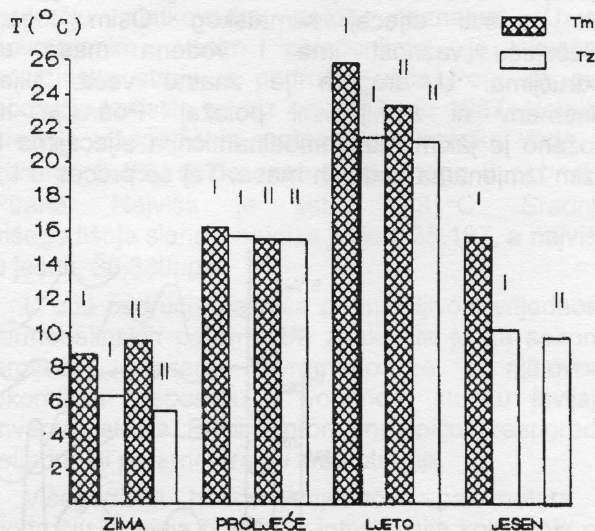
The influence of the air temperature to the sea water temperature

Kakvim intenzitetom temperatura zraka utječe na raspored i veličinu vrijednosti temperature morske vode u dva obrađivana područja, može se ustanoviti usporedbom dosad odvojenih analiza.

Za područja Pirana i Rovinja može se utvrditi da su zimi više temperature mora. Razlika između vrijednosti temperatura zraka i morske vode veća je u području Pirana u odnosu na područje Rovinja. U prvom je tijekom svih godina samo dvaput došlo do promjene u odnosima ova dva parametra u smislu veća/manja vrijednost [2]. To se u području II dogodilo 11 puta ili čak i više [3]. To pokazuje stanovitu nestabilnost obaju parametara. Ljetne i jesenske vrijednosti temperature mora više su od temperatura zraka u obadva područja, ali je jesenska razlika izrazito velika. Osobito u području Rovinja.

Odnos srednjih sezonskih vrijednosti površinske temperature mora i zraka u cijelom istraživanom razdoblju u oba područja, prikazuje se na slici 6. Manjkaju podaci za jesensku sezonu, pa prikaz nije

potpun. Inače, lako se uočavaju rečeni sezonski odnosi, kao i termalni međuodnosi u oba područja.



Slika 6. Srednje sezonske vrijednosti površinskih temperatura morske vode [Tm] i zraka [Tz] (°C) u cijelom istraživanom razdoblju u područjima Pirana i Rovinja

Figure 6. The several-seasonal mean values of the sea water surface temperature (Tm;°C) and air temperature (Tz;°C) in the whole research period in the areas Piran and Rovinj

7. Ekstremne vrijednosti termohalinskih parametara

The extreme values of thermohalines parameters

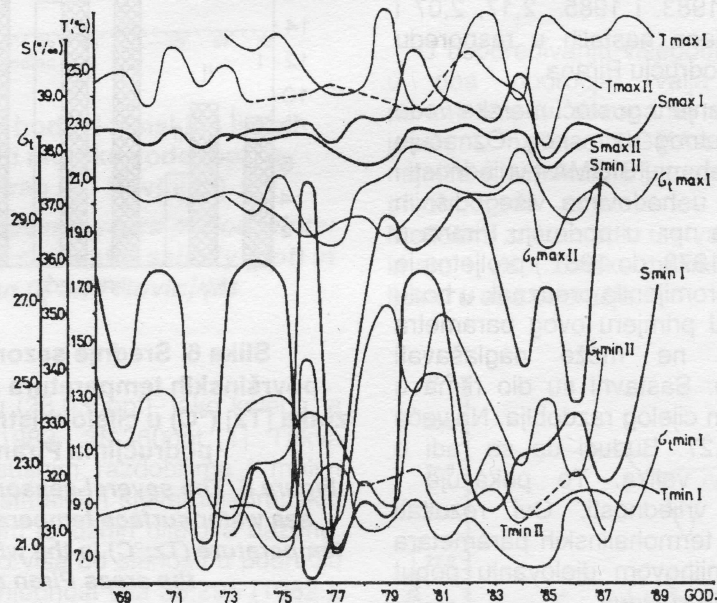
Još je vrijedno razmotriti u kojim se apsolutnim granicama kreću vrijednosti termohalinskih jedinica, odvojeno po područjima. Vrlo visoke termalne vrijednosti morske vode izmjerilo se u području Pirana (Tmax I, slika 7.). U 10 godina bile su 26,00 i više, a 1979. najviša, 27,10°C [2]. U području Rovinj (Tmax II) bile su niže.

Najviše se izmjerilo 1971. i 1982. (25,70 i 25,52°C) [3]. Samo u godinama 1977. i 1984. ekstremne termalne vrijednosti u području I neznatno su više u odnosu na II. Najniže izračunane godišnje vrijednosti također su u području I. U cijelom je razdoblju samo 1973. ekstremno niska termalna vrijednost bila nešto viša u I području u odnosu na II. Ekstremni minimumi u tom području ističu se 1984. i 1985. (6,62 i 6,70°C), a u II 1987., 7,93°C. Nije isključeno da u neko vrijeme ekstremne vrijednosti nisu bile i veće od izmjerenih, ali o takvim slučajima ne postoje podaci. Vrijedno je ustanoviti da se maksimumi u područjima ne javljaju u istim godinama, kao ni ekstremno niske vrijednosti. Ekstremnim maksimumima i minimumima u

području I vjerojatan uzrok je klimatskog značenja. Istodobno je u području II djelovao maritimni regulator, kočnica. Isti je čimbenik uvjetovao nastajanje ekstrema u području II, ili je pak njegov utjecaj bio znatno smanjen, da bi mogao umanjiti, ili čak poništiti utjecaj klimatskog. Osim toga, odlučujuću važnost ima i vodena masa u područjima. U drugom je znatno veća. Nije zanemariv ni zemljopisni položaj. Područje II izloženo je jakim maritimnodinamičnim utjecajima i brzim izmjenama vodenih masa. Taj se proces u I.,

postojanjem lokalnog strujnog sustava, odvija puno tromije.

Ne iznenađuju podaci prema kojima se ekstremni halinski minimumi redovito javljaju u području Pirana, već činjenica da se u istom području zabilježilo i ekstremne maksimume (slika 7.) [2]. Tu dolazi do jakih oslađenja jer dotječu velike količine riječne vode. Međutim, nisu potpuno jasna jaka zaslanjenja, čak veća od onih u području II. Svrha je ovog rada dati odgovore i na te pojave.



Slika 7. Višegodišnji hodovi ekstremnih vrijednosti temperature (°C), slanosti (ppt) i gustoće morske vode u područjima Pirana (I) i Rovinja (II); (isprekidanom crtom označuju se razdoblja u kojima se nije obavljalo mjerenja)

Figure 7. The several-year period of the extreme values of sea water temperature (°C), salinity (ppt) and density in areas Piran (I) and Rovinj (II) (unmeasured periods marked with interstices lines)

Ekstremno visoke halinske vrijednosti u područjima ne razlikuju se puno. Najviše su 1980. i 1984. (1,410 i 1,050ppt). U slučaju ekstremno niskih, stanje je potpuno drukčije. U godinama kad je u jednom području nastupilo veliko oslađenje, u drugom je izostalo i obratno. Tako se 1973. u I. zabilježilo slanost 30,800, a u II. je bila 35,250ppt. Još veća razlika bila je 1979. Osim u 1976., u cijelom razdoblju izmjerilo se niže ekstremne vrijednosti u području I. u odnosu na područje II. Najveća su oslađenja bila 1973 i 1977. (30,870 i 30,620ppt). Najnižu vrijednost u području II izmjerilo se 1976., 30,060ppt. Osim ovog, u I. se zabilježilo još nekoliko velikih oslađenja (slika 7.). Nejčešće ne nastupaju s oslađenjima u području II. Stoga valja isključiti mogućnost po kojoj je voda iz područja Piran dinamičnim poremećajem prenesena u II. Tako se npr. 1976. u području II izmjerilo osobito nisku slanost. Istodobno je u I. bila relativno visoka, 37,380ppt. Takvi slučajevi ponavljali su se u više navrata u cijelom razdoblju. Najvjerojatiji uzrok

oslađenja u II. je u prijenosu manje slane vode iz područja Poa. Djelovanjem lokalnog strujnog sustava u Tršćanskom zaljevu i tromom izmjenom vode s drugim dijelovima sjevernog Jadrana, te oskudnim dotokom slatke vode iz rijeka i visokim stupnjem isparenja, mogu se objasniti ekstremno visoke halinske vrijednosti u području I. Osobito, ako je istočna struja ublažavala ekstreme u II.

Kako se u većem dijelu razdoblja u području I zabilježilo više ekstremne vrijednosti parametara temperature i slanosti u odnosu na područje II, to se moralo odraziti i na gustoću morske vode. Dakle, u uvjetima koje su uspostavile vrlo visoke ili niske vrijednosti rečenih parametara, nastale su ekstremne vrijednosti gustoće, a više ekstremne bile su većim dijelom razdoblja u području Pirana. Razlike u ekstremno visokim vrijednostima gustoće u područjima nisu velike. Najveće su bile 1979. i 1980. (1,44 i 1,58). Samo u četiri godine ekstremno visoka gustoća bila je viša u II., a u drugom dijelu razdoblja u području I. Ekstremno niske vrijednosti

bile su niže u području I, osim u godinama 1976. i 1980. (slika 7.). Stajalište o sustavnoj odvojenosti područja nalazi svoju potvrdu i u analizama vrijednosti gustoće morske vode.

Bilo bi korisno napraviti usporednu analizu rasporeda planktonskih organizama, osobito zooplanktonskih vrsta, raspoređenih u oba područja i ustanoviti kako su se na njih odrazile ovako velike promjene u termohalinskoj strukturi. Dobre rezultate trebalo bi polučiti istraživanje mogućnosti opstanka strogo podijeljenih euri-stenotermnih i euri-stenohalinskih vrsta.

Očigledna je samostalnost u djelovanju dinamičnih mehanizama u oba područja, ali i stanovita povezanost i međuovisnost u pogledu uzroka i posljedica u oblikovanju termohalinske strukture morske vode i njezinim promjenama.

8. Zaključak Conclusion

Šira područja Pirana i Rovinja, unatoč maloj fizičkoj udaljenosti, u većem dijelu godišnjeg razdoblja djeluju kao dva manje/više samostalna termohalinska sustava. U tim okolnostima međuodnosa gotovo i nema, osim u nekim karakterističnim situacijama. Npr. u uvjetima intenzivnog miješanja vodenih masa u širem području. U tim slučajevima morska voda u oba područja ima približna termohalinska obilježja.

U vrijeme puhanja jakog juga (*kopa more*) uspostavlja se sjeverozapadno strujanje u debljem površinskom sloju, ili zbog malih dubina, u cijelom vodenom stupcu. Ta struja, zbog utjecaja Coriolisove sile, oko rta Savudrija skreće u Tršćanski zaljev. Rezultat je dobro izmiješana zaljevska voda s onom iz otvorenog mora.

Na termohalinska svojstva morske vode u području Pirana primarni utjecaj imaju klimatski i hidrološki čimbenici. Maritimni u manjoj mjeri. Povremeno potiču ekstremna i netipična termohalinska stanja. U ovom području su, zbog manje vodene mase prema području II i ograničene kinematičke veze s otvorenim morem, primjetniji učinci isparenja morske vode. *Interpretiralo* se stanja za vremensko razdoblje od 1973. do 1989. Najniža srednja godišnja vrijednost temperature bila je zimska, 7,70, a najviša ljetna, 23,64°C. Najniža srednja višegodišnja slanost je ljetna, 34,140, a najviša zimska, 38,890ppt. Ukupna srednja vrijednost temperature morske vode za cijelo razdoblje u području Pirana je 15,02°C, slanosti 36,888ppt i gustoće $\sigma_t=27,43$.

Područje Rovinja je pod izravnim utjecajem maritimnih čimbenika. U manjoj mjeri kontinentskih. Vodena mu je masa znatno veća nego u području

Pirana. Još i zbog izravne veze s otvorenim morem isparavanje u zaslanjivanju ima sporednu ulogu. Ono ovisi o dinamičnom momentu, ulaznoj sjeverozapadnoj struji uz istočnojadransku obalu. I temperatura djelomice ovisi o toj struji. U ovom je području slatkovodni dotok neznatan. Uzrok povremenim većim oslađenjima je istočna površinska struja iz područja ušća Poa. Za ovo područje koristilo se niz od 1968. do 1987. Najniža srednja višegodišnja temperatura morske vode je zimska, 8,48°, dakle znatno viša nego u području Pirana. Najviša je ljeti, 23,31°C. Srednja višegodišnja slanost najniža je ljeti, 35,197, a najviša u jesen, 38,330ppt.

U oba područja najveća promjenljivost vrijednosti termohalinskih parametara znakovita je za sezone proljeće i jesen. Povremeno se u njihovom okomitom rasporedu u vodenom stupcu javljaju inverzna stanja. Prisilne promjene tipičnih rasporeda vrijednosti parametara su kratkotrajne.

Višegodišnji hodovi vrijednosti parametara u području Rovinja pokazuju intenzivnija kolebanja od 1975./76. do kraja razdoblja. U području Pirana je obratno. Intenzivnija su od početka razdoblja do oko 1980./81.

Literatura

Bibliography

- [1] Bičanić, Z.: Nova saznanja o termohalinskim svojstvima sjevernog Jadrana. Doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Ljubljana, 1992., 186, 193, 196, 200, 205, 207, 210, 281-284.
- [2] Bičanić, Z.: Večletni potek vrednosti temperature, slanosti in gostote morske vode v Piranskem zalivu. *Geografski vestnik*, Vol. 70, Ljubljana, 1992., 45-58.
- [3] Bičanić, Z.: Raščlamba višegodišnjeg hoda vrijednosti termohalinskih parametara u širem području Rovinj, *Naše more*, Dubrovnik, 1988., 195-202.
- [4] Buljan, M. i Zore-Armanda M.: Osnovi oceanografije i pomorske meteorologije, Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split, 1971., 166-168.
- [5] Šekulić, B.: Priopćenje, 2000.
- [6] Vučak, Z.: Strujanje u sjevernom Jadranu u vidu uzroka i posljedica, doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Ljubljana, 1985., 179-182, 225-226.
- [7] Banka podataka (1909. do 1990.), Hrvatski hidrografski institut, Split.
- [8] Banka podataka (1967. do 1990.), Centar za istraživanje mora, Rovinj, Institut *Ruđer Bošković*, Zagreb.
- [9] Datoteka (1967. do 1990.), Morska biološka postaja, Piran.
- [10] Meteorološki godišnjak (1949. do 1984.), Savezni hidrometeorološki zavod, Beograd.
- [11] Pomorski zemljovid (1999.), karta *Rijeka - Venezia* (INT 3410), 1:250000, Hrvatski hidrografski institut, Split.

Rukopis primljen: 28.2.2002.