

UDK 551.464 (497.4)
551.464 (497.5)

USPOREDBA TERMOHALINSKIH STANJA MORSKE VODE U MIKROPODRUČJIMA PIRAN I ROVINJ

ZLATIMIR BIČANIĆ, ZVONKO HELL i DRAŽEN JAŠIĆ

Izvadak:

Šira područja Piran i Rovinj, unatoč maloj fizičkoj razdaljini, najčešće djeluju kao dva potpuno odvojena termohalinska sustava. To se želi dokazati usporedbom kretanja termohalinskih vrijednosti u ova dva područja u dužem vremenskom razdoblju. Na termohalinska svojstva morske vode u području Piran prevladavajući utjecaj imaju kontinentalskoklimatski i hidrološki čimbenici. U području Rovinj primarni su maritimni. Razlikama pridonosi i činjenica da je vodena masa u području Rovinj više od dvostruko veća glede područja Piran. Uočen je značajan utjecaj temperature zraka na temperaturu morske vode, slatkovodni dotok i halinski utjecaj iz sjevernog Jadrana, te osobita važnost dinamike morske vode (morske struje) u razmještanju vodenih masa različitih termohalinskih obilježja. Prisutne su značajne razlike između područja u ekstremnim vrijednostima, njihovim tijekovima, kao i u sezonskom opstojanju samostalnog termohalinskog i dinamičnog sustava u području Piran.

Ključne riječi:

termohalinski; klimatski; termohalinska struktura; ekstremi

THE PARALLEL TERMOHALINE SITUATION OF THE SEA WATER IN THE MICRO AREAS PIRAN AND ROVINJ

Abstract:

Wide areas of Piran and Rovinj in spite of small natural distance, in most cases function as two completely termohaline systems. The aim of this article is to prove the fact of manual fluctuation of termohaline values in two similar and nears chore areas during longer time period. On the termohaline characteristics of sea water in Piran area overcome influence have continental/climate and hydrologic factors. In Rovinj area maritime factors are primar. To the differences also contribute fact that the water masse of Rovinj area is twice in comparisons with Piran area. It is observable significant influence of air temperature on the sea water temperature, fresh-water inflow and haling influence from north Adriatic, and extraordinary value of sea water dynamic (currents) in displacing of different water masses with different termohalin

characteristics. There were exist significantly differences between this two areas in extreme values and them course, as in the season existing of independent dynamic system in Piran area.

Key words:

termohalin; climate; termohalin structure; extremis

UVOD

Na temohalinsku strukturu morske vode u sjeverozapadnom dijelu jadranskog bazena zemljopisni položaj i geomorfološke značajke imaju znatno većeg utjecaja glede južnijih područja.

Svrha ovog rada ustanoviti je opravdanost mišljenja o znatnijim promjenama vrijednosti klimatskih elemenata i njihovih sezonskih kolebanja. Rad treba pružiti prilog razrješenju dvojba o rečenom problemu jer se takove promjene moraju intenzivno odraziti i na vrijednost termohalinskih jedinica. Značenje temi daje pokušaj usporedbe dvaju fizički bliza područja, ali sa znatnim razlikama u klimatskim, geomorfološkim i maritimnim značajkama.

Područje Piran (u daljem tekstu I) smješteno je za oko 30 nautičkih milja sjevernije i površinski je gotovo dvostruko manje (sl. 1) od područja Rovinj (u daljem tekstu II). Manje su mu dubine, pa tako i obujam vodene mase. U I području očevidan je naglašen hidrološki utjecaj. Ulijevaju se znatne količine slatke vode, osobito iz pritoka na sjevernoj obali Tršćanskog zaljeva. Zbog malog obujma vodene mase hidrološki je utjecaj izraženiji, kao i velika oslađenja morske vode.

U II području oskudniji je riječni dotok (rijeka Mirna). Utemeljena je pretpostavka da su u nekim sezonama umjerena oslađenja izazvana dotokom slađe površinske vode istočnom strujom iz rajona rijeke Po. Ova je voda i nešto hladnija (VUČAK, 1985.). U ovom području dubine su nešto veće, do 40 m.

Unatoč maloj fizičkoj razdaljini između mikropodručja Piran i Rovinj, geomorfološki

čimbenik i zemljopisni položaj uvjetovali su specifičnosti u dinamici morske vode i na taj način osobitosti u termohalinskim strukturama vodenih masa. Tomu je pridonijela i različitost u borealnom i maritimnom utjecaju. Obadva su područja priobalna, ali je njihova izloženost borealnim i maritimnim utjecajima jako različita.

U području Piran utjecajnu prevagu imaju borealni, a u području Rovinj maritimni čimbenici. I područje je većim dijelom smješteno u zaljevu (sl. 1) pa su klimatski utjecaji, (prvom redu vjetar i temperatura zraka) izrazito kontinentskog obilježja. Fizički je većim dijelom zaklonjeno od utjecaja s otvorenog mora. Smješteno je izvan općeg strujnog jadranskog sustava. U ovom području opstoji parcijalni strujni sustav.

Područje Rovinj je na putu ulazne istočno-jadranske struje (BULJAN & ZORE-ARMANDA, 1971.). Njezin najsjeverniji ogranak prolazi uz zapadnoistarsku obalu. U području Savudrija ciklonski mijenja smjer. U normalnim okolnostima 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 oscilacija (osobito ljeti u površinskom sloju). U priobalnim područjima prevladavajući utjecaj ispoljava na "srednje struje" (VUČAK, 1985.).

METODE RADA

Budući su obadva područja priobalna, u termohalinskim raščlambama više pozornosti

treba posvetiti još jednom klimatskom elementu - temperaturi zraka. Temeljito raščlambom 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 pristup trebao bi se temeljiti na raščlambi i uspoređivanju podataka u mjesečnim i sezonskim rokovima, a ne u višegodišnjem razdoblju. Međutim, budući je u ukupnom istraživanju operirano srednjim vrijednostima, drži se ispravnim na isti način postupati i u ovom radu.

Postoje i drugačija mišljenja, odnosno ona koja podržavaju raščlambe vrijednosti termohalinskih jedinica i klimatskih elemenata u duljim vremenskim rokovima, višegodišnjim hodovima. Drži se da su rezultati o promjenama ovih vrijednosti i tijekovi (tendencije) njihovih kretanja, dobiveni takovim načinima (metodološkim pristupom), prihvatljivi.

Napravljena je višegodišnja sezonska raščlamba. Pod zimom se podrazumijevaju mjeseci siječanj, veljača i ožujak itd. Poglavitom su korišteni podaci iz prvih mjesečnih dekada.

PODACI

Razvrstani su i obrađeni podaci o vrijednostima temperature, slanosti i gustoće morske vode i tumačena (interpretirana) karakteristična termohalinska stanja u dužem vremenskom razdoblju (od 1973 do 1989. za područje Piran i od 1968 do 1987. za područje Rovinj). Mjerila za izbor bile su maritimne i klimatske značajke. Također i broj obavljenih mjerenja, odnosno, količina obrađenih i sirovih podataka.

Korišteni meteorološki podaci prikupljeni su 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 rečenih, korišteni su i podaci s meteoroloških postaja Rovinj, Pula i Mali Lošinj (BIČANIĆ, 1992.).

Temeljni izvori su: Banka podataka DHI, Split, Banka podataka Cim, Rovinj, datoteka MBP, Piran i Meteorološki godišnjaci.

PODRUČJE

I područje (Piran) priobalno je i obuhvaća južni dio Tršćanskog zaljeva (sl. 1). Omeđeno je spojnicama točaka: rt Savudrija, P1- $\varphi=45^{\circ}30,0'N$ $\lambda=13^{\circ}20,0'E$, P2- $\varphi=45^{\circ}34,3'N$ $\lambda=13^{\circ}20,0'E$ i rt Debeli. Dubine su male (ne prelaze 30 m), a kontinentsko klimatski utjecaj vrlo je velik. Na kvalitetu morske vode znatno utječu slatkovodni dotoci s obala, osobito sa sjeverne.

II područje (Rovinj) gotovo je dvostruko veće. Priobalno je također, ali dosta široko. U prosjeku oko 12M. Omeđeno je spojnicama 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- $\varphi=45^{\circ}15,0'N$ $\lambda=13^{\circ}03,7'E$. Dubine su manje od 40 m. Područje je na putu ulaznoj sjeverozapadnoj jadranskoj struji, a do njega dopiru i vodene mase prenošene povremenom istočnom strujom iz područja ušća Poa.

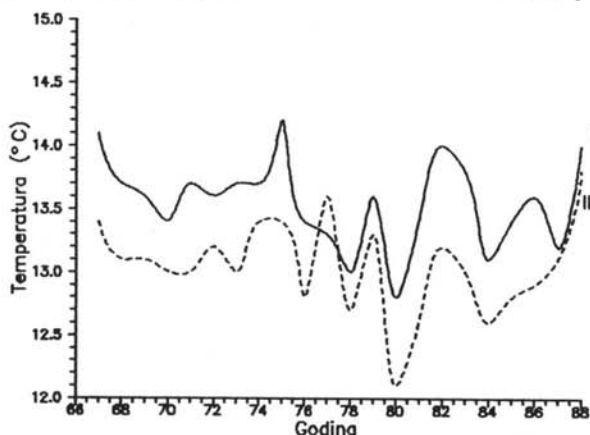


Sl. 1 - Mikropodručja Piran i Rovinj
Fig. 1 - The microareas of Piran and Rovinj

Od slatkovodnih dotoka najbliže je ušće rijeke Mirne kraj Novigrada. Područje je pod izravnim kontinentalskoklimatskim (hladni vjetrovi i zračne mase iz sjevernih kvadranta i kontinentne temperature) i utjecajem s otvorenog mora.

REZULTATI RADA TEMPERATURA ZRAKA I MORSKE VODE

Srednja godišnja temperatura zraka (od 1967 do 1988.) u području Piran u svim je godinama viša glede područja Rovinj, osim 1977. Nakon pada od početka razdoblja (sl. 2), temperatura slijedećih sedam godina umjerenoko leba. Velik maksimum bio je 1975., 14,20 °C. Osim maksimuma u 1967. (14,10 °C) zabilježena su 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 Rovinj, 12,10 °C. Razlika ne izgleda velika, ali budući se radi o srednjim vrijednostima, ona to ipak jeste.



Sl. 2 - Višegodišnji hod srednjih godišnjih vrijednosti temperature zraka (°C) u I (meteorološke postaje Koper-Semedela i Portorož) i II području (Rovinj i Poreč) (Meteorološki godišnjaci)

Fig. 2 - The multi-year flow of the average annual value of the air temperature (°C) in the area I (the meteorological station Koper-Semedela and Portorož) and in the area II (Rovinj and Poreč) (Meteorological annuals)

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

Na sličan način obavljeno je uspoređivanje srednjih godišnjih vrijednosti i "marinskih" jedinica (temperature, slanosti i gustoće morske vode) u obadva područja. Nastali su problemi zbog nepotpunih podataka. Za I područje manjkaju podaci za razdoblje od 1973 do 1989., a u II mjerjenja u svim sezonama nisu obavljena od 1968 do 1977. To je razlog da nisu izračunane srednje godišnje vrijednosti (Bičanić, 1992.).

Na slici 3 predstavljeni su višegodišnji hodovi sezonskih vrijednosti temperatura morske vode u obadva područja (Bičanić, 1992.). Produkt su djelovanja vanjskih i unutarnjih čimbenika koji, osim što uvjetuju

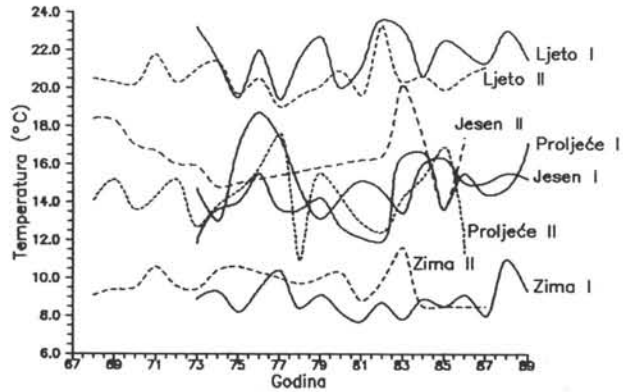
premještanje vodenih masa, uvjetuju i njihovo kvalitativno oblikovanje (promjene termohalinskih struktura) u prostornom i vremenskom opsegu.

Razlika termalnih vrijednosti morske vode u dva istraživanja 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 II području. To je prozrokovano maritimnim utjecajem iz južnijeg dijela jadranskog bazena sa znatno višim temperaturama. 1983. zimska temperatura zraka u I području bila je znatno viša glede II (sl. 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 poništio klimatski i još napravio znatnu prevagu. Najmanja zimska razlika bila je 1984., 0,41 °C (sl. 3). Te godine temperatura zraka bila je viša u I području. 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 glede zimskog. Izuzetak je stanje u 1980., a gotovo izjednačene su 1974, 1975, 1984 i 1987. (sl. 3). U rečenim godinama ljetne temperature zraka više su u I području, pa znači da je razlog gotovo izjednačenim vrijednostima temperatura morske vode dotok toplije površinske iz južnijih kvadranta u II područje. Na oblikovanje ljetne termalne strukture prevladavajući utjecaj u području Piran imao je klimatski, a u području Rovinj, maritimni utjecaj. Najveće razlike bile su u godinama: 1973, 1978, 1983 i 1985. Općenito viša ljetna temperatura u I području vjerojatno je uvjetovana višom temperaturom zraka. Značajan prilog tomu je i činjenica da su dubine (visine vodenog stupca) u I području znatno manje.

Zanimljiva su proljetna i jesenska stanja. Krivulje se međusobno isprepliću. 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 često susreće se pojava jednogodišnjeg/višegodišnjeg porasta/pada temperature u jednom i potpuno suprotan istovremeni tijek ovog parametra u drugom području. Iz toga slijede velike razlike u vrijednostima u ova dva područja. Najveća proljetna razlika bila je



Sl. 3 - Višegodišnji hod sezonskih vrijednosti temperature morske vode u područjima I (Piran) i II (Rovinj)

Fig. 3 - The multi-year flow of the seasonal values of the sea water temperature in the areas I (Piran) and II (Rovinj)

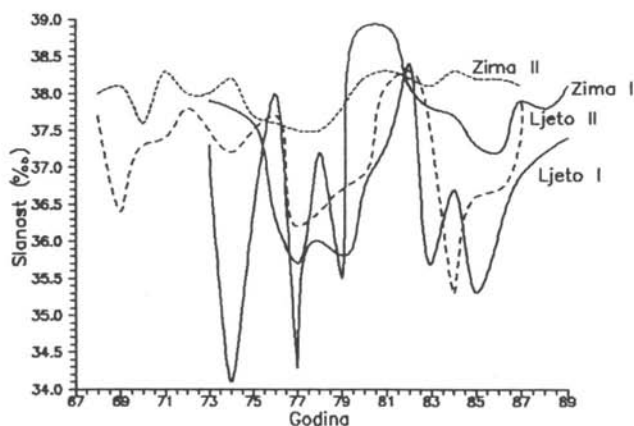
1986., 4,16 °C. Viša temperatura bila je u području Piran, a najveća jesenska 1983., 6,80 °C (sl. 3) (BIČANIĆ, 1992.). Zakonitosti u kretanju i međuođnose ne može se točno odrediti osim već rečenog, o većem/manjem utjecaju vanjskih i unutarnjih čimbenika. Prostorno šira raščlamba vjerojatno bi polučila prihvatljivije rezultate. Odnosi se na raščlambu termohalinskog stanja u području najmanje cijelog sjevernog Jadrana, istočnog dijela srednjeg i znatno šireg kontinentanskog pojasa. U raščlamba bi valjalo uključiti i više klimatskih elemenata.

SLANOST MORSKE VODE

Na raspored vodenih masa određene slanosti utječu isti čimbenici kao i u primjeru temperature samo 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 prouzrokuju nastajanje gradijentnih struja i općenito, dinamike vodenih masa. Prijenosom i premještanjem manjih ili većih

vodenih masa neprekidno se mijenja vertikalni i horizontalni raspored vrijednosti parametara temperature, slanosti i gustoće, odnosno, smanjuju/povećavaju njihovi gradijenti.

Zbog stanovite ujednačenosti u jednom, te velikih kolebanja vrijednosti u drugom području, vrijedno je usporediti višegodišnje hodove halinskih vrijednosti u sezonama zima - ljeto. Općenito viša slanost zimi vladala je u području Rovinjs (sl. 4) osim u godinama 1980 i 1981. Srednje zimske vrijednosti 1982. bile su približne (razlika je 0,025ppt). U području Rovinjs višegodišnja kolebanja nisu velika, a ukupna srednja zimska vrijednost u cijelom razdoblju je 38,027ppt (Bičanić, 1992.). Iz višegodišnjih srednjih sezonskih vrijednosti vidi se da nekih osobito jakih poremećaja u halinskoj strukturi u II području nije bilo. To je rezultat utjecaja sjeverozapadnog strujanja uz zapadnoistarsku obalu. Protok vode visoke slanosti uz obalu s povoljnom konfiguracijom djelovao je stabilizirajuće u dužem vremenskom razdoblju. Uzrok visoke slanosti je i manji riječni dotok, osobito zimi. U godinama kad je zimska slanost u području Piran viša glede područja Rovinjs, nastupio je poremećaj u rasporedu ovog parametra. Može objasniti



Sl. 4 - Višegodišnji hod zimskih i ljetnih vrijednosti slanosti morske vode (ppt) u području Piran (I) i Rovinjs (II)

Fig. 4 - The multi-year flow of the winter and summer values of the sea water (ppt) in the area of Piran (I) and Rovinjs (II)

se 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 zadržati duže zbog većeg smanjenja slatkovodnih dotoka. Zimi je to uobičajeno. Moguće je u međuvremenu morska voda u području Rovinjs oslađena dotokom slađe, površinskom strujom iz područja Poa (Vučak, 1985.).

Srednja vrijednost 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). 1973/74. u I području slanost je naglo opala s 37,260 na 34,140ppt. Do ljeta 1976. raste do prvog maksimuma u razdoblju (38,030ppt), jako koleba, a najvišu vrijednost ima 1982., 38,360ppt (Bičanić, 1992.). Takova 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 II području u kojemu je najviša

vrijednost bila 38,295 (1982.), a najniža 35,297ppt (1984.). 1974. u I području slanost je jako smanjena. Iste godine u II području pad je bio mali. Do 1982. ritam je podudarao, ali su amplitude različite. 1983/84. tijekom u kretanju ljetnih vrijednosti imaju suprotan predznak. U području Rovinjs slanost opada, a u području Piran se povećava. Slijedeće godine bilo je obratno.

U području Rovinjs srednja proljetna vrijednost slanosti u cijelom proljetnom razdoblju koleba između

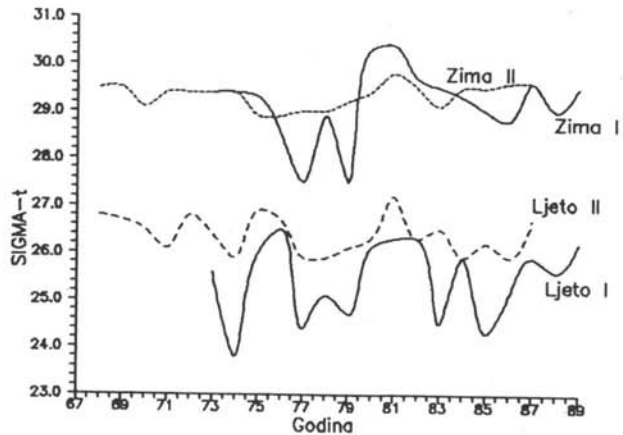
37,000 i 38,000ppt, osim između 1975 i 1978. kada se spušta na najnižu vrijednost (1977. je 35,386ppt). Srednja proljetna slanost u području Piran u višegodišnjem hodu ima čak četiri minimuma, 1975, 1977, 1984 i 1986. i dva izrazita maksimuma, 1976 i 1981. (Bičanić, 1992.). Razlog tako velikom zaslanjenju u I području ranije je obrazložen, a jaka oslađenja vjerojatno su uslijedila nakon dugotrajnih kišnih razdoblja i obilnog dotoka slatke vode iz rijeke (otapanje snijega). Međutim, nije isključeno da stanoviti udio u oslađenju ima i povratni ogranak

ciklonskog smjera površinske struje iz II područja. Poriijeklo joj je u području Poa (Vučak, 1985.). Krivulje koje predstavljaju proljetno stanje u obadva područja ne pokazuju nikakvu ritmičnu zakonitost u međusobnom odnosu. Kao i u primjeru termalnih odnosa, može pretpostaviti se da ova dva područja, unatoč maloj fizičkoj razdaljini, u većem dijelu istraživanog razdoblja djeluju kao dva potpuno samostalna sustava.

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

GUSTOĆA MORSKE VODE

U uspoređivanju višegodišnjih vrijednosti gustoće u obadva područja valja raščlaniti vrijednosti parametara u sezonama zima - ljetno, proljeće - jesen. U načelu, prve su najviše i najniže vrijednosti, u prvom redu uvjetovane



Slika 5 - Višegodišnji hod zimskih i ljetnih vrijednosti gustoće morske vode u području Piran (I) i Rovinj (II)

Fig. 5 - The multi-year flow of the winter and summer values of the sea water density in the area of Piran (I) and Rovinj (II)

termalnim čimbenikom. Međutim, znatan udio u stvaranju vrijednosti gustoće imaju i više zimske halinske vrijednosti. odnosno ljetne u obadva područja.

Neveliko zimsko halinsko kolebanje u II području (sl. 4) i nešto veće, ali umjereno i ritmički relativno pravilno termalno, uvjetuju prilično stabilne godišnje vrijednosti gustoće. Na slici 5 krivulje srednjih godišnjih vrijednosti za I i II područje znatno se razlikuju i predstavljaju relativno stabilan višegodišnji hod vrijednosti u području Rovinj. Promjenljiv u području Piran. Takav izgled krivulja valja promatrati s stanovitim oprezom. Podaci za II područje nisu potpuni, pa nije isključen i drugačiji odnos vrijednosti. Ipak, to je manje vjerojatno jer višegodišnji hod srednjih godišnjih vrijednosti slanosti pokazao je znatno veće zimsko kolebanje upravo u području Piran. Isključujući nejasnoće u godinama 1976, 1977 i 1979., u obadva područja zimska gustoća ne razlikuje se puno, a u pojedinim je godinama približna (Bičanić, 1992.).

Od 1973 do 1989., u razdoblju u kojem se može uspoređivati vrijednosti, u svim su godinama ljetne više u II području glede I.

Kolebanje je prilično ravnomjerno i s manjim amplitudama. U prvoj polovici razdoblja oba-dvije krivulje pokazuju iste tijekove u pogledu povećanja/smanjenja vrijednosti. U drugom dijelu tijekom imaju suprotne predznake. Najveće razlike u gustoći u obadva područja bile su 1974, 1983 i 1985., 2,17, 1,07 i 1,84. Rezultat su promjena nastalih u rasporedu temperature i slanosti u području Piran.

Proletno i jesensko stanje u gustoći morske vode znatno se razlikuje od pređašnje dvije sezone. Obilježeno je velikim amplitudama i čestim promjenama predznaka u tijeku kretanja višegodišnjih srednjih vrijednosti. Tako na pr. u području Piran u 15-godišnjem razdoblju (1973 do 1987.) proljetna je gustoća čak devet puta promijenila predznak u hodu (povećanje/smanjenje) (BIČANIĆ, 1992.). U primjeru ovog parametra za obadva 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 se radi o srednjacima, razlika je velika. To pokazuje i usporedba ekstremnih vrijednosti. Predstavlja ne samo slučajeve, već i potpuna ekstremna stanja. Ovi rezultati potvrđuju mišljenje o odnosu termohalinskih parametara u ova dva područja i njihovom djelovanju kao dva potpuno samostalna sustava.

UTJECAJ TEMPERATURE ZRAKA NA TEMPERATURU MORSKE VODE

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

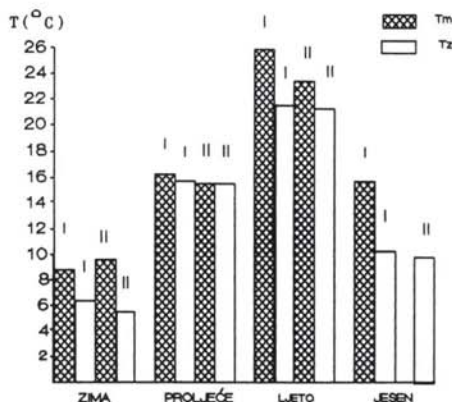
Za područja Piran i Rovinj može se utvrditi da su zimi više temperature mora. Razlika između vrijednosti temperatura zraka i morske vode veća je u području Piran glede područja Rovinj. U prvom je tijekom svih godina samo dva puta došlo do promjene u odnosima ova

dva parametra u smislu veća/manja vrijednost (BIČANIĆ, 1998.). To su u II području dogodilo 11 puta ili čak i više (BIČANIĆ, 1998.). To pokazuje stanovitu nestabilnost obadva parametra. Ljetne i jesenske vrijednosti temperature mora više su od temperatura zraka u obadva područja, ali je jesenska razlika izrazito velika. Osobito u području Rovinj.

Odnos srednjih sezonskih vrijednosti površinske temperature mora i zraka u cijelom istraživanom razdoblju u obadva područja, prikazan je grafički na slici 6. Manjkaju podaci za jesensku sezonu (BIČANIĆ, 1992.). pa prikaz nije potpun. Inače, sam vizualni pregled vjerno predstavlja rečene sezonske odnose, kao i termalne međuodnose u obadva područja.

EKSTREMNE VRIJEDNOSTI TERMOHALINSKIH JEDINICA (parametara)

Još je vrijedno razmotriti u kojim se apsolutnim granicama kreću vrijednosti termohalinskih jedinica, odvojeno po područjima. Vrlo

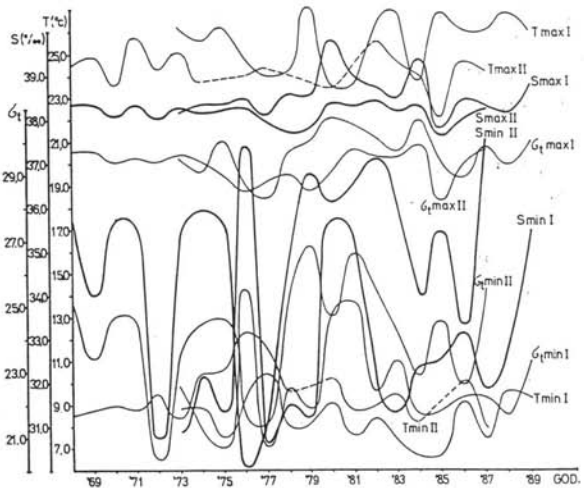


Sl. 6 - Grafički pregled odnosa srednjih sezonskih vrijednosti površinskih temperatura morske vode (Tm) i zraka (Tz) (°C) u cijelom istraživanom razdoblju u područjima Piran i Rovinj

Fig. 6 - The diagram of the relations of the average seasonal values of the sea surface (Tm) and (Tz) (°C) temperatures in the whole researched period in the areas of Piran and Rovinj

visoke termalne vrijednosti morske vode izmjerene su u području Piran ($T_{max I}$, sl. 7). Čak u 10 godina bile su 26,00 i više, a 1979. najviša, 27,10 °C (BIČANIĆ, 1998.). U području Rovinj ($T_{max II}$) bile su niže. Najviše zabilježene su 1971. i 1982. (25,70 i 25,52 °C) (BIČANIĆ, 1998.). Samo u godinama 1977. i 1984. ekstremne termalne vrijednosti u području I neznatno su više glede 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 glede 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 takovim slučajevima ne postoje podaci. Vrijedno je ustano-viti da se maksimumi u područjima ne javljaju u istim godinama, kao ni ekstremno niske vrijednosti. Ekstremnim maksimumima i minimumima u I području vjerojatan uzrok je klimatskog značenja. Istovremeno je u II području djelovao maritimni "regulator", "kočnica". Isti je čimbenik uvjetovao nastajanje ekstrema u II području, ili je pak njegov utjecaj bio znatno smanjen, da bi mogao umanjiti, ili čak poništiti utjecaj klimatskog. Osim toga, od presudnog je značenja i vodena masa u području. U drugom je veća više od dvostruko. Nije za zanemariti ni zemljopisni položaj. II područje izloženo je jakim maritimnodinamičnim utjecajima i brzim izmjenama vodenih masa. Taj se proces u I, postojanjem lokalnog strujnog sustava, odvija daleko tromije.

Ne iznenađuju podaci po kojima se ekstremni halinski minimumi redovito javljaju u području Piran, već činjenica da su u istom području zabilježeni i ekstremni maksimumi (sl.



Sl. 7 - Višegodišnji hod ekstremnih vrijednosti temperature (°C), slanosti (ppt) i gustoće morske vode u području Piran (I) i Rovinj (II) (isprekidanim crtom označena su razdoblja u kojima mjerenja nisu obavljena)

Fig. 7 - The multi-year extreme values of the sea water temperature (°C), salinity (ppt) and density in the area of Piran (I) and Rovinj (II) (the periods in which there were no measurements are marked by the broken line)

7) (BIČANIĆ, 1998.). Tu dolazi do jakih oslađanja jer dotječu velike količine riječne vode. Međutim, nisu potpuno jasna jaka zaslanjenja, čak veća od onih u II području.

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 drugačije. U godinama kad je u jednom području nastupilo veliko oslađanje u drugom je izostalo i obratno. Tako je 1973. u I zabilježena slanost 30,800, a u II je bila 35,250ppt. Još veća razlika bila je 1979. Osim u 1976., u cijelom razdoblju izmjerene su niže ekstremne vrijednosti u I području glede II. Najveća oslađenja su u godinama 1973 i 1977. (30,870 i 30,620ppt). Najniža vrijednost u II području izmjerena je 1976., 30,060ppt. Osim ovog, u I je zabilježeno još nekoliko velikih oslađenja (sl. 7). Najčešće ne nastupaju s oslađenjima u II području. Stoga valja isključiti mogućnost po kojoj je voda iz

područja Piran dinamičnim poremećajem prenošena u II. Tako je na pr. 1976. u II području izmjerena osobito niska slanost. Istovremeno je u I bila relativno visoka, 37,380ppt. Takovi slučajevi ponavljali su se u više navrata u cijelom razdoblju. Najvjerojatniji uzrok oslađenja u II je u prijenosu manje slane vode iz područja Poa i Kvarnera. 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 isparavanja, mogu objasniti se ekstremno visoke halinske vrijednosti u I području. Osobito, ako je istočna struja ublažavala ekstreme u II.

Budući su u većem dijelu razdoblja u I području zabilježene više ekstremne vrijednosti parametara temperature i slanosti glede 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 Piran, također. 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 I području. Ekstremno niske vrijednosti bile su niže u I području, osim u godinama 1976 i 1980. (sl. 7). Mišljenje o sustavnoj odvojenosti područja i u raščlanama vrijednosti gustoće morske vode nalazi svoju potvrdu.

Bilo bi korisno napraviti usporednu raščlambu rasporeda planktonskih organizama, osobito zooplanktonskih vrsta, raspoređenih u obadva 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 obadva područja,

ali i stanovita povezanost i međuovisnost u pogledu uzroka i posljedica u oblikovanju termohalinske strukture morske vode i njezinim promjenama.

ZAGLAVAK

Šira područja Piran i Rovinj, unatoč malo fizičkoj razdaljini, najčešće djeluju kao dva potpuno samostalna termohalinska sustava. U tim okolnostima međudnosa gotovo i nema, osim u nekim karakterističnim situacijama. Na pr. u uvjetima intenzivnog miješanja vodenih masa u širem području. U tim slučajevima morska voda u obadva područja ima približna termohalinska obilježja.

U vrijeme puhanja jakog juga ("kopa more") uspostavlja se sjeverozapadno strujanje u debelom 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 Piran primarni utjecaj imaju klimatski i hidrološki čimbenici. Maritimni u manjoj mjeri. Povremeno podstiču ekstremna i netipična termohalinska stanja. U ovom području su, zbog male vodene mase i ograničene kinematičke veze s otvorenim morem, značajni učinci isparavanja.

Za ovo područje (I) razlagana (interpretirana) su 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 Piran je 15,02 °C, slanosti 36,888ppt i gustoće 27,43.

Područje Rovinj je pod izravnim utjecajem maritimnih čimbenika. U manjoj mjeri kontinentskih. Vodena mu je masa znatno veća glede

područja Piran. 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 manji. Uzrok povremenim većim oslađenjima je istočna površinska struja iz područja ušća Poa.

Za ovo područje korišten je niz od 1968 do 1987. najniža srednja višegodišnja temperatura morske vode je zimska, 8,48 °C, dakle znatno viša glede područja Piran. Najviša je

ljeti, 23,31 °C. Srednja višegodišnja slanost najniža je ljeti, 35,197, a najviša u jesen, 38,330ppt.

U obadva područja najveća promjenljivost vrijednosti parametara znakovita je za sezone proljeće i jesen. Povremeno se u vertikalnom rasporedu javljaju inverzna stanja. Prisilne promjene tipičnih rasporeda vrijednosti parametara su kratkotrajne.

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

LITERATURA

Bičanić, Z. (1992.): Nova saznanja o termohalinskim svojstvima sjevernog Jadrana. Doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Ljubljana, 186, 193, 196, 200, 205, 207, 210, 281-284.

Bičanić, Z. (1998.): Večletni potek vrednosti temperature, slanosti in gostote morske vode v Piranskem zalivu. Geografski vestnik, Filozofska fakulteta, Ljubljana, u tisku.

Bičanić, Z. (1988.): Raščlamba višegodišnjeg hoda vrijednosti termohalinskih parametara u širem području Rovinj. Naše more, Dubrovnik, u tisku.

Buljan, M. i M. Zore-Armanda (1971.): Osnovi oceanografije i pomorske meteorologije. Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split, 166-168.

Vučak, Z. (1985.): Strujanje u sjevernom Jadranu u vidu uzroka i posljedica. Doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Ljubljana, 179-182, 225-226.

Banka podataka, Državni hidrografski institut, Split.

Banka podataka, Centar za istraživanje mora, Rovinj.

Datoteka, Morska biološka postaja, Piran.

Meteorološki godišnjak (1949-1984.), ex Savezni hidrometeorološki zavod, Beograd.

SUMMARY

THE PARALLEL TERMOHALINE SITUATION OF THE SEA WATER IN THE MICRO AREAS PIRAN AND ROVINJ

by ZLATIMIR BIČANIĆ, ZVONKO HELL and DRAŽEN JAŠIĆ

The attempt to compare two physically close areas that have considerable differences in climatic, hydrologic, geomorphologic and maritime features, makes this topic interesting. Despite a short distance from each other, micro areas of Piran and Rovinj, with their geomorphic factors and geographic location, created specific features in the dynamics of sea water, thus producing specific thermohalic structures of water masses. Both areas are coastal, but their exposure to borcal and maritime influences are vastly different. The area of Piran is mainly influenced by borcal, while the area of Rovinj is mainly influenced by maritime factors.

The methodical approach is determined by the separated values of thermohalic parameters in steps of several-year periods. The processed and distributed data refers to temperature values, salinity and density of sea water, along with interpretations characteristic thermohalic states over a longer period of time (from 1973 to 1989 for the area of Piran, and from 1968 to 1987 for the area of Rovinj). The criteria for choosing was determined by the maritime and climatic features.

Adequate importance was placed on the temperature of air and its direct influence on the temperature of sea water. The annual mean temperature of air (from 1967 to 1988) was during all these years higher in the area of Piran than the Rovinj area, with the exception of 1977.

The difference of thermal values of sea water in the two examined areas during the winter is not great. The summer temperature of sea water is the highest, but the thermal relation between the areas is opposite, in rela-

tion to winter. The exception is 1980, while they are almost equal in 1974, 1975, 1984 and 1987. The climatic influence on the summer thermal structure was dominant in the area of Piran, while the maritime influence prevailed in the area of Rovinj. Thermal curves for the springtime and fall are tangled with each other. The spring variations are as intensive as the fall variations, while the flows of values from increase to decrease often have opposite signs. This is why great differences in temperature values are created in these two areas. More climatic elements should be included in the breakdown of these values.

Generally, a greater salinity during winter existed in the area of Rovinj. A possible explanation is the transport of sea water with exceptionally high salinity from the middle Adriatic. Multiple-year variations in the 1st area are very high and range between 35.47 ppt (1979) to 38.98 ppt (1981). The salinity also varies greatly during the summer, but the variations are much greater in the 1st area. Curves representing springtime values in both areas do not show any rhythmic regularity when compared to each other. Just like with thermal relations, it can be assumed that these two areas, for the greater part of the period of examination, function as two completely independent systems.

The winter density does not differ much in these two areas, and during several years is very similar. The SIGMA-t values are higher in area II than I. Spring and fall state of sea water density differs greatly from the values during the two receding seasons. It features great amplitudes and frequent changes of sign during the flow of multiple-year mean values.

Very high extreme thermal values of sea water were measured in the area of Piran. The Rovinj area had lower values. The extreme maximums and minimums in area I is probably caused by climatic factors. Simultaneously, the maritime factor influenced area II. It is no surprise to see data according to which the extreme halinic minimums as a rule appear in the area of Piran. What does surprise us is the fact that the same area registers extreme maximums as well. Great desalinization occur in this area because of the inflow of large quantities of fresh water from the rivers. On the other hand, it is hard to explain great salinisation, even greater than those in area II. Extremely high halinic values in the areas do not differ much. In the years when great salinisation occurred in one area, the other had none, and vice versa. In the greater part of the examined period, area I showed higher extreme values of temperature parameters and salinity, as compared to area II. This had a bearing on the density of sea water. Higher extreme SIGMA-t values existed in the greater part of the examined period in the Piran area.

The thermohalic features of sea water in the area of Piran was primarily under the influence of climatic and hydrologic factors. Maritime factors were not as influential. They do, however, stimulate extreme and untypical

states occasionally. Due to small water mass and limited cinematic contact with open sea, the evaporation effects in this area are significant.

The area of Rovinj is under direct influence of maritime factors. Continental factors are not as strong. The water mass is significantly greater than the Piran area. Because of the direct contact with open sea, the evaporation plays a minor role in the desalinization process. This depends on the dynamic momentum, the incoming north-western current along the eastern Adriatic coast. The temperature partially depends on this current. The inflow of fresh water in this area is smaller. The cause for the occasional increased desalinization is the eastern surface current coming from the river Po delta.

Multiple-year flows of parameter values in the area of Rovinj show intensive variations from 1975/76 to the end of the period. The Piran area is just the opposite. They are more intensive from the beginning of the period until app. 1980/81.

The independent of influences provided by dynamic mechanisms in both areas is obvious, but so is a certain connection and dependence on the causes and consequences in forming thermohalic structures of sea water and its transitions.

**dr. sc. Zlatimir Bičanić, izvanredni profesor,
Nastavnik na Pomorskom fakultetu
Sveučilišta u Splitu, 21000 Split, Zrinsko
Frankopanska 38**

**dr. sc. Zvonko Hell, izvanredni profesor,
Nastavnik na Pomorskom fakultetu
Sveučilišta u Splitu, 21000 Split, Zrinsko
Frankopanska 38**

mr. sc. Dražen Jašić, Mosečka 56, 2100 Split