

Zlatimir Bićanić\*

Zvonko Hell\*\*

ISSN 0469-6255  
(195-202)

## RAŠČLAMBA VIŠEGODIŠNJEG HODA VRIJEDNOSTI TERMOHALINSKIH PARAMETARA U ŠIREM PODRUČJU ROVINJ

### ANALYSIS OF SEVERAL-YEAR COURSE OF THERMOHALINE PARAMETERS IN THE WIDER AREA OF ROVINJ

UDK 574.5

Izvorni znanstveni članak  
*Original scientific paper*

#### Sažetak

U radu se raščlanjuju vrijednosti termohalinskih jedinica (parametara) temperature, slanosti i gustoće morske vode, korištenjem načina (metode) praćenja višegodišnjeg hoda vrijednosti. Pomno je izabrano područje za istraživanje. Priobalni je akvatorij, pod izravnim maritimnim i kontinentalskoklimatskim utjecajem. Maritimni utjecaj ne ogleda se samo u djelovanju ulazne sjeverozapadne jadranske struje uz istočnu obalu, već i zaostalim (rezidualnim) površinskim strujanjem iz područja ušća Poa. Složenost problema ogleda se i u fizičkoj blizini Tršćanskog zaljeva koji povremeno termohalinski djeluje potpuno samostalno. U rasčlambi je primjeren značaj dan krajnjim (ekstremnim) vrijednostima termohalinskih jedinica, te međuodnosu temperatura morske vode i zraka.

*Ključne riječi:* termohalinski, srednje godišnje, sezonske vrijednosti, međuodnos, krajnje vrijednosti, dinamični, maritimni, kontinentalskoklimatski.

#### Summary

In this paper the values of thermohaline parameters of the sea temperature, salinity and density are analyzed, using a method of observing the several-year course of values. The research area was carefully selected. The coastal sea area is under the direct maritime and continental-climatic influence. Maritime influence is revealed, not only in the impact of the inflowing north-west Adriatic current along the eastern

coast, but also in the residual surface circulation from the area of the Po estuary. The complexity of the problem is also affected by the physical vicinity of the Gulf of Trieste, which occasionally acts in thermohaline way independently. In the analysis, appropriate significance has been given to the extreme values of thermohaline parameters and correlation between the sea water temperature and the air temperature.

*Key words:* thermohaline, mean annual, seasonal values, correlation, extreme values, dynamic, maritime, continental-climatic.

#### Uvod Introduction

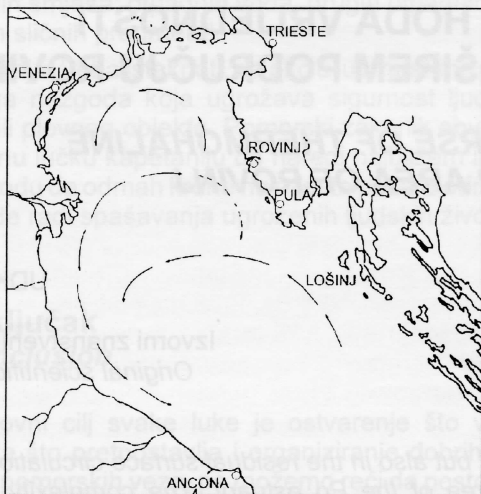
Na termohalinske odnose i vrijednosti termohalinskih parametara u sjevernom dijelu jadranskog bazena značajke njegovog zemljopisnog položaja intenzivnije se odražavaju glede južnijih dijelova. Budući da vlada opće uvjerenje o znatnijim promjenama vrijednosti klimatskih elemenata i njihovih sezonskih kolebanja, to se mora odraziti i na vrijednosti temperature, slanosti i gustoće morske vode.

Moguće velike promjene vrijednosti klimatskih elemenata spominju se u posljednje dvije dekade iako neka istraživanja i rasčlambe to nisu potvrdile [1]. Posljednju riječ svakako imaju klimatolozi. Međutim, u skladu s ranije rečenim, kretanje vrijednosti termohalinskih parametara uvjerljiv su pokazatelj klimatskih kretanja također [1]. Stoga je svrha ovog rada prilog argumentaciji objašnjenja mogućih značajnijih kratkoročnih promjena vrijednosti klimatskih parametara, ili pak nepostojanja takvih kretanja. Dakle, dokaza o vjerojatnom prividu.

\* dr. sci. Zlatimir Bićanić  
Pomorski fakultet Split, Split

\*\* dr. sci. Zvonko Hell  
Pomorski fakultet Split, Split

Rezidualno strujanje u sjevernom Jadranu pod jakim je utjecajem iz rijeke Po. To se odražava i na termohalinska stanja u istraživanom području. Dotekla slatka voda u širem području ušća miješa se s morskom i oblikuje (formira), stvara površinsko strujanje. Jednim dijelom struja skreće prema jugu. Drugi ogranak teče prema istoku [5]. U širem području Rovinj (slika 2) strujni se trak ponovno razdvaja na sjeverni i južni ogranak (slika 1). Potvrda ovoj tvrdnji sadržana je u raščlambi podataka za morske struje, temperaturu, slanost i gustoću morske vode, te u rasporedu dubinskog taloga.



**Slika 1. Rezidualno površinsko strujanje u sjevernom Jadranu (shematski prikaz) [5]**  
**Figure 1. Residual surface current in north Adriatic (scheme)**

U očekivanju najpovoljnijih rezultata izabrano je šire područje Rovinja zbog njegovih osobitih vrijednosti i značajki koje omogućuju postići spoznaje o kretanju vrijednosti termohalinskih parametara u gotovo svim klimatskozemljopisno zastupljenim okolnostima. To su: visok stupanj međuutjecaja (interakcija) oceanografskih, klimatskih i hidroloških parametara, priobalni položaj, male dubine i općenito geomorfologija, veliki utjecaj vrijednosti klimatskih elemenata na vodenu masu u cijelom vodenom stupcu, utjecaj toplije sjeverozapadne ulazne jadranske struje na vrijednosti klimatskih jedinica u istraživanom području i drugo.

Na izbor područja (slika 2) još je utjecao i broj ukupno obavljenih mjerenja, odnosno količina sirovih i obrađenih podataka, te njihova neprekidnost.

Za vodoravni i okomiti raspored vrijednosti termohalinskih parametara osobito je značajno miješanje vodene mase u cijelom vodenom stupcu. Jedan od uzroka intenzivnog miješanja *inercijska* su kolebanja. Nastaju na otvorenom moru u vrijeme prije uspostave vodoravnog gradijenta atmosferskog tlaka. Ova su kolebanja prijelazno razdoblje od stanja mirovanja do uspostavljanja geostrofičnog strujanja. Proces do uspostavljanja geostrofične ravnoteže naziva se *geostrofično uravnoteženje* [5].

Ove pojave, osim u svjetskom moru [6], opažene su i u tuzemnim morima [4], te velikim jezerima [3].

Označuje ih (karakterizira) *inercijski period*. Ovisi o zemljopisnoj širini i izračunava se prema formuli:

$$T_i = \frac{12h}{\sin\varphi}$$

$T_i$  - inercijski period

$\varphi$  - zemljopisna širina

Za područje sjevernog Jadrana period im je oko 17 sati.

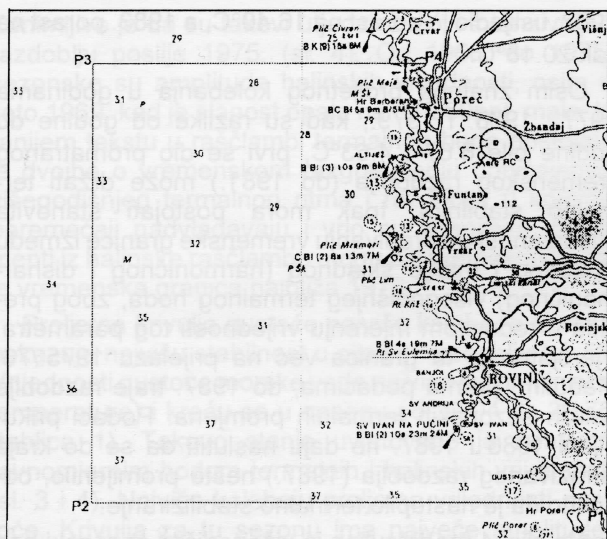
Utvrđeno je da se kolebanja inercijskog perioda javljaju poglavito ljeti. U toj sezoni u vodenom stupcu vlada najviši stupanj raslojenosti (stratifikacije). Energija kolebanja ovisi o značajkama vladajućeg vjetrovnog sustava, pa im je u vrijeme puhanja jakih i promjenljivih vjetrova najveća i energija. U vodenom stupcu iznad termokline morska struja anticiklonski mijenja smjer i za oko 17 sati zatvori puni krug. Isto je i u dijelu stupca ispod termokline, ali je anticiklonsko skretanje za gornjim u faznom pomaku za 180°. Nastupa energično adveksijsko strujanje i miješanje vodenih masa koje obuhvaća velika područja. Dolazi i do jakih konvekcija, a najintenzivnija miješanja su u termoklinom sloju [5].

U vrijeme puhanja jakog juga (*kopa more*) uspostavlja se sjeverozapadno strujanje u cijelom vodenom stupcu, zbog malih dubina. To također doprinosi potpunom miješanju vodenih masa.

Na miješanje vodenih masa osobito povoljno djeluju još i struje morskih dobi. Rezultat su složenih kretanja morske razine, prouzrokovanih privlačnim (gravitacijskim) silama Sunca i Mjeseca. Ogleđaju se u promjenama visine morske razine i periodičnim strujama. Pojava morskih dobi razmatra se kao valno kretanje vodenih masa kad plimni val ima veliku duljinu [5].

Osim struja morskih doba, dobro izmiješana voda u vodenom stupcu može biti i rezultatom djelovanja prisilnih i slobodnih kolebanja (oscilacija). Ova kolebanja nastaju pod utjecajem vjetera i atmosferskog tlaka. Zbog velikih razlika u vrijednostima tlaka na malom području (promjena tlaka za 1 hPa uvjetuje promjenu visine razine morske vode za 1 cm [5]) ili za dugotrajnog puhanja jakog vjetera (*nagomilavanje vode*) stvara se *nagib površine*. Poremećena je vodoravna statična stabilnost i nastupa strujanje u naravnoj težnji postignuća fizičkog uravnoteženja. Na pr., dužim puhanjem bure iz Tršćanskog zaljeva, sjeverno od ušća Poa nagomilava se morska voda. Prestankom puhanja vjetera, iz tog područja u šire područje Rovinj dotječe voda potpuno drugačijih termohalinskih obilježja. To su vrlo složena strujanja [5].

Šire područje Rovinj pod izravnim je utjecajem maritimnih (unutarnjih) činitelja. U manjoj mjeri kontinentalskih (vanjskih). Zbog neposredne veze s otvorenim morem isparavanje u zaslanjivanju ima drugorazrednu (sekundarnu) ulogu. Ovisi o dinamičnom momentu, ulaznoj sjeverozapadnoj struji uz istočnu obalu jadranskog bazena. Slatkovodni dotok je mali, a uzrok povremenim oslađenjima istočna je površinska struja iz područja ušća Poa, *rezidualno* strujanje [5].



Slika 2. Šire područje Rovinj  
Figure 2. Broader area of Rovinj

## 1. Područje, metodologija i podaci Area, methodology and data

Šire područje Rovinj (u prosjeku široko oko 12 nautičkih milja, sl. 2) 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 -  $\varphi=40^{\circ}15.0'N$   $\lambda=13^{\circ}35.7'E$ . Dubine su manje od 40m. Područje je na putu *ulaznoj* jadranskoj sjeverozapadnoj struji, a do njega u nekim sezonama dopiru i

vodene mase prenošene istočnim strujanjem iz područja ušća Poa (sl. 1). Hidrološki utjecaj na termohalinska svojstva u području ogleda se u slatkovodnom dotoku iz rijeke Mirne kraj Novigrada. Područje je pod izravnim kontinentskim klimatskim utjecajem (hladni vjetrovi iz sjevernih kvadranta i kontinentske temperature).

Metodološki pristup temelji se na razvrstavanju podataka i tumačenju (interpretaciji) karakterističnih termohalinskih stanja u dužem vremenskom razdoblju. Napravljena je sezonska raščlamba (1968. do 1987.) za dvadesetgodišnje razdoblje. Pod zimom se podrazumijevaju mjeseci siječanj, veljača i ožujak.

U radu su korišteni podaci o temperaturi zraka, prikupljeni na meteorološkim postajama Koper-Semedela (Portorož), Poreč, Rovinj, Pula i Mali Lošinj [1]. Za istraživano područje korišteni su s najbliže meteorološke postaje, a u slučajevima kad mjerenja nisu obavljena, zamjenu je predstavljala najbliža susjedna. Još su korišteni podaci o vjetru i Sunčevom zračenju (radijaciji).

U dvadesetogodišnjem razdoblju (niz od 1968. do 1987.) fond podataka nije potpun (tablica 1). U prvih sedam godina obavljena su sva sezonska mjerenja. Također i u 1982 i 1983. U preostalih 11 godina propušteno je obaviti mjerenja u jednoj, dvije ili čak tri sezone (tablica 1).

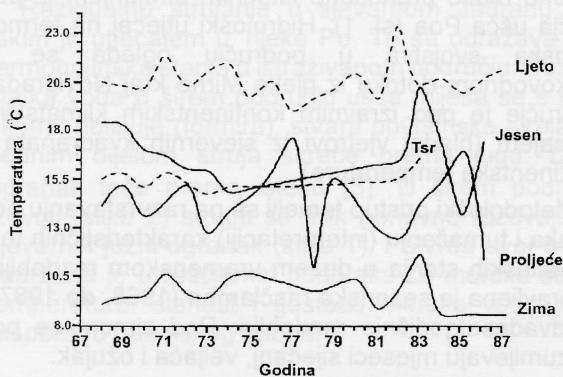
## Rezultati i tumačenja

### Results and interpretation

Postojeći fond podataka ne omogućuje potpunu raščlambu standardnim znanstvenometodološkim pristupom. Iako naizgled bogat, fond oceanografskih

Tablica 1. Sezonske, srednje godišnje i srednje vrijednosti temperature ( $^{\circ}C$ ), slanosti (ppt) i gustoće morske vode u širem području Rovinj [7][8]  
Table 1. Seasonal mean annual temperatures, salinity and density of sea water in the broader area of Rovinj

God.	Zima			Proljeće			Ljeto			Jesen			Sred. god. vrijed.		
	T	S	SIGMA T	T	S	SIGMA T	T	S	SIGMA T	T	S	SIGMA T	T	S	SIGMA T
68.	9.12	38.037	29.49	14.06	37.002	27.74	20.47	37.729	26.78	18.37	37.489	27.23	15.50	37.564	27.81
69.	9.44	38.090	29.48	15.15	37.540	27.90	20.30	36.380	26.70	18.27	37.334	27.01	15.79	37.336	27.77
70.	9.45	37.631	29.12	13.63	37.053	27.86	20.22	37.319	26.46	16.99	37.534	27.47	15.07	37.384	27.72
71.	10.57	38.281	29.40	14.31	37.682	29.12	21.76	37.438	26.12	16.66	37.735	27.74	15.83	37.784	28.09
72.	9.63	37.977	29.35	15.20	37.342	27.85	20.27	37.778	26.82	16.00	37.425	27.63	15.28	37.631	17.91
73.	9.36	38.020	29.43	12.66	37.791	28.64	21.01	37.502	26.38	15.93	37.738	27.34	14.74	37.763	27.95
74.	10.42	38.170	29.36	13.84	37.827	28.42	21.40	37.224	25.92	14.79	37.660	28.07	15.11	37.720	27.94
75.	10.63	37.660	28.94	14.61	37.334	27.87	19.65	37.483	26.89						
76.							20.48	37.694	26.68						
77.				17.56	35.386	25.69	18.99	36.180	25.89						
78.	9.72	37.460	28.95	10.89	37.258	28.58									
79.				15.52	37.238	28.46									
80.	10.30	38.214	29.42				20.86	36.899	26.33						
81.	8.80	38.274	29.75	12.89	37.453	28.33	18.56	38.059	27.23						
82.	9.77	38.168	29.49	12.41	37.703	28.62	23.31	38.295	26.34	16.40	38.330	28.24	15.47	38.124	28.17
83.	11.57	38.072	29.07	14.19	37.620	28.18	20.29	37.402	26.52	20.18	37.922	26.96	16.56	37.754	27.68
84.	8.48	38.290	29.54				20.62	35.297	25.93						
85.				16.87	37.114	27.17	19.93	36.596	26.18	13.62	37.426	28.16			
86.				11.33	37.955	29.03	20.58	36.741	25.92	17.36	37.195	27.13			
87.	8.49	38.054	29.63				21.14	37.926	26.69						
Sr.	9.72	38.027	29.36	14.07	37.331	28.09	20.60	37.219	26.43						



**Slika 3. Višegodišnji hod srednjih godišnjih i sezonskih vrijednosti temperatura morske vode (°C) u širem području Rovinj**

**Figure 3. Several-year course of annual and seasonal values of temperatures of sea water in the broader area of Rovinj**

podataka za istraživano područje, uvjetno rečeno, sironašan je. Ne postoji dugoročnija vrsno prihvatljiva neprekidnost (kontinuitet).

Radi jednostavnije raščlambe i jasnijeg tumačenja (interpretacije) metodološki je pristup napravljen parametarski razlučno (selektivno). Na dijagram su unešene srednje sezonske i godišnje vrijednosti (sl. 3). Najniže su temperature zimske. Jesenska se i proljetna krivulja dijelom isprepleću. Zimska i ljetna krivulja pokazuju stanovitu stabilnost u cijelom razdoblju. Odstupanja od pretpostavljene srednje sezonske vrijednosti u proljeće i jesen su znatnija. Međutim, te dvije krivulje na dijagramu smještene su oko krivulje koja predstavlja srednje godišnje vrijednosti.

Relativno stabilan zimski termalni hod najvišu amplitudu ima 1983. (sl. 3). Ta vrijednost je ujedno i najviša srednja sezonska vrijednost temperature morske vode u razdoblju, 11.57°C. Bila je najniža 1984. i 1987., 8.48 i 8.49°C (tablica 1). Na takovo stanje znatan utjecaj ima dinamičnomaritimni čimbenik. Usporedbom s temperaturom zraka, očigledno je da između vrijednosti ova dva parametra postoji analogija. Srednja temperatura zraka u tri mjeseca 1983. (siječanj, veljača i ožujak) bila je viša glede 1984 i 1987. Bila je 5.27°C, a u druge dvije godine 5.03 i 4.10°C.

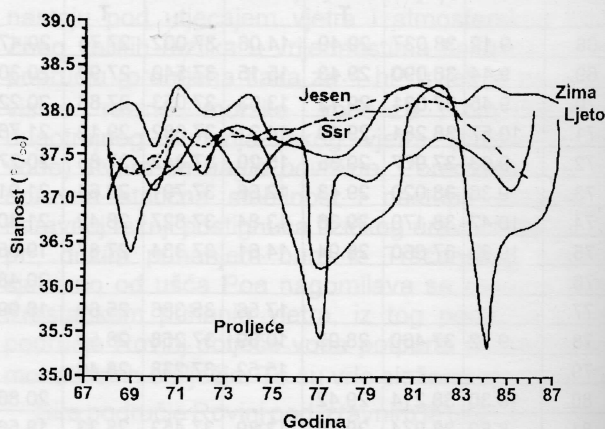
Proljetne temperature niže su od jesenskih i od godine do godine jako kolebaju. Osobito u razdoblju od 1977. do 1987. godine. 1977 i 1985. registrirane su relativno visoke vrijednosti, 17.56 i 16.57°C, a niska 1973. Vrlo niske termalne vrijednosti bile su 1978., 1982 i 1986., 10.89, 12.41 i 11.33°C. (tablica 1). U cijelom razdoblju ljeti najviša srednja sezonska temperatura bila je 1982., 23.11°C. U drugim godinama niža i nije znatno kolebala od pretpostavljenog sezonskog srednjaka. U razdoblju od 1968 do 1974. jesenske temperature ravnomjerno opadaju, s 18.37 na 14.79°C. Takova ravnomjernost u kretanju nije uočena niti u jednom dijelu svih sezonskih krivulja. Od 1975 do 1981. jesenska mjerenja u području nisu obavljena.

1982. uslijedio je porast na 16.40°C, a 1983. porast na čak 20.18°C.

Osim znatnog proljetnog kolebanja u godinama 1977., 1978. i 1979., kad su razlike od godine do godine bile 6.67 i 4.63°C, prvi se dio promatranog vremenskog razdoblja (do 1981.) može držati termalno stabilnim. Ipak mora postojati stanovita suzdržanost u određivanju vremenske granice između skladnog i manje skladnog (harmoničnog i disharmoničnog) višegodišnjeg termalnog hoda, zbog prekida u redovitom mjerenju vrijednosti tog parametra. Vjerojatno je ta granica već na prijelazu 1975./76. Međutim, prema podacima, do 1987. traje razdoblje velikih sezonskih termalnih promjena. Podaci prikupljeni 1986 i 1987. ne daju naslutiti da se do kraja istraživanog razdoblja (1987.) nešto promijenilo, odnosno da je nastupilo termalno stabiliziranje.

Na slici 4 predstavljen je višegodišnji sezonski hod slanosti. Zimska je krivulja najravnomjernija. Zbog manjka podataka (tablica 1) ne može se vjerodostojno ustanoviti halinsko stanje u području. Kolebanje halinskih vrijednosti nije veliko, a objasniti se može isključivo dinamičnim utjecajem različitog intenziteta u pojedinim godinama. Velikim amplitudama u drugim sezonama uzrok je dinamični utjecaj, ali nije jasan uzrok tolike naglašenosti. Proljetna slanost bila je izrazito niska 1977., 35.386ppt. Niska je i ljetna, 36.180ppt. To govori o dugotrajnom dotoku slađe vode, vjerojatno istočnom strujom iz područja ušća Poa. Najniža srednja sezonska slanost u 20 godina bila je u ljetu, 1984. Sljedeće godine zabilježen je porast za 1.300ppt. Zatim u 1986. porast na 36.741ppt i ponovno veći porast u 1987. na 37.926ppt. Najviša vrijednost (38.330ppt) je jesenska, ali ju se ne može držati krajnošću (ekstremom). Srednja godišnja vrijednost, uz lagana kolebanja, do 1974. ne mijenja se puno. U 1982. viša je od 38.000ppt, a u 1983. je 37.750ppt.

Postojeće stanje potvrđuje pretpostavku o utjecaju slatke vode iz rijeke Po i u područjima uz istočnu obalu.



**Slika 4. Višegodišnji hod srednjih godišnjih i sezonskih slanosti morske vode (ppt) u širem području Rovinj**

**Figure 4. Several-year course of mean annual and seasonal salinity of sea water in the broader area of Rovinj**

Zanimljivo je da su takovi utjecaji češći i intenzivniji u razdoblju poslije 1975. (sl. 4). Od 1968. do 1975. sezonske su amplitude halinskih vrijednosti, osim u ljeto 1969. kad je slanost opala na 36.380ppt, male. U ranijem tekstu u raščlambi termalnog hoda postojala je dvojba o vremenskom razgraničenju uobičajenog višegodišnjeg termalnog ritma i razdoblja u kojemu poremećaji nadvladavaju i vrlo su intenzivni. Argumenti iz halinske raščlambe mogu biti pretpostavka da je vremenska granica najbliža 1976.

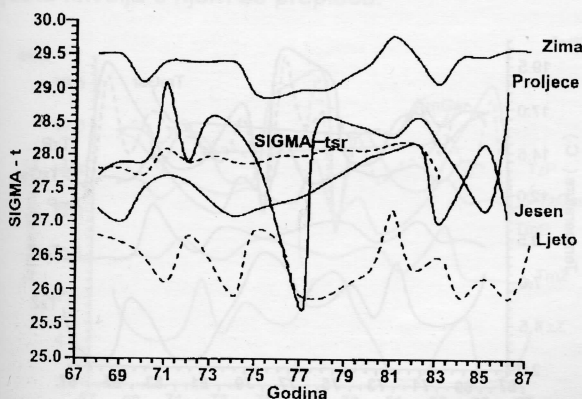
Proletna krivulja gustoće najviše koleba, a zimska pokazuje najvišu stabilnost u cijelom razdoblju (sl. 5). Vrijednosti gustoće morske vode najviše su zimi (niske temperature) i kreću se u opsegu od 28.94 do 29.75 (tablica 1). Takovo stanje uvjetovano je relativno ravnomjernim hodom termalnih i halinskih vrijednosti (sl. 3 i 4). Najviše kolebaju proletne vrijednosti gustoće. Krivulja za tu sezonu ima najveće amplitude. Najniža zabilježena je 1977., 25.96, a najviša 1971., 29.12. Za ljetnu krivulju znakovito je da svake ili svake druge godine ima umjerene skokove sa suprotnim predznakom u pogledu povećanja/smanjenja vrijednosti. Isto vrijedi i za jesensku krivulju, ali s razlikom da su kolebanja frekventno niža.

Srednja godišnja vrijednost gustoće također je ravnomjerna. Pokazuje mala odstupanja od pretpostavljene ukupne srednje godišnje vrijednosti, ali je razdoblje između 1974. i 1982. nedostavno istraženo, budući da mjerenja nisu sustavno i potpuno izvedena. Fond je vrlo oskudan. Npr. u godinama 1976. i 1979. mjerenje je obavljeno u samo jednoj sezoni, u ljeto, odnosno u proljeće (tablica 1).

### Krajnje (ekstremne) vrijednosti termohalinskih parametara

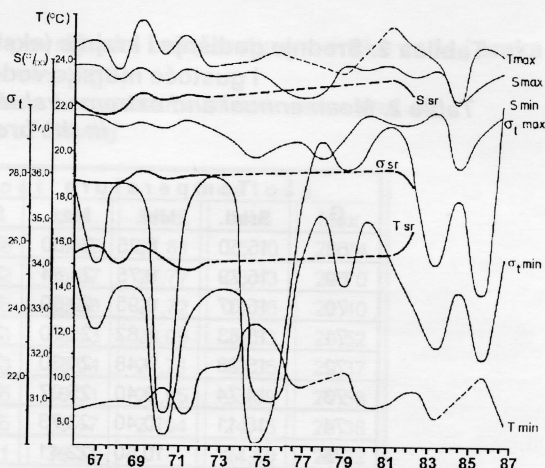
#### *Extreme values of thermohaline parameters*

Dosadašnja raščlamba termohalinskih svojstava morske vode u širem području Rovinj temeljila se na pregledu srednjih sezonskih i godišnjih vrijednosti. Potrebno je predstaviti i podatke o krajnjim vrijednostima svih triju parametara. Riječ je o apsolutno najvišim i najnižim vrijednostima u razdoblju od 1968



Slika 5. Višegodišnji hod srednjih godišnjih i sezonskih vrijednosti gustoće morske vode u širem području Rovinj

Figure 5. Several-year course of mean annual and seasonal values of the density of sea water in the broader area of Rovinj



Slika 6. Višegodišnji hod srednjih godišnjih i krajnjih (ekstremnih) vrijednosti temperature (°C), slanosti (ppt) i gustoće morske vode u širem području Rovinj (isprekidanim crtom označena su razdoblja u kojima mjerenja nisu obavljena) Figure 6. Several-year course of mean annual extreme values of temperature, salinity and density of sea water in the broader area of Rovinj (dotted line signifies the periods when values were not taken)

do 1987. Na slici 6 predstavljen je dijagram višegodišnjeg hoda temperature, slanosti i gustoće morske vode na kojemu su ucrtane krajnje i srednje godišnje vrijednosti [7][8]. U pomanjkanju reprezentacijskih podataka korišteni su i manje vrijedni (tablica 2). Dobiveni su u mjerenjima obavljenima izvan prihvatljivog roka. Npr. podatak za najnižu temperaturu 1985., 13.48°C ne može se držati reprezentativnim, iako je mjerenje obavljeno u zimskom mjesecu, polovicom ožujka.

Najviše izmjerene vrijednosti temperature i slanosti (Tmax i Smax) ne pokazuju znatnija kolebanja. Temperatura u opsegu 3.28°C, a slanost 0.790ppt. Oba parametra imaju slična obilježja u hodu, osim u razdoblju od 1976. do 1981. Rezultat takovog stanja krivulja je gustoće. Halinski višegodišnji maksimum ne odstupa puno od krivulje srednje godišnje vrijednosti, za razliku od temperature (sl. 6).

Najviše izmjerene temperature kolebaju umjereno. Kreću se unutar opsega 4.40°C. Opseg izgleda velik, međutim, proširuje ga samo krajnje termalno stanje 1976. kad je najniža izmjerena godišnja temperatura bila 12.33°C. U cijelom razdoblju apsolutno najniža izmjerena temperatura bila je u 1987., 7.93°C.

Najviše kolebaju minimalne halinske ekstremne vrijednosti (Smin), a krivulja gustoće vjerno prati halinsku budući je ova glavni čimbenik koji uvjetuje vrijednosti gustoće u ovom slučaju. Halinska su kolebanja do 1976. velika, ali se pravilno smjenjuju. 1977. najniža izmjerena slanost sve više raste i 1979. dostiže visoku vrijednost, 36.750ppt. Sljedeće godine opada za 0.610ppt, pa ponovno raste do 37.105ppt, 1982. Najviša izmjerena je 1987. Bila je 37.540ppt. Najniža apsolutno izmjerena slanost je 1976., 30.060ppt. Izgled krivulje i podaci u tablici 1 govore da je u godinama 1969., 1984. i 1986. dolazilo do većeg

Tablica 2. Srednje godišnje i krajnje (ekstremne) vrijednosti temperature (°C), slanosti (ppt) i gustoće morske vode u širem području Rovinj [7] [8]

Table 2. Mean annual and extreme values of temperature, salinity and density of sea water in the broader area of Rovinj

G.	Temperatura			Slanost			Gustoća		
	Sred.	Min.	Max.	Sred.	Min.	Max.	Sred.	Min.	Max.
68.	15,50	8,25	24,50	37,56	35,68	38,35	27,81	25,10	29,74
69.	15,79	8,75	24,84	37,34	34,02	38,37	27,77	23,43	29,70
70.	15,07	8,95	23,60	37,38	35,75	38,08	27,72	24,66	29,40
71.	15,83	8,82	25,70	37,78	35,53	38,33	28,09	24,53	29,52
72.	15,28	9,48	24,30	39,63	30,73	38,04	27,71	20,35	29,37
73.	14,74	8,40	25,07	37,76	35,25	38,31	27,95	23,59	29,58
74.	15,11	10,40	23,73	37,72	35,95	38,17	27,94	24,45	29,36
75.		10,60	22,41		35,61	38,21		24,59	29,02
76.		12,33	24,02		30,06	38,25		21,61	28,54
77.		11,50	24,36		31,15	37,95		21,41	28,82
78.		9,60	21,00		35,00	37,71		25,26	28,97
79.		13,46	17,45		36,75	37,81		26,78	28,50
80.		10,19	23,43		36,14	38,39		24,72	29,11
81.		8,77	21,38		36,54	38,32		26,58	29,77
82.	15,47	8,95	25,52	38,12	37,10	38,42	28,17	25,40	29,54
83.	16,56	9,44	24,71	37,75	36,02	38,20	27,68	24,23	29,48
84.		8,24	24,00		34,02	38,31		22,93	29,86
85.		13,48	22,12		35,43	37,63		24,52	28,23
86.		10,05	24,60		33,35	37,99		22,58	29,26
87.		7,93	24,20		37,54	38,24		25,53	29,74

oslađenja morske vode u širem području Rovinj, a 1972. i 1976. oslađenja su bila vrlo jaka. Prvo je zabilježeno na površini 29.6.1972. [8], a drugo 15.8.1976., na 28m dubine, pri dnu [7].

Uzrokom oslađenja površinske morske vode u istraživanom području, glede čimbenika *godišnjih doba*, isključuje se obilniji riječni dotok sa sjeverne ili istočne obale. Jedina otvorena mogućnost je dotok slađe vode istočnom površinskom strujom iz područja ušća Poa. Međutim, oslađenje 1976. predstavlja svojevršno izvanredno stanje stoga jer je oslađena pridnena voda. To je u suprotnosti s teorijom statičke stabilnost u vodenom stupcu. Podaci su dobiveni mjerenjem na postaji P-  $\varphi=45^{\circ}30.0'N$   $\lambda=13^{\circ}34.0'E$  u 8.15 sati. Okomiti raspored vrijednosti termohalinskih jedinica bio je:

D (m)	T (°C)	S (ppt)	SIGMA-t
0	22.60	36.830	25.46
5	22.18	37.180	25.84
10	21.84	37.800	26.41
20	19.08	37.970	27.29

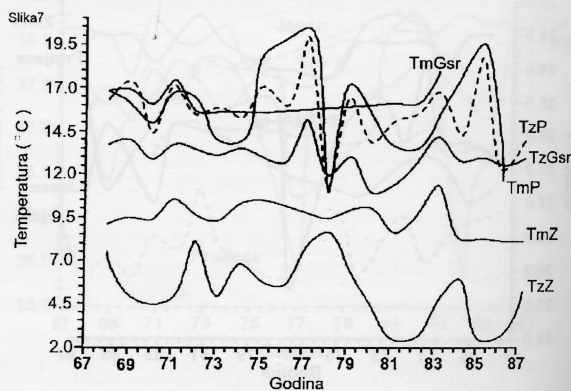
Termalni je raspored potpuno uobičajen za aktualnu sezonu, ali vrlo su rijetki slučajevi da izrazito slađa voda zauzima pridnenu položaj u stupcu [5]. Kao i da se gušća i specifično teža zadržava na površini. Ljeti je takovo stanje gotovo nemoguće, osim ako je izazvano neobično jakim dinamičnim utjecajem. U tom slučaju površinska slađa, toplija, rjeđa i lakša voda dospjela je do dna i primila okolnu temperaturu. Nije se miješala s okolnom pa je zadržala nisku slanost i malu gustoću. Proces nije kratkotrajan jer se potonula masa uspjela termalno stabilizirati. Sigurno je da takav

okomiti raspored ne može vremenski dugo opstati jer je statična ravnoteža jako narušena. Uslijedit će konvektivno strujanje i trajati sve do ponovnog statičnog uravnoteženja [5].

#### Međuodnos (interakcija) temperature morske vode i zraka

#### The relation (interaction) between surface temperature of sea water and air

Potpunija raščlamba termohalinskih odnosa u istraživanom području zahtijeva i raščlambu odnosa vrijednosti parametara površinske temperature morske vode i temperature zraka. Razlogom je njihov



Slika 7. Odnos površinske temperature mora i zraka (°C) u zimu i proljeće u širem području Rovinj

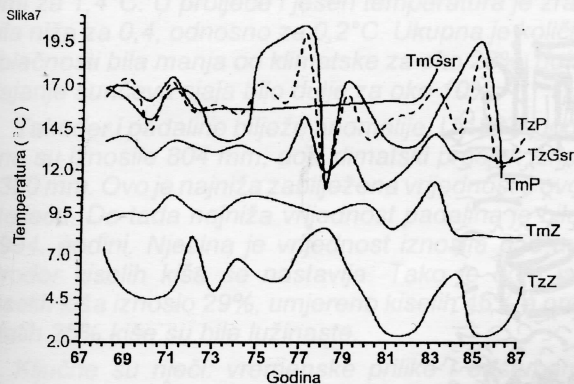
Figure 7. The relation between surface temperature of sea water and air in winter and spring in the broader area of Rovinj

Tablica 3. Sezonske, srednje godišnje i srednje vrijednosti površinske temperature morske vode i zraka (°C) u širem području Rovinjskog zaljeva [7][8]

Table 3. Seasonal, annual mean values of surface temperature of sea water and air in the broader area of Rovinj

G.	Temperatura			Slanost			Gustoća		
	Sred.	Min.	Max.	Sred.	Min.	Max.	Sred.	Min.	Max.
68.	15,50	8,25	24,50	37,56	35,68	38,35	27,81	25,10	29,74
69.	15,79	8,75	24,84	37,34	34,02	38,37	27,77	23,43	29,70
70.	15,07	8,95	23,60	37,38	35,75	38,08	27,72	24,66	29,40
71.	15,83	8,82	25,70	37,78	35,53	38,33	28,09	24,53	29,52
72.	15,28	9,48	24,30	39,63	30,73	38,04	27,71	20,35	29,37
73.	14,74	8,40	25,07	37,76	35,25	38,31	27,95	23,59	29,58
74.	15,11	10,40	23,73	37,72	35,95	38,17	27,94	24,45	29,36
75.		10,60	22,41		35,61	38,21		24,59	29,02
76.		12,33	24,02		30,06	38,25		21,61	28,54
77.		11,50	24,36		31,15	37,95		21,41	28,82
78.		9,60	21,00		35,00	37,71		25,26	28,97
79.		13,46	17,45		36,75	37,81		26,78	28,50
80.		10,19	23,43		36,14	38,39		24,72	29,11
81.		8,77	21,38		36,54	38,32		26,58	29,77
82.	15,47	8,95	25,52	38,12	37,10	38,42	28,17	25,40	29,54
83.	16,56	9,44	24,71	37,75	36,02	38,20	27,68	24,23	29,48
84.		8,24	24,00		34,02	38,31		22,93	29,86
85.		13,48	22,12		35,43	37,63		24,52	28,23
86.		10,05	24,60		33,35	37,99		22,58	29,26
87.		7,93	24,20		37,54	38,24		25,53	29,74

međutjecaj (interakcija), međusobna uvjetovanost, odnosno nekakova povratna veza djelovanja jedne temperature na drugu [1]. U okolnostima kad nisu prisutni poremećaji i neuobičajena stanja niti u jednom od ova dva medija, može se utvrditi stanovite zakonitosti u višegodišnjem hodu vrijednosti tih dvaju parametara, te međusobnu djelomičnu sličnost (analogiju). Na slikama 7 i 8 crtovno je (grafički) prikazan 20-godišnji hod u sve četiri sezone i na obadva dijagrama ponovno krivulje višegodišnjeg hoda srednjih godišnjih vrijednosti temperature mora (TmGsr), radi analitičkog uspoređivanja. Od te krivulje najviše odstupaju krivulje temperature mora zimi (TmZ) i ljeti (TmLJ). Proljetna i ljetna krivulja s njom se prepleću.



Slika 8. Odnos površinske temperature morske vode i zraka (°C) u ljetu i jesen u širem području Rovinjskog zaljeva

Figure 8. The relation between surface temperature of sea water and air in summer and autumn in the broader area of Rovinj

Zimska površinska temperatura mora ne pokazuje znatnija kolebanja osim većeg srednjosezonskog porasta 1983. Uspoređujući ovu krivulju s krivuljom zimske temperature zraka (TzZ) u kretanju vrijednosti ne može se pronaći analogno stanje, osim možda u 1973., 1981. i 1982. Očigledno je termalni utjecaj zraka na površinsku morsku vodu kratkotrajan [1]. Ne može ga se zabilježiti (barem ne u zimskom razdoblju) korištenjem tako velikih vremenskih jedinica (godina). Zimske sezone temperature zraka kolebaju više od temperatura mora. Razlika između najviših i najnižih u cijelom razdoblju za zrak je 6.20°C, a za morsku vodu 3.18°C.

Potpuno drukčiji odnos je u proljeće. Isključujući razdoblja u kojima mjerenja nisu obavljena, krivulje za temperaturu površinske morske vode i zraka prate jedna drugu, čak im je i kretanje, u pogledu povećanja i smanjenja, približno. Dakle, argumentirano je pretpostaviti vrlo visok stupanj međutjecaja tih dvaju parametara u ljetnoj sezoni. Međutim, treba ustanoviti znatne poremećaje u vrijednostima, a počinju 1975. Sve do 1986. amplitude su vrlo velike. Npr. razlika u srednjoj sezonskoj temperaturi površinske morske vode 1977 i 1978. bila je 9.46°C (tablica 3). Nešto manja u istim godinama bila je i razlika u temperaturi zraka.

Kao i kod temperature morske vode, srednje sezone vrijednosti temperature zraka u proljeće i jesen bliže su srednjim godišnjima, glede zimskih i ljetnih (sl. 7 i 8). Zimske i jesenske su niže, a proljetne i ljetne više od srednjih godišnjih vrijednosti. Kod morske vode niže su zimske i proljetne, a više ljetne i jesenske.

Krivulje ljetnih sezonskih srednjih vrijednosti temperature mora (Tm) i zraka (Tz) u razdoblju od 1968.

do 1976. pokazuju izuzetno visok stupanj međusobnog utjecaja. U kasnijem razdoblju nastupaju poremećaji. Kretanje ima suprotan predznak ili postoje vremenski pomaci kod minimuma i maksimuma. Izuzetak je trogodišnje razdoblje od 1982 do 1984.

Jesenske srednje temperature površinske morske vode u početnom dijelu razdoblja umjereno kolebaju. Od 1982. amplitude su znatne. Slično je i s temperaturom zraka, ali treba ustanoviti visoku podudarnost u kretanju obiju krivulja. To upućuje na zaključak o velikom međuutjecaju. Stanovit međuutjecaj opaža se i u prvom dijelu razdoblja, osim neznatnog porasta temperature površinske morske vode 1971. Jesenska granica, od koje počinju veći termalni poremećaji, negdje je oko 1976.

### Zaključak Conclusion

Interaktivan odnos oceanografskih i klimatsko-hidroloških jedinica prihvatljiv su pokazatelj kretanja vrijednosti jednih glede drugih. Znači, pozornim je praćenjem jednih moguće dobiti predodžbu o kretanju vrijednosti drugih parametara. Raščlamba hoda vrijednosti parametara temperature, slanosti i gustoće morske vode u 20-godišnjem razdoblju opravdava uvodno obrazloženje o svrsi ovoga rada.

Za istraživano područje osobito je značajno miješanje vodenih masa u cijelom vodenom stupcu. Uzrok miješanja inercijska su kolebanja, osobito ljeti u vrijeme visokog stupnja raslojenosti u vodenom stupcu. Izražena su za jakog i mahovitog vjetera.

Na miješanje vodenih masa povoljno djeluju još i struje morskih dobi i slobodna kolebanja (oscilacije), pod utjecajem vjetera i atmosferskog tlaka.

Povremeno, advektivna strujanja u redovitom jadranskom strujnom sustavu (ulazna sjeverozapadna struja), pospješana su i rezidualnim strujanjem i povre-

menim oslađenjima morske vode u istraživanom području, istočnom strujom iz područja ušća Poa.

U nizu od 1968 do 1987. najniža srednja višegodišnja temperatura je zimska, 8.48°C. Najviša je ljetna, 23.31°C (sl. 3, tablica 1). Srednja višegodišnja slanost najniža je ljeti (35.297ppt), a najviša u jesen, 38.330ppt (sl. 4, tablica 1).

Najviša promjenljivost parametara znakovita je za sezone proljeće i jesen. Povremeno se u okomitom rasporedu vrijednosti parametara javljaju *inverzna* stanja. Halinskim inverzijama uzrok je ograničeni *upwelling*, a termalnim jake bure. Prisilne promjene tipičnog rasporeda vrijednosti termohalinskih parametara su kratkotrajne. Nakon prestanka djelovanja pobudnih sila sustavi se brzo vraćaju u statički stabilna stanja.

### Literatura/References

[1] Bičanić, Z., "Nova saznanja o termohalinskim svojstvima sjevernog Jadrana (Novi pristup analizi u funkciji fizičko oceanografskih i geografskih obilježja)", doktorska disertacija, Sveučilište u Ljubljani, 1991., Ljubljana, 183-185, 199-209, 281-284.

[2] Bičanić, Z., "Ispodpovršinski minimum slanosti (sudjelovanje u procesu stvaranja duboke jadranske vode)", Hrvatsko geografsko društvo, Geografski glasnik (u tisku), 1997., Zagreb.

[3] Blanton, J. O., "Nearshore lake currents measured during upwelling and downwelling on the thermocline in Lake Ontario", J. Phys. Oceanogr., 1975., 5, 111-124.

[4] Millot, C. & M. Crepon, "Inertial oscillations on the continental shelf of the Gulf of Lions", Observations and theory, J. Phys. Oceanogr., Vol 11, N5, 1981., 639-657.

[5] Vučak, Z., "Strujanje u sjevernom Jadranu u vidu uzroka i posljedica", doktorska disertacija, Sveučilište u Ljubljani, 1985., Ljubljana, 33-42, 105, 175-193, 225-245.

[6] Webster, J., "Observation on inertial period motions in the deep sea", Rev. Geophys., 1968., 6, 473-490.

[7] Banka podataka Državnog hidrografskog instituta, Split.

[8] Banka podataka Centra za istraživanje mora, Rovinj.

Rukopis primljen: 3.2.1998.

