

UDK 551.46 (262.5)

Primljeno (Received): 27. 8. 1993.

Prihvaćeno (Accepted): 28. 12. 1993.

Izvorni znanstveni članak  
Original Scientific Paper

## NEKA FIZIČKO OCEANOGRAFSKA OBILJEŽJA U PODRUČJU OTRANTSКИH VRATA

ZLATKO BIČANIĆ

U radu je prikazana analiza izmjerenih podataka za temperaturu, slanost i parametre morskih struja u području Otrantskih vrata. Struje su mjerene u dva termina, u ožujku i svibnju, 1990., na dvije postaje u petominutnim razmacima. Temperatura i slanost u pet vremenskih rokova, u kolovožu, 1986., travnju, 1987., srpnju, 1989., ožujku i svibnju, 1990., na četiri postaje na poprečnom presjeku u Otrantskim vratima.

Analizom podataka ustanovljen je sustav strujanja koji je prevladavao u mjernim terminima. Također i termohalinske značajke, kao dubina termokline, njezina geneza, raslojavanje po dubini i druga maritimna obilježja u prostornoj i vremenskoj funkciji. Analiza i zaključci argumentirani su T-S dijagramima i podacima o vrijednostima hidrometeoroloških parametara.

### *Some physical and oceanographical characteristics of the Otranto Strait*

*This paper deals with the analysis of the measured data for temperature and salinity as well as parameters of the sea currents in the Strait of Otranto. The currents were measured in March and May 1990 at two stations at five minutes intervals. Temperature and salinity were measured in August 1986, April 1987, July 1989, March and May 1990, on four stations along the cross section of the Otranto Strait. Data analysis indicated current system which was prevailing during measurement period. There were also specified such thermohaline characteristics as thermocline depth and its genesis, vertical stratification, as well as other maritime characteristics in function of space and time. The analysis and conclusions were confirmed by the T-S diagrams and hydrometeorological parameters data.*

## Uvod

Svrha rada prezentacije je termohalinskih odnosa u Otrantskim vratima i sustava strujanja. Posebna pozornost posvećena je korelacijama glede meteoroloških stanja, aktualnih za vrijeme istraživanja i dinamici morske vode u užim područjima postaja na kojima su mjerenja obavljena.

Značaj područja Otrantskih vrata s geografsko oceanološkog stajališta njihova je uloga »vrata« u Jadran. Kroz njih se odvijaju intenzivni maritimni utjecaji iz sredozemlja i šire, iz Atlantika. Posljedično djeluju na klimatske parametre, biljni i životinjski svijet u moru, te na druge vitalne aktivnosti čovjekovog društvenog i proizvodnog djelovanja.

### Područje, mjerenja, instrumenti i podaci

Akvatorij Otrantskih vrata u kojima smještene su, interno označene postaje 4 i 2, može podijeliti se na zapadni (P-4) i istočni dio (P-2). Mjerenje za ovu podjelu termohalinska su obilježja i obilježja sustava morskih struja u Otrantskim vratima. Najintenzivniji dinamični procesi odvijaju se u priobalnim pojasima. Također i u središnjem dijelu gdje dolaze u dodir zapadna i istočna vodena masa. Ovakova globalna podjela prema horizontali ne odnosi se na cijeli vodeni stupac. Najčešće samo na površinski i intermedijarni sloj. Temeljita razgraničenja zahtijevaju podjelu i po vertikali i drugom, ali to predstavlja posebne i opsežne studije.

Međusobna daljina između postaja je 15 M. P-4 nalazi se istočno od rta Otrantó na daljini 13 M ( $\varphi = 40^{\circ}06.0'N - \lambda = 18^{\circ}56.0'E$ ), a P-2 18 M sjeverozapadno od grčkog otoka Othonoi ( $\varphi = 40^{\circ}04.0'N - \lambda = 19^{\circ}16.0'E$ ).

Izmjerene dubine su 650 m na P-4 i 950 m na P-2.

Analizirani su podaci iz oceanografskih istraživanja u Otrantskim vratima obavljenih u pet vremenskih rokova: kolovoz, 1986., travanj, 1987., srpanj, 1989., ožujak, 1990. i svibanj, 1990. Dakle, dva tipično ljetna razdoblja, dva proljetna i jednom zimskom, u ožujku, 1990.

U vrijeme mjerenja oceanografskih parametara mjereni su i opažani meteorološki parametri prema tablici na sljedećoj stranici.

Mjerenje morskih struja obavljeno je samo u posljednja dva krstarenja, 1990. Određivanje parametara površinskih struja drift karticama obavljena su samo u svibnju, 1990.

Parametri morskih struja mjereni su RCM strujomjerima (firma AANDERAA, Norveška), a podaci su obrađeni na računaru VAX 8350, Digital, USA. Strujomjerne stanice usidrene su sa strujomjerima postavljenim u vertikalnom nizu na površini i dubinama 5, 10, 50, 100, 200, 500, 600 i 800 m (tablica 2.1.). Prikupljeni su podaci o najvećoj učestalosti smjerova i brzina, najvećoj, srednjoj i najmanjoj brzini, intervalu brzina, rezultatnom smjeru i brzini, standardnoj devijaciji brzine i faktoru stabilnosti. Izmjereno je oko



Krstarenje	P	Smjer vjetra/brzina ( $\text{ms}^{-1}$ )	Valovi (smjer)/stanje mora	Zonsko vrijeme	Tz (°C)
VIII, 1986.	P-4	ENE / 4.5	ENE / 1-2	0900 H	25.7
	P-2	SE / 6.5	SE / 2	1530 H	27.5
IV, 1987.	P-4	SSE / 7.5	SSE / 3	0300 H	15.33
	P-2	SE / 3.0	SE / 1	1830 H	15.9
VII, 1989.	P-4	NW / 9.0	NW / 4	0600 H	23.4
	P-2	NW / 9.0	NW / 3-4	1100 H	24.2
III, 1990.	P-4	NW / 5.5	NNW / 3	1500 H	17.0
	P-2	NNW / 4.5	NNW / 2-3	1100 H	13.8
V, 1990.	P-4	NW / 5.0	NW / 2	1700 H	21.0
	P-2	NNW / 9.0	NNW / 3	1000 H	17.4

11000 podataka o smjeru i brzini struje (banka podataka DHI).

U krstarenjima 1986. i 1987. temperatura i slanost mjereni su i određivani za standardne oceanografske dubine. Temperatura je mjerena prekretnim termometrima RICHTER WIESE s točnošću  $\pm 0.02$  °C. Uzorci morske vode zahvaćani su Nansen crpcima 1.25 l i Niskinovim crpcima 3.0 i 5.0 l. Slanost je određivana laboratorijskim induktivnim salinometrom, model AUTOLAB 601-MK III s točnošću  $\pm 0.003$  ppt.

U posljednja tri krstarenja mjerenja oceanografskih parametara obavljena su multisondom SBE (Sea Bird Electronics, Inc., Belevue, Washington, USA) s rezolucijom 1 m. Prikupljen je veliki broj podataka, a u analizama koriste se samo podaci za standardne oceanografske dubine (tablica 3.1.). Točnost podataka temperature je  $\pm 0.004$  °C, konduktiviteta  $\pm 0.003$  mScm<sup>-1</sup> i dubine  $\pm 0.002\%$ .

### Obilježja strujnog polja

Vrlo teško govoriti je o strujnom polju na temelju podataka o morskim strujama izmjenjenima samo na dvije pozicije. S fizičko oceanološkog stajališta prvi rok u kojemu obavljena su mjerenja, ožujak, 1990, nije pogodan za analize, budući predstavlja prijelazno razdoblje iz zimske u proljetnu sezonu. U to vrijeme smanjuje se utok površinskim uzdužnim strujanjem u jadranski bazen slanije i toplije morske vode iz Mediterana. Uzdužno (longitudinalno) strujanje postupno prelazi u poprečno (transverzalno). U bazenu nastaju novi kvantitativni odnosi između vodenih masa. Također nastupa raslojavanje u vodenom stupcu.

U ožujku, 1990. na postaji P-4 mjerenja su obavljena na dubinama 10, 100, 500 i 600 m (tablica 2.1.). Zanimljivo stanje je u površinskom sloju. Dosiže dubine između 100 i 150 m (sl. 3.1.1. i 3.2.1.). Na P-2 je

Tab. 2.1. Rezultantni smjerovi i brzine morskih struja na P-4 i P-2

Tab. 2.1. *Residual current speeds and directions in Otranto Strait*

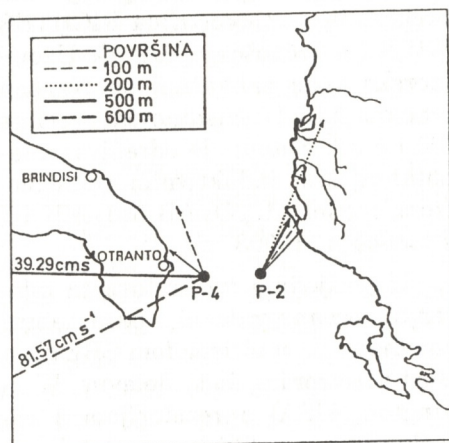
Krstarjenje	P	D (m)	Rezult. smjer (°)	Rezult. brz. (cms <sup>-1</sup> )
III, 1990.	P-4	10	299	4.95
		100	329	8.58
		500	263	39.29
		600	233	81.57
	P-2	5	033	6.84
		100	027	7.73
		200	013	19.25
		500	020	7.03
V, 1990.	P-4	1	076	4.86
		50	138	5.48
		100	201	10.12
		200	184	12.12
	P-2	500	171	13.54
		5	210	5.60
		100	038	10.56
		200	044	9.67
		500	039	5.63
		800	045	5.25

oko 75 m (sl. 3.1.2. i 3.2.2.). Cijelom širinom Otrantskih vrata u tom sloju odvija se ulazno strujanje u bazen (sl. 2.1.). Vektori rezultirajućih smjerova pokazuju stanovite otklone od geometrijske središnjice bazena. To je predznak prijelaska globalnog uzdužnog površinskog strujanja u poprečno. Rezultantne brzine uz istočnu obalu nešto su više glede zapadnu (4.95 i 6.84 cms<sup>-1</sup>).

Na 100 m dubine otkloni od središnjice bazena nešto su manji od površinskih (sl. 2.1.). Na ovoj dubini nešto veću brzinu ima struja uz zapadnu obalu.

Vrlo velike rezultantne vrijednosti brzina morskih struja registrirane su u većim dubinama i pri dnu uz

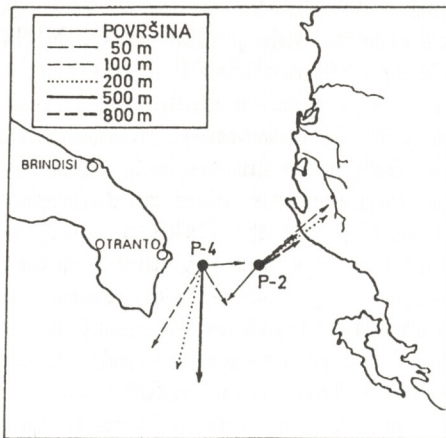
zapadnu obalu. Na dubini 500 m rezultantni smjer bio je 263°, a brzina 39 cms<sup>-1</sup> (sl. 2.1., tablica 2.1.). Prema dnu vrijednosti brzina jako se povećavaju, pa je na 600 m smjer 233°, a brzina čak 82 cms<sup>-1</sup>. Tako velika vrijednost izaziva dvojbu o mogućoj neispravnosti mjernih instrumenata, ali se ipak može obrazložiti. Naime, registrirano je ulazno strujanje u jadranski bazen na većem dijelu presjeka otrantskih vrata, a istjecanje u sasvim ograničenom prostoru. Zato je uspostavljen »mlaz« kojim, općenito gledajući, iz bazena istječe približna količina dotekle vode. Potvrda takvoj pretpostavci su i neki ranije registrirani slučajevi velikih rezultantnih brzina. Tako je u veljači, 1976. u zapadnom dijelu Otrantskih vrata na 590 m dubine registrirana rezultantna brzina 42.8 cms<sup>-1</sup> (Vučak, 1978).



Slika 2.1. Rezultantni smjerovi i brzine u Otrantskim vratima u ožujku, 1990.

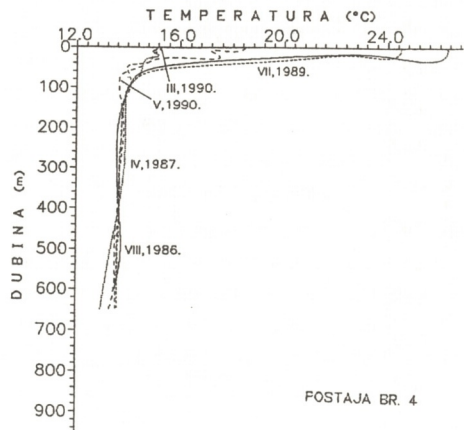
Fig. 2.1. *Residual currents in Otranto Strait profile in March 1990.*





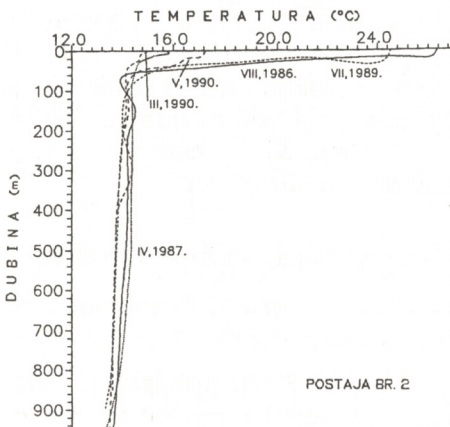
Slika 2.2. Rezultantni smjerovi i brzine u Otrantskim vratima u svibnju, 1990.

Fig. 2.2. Residual currents in Otranto Strait profile in May 1990.



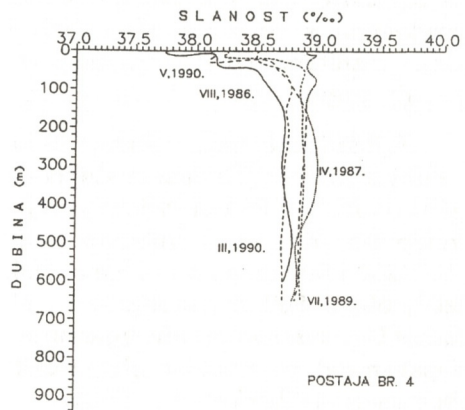
Slika 3.1.1. Vertikalni raspored temperature na postaji P-4

Fig. 3.1.1. Vertical profile of temperature at station P-4



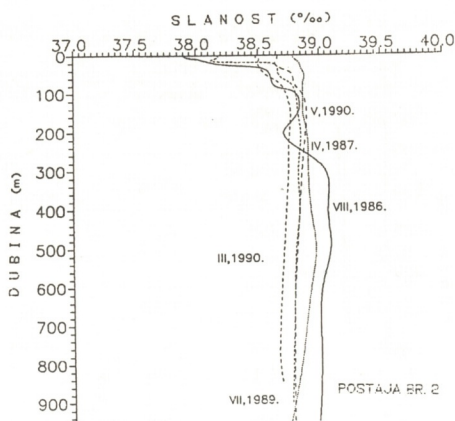
Slika 3.1.2. Vertikalni raspored temperature na postaji P-2

Fig. 3.1.2. Vertical profile of temperature at station P-2



Slika 3.2.1. Vertikalni raspored slanosti na postaji P-4

Fig. 3.2.1. Vertical profile of salinity at station P-4



Slika 3.2.2. Vertikalni raspored slanosti na postaji P-2

Fig. 3.2.2. Vertical profile of salinity at station P-2

Još neka mjerenja pokazala su da se istjecanje vode na ovoj postaji iz bazena odvija u prostorno malom pridnenom sloju uz zapadnu obalu i da se rezultatne brzine znatno povećavaju prema dnu.

Svibanjskim mjerenjima, 1990. obuhvaćeni su cijeli vodeni stupci na postajama. Na P-4 obavljeno je mjerenje na površini i dubinama 50, 100, 200 i 500 m, a na P-2 na 5, 100, 200, 500 i 800 m (tablica 2.1., sl. 2.2.). U ovom krstarenju mjereni su i parametri površinskih struja drift karticama (Viličić et al., 1993).

U ovoj proljetnoj sezoni površinsko strujanje u bazenu obično ima poprečni smjer, ali su odstupanja česta. Uvjetovana su klimatskim i dinamičkim čimbenicima. Tako NW vjetar ( $5.0 \text{ ms}^{-1}$ ) na P-4 podržava

smjer površinske struje  $076^\circ$ , ili je još više otklanja prema istoku. NNW vjetar ( $9.0 \text{ ms}^{-1}$ ) na P-2 površinsko strujanje održava stabilnim u smjeru  $210^\circ$ . U vodenom sloju od dubine oko 100 m do dna na P-2, rezultatni smjerovi na mjernim dubinama su od  $038$  do  $045^\circ$ . Dakle, i u ovoj sezoni ulazni smjer u cijelom vodenom stupcu, osim površinskog sloja. Rezultatne brzine na 500 i 800 m gotovo su dvostruko manje od onih na manjim dubinama (sl. 2.2.).

Rezultati s dubina na P-4 pokazuju malo širu lepezu, od  $138$  do  $201^\circ$ . Brzine u sloju do dubine oko 75 m su ujednačene, a od 100 m do dna ravnomjerno rastu, za razliku od P-2 gdje su pridnene brzine dvostruko manje od brzina u slojevima bližim površini (sl. 2.2.).

Najveće rezultatne brzine u svih pet krstarenja izmjerene su na dubinama 600 ( $82 \text{ cms}^{-1}$ ) i 500 m ( $39 \text{ cms}^{-1}$ ), na P-4 u ožujku 1990. U istom razdoblju na P-2 izmjereno je  $19 \text{ cms}^{-1}$ , na 200 m dubine. Vrijednosti manje od  $4.5 \text{ cms}^{-1}$  nisu registrirane (tablica 2.1.).

### Temperatura, slanost i gustoća

Vertikalni raspored temperature na postajama P-4 i P-2

Na slici 3.1.1. prikazan je vertikalni raspored temperature na zapadnoj postaji u Otrantskim vratima, P-4, u svih pet krstarenja. Uočavaju se dvije intezivne termokline u ljetnim krstarenjima, 11986. i 1989. Lako se može pratiti geneza termalnih stanja u vodenim stupcima od



kasno-zimske do ljetne sezone. Metodološki je dobro uspoređivati pojedine situacije glede istočnog područja, P–2.

Dakle, na P–4 u ožujku prema kriteriju vrijednosti temperatura, površinski sloj bio je debel između 100 i 150 m. Nije formiran i opažaju se blagi termalni poremećaji (sl. 3.1.1.). Slično je stanje i u travnju. To je početak proljeća i jedina razlika glede prethodnog mjerenja je manja debljina površinskog sloja, oko 100 m. Do svibnja debljina mu se smanjuje na oko 75 m. Registrirani su poremećaji i dvostruka termoklina slabog intenziteta. Slijede dvije tipično ljetne situacije u srpnju i kolovozu (sl. 3.1.1.). Miješani sloj debel je oko 20 m. Termoklini je ispod njega do oko 75 m, a do dna temperatura neznatno opada. Stanje blizu izotermiji. Obadvije ljetne termokline imaju visok intenzitet.

U istočnom dijelu Otrantskih vrata (sl. 3.1.2.) termalni poremećaji u površinskom sloju općenito su slabiji glede stanja na P–4. I ovdje se genaža u raslojavanju vodenog stupca pravilno odvija i kolovoška termoklina ima veći intenzitet od srpanjske.

Površinski sloj u ožujku debel je oko 75 m, u travnju 30, a u svibnju se jasno opaža formiranje površinske termokline. Na ovoj postaji u sloju od 200 do 400 m, u ožujku, 1990. i u sloju od 75 do 200 m, u kolovozu, 1986. registrirani su blagi termalni poremećaji. Vjerojatno prouzrokovani dinamičnim čimbenicima.

Uspoređujući stanja na obadvije postaje treba naglasiti da su površinski slojevi uz istočnu obalu u ožuj-

ku i travnju znatno tanji glede zapadne obale (tablica 3.1.). To dokazuje da u Otrantskim vratima sezonsko raslojavanje prvo nastupa uz istočnu obalu. Razlog je izravni utjecaj toplije mediteranske vode dospjele površinskim strujanjem.

U svih pet krstarenja najviša vrijednost temperature morske vode registrirana je uz istočnu obalu na površini u kolovozu, 1986., 26.36 °C. Najniža uz zapadnu obalu na 650 m dubine u travnju, 1987., 12.96 °C (tablica 3.1.).

#### *Vertikalni raspored slanosti na postajama P–4 i P–2*

Od dubine oko 100 m do dna temperatura je, osim u ožujku i kolovozu kad su registrirane neznatne oscilacije, pokazivala vrlo stabilan hod. Kod vertikalnog rasporeda slanosti je drugačije. Oscilacije vrijednosti ovog parametra u vodenom stupcu veće su i obuhvaćaju deblji površinski sloj. Na P–4 oko 150 m, a na P–2 nešto manje. Osim toga na P–4 slanost u travnju i kolovozu oscilira u cijelom vodenom stupcu, a na P–2 u kolovozu, u sloju od površine do oko 300 m dubine (sl. 3.2.1. i 3.2.2.).

U ožujku vertikalni raspored slanosti u obalnim područjima Otrantskih vrata pokazuje stabilno stanje. Površinski sloj manje je slan glede dubinskog. Nije narušena statička stabilnost.

U travnju, uz zapadnu obalu u cijelom stupcu slanost oscilira. Na P–2 vrijednosti su vrlo stabilne, osim malog oslađenja površinskog sloja.

Tablica 3.1. Temperatura (°C), slanost (ppt) i gustoća u Otrantskim vratima na postajama P-4 i P-2  
 Table 3.1. Temperature, salinity and density at Otranto Strait stations P-4 and P-2

Krstar.	KOLOVOZ, 1986.			TRAVANJ, 1987.			SRPANJ, 1989.			OŽUJAK, 1990.			SVIBANJ, 1990.		
	T	S	SIGMA-t	T	S	SIGMA-t	T	S	SIGMA-t	T	S	SIGMA-t	T	S	SIGMA-t
P-2	0	26.36	37.904	25.14	15.71	38.788	28.75	24.51	38.168	25.91	14.97	38.491	17.26	38.672	28.29
	5	26.32	37.919	25.16	15.84	38.792	28.72	24.50	38.181	25.93	14.92	38.483	17.21	38.660	28.29
	10	26.29	38.002	25.23	15.51	38.804	28.80	24.48	38.151	25.91	14.71	38.505	17.18	38.660	28.30
	20	25.50	38.120	25.58	14.95	38.836	28.97	21.45	38.563	27.11	14.68	38.502	16.50	38.644	28.45
	30	19.64	38.426	27.49	14.64	38.852	29.04	18.57	38.660	27.95	14.48	38.512	16.25	38.656	28.53
	50	15.36	38.596	28.68	14.52	38.881	29.09	15.24	38.668	28.77	14.16	38.562	14.68	38.780	28.98
	75	13.92	38.616	29.02	14.40	38.868	29.11	14.55	38.772	28.99	14.14	38.683	14.25	38.800	29.09
	100	14.10	38.808	29.13	14.37	38.868	29.12	14.20	38.806	29.11	14.16	38.734	14.20	38.860	29.15
	150	14.52	38.834	29.05	14.39	38.868	29.12	14.01	38.834	29.16	14.15	38.765	14.24	38.896	29.17
	200	14.28	38.710	29.23	14.39	38.900	29.14	14.01	38.846	29.17	14.04	38.758	14.08	38.888	29.19
	300	14.22	39.045	29.29	14.38	38.912	29.15	13.89	38.832	29.20	13.94	38.748	13.92	38.860	29.21
	400	14.20	39.072	29.31	14.34	38.928	29.18	13.85	38.836	29.20	13.83	38.727	13.79	38.844	29.22
	500	14.14	39.085	29.34	14.34	38.968	29.21	13.77	38.812	29.20	13.73	38.706	13.74	38.820	29.22
	600	14.00	39.024	29.32	14.21	38.928	29.20	13.71	38.800	29.20	13.66	38.689	13.69	38.796	29.21
	800	13.82	39.005	29.34	13.90	38.852	29.21	13.56	38.780	29.22	13.60	38.673	13.56	38.788	29.23
850															
900	13.63	38.992	29.37	13.35	38.764	29.25	13.31	38.766	29.27			13.49	38.788	29.25	
P-4	0	26.26	37.768	25.07	15.13	38.874	28.94	24.52	38.239	25.96	15.27	38.485	18.47	38.107	27.56
	5	26.30	37.736	25.03	15.11	38.874	28.95	24.51	38.243	25.96	15.24	38.471	18.39	38.107	27.58
	10	26.29	37.765	25.06	14.95	38.950	29.05	24.48	38.219	25.87	15.17	38.469	17.18	38.139	27.91
	20	23.81	38.151	26.11	15.18	38.910	28.96	22.91	38.570	26.70	14.95	38.464	17.43	38.111	27.82
	30	18.33	38.146	27.63	14.71	38.878	29.05	20.46	38.713	27.49	14.91	38.489	15.11	38.588	28.74
	50	15.16	38.455	28.63	14.56	38.882	29.08	16.05	38.854	28.72	13.97	38.666	14.44	38.640	28.93
	75	14.26	38.521	28.87	14.38	38.946	29.18	14.38	38.840	29.10	14.08	38.734	13.69	38.720	29.15
	100	14.03	38.583	28.97	14.02	38.914	29.22	14.01	38.820	29.15	14.08	38.751	13.66	38.768	29.19
	150	13.77	38.679	29.10	13.93	38.874	29.21	13.83	38.836	29.21	13.82	38.708	13.77	38.864	29.24
	200	13.62	38.698	29.15	13.93	38.922	29.26	13.76	38.840	29.22	13.85	38.730	13.78	38.868	29.25
	300	13.58	38.678	29.14	13.87	38.970	29.30	13.70	38.856	29.26	13.71	38.704	13.68	38.852	29.25
	400	13.67	38.723	29.15	13.67	38.930	29.31	13.71	38.853	29.24	13.67	38.699	13.62	38.832	29.25
	500	13.76	38.769	29.17	13.35	38.802	29.28	13.63	38.837	29.25	13.59	38.679	13.50	38.816	29.28
	600	13.51	38.703	29.17	13.09	38.806	29.34	13.61	38.833	29.25	13.56	38.685	13.48	38.816	29.28
	650				12.96	38.766	29.35	13.61	38.840	29.25	13.56	38.691	13.31	38.792	29.28



Na toj je postaji gotovo izohalinsko stanje (sl. 3.2.2.). Površinske halinske vrijednosti uz zapadnu obalu više su od istočne (38.874 i 38.788 ppt, tablica 3.1.). Razlog je da u Otrantska vrata površinskim izlaznim strujanjem još nije dospjela manje slana voda iz sjevernijeg dijela bazena (hidrološki i klimatski utjecaj; otapanje snijega, povećan riječni dotok i kišna razdoblja).

Raspored u svibnju na P-2 pokazuje malo površinsko oslađenje. Malo je zbog većeg dotoka slanije mediteranske vode u površinskom sloju. Na P-4 (sl. 3.2.1.) površinski je sloj više oslađen. Formirana je haloklina na dubini do 20 m. U to je područje površinskom strujom dospjela slađa voda iz sjevernijeg dijela bazena. Velike količine uvjetovane su hidrološkim i klimatskim čimbenicima.

Na P-4 u srpnju formira se intenzivna haloklina na 20 m dubine. Također i uz istočnu obalu. Površinska slanost viša je uz zapadnu obalu (38.239 ppt) glede istočne (38.168 ppt). Razlog je u izostanku dotoka slađe vode iz sjevernijeg dijela bazena (sušno godišnje razdoblje).

U kolovozu na P-4 registrirana je dvostruka haloklina u površinskom sloju 50 m (sl. 3.2.1.). Uz istočnu obalu (sl. 3.2.2.) haloklina je površinska, ali intenzivni poremećaji dopiru sve do 300 m dubine.

Niti u jednom krstarenju nije registriran fenomen potpovršinskog minimuma slanosti, kao prva faza u tonuću naglo ohlađene manje slane površinske vode. Najvjerojatniji razlog su nepovoljni klimatski uvjeti

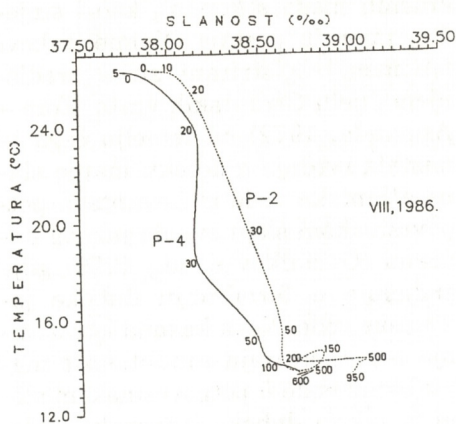
(izostanak većih prodora hladnih zračnih masa s kopna), kao i smještaj mjernih postaja. Naime, takovi fenomeni registrirani su u središnjem dijelu Otrantskih vrata (Zore – Armanda, 1972) na temelju čega je nastala tvrdnja o dotoku manje slane atlantske vode iz Levanta u potpovršinskom sloju sve do južnog Jadrana (Ovčinkov et al., 1976) gdje sudjeluje u formiranju duboke jadranske vode. Neka kasnija istraživanja argumentiraju autohtonost manje slane vode u potpovršinskom sloju, a tako i duboke jadranske vode. Njezino nastajanje odvija se u cijelom bazenu (Zore-Armanda et al., 1986, Bičanić, 1988). Posebno je intenzivno u sjevernom Jadranu (Bičanić, 1992).

Ekstremno visoke halinske vrijednosti registrirane su u kolovozu, 1986. uz istočnu obalu, od 300 do 800 m dubine, preko 39.000 ppt. Najniže u svih pet krstarenja bile su također u kolovozu, 1986. u površinskom sloju uz zapadnu obalu, između 37.736 i 37.768 ppt (tablica 3.1.).

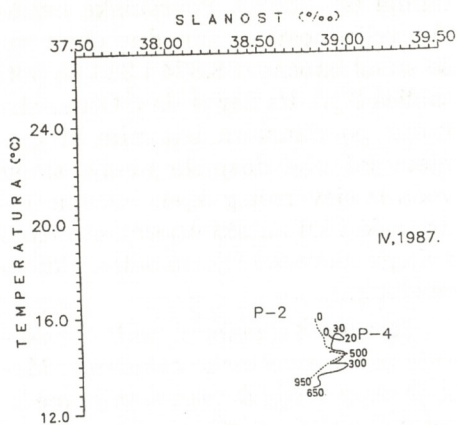
#### *T-S analiza*

T-S krivulje za zimsko (zimsko-proljetno) razdoblje pokazuju nevelike razlike u termohalinskim vrijednostima između površinske i pridne vodene mase (sl. 3.3.4.). Halinske razlike veće su od termalnih. Nešto veće termalne promjene u površinskom su sloju 50 m, a halinske u površinskom sloju debelom 150 m.

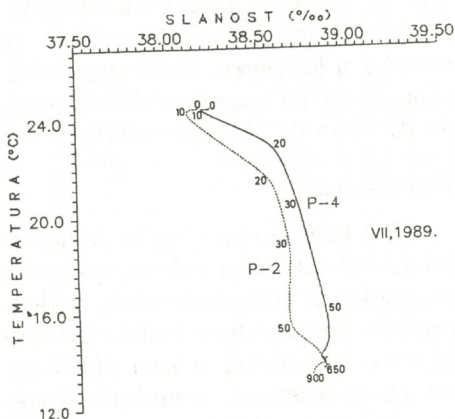
Travanjska situacija indicira promjene, posebno u rasporedu slanosti (sl. 3.3.2.). Početkom proljeća pro-



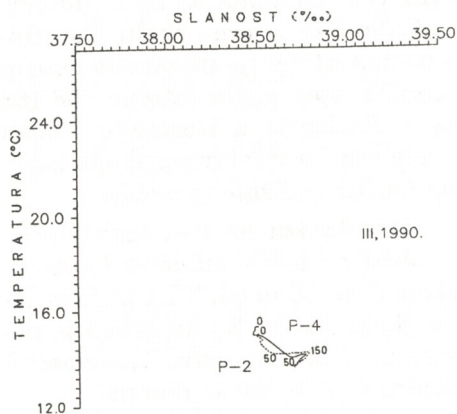
Slika 3.3.1. T-S dijagram za postaje u Otrantskim vratima  
 Fig. 3.3.1. T-S diagram at Otranto Strait stations



Slika 3.3.2. T-S dijagram za postaje u Otrantskim vratima  
 Fig. 3.3.2. T-S diagram at Otranto Strait stations



Slika 3.3.3. T-S dijagram za postaje u Otrantskim vratima  
 Fig. 3.3.3. T-S diagram at Otranto Strait stations



Slika 3.3.4. T-S dijagram za postaje u Otrantskim vratima  
 Fig. 3.3.4. T-S diagram at Otranto Strait stations



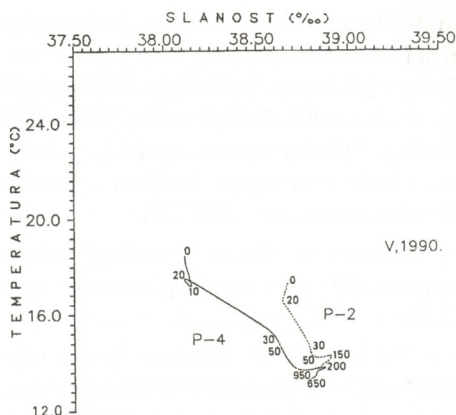
mjene termalnih vrijednosti od površine do dna veće su glede halinskih. Poremećaji nagovješćuju intenzivnije raslojavanje u vodenom stupcu. Registrira se već u svibanju (sl. 3.3.5.), a termohalinski ekstremi na 200 (P-4) i 150 m (P-2) indiciraju formiranje intermedijarne vodene mase (tablica 3.1.). U svibanjskom krstaranju registrirani su znatniji padovi temperature od površine do dubine 50 m, a uz zapadnu je obalu znatno i povećanje slanosti u tom sloju. Između 10 i 20 m dvostruka je termoklina.

U ljetnim mjesecima (srpanj i kolovoz, sl. 3.3.3. i 3.3.1.) miješani površinski sloj debel je oko 20 m, a ispod termokline je intermedijarni do oko 400 m dubine.

### Zaključak

U zimskom mjesecu (ožujak, 1990) najvećim dijelom presjeka Otrantskih vrata morska voda ima ulazni smjer u jadranski bazen. Otjecanje iz bazena odvija se u dubljim slojevima (u uskom lijevku) na vrlo malom prostoru. To prouzrokuje stvaranje »mlaza« s vrlo velikim brzinama na dubinama 500 i 600 m (39, odnosno 82  $\text{cm s}^{-1}$ ).

Početkom proljeća (svibanj, 1990) morska voda iz Mediterana u jadranski bazen utječe uz istočni dio Otrantskih vrata u cijelom vodenom stupcu, osim u površinskom sloju. Istjecanje je uz zapadni dio na isti način. Zanimljiva je činjenica da su brzine pridnenih struja (500 i 800 m, sl. 2.2.) uz istočnu obalu približno dvostruko manje od brzina bliže površini. U zapadnom području je obrat-



Slika 3.3.5. T-S dijagram za postaje u Otrantskim vratima

Fig. 3.3.5. T-S diagram at Otranto Strait stations

no. Rezultantne brzine od 100 m dubine linearno se povećavaju do dna.

Vertikalni raspored temperature indicira značajan utjecaj dotoka toplije mediteranske vode i izravno utječe na odvijanje procesa raslojavanja u vodenom stupcu. Znatno tanji površinski slojevi u ožujku i travnju uz istočnu obalu, dokazuju da se taj proces u Otrantskim vratima počinje odvijati prvo u tom području (tablica 3.1.).

Za razliku od termalnih, halinske vrijednosti više osciliraju. Kolebanja su registrirana u debljem površinskom sloju ili u cijelom vodenom stupcu (travanj i kolovoz na P-4).

U travnju i srpnju registrirana je viša površinska slanost uz zapadnu obalu glede istočne. U prvom slučaju, u zapadni dio Otrantskih vrata površinskom strujom još nije tran-

sportirana slađa voda iz sjevernijeg dijela bazena (otapanje snijega i proljetno kišovito razdoblje). U srpnju je slatkovodni dotok u Jadran minimalan i vlada sušno razdoblje. Obilnije kiše nastupaju krajem mjeseca (banka podataka DHMZ).

Fenomen potpovršinskog minimuma slanosti nije registriran ni u jednom krstarenju.

Kratka T–S analiza potvrđuje zaključke iz analiza vertikalnih rasporeda vrijednosti termohalinskih parametara u Otrantskim vratima koji se odnose na faze u sezonskom raslojavanju vodenog stupca od ožujka do kolovoza.

Sloju diskontinuiteta, osim u ljetnoj sezoni, dubina se povećava od istočne prema zapadnoj obali Otrant-

skih vrata. Krajem zime od zapadne prema istočnoj obali smanjuje mu se dubina s oko 125 na približno 75 m na P–2. Travanjski nagib je najveći. Na P–4 na dubini je oko 100 m, a na P–2 na oko 30 m. Nagib se u svibnju smanjuje, sa 75 do 20 m uz istočnu obalu, a u ljetnim mjesecima je horizontalan na cijelom presjeku, na oko 20 m dubine.

Na temelju termalnih i halinskih vrijednosti izračunane su vrijednosti gustoće i kreću se od relativno niskih, ljetnih površinskih do vrlo visokih pridonjenih, preko 29.0 (tablica 3.1.). Najmanja gustoća morske vode bila je 25.03 na 5 m dubine uz zapadnu obalu u kolovozu 1976. Najviša 29.37 u kolovozu, 1986. na P–2 na 950 m dubine.

## Literatura

1. BIČANIĆ, Z. (1986): Prilog poznavanju termohalinskih svojstava srednjeg Jadrana, magistarski rad, PMF, Zagreb, 205–207.
  2. BIČANIĆ, Z. (1992): Nova saznanja o termohalinskim svojstvima sjevernog Jadrana, doktorska disertacija, FF, Ljubljana, 186–188.
  3. OVČINIKOV, I. M., PLAHIN, E. A., MOSKALENKO, L. V., NEGLJAD, K. V., OSADČII, A. S., FEDOSEEV, A. F., KRIVOŠEJA, V. G., VOITOVA, K. V. (1976): Hidrologija Sredozemnog morja, Hidrometeoizdat, Leningrad, 163–166.
  4. ZORE – ARMANDA, M. (1972): Formation of eastern Mediterranean deep water in the Adriatic, Colloques Internationaux du C.N.R.S., 215, Paris, 127–133.
  5. ZORE – ARMANDA, M., GAČIĆ, M., SMIRČIĆ, A. i VUČAK, Z. (1986): Some features of the early and late phase of the deep water formation in the Adriatic Sea, Rapp. Com. int. Medit., 30, 2 pp.
  6. VILIČIĆ, D., KRŠINIĆ, F. i BIČANIĆ, Z. (1993): The distribution of Phytoplankton and Naupliar Faecal Minipellet Content in the Open South Adriatic (May 1990), in press.
  7. VUČAK, Z. (1978): Mjerenje struja u moru u području Otrantskih vrata, magistarski rad, PMF, Zagreb, 33, 38, 39, 103 pp.
- \*\*\* Banka podataka Državnog Hidrografskog instituta, Split.
- \*\*\* Banka podataka Državnog Hidrometeorološkog zavoda, Zagreb, Pomorski meteorološki centar, Split.



## Summary

### SOME PHYSICAL AND OCEANOGRAPHICAL CHARACTERISTICS OF THE OTRANTO STRAIT

by

Zlatko Bićanić

In winter season, which is represented by March 1990 in the greater part of the Otranto Strait cross section, inflowing currents into the Adriatic basin was prevailing. The outflow from the basin was in deeper layers (in a narrow funnel) in a very small area. This causes the formation of a »spout« with high current speeds at depths of 500 and 600 m (39 and 82  $\text{cm s}^{-1}$  respectively, Fig. 1.2.1.).

At the beginning of spring (May 1990) the sea water from the Mediterranean was entering into Adriatic basin along the east part of the Otranto Strait in the whole water column, except on its surface. The outflow proceeds in the same way along the west part. An interesting fact is that the speeds of the bottom currents (500 and 800 m, Fig. 2.2.) along the east coast were about twice smaller than the speeds near the surface. In the west area the situation is opposite. The resultant speeds were increasing linearly from the 100 m depth down to the bottom.

The vertical distribution of temperature indicated the significant effect of inflow of the warmer Mediterranean waters, having a direct influence to the process of stratification in the water column. Considerably thinner surface layers along the east coast in March and April proved that

this process in the Strait of Otranto originates in this area (Table 3.1.).

Salinity values oscillated more than temperature values. Oscillations were registered in the thicker surface layer or in the whole of the water column (April and August on P-4).

In April and July a higher surface salinity was registered along the west coast than near the east coast. In the former case, fresher water from the northern part of the basin had not been yet transported into the west part of the Otranto Strait by the surface current (melting of snow and rainy spring period).

In July the fresh-water inflow into the Adriatic is minimum, because of a dry period. An abundant rains begin by the end of the month (DHMZ data base).

The phenomenon of the sub-surface salinity minimum was not registered in any cruise at all.

A short T-S analysis confirmed the conclusions from the analysis of vertical distribution of thermohaline parameters in the Otranto Strait referring to the periods of seasonal stratification of the water column from March to August.

The depth of the discontinuity layer increases from the east toward the west coast of the Otranto Strait with exception of summer. At the

end of winter its depth decreases from about 125 to 75 m at P-2 from the west to the east coast. The greatest slope is in April at P-4, at a depth of about 100 m, while at P-2 it is at about 30 m depth. In May the slope decreases from 75 to 20 m along the east coast, whereas in summer it is horizontal throughout the section, at about 20 m depth.

Based on the thermohaline values the SIGMA-t values were calculated, ranging from the comparatively low, surface ones in summer to the very high bottom ones, over 29.0 (Table 3.1.). The minimum SIGMA-t value was 25.03 at 5 m depth along the west coast in August 1976. The highest one was 29.37 in August 1986 at P-2, in a depth of 950 m.

Dr. Zlatko Bićanić  
Državni hidrografski institut  
Hrvatska, 58000 Split  
Zrinsko-Frankopanska bb