

REZULTATI DIREKTNIH MJERENJA MORSKIH STRUJA NA JADRANU

RESULTS OF DIRECT CURRENT MEASUREMENTS IN THE ADRIATIC

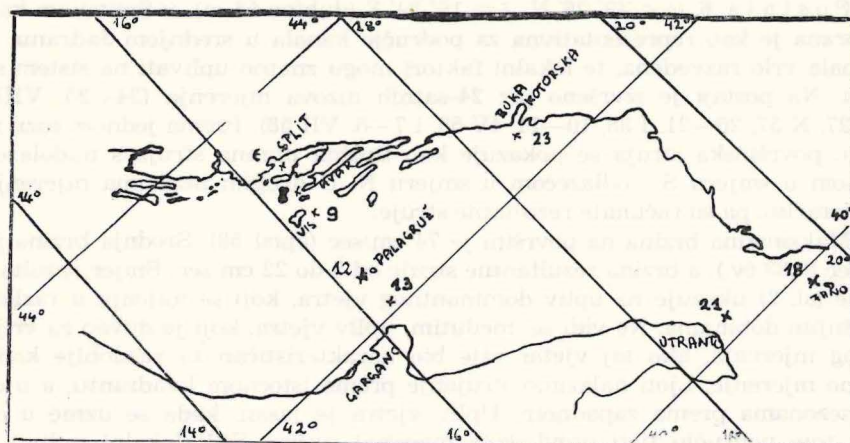
Mira Zore-Armanda

Institut za oceanografiju i ribarstvo, Split

UVOD

U ovom radu se iznose rezultati direktnih mjerenja struja vršenih od 1956. do 1962. godine na brodovima Instituta za oceanografiju i ribarstvo, Split, kao i rezultati mjerenja struja za vrijeme MGG 1957—58. vršenih u organizaciji Potkomisije za oceanografiju Nacionalne komisije za MGG.

Sva su mjerenja vršena strujomjerom tipa Ekman s usidrenog broda i to u 24-satnim nizovima. Nizovi su prekidani jedino u slučaju lošeg vremena. Mjerenja su se vršila sa 4 broda: »Bios«, »Predvodnik«, »Miner« i »Spasilac«. Mjerenja su većim dijelom vršena u srednjem, a manje u južnom Jadranu, dok u sjevernom Jadranu nisu vršena. Na svim strujomjernim postajama nastojalo se dobiti nizove za sva 4 godišnja doba, ali na nekim postajama to nije bilo moguće, dok su sa druge strane mjerenja na nekim postajama vršena opetovano



Sl. 1. Postaje na kojima su vršena mjerenja struja (označene križićima)

Fig. 1. Localities (marked with crosses) where currents were measured

više godina. Unutar pojedinih nizova mjerenja su obično vršena na 3 dubine, prvenstveno na 0, 10, 20 i 50 m, ali i na nekim drugim dubinama. Za vrijeme rada redovito su vršena meteorološka mjerenja i praćene su promjene u kursu broda radi eventualnih korektura. Mjerenja su izvršena na ukupno 8 postaja, ali ne istovremeno (sl. 1).

Za svaku postaju su dati slijedeći podaci:

1) Maksimalna nađena brzina od svih pojedinačnih mjerenja unutar svih nizova.

2) Srednjak brzina dobiven kao srednja vrijednost brzine svih pojedinačnih mjerenja za sve raspoložive nizove zajedno. S obzirom na različiti broj pojedinačnih mjerenja na različitim postajama, ove vrijednosti nisu međusobno sasvim uporedljive, nego više informativno. Broj podataka za računanje srednjaka iznosio je redovito više od 100, a samo u iznimnim slučajevima manje.

3) Smjer i brzina rezultantne struje, izračunate posebno za svaki niz mjerenja za sve dubine. Ovi podaci su računati prema tablicama u priručniku *Manual of current observations* (1950).

Izneseni rezultati predstavljaju prva organizirana mjerenja struja na Jadranu u 24-satnim nizovima. Istim tipom strujomjera su bile mjerene morske struje 1913—14. godine u sjevernom Jadranu (Kvarner) za vrijeme ekspedicije »Vila Velebita« (Gavazzi, 1915), ali su ta mjerenja vršena u vrlo kratkim nizovima.

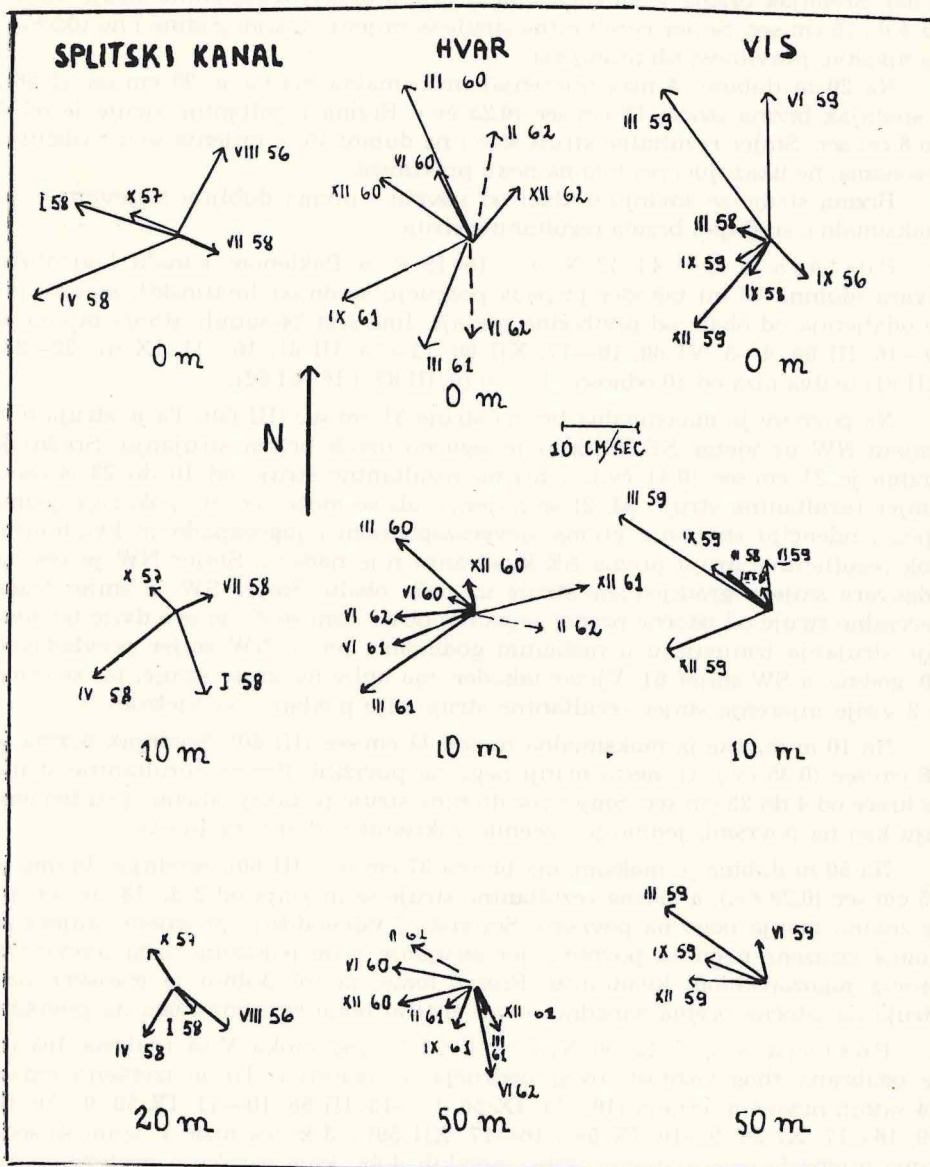
Neki od rezultata koji se sada iznose su ranije objavljeni u jednom preliminarnom saopćenju (Zore, 1960).

Zbog prirode rada na mjerenju struja učestvovalo je mnogo suradnika, kojima na tom mjestu najljepše zahvaljujem. Posebno dugujem zahvalnost poručniku fregate Zoranu Vučaku i kolegi Anti Škrivaniću, koji su organizirali neka mjerenja.

REZULTATI

Postaja 6, $\varphi = 43^{\circ} 26' N$; $\lambda = 16^{\circ} 24' E$ (dubina 55 m), u Splitskom kanalu odabrana je kao reprezentativna za područje kanala u srednjem Jadranu, gdje je obala vrlo razvedena, te lokalni faktori mogu znatno uplivati na sistem strujanja. Na postaji je izvršeno pet 24-satnih nizova mjerenja (24—25. VIII 56, 26—27. X 57, 20—21. I 58, 10—11. IV 58. i 7—8. VII 58). Prema jednom nizu mjerenja, površinska struja se pokazuje kao tipična plimna struja s nadolazećom strujom u smjeru S i odlazećom u smjeru N. U drugim nizovima mjerenja to nije izrazito, pa su računate rezultatne struje.

Maksimalna brzina na površini je 74 cm/sec (april 58). Srednja brzina je 17 cm/sec (0,33 čv.), a brzina rezultantne struje od 5 do 22 cm/sec. Smjer rezultantne struje (sl. 2) ukazuje na upliv dominantnog vjetrova, koji se mijenja u različitim godišnjim dobima. Ne vidi se, međutim, upliv vjetrova, koji je duvao za vrijeme samog mjerenja, ako taj vjetrov nije bio karakterističan za razdoblje kada je vršeno mjerenje. Ljeti nalazimo strujanje prema istočnom kvadrantu, a u ostalim sezonama prema zapadnom. Upliv vjetrova je jasan, kada se uzme u obzir da u tom području ljeti prevladava maestral smjera SW (lokalni uplivi), a u ostalim sezonama bura (NE) i jugo (SE), pa se može kazati da je u tom obalnom području smjer struje pod uplivom vjetrova i morskih dobi.



Sl. 2. Rezultantne struje, računate posebno za svaki niz mjerenja za tri postaje uz istočnu obalu Jadrana

Fig. 2. Resultant currents involving three localities off the eastern coast of the Adriatic, calculated for each series of measurements separately

Na 10 m dubine (4 niza mjerenja) maksimalna brzina struje je 48 cm/sec (I 58). Srednjak brzina je 14 cm/sec (0,27 čv.), a brzina rezultatne struje varira od 4 do 16 cm/sec. Smjer rezultatne struje se mijenja tokom godine i ne ukazuje na nikakvu pravilnost tih promjena.

Na 20 m dubine (4 niza mjerenja) maksimalna brzina je 30 cm/sec (I 58), a srednjak brzina iznosi 13 cm/sec (0,25 čv.). Brzina rezultatne struje je od 4 do 8 cm/sec. Smjer rezultatne struje kao i na dubini 10 m mijenja se u različitim sezonama, ne ukazujući pri tom na neku pravilnost.

Brzina struje se smanjuje idući od površine prema dubljim slojevima, i to maksimalna, srednja i brzina rezultatne struje.

Postaja 8, $\varphi = 43^\circ 12' N$; $\lambda = 16^\circ 19' E$, u Paklenom kanalu kod otoka Hvara (dubina 78 m) također pripada području srednjodalmatinskih kanala, ali je udaljenija od obale od prethodne postaje. Ima šest 24-satnih nizova mjerenja (9—10. III 60, 4—5. VI 60, 16—17. XII 60, 12—13. III 61, 10—11. IX 61, 22—23. XII 61) te dva niza od 10 odnosno 12 sati (9. III 62. i 10. VI 62).

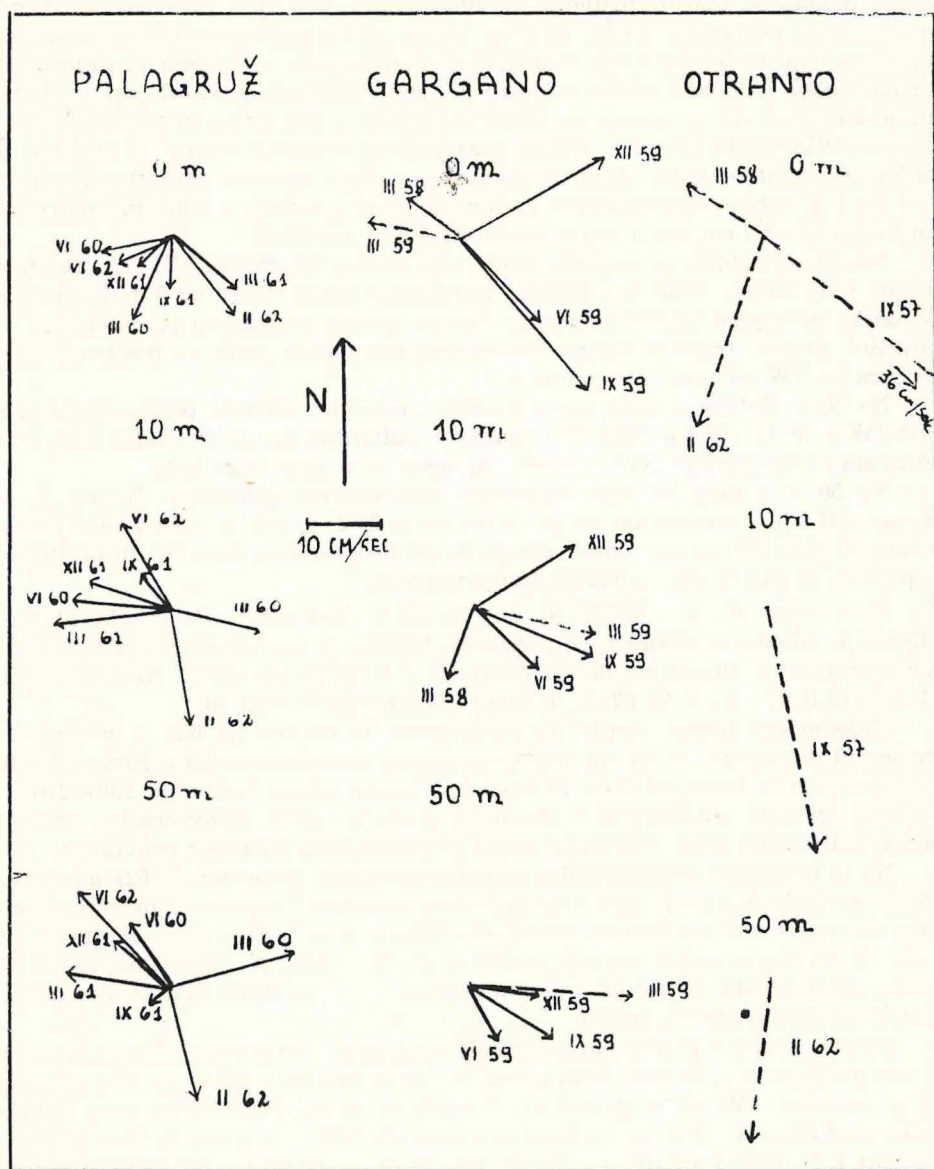
Na površini je maksimalna brzina struje 51 cm/sec (III 60). Ta je struja bila smjera NW uz vjetar SE 5B, koji je sigurno uzrok bržem strujanju. Srednjak brzina je 21 cm/sec (0,41 čv.), a brzina rezultatne struje od 10 do 23 cm/sec. Smjer rezultatne struje (sl. 2) se mijenja, ali se može reći da pokazuje jednu opću tendenciju strujanja prema sjeverozapadnom i jugozapadnom kvadrantu, dok rezultatna struja prema SE kvadrantu nije nađena. Smjer NW je čest, a odgovara smjeru gradijentske struje uz našu obalu. Smjer SW je smjer transverzalne struje od istočne prema zapadnoj obali. Čini se da se ove dvije tendencije strujanja izmjenjuju u različitim godinama, jer je NW smjer prevladavao 60. godine, a SW smjer 61. Vjetar također ima upliv na smjer struje, jer se samo u 2 serije mjerenja smjer rezultatne struje nije poklapao sa vjetrom.

Na 10 m dubine je maksimalna brzina 44 cm/sec (III 60). Srednjak brzina je 18 cm/sec (0,35 čv.), tj. nešto manji nego na površini. Brzina rezultatne struje se kreće od 4 do 23 cm/sec. Smjer rezultatne struje pokazuje sličnu opću tendenciju kao na površini, jedino je općenito zakrenut u desno za $10-20^\circ$.

Na 50 m dubine je maksimalna brzina 37 cm/sec (III 60). Srednjak brzina je 15 cm/sec (0,29 čv.), a brzina rezultatne struje se mijenja od 2 do 13 cm/sec, pa je znatno manja nego na površini. Sezonske i višegodišnje promjene smjera su manje izražene nego na površini, jer strujanje vode pokazuje opću tendenciju prema jugozapadnom kvadrantu. Prema tome na toj dubini je transverzalna struja od istočne prema zapadnoj obali znatno bolje izražena nego na površini.

Postaja 9, $\varphi = 43^\circ 00' N$; $\lambda = 16^\circ 20' E$, kod otoka Visa (dubina 105 m) je odabrana zbog važnosti ovog područja u ribarstvu. Tu je izvršeno sedam 24-satnih nizova mjerneja (10—11. IX 56, 14—15. III 58, 10—11. IX 59, 9—10. III 59, 16—17. XI 59, 9—10. IX 59 i 16—17. XII 59) i 3 kraća niza. U svim se serijama mjerenja osjeća znatan upliv morskih dobi, koje uzrokuju pretežno rotacione struje, dok su rezultatne struje male brzine.

Maksimalna brzina struje na površini je 48 cm/sec (VI 59), a sredja brzina 19 cm/sec (0,38 čv.). Brzina rezultatne struje varira od 4 do 26 cm/sec. Smjer se mijenja tokom godine, ali u tom pokazuje određenu pravilnost (sl. 2). Zimi je smjer struje NW, tj. smjer gradijentne struje uz našu obalu, a ljeti je smjer



Sl. 3. Rezultantne struje, računate posebno za svaki niz mjerenja za tri postaje uz zapadnu obalu Jadrana

Fig. 3. Resultant currents involving three localities off the western coast of the Adriatic, calculated for each series of measurements separately

struje SE, tj obrnut nego zimi. Zima je razdoblje, kada je u sistemu gradijentskih struja naglašeno ulazno strujanje uz našu obalu, dok ljeti prevladava izlazno strujanje uz talijansku obalu (Zore, 1956), pa su nađene sezonske promjene smjera struje u skladu s odgovarajućim promjenama u sistemu gradijentskih struja. Teško je kazati koliko je svako pojedino mjerenje pokazalo upliv vjetra, ali je činjenica da je npr. u zimskom razdoblju rezultatna struja imala veću brzinu (1958) kada se smjer struje poklapao sa smjerom vjetra. U proljeće je smjer rezultatne struje sličan zimskom, a u jesen ljetnom smjeru (inercija?).

Na 5 m dubine raspolažemo s jednom serijom mjerenja u zimi. Brzina rezultatne struje je 7 cm/sec, a smjer sličan smjeru na površini.

Na 10 m dubine je najveća izmjerena brzina 51 cm/sec (VI 57). Srednja brzina je 18 cm/sec (0,36 čv.). Brzina rezultatne struje varira od 3 do 24 cm/sec. Sezonske promjene smjera pokazuju razliku prema analognim promjenama na površini. Smjer struje se mnogo manje mijenja tokom godine i pokazuje opću tendenciju NW tokom cijele godine.

Na 20 m dubine postoje samo 2 serije mjerenja. Srednja brzina (mali broj podataka) je 13 cm/sec (0,26 čv.). Smjer rezultatne struje pokazuje kao i na 10 m stalnu tendenciju NW, a brzina je nešto veća zimi nego ljeti.

Na 50 m dubine (4 niza mjerenja) maksimalna zabilježena brzina je 48 cm/sec (III 59), a srednja brzina je 13 cm/sec (0,27 čv.), dok je brzina rezultatne struje od 5 do 18 cm/sec. Smjer struje je još konstantniji nego na 10 m dubine i općenito je NW. U zimi je brzina struje najveća.

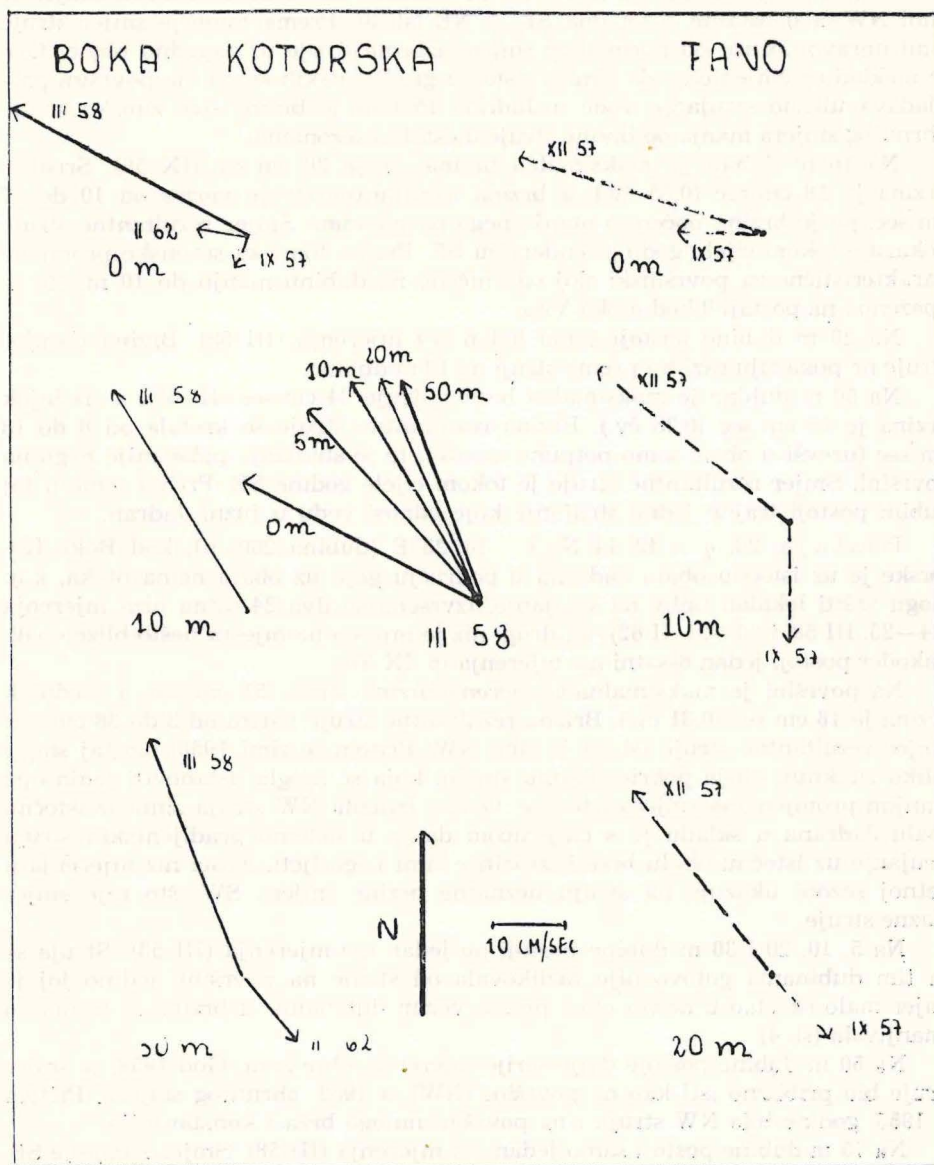
Postaja 12, $\varphi = 42^{\circ} 22' N$; $\lambda = 16^{\circ} 13' E$, kod otoka Palagruža (dubina 115 m) je također u ribolovnom području. Izvršno je šest 24-satnih nizova mjerenja (dubine, 0, 10 i 50 m) (6—7. VI 60, 10—11 III 61, 12—13. IX 61, 12—13 XII 61, 11—12 II 62. i 6—7. VI 62) te je jedan 17-satni niz 7—8. II 60.

Maksimalna brzina struje na površini je 33 cm/sec (II 62), a srednja 15 cm/sec (0,29 čv.), pa je na toj postaji strujanje relativno polako. Brzina rezultatne struje se kreće od 5 do 16 cm/sec, a njezin smjer varira od 130° — 270° , a može se općenito označiti kao S (sl. 3). To je smjer struje transverzalno od naše prema talijanskoj obali. Promjene smjera ne pokazuju sezonsku pravilnost.

Na 10 m dubine je maksimalna zabilježena brzina 35 cm/sec (II 62), a srednja 16 cm/sec (0,31 čv.), pa je struja na toj dubini prosječno nešto brža nego na površini, što nije slučaj na drugim postajama. Brzina rezultatne struje se kreće od 7 do 17 cm/sec, a smjer joj nije konstantan. Dva puta je zabilježen smjer SE (smjer gradijentske struje uz zapadnu obalu), a 5 puta smjer NW (smjer gradijentske struje uz istočnu obalu).

Na 50 m dubine je maksimalna zabilježena brzina 43 cm/sec, a srednja iznosi 17 cm/sec (0,34 čv.). Brzina rezultatne struje varira od 4 do 18 cm/sec, a smjer joj je najčešće NW, ali se pojavljuju i ostali smjerovi. Svakako na ovoj dubini, kao i na dubini od 10 m prevladava smjer struje NW, tj. strujanje koje možemo označiti kao ulaznu struju u Jadran, dok se na površini na toj poziciji takovo strujanje ne pojavljuje.

Postaja 13, $\varphi = 42^{\circ} 08' N$; $\lambda = 16^{\circ} 10' E$, (dubina 115 m) kod poluotoka Gargano je u blizini zapadne obale. Na ovoj postaji su izvršena četiri 24-satna niza mjerenja (20. III 58, 18—19. VI 59, 11—12. IX 59. i 18—19. XII 59) i dva kraća niza (8. VI 57. i 12. III 59).



Sl. 4. Rezultantne struje, računate posebno za svaki niz mjerenja za dvije postaje

Fig. 4. Resultant currents involving two localities, calculated for each series of measurements separately

Maksimalna brzina struje na površini je 72 cm/sec (IX 59), a srednja 24 cm/sec (0,47 čv.). Brzina rezultatne struje varira od 10 do 27 cm/sec. Smjer je zimi NW, a u ostalim sezonama SE ili NE (sl. 3). Prema tome je smjer struje zimi upravo obrnut od normalnog smjera izlazne struje uz zapadnu obalu. Ovo je u skladu s činjenicom da zimi u sistemu gradijentskih struja na površini prevladava ulazno strujanje vode u Jadran. Pritom je brzina ove zimske struje obrnutog smjera manja od brzine struje u ostalim sezonama.

Na 10 m dubine je maksimalna brzina struje 38 cm/sec (IX 59). Srednja brzina je 18 cm/sec (0,35 čv.), a brzina rezultatne struje varira od 10 do 17 cm/sec, pa je brzina općenito manja nego na površini. Smjer rezultatne struje pokazuje tokom cijele godine tendenciju SE. Prema tome su sezonske promjene karakteristične za površinski sloj ograničene na dubinu manju do 10 m, što je opaženo i na postaji 9 kod otoka Visa.

Na 20 m dubine postoji samo jedan niz mjerenja (III 59). Brzina i smjer struje ne pokazuju razliku prema struji na 10 m dubine.

Na 50 m dubine je maksimalna brzina struje 34 cm/sec (III 59), a srednjak brzina je 15 cm/sec (0,28 čv.). Brzina rezultatne struje se kretala od 8 do 13 cm/sec (uzevši u obzir samo potpune nizove), te je strujanje polaganije nego na površini. Smjer rezultatne struje je tokom cijele godine SE. Prema tome u toj dubini postoji trajno jedno strujanje koje odnosi vodu u južni Jadran.

Postaja 23, $\varphi = 42^{\circ} 14' N$; $\lambda = 18^{\circ} 28' E$ (dubina 200 m), kod Boke Kotorske je uz istočnu obalu Jadrana u području gdje uz obalu nema otoka, koji mogu vršiti lokalni upliv na strujanje. Izvršena su dva 24-satna niza mjerenja (24—25. III 58. i 20—21. II 62), ali drugi niz je mjeren na mjestu nešto bliže obali. Također postoji jedan 6-satni niz mjerenja (6. IX 57).

Na površini je maksimalna izmjerena brzina struje 51 cm/sec, a srednjak brzina je 16 cm/sec (0,31 čv.). Brzina rezultatne struje varira od 3 do 38 cm/sec. Smjer rezultatne struje (sl. 4) je zimi NW. Pritom je zimi 1958. bio taj smjer toliko istaknut, da je pokrio plimnu struju, koja se mogla ustanoviti jedino po manjim promjenama smjera i brzine. Ovakvo izrazita NW struja zimi uz istočnu obalu Jadrana u skladu je s činjenicom da je u sistemu gradijentskih struja strujanje uz istočnu obalu brže i izrazitije zimi nego ljeti. Kraći niz mjerenja u ljetnoj sezoni ukazuje na struju neznatne brzine smjera SW, što nije smjer ulazne struje.

Na 5, 10, 20 i 30 m dubine postoji po jedan niz mjerenja (III 58). Struja se na tim dubinama gotovo nije razlikovala od struje na površini, jedino joj je smjer malo skretao u desno idući prema većim dubinama, a brzina se neznatno smanjivala (sl. 4).

Na 50 m dubine postoje dvije serije mjerenja, obje zimi. God 1958. je smjer struje bio približno isti kao na površini (NW), a 1962. obrnutog smjera. Pritom je 1958. godine bila NW struja i na površini mnogo brža i konstantnija.

Na 75 m dubine postoji samo jedan niz mjerenja (III 58). Smjer struje je SE, tj. isti kao na 50 m iste zime, jedino je tu struja nešto brža.

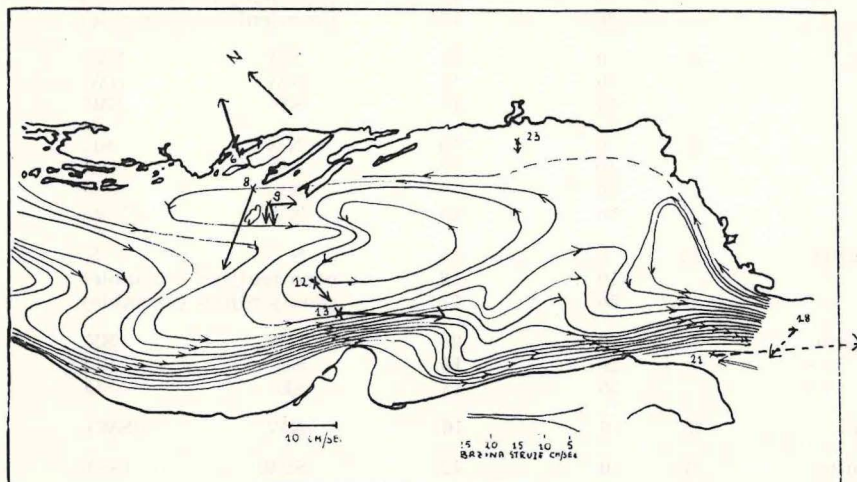
Postaja 18, $\varphi = 39^{\circ} 58' N$; $\lambda = 19^{\circ} 23' E$ (dubina 300 m), kod otoka Fano ima jednu sasvim kratku seriju mjerenja i dvije 6-satne (16. VI 57, 3. IX 57 i 22. XII 57), pa se o strujanju na toj postaji ne može kazati ništa određeno.

Na površini je maksimalna nađena brzina 35 cm/sec (XII 57). Postoji pre-

malo podataka za računanje srednjaka. Smjer resultantne struje na površini je WNW (sl. 4), tj. voda struji transversalno od istočne prema zapadnoj obali naj-sjevernijeg dijela Jonskog mora. Taj je smjer struje ovdje neočekivan, ali s obzirom na kratke nizove mjerenja to nije pouzdano.

Na 5 m dubine maksimalna brzina struje je 36 cm/sec (XII 57). Smjer struje se razlikuje od smjera na površini, te je prema ovom u decembru zakrenut u desno, a u septembru u lijevo. Slična je situacija na 10 i 20 m dubine.

Postaja 21, $\varphi = 40^\circ 10' N$; $\lambda = 18^\circ 39' E$ (dubina 100 m), na zapadnoj strani Otrantskih vrata odabrana je zbog važnosti poznavanja izmjene vode



Sl. 5. Rezultantne struje za ljeto za više godina i gradijentne struje za ljeto 1911. Oba sistema struja pokazuju tendenciju izlazenja vode iz Jadrana

Fig. 5. Resultant summer currents obtained over a period of several years, and gradient currents in the summer of 1911. Both systems of currents reveal the tendency of water flow out of the Adriatic

između Jadrana i Mediterana na tom prolazu. Postoji jedan sasvim kratak niz mjerenja (16. VI 57), dva 6-satna niza (4. IX 57. i 27. III 58), te jedan 16-satni niz (17. II 62).

Maksimalna brzina struje na površini je 88 cm/sec (II 62), a srednja brzina 42 cm/sec (0,82 čv.). Prema tome su na ovoj postaji nađene najveće brzine struja (maksimalna i srednja). Smjer resultantne struje dobiven u februaru 62. i 16-satnog niza može se smatrati za najbliži stvarnom stanju, jer se za vrijeme mjerenja gotovo nije mijenjao. Sličan je smjer dobiven i u septembru 57. (sl. 3) To je smjer izlazne struje iz Jadrana i sasvim je razumljivo da je na tom mjestu ta struja najbrža. U martu 58. je smjer struje na površini protivnog smjera, ali s obzirom na kratak niz to nije sasvim pouzdano, premda je možda nekih zima opća tendencija ulazenja vode u Jadran naglašenija.

S ostalih dubina postoji samo po jedan niz mjerenja, i struja tu ne pokazuje neku razliku u odnosu na površinsku struju, te se smjer izlazne struje opaža do 75 m dubine.

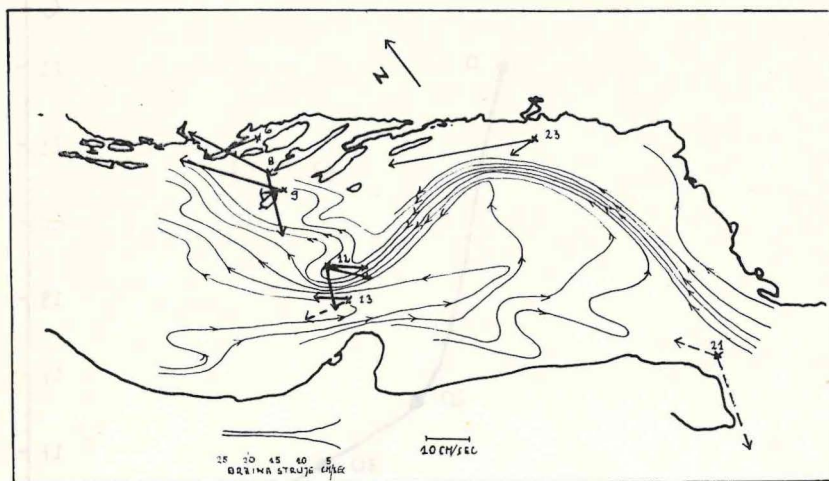
DISKUSIJA

Radi boljeg pregleda prilaže se tablica sa srednjim brzinama te smjerom rezultantne struje posebno za zimu i ljetu za 7 postaja.

Postaja (Station)		Dubina (Depth) m	Srednja brzina (Average velocity) cm/sec	Smjer (Direction)	
				Zima (Winter)	Ljeto (Summer)
Splitski kanal	6	0	17	W	E
		10	14	promjenljivo (variable)	
		20	13	promjenljivo (variable)	
Hvar	8	0	21	NW	NW
		10	18	NW	NW
		50	15	SW	SW
Vis	9	0	19	NW	SE
		10	18	NW	NW
		20	13	NW	NW
		50	13	NW	NW
Palagruž	12	0	15	S	S
		10	16	promjenljivo (variable)	
		50	17	promjenljivo (variable)	
Gargano	3	0	24	NW	SE
		10	18	SE	SE
		50	15	SE	SE
Boka	23	0	16	NW	(SW)
Otranto	21	0	42	SSW	(SE)

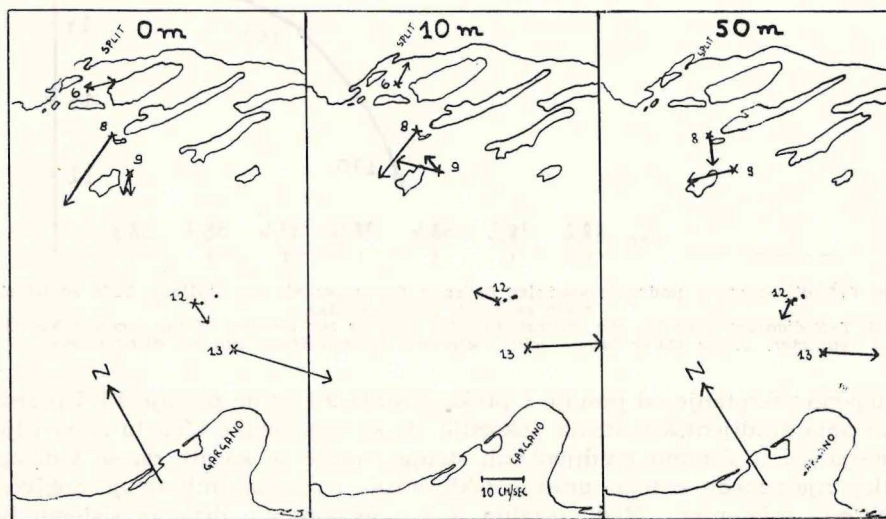
U zagradi su nepouzđani podaci. Raspored srednjih brzina pokazuje da se na površini u srednjem i južnom Jadranu one kreću od 15 cm/sec (0,29 čv.) do 24 cm/sec (0,47 čv.), dok je na zapadnoj strani Otrantskih vrata srednja brzina struje 42 cm/sec (0,82 čv.). Uočljiva je razlika između istočne i zapadne obale Jadrana, jer je strujanje uz istočnu obalu općenito sporije (postaje 6, 8, 9 i 23), a na zapadnoj brže (postaje 13 i 21). Zatim se općenito brzina u dubljim slojevima smanjuje, pa se na dubini od 50 m kreće u srednjem i južnom Jadranu od 13 cm/sec (0,25 čv.) do 17 cm/sec (0,33 čv.). Iznimka je postaja 12 kod otoka Palagruža, gdje je u dubljim slojevima strujanje čak nešto brže nego na površini. Također u dubljim slojevima se, obrnuto nego na površini, ne zapaža da bi strujanje uz zapadnu obalu bilo brže nego uz istočnu.

Smjer struje na površini se općenito razlikuje zimi i ljeti (sl. 5 i 6). Zimi na pretežnom broju postaja prevladava NW struja, tj. ulaženje vode u Jadran. Strujanje obrnutog smjera na postaji 12 i jednom na postaji 8 pokazuje, da i zimi postoji transversalno strujanje od istočne prema zapadnoj obali u području srednjeg Jadrana. Ovo je strujanje konstantno, osobito na otvorenom moru. Ljeti, obrnuto nego zimi, na pretežnom broju postaja prevladava SE struja, tj. izlaženje vode iz Jadrana, a niti na jednoj postaji nije nađeno strujanje posve obrnutog smjera. Uz to se lijepo vidi transversalna struja od istočne prema zapadnoj obali u srednjem Jadranu i može se lijepo pratiti njezino



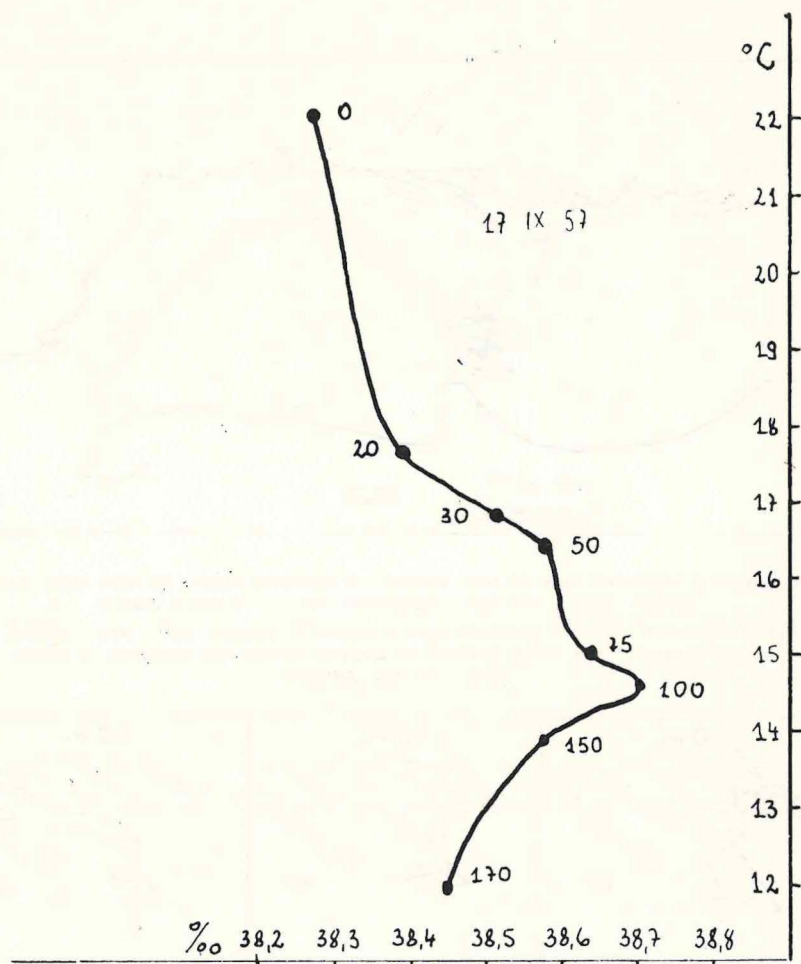
Sl. 6. Rezultantne struje za zimu za više godina i gradijentne struje za zimu 1914. Oba sistema struja ukazuju na opću tendenciju ulazanja vode u Jadran

Fig. 6. Resultant winter currents obtained over a period of several years, and gradient currents in the winter of 1914. Both systems of currents reveal the tendency of water flow into the Adriatic



Sl. 7. Rezultantne struje ljeti u srednjem Jadranu. Na postajama bližim uzdužnoj osi Jadrana (9 i 12) vidi se na 10 i 50 m strujanje koje donosi vodu u to područje iz južnog Jadrana, a koje se na površini ne primjećuje

Fig. 7. Resultant summer currents in the central Adriatic. Localities situated closer to the longitudinal axis of the Adriatic (9 and 12) reveal the occurrence, at depths of 10 and 50 metres, of water currents, unnoticeable on the surface, carrying water from the Southern Adriatic into the area

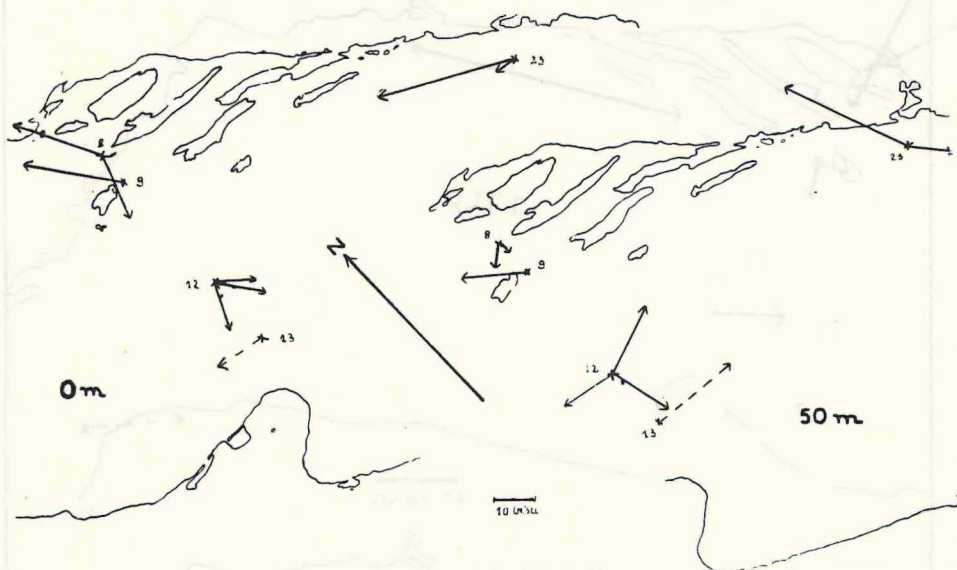


Sl. 8. T-S dijagram za područje srednjeg Jadrana (blizu postaje 12) za ljeto. Vide se tri sloja vode različitih karakteristika
 Fig. 8. T-S diagram covering the central Adriatic area (in the vicinity of the locality No. 12) in summer. Three water layers with different characteristics can be distinguished

postepeno zakretanje od postaje 8 preko postaja 9 i 12 do postaje 13. Uporedba s kartama gradijentskih struja pokazuje, da se iste razlike između zima i ljeta pojavljuju i u sistemu gradijentskih struja i može se kazati, da se vidi opće poklapanje između sistema gradijentskih struja i rezultatnih struja dobivenih direktnim mjerenjem. Među ostalim je i u jednom i u drugom sistemu ljeti strujanje brže uz zapadnu, a zimi uz istočnu obalu, a i brzine uglavnom odgovaraju. Zbog toga proizlazi da su struje u otvorenom dijelu Jadrana pretežno gradijentske struje. Odstupanja, koja su uočljiva na kartama između oba sistema struja su svakako uzrokovana i time, što karte gradijentskih i rezultatnih struja ne odgovaraju istim razdobljima, a poznato je da jadranske struje imaju i višegodišnje fluktuacije.

U proljeće i jesen karte struja izgledaju »nemirno«, a svakako ne prevladava niti tendencija ulaženja niti tendencija izlaženja vode iz Jadrana, kao uostalom niti kod gradijentnih struja. Ipak rezultantne struje pokazuju veća odstupanja od gradijentnih struja nego zimi i ljeti, pa vjerojatno na strujanje u proljeće i jesen imaju značajniji upliv i drugi faktori.

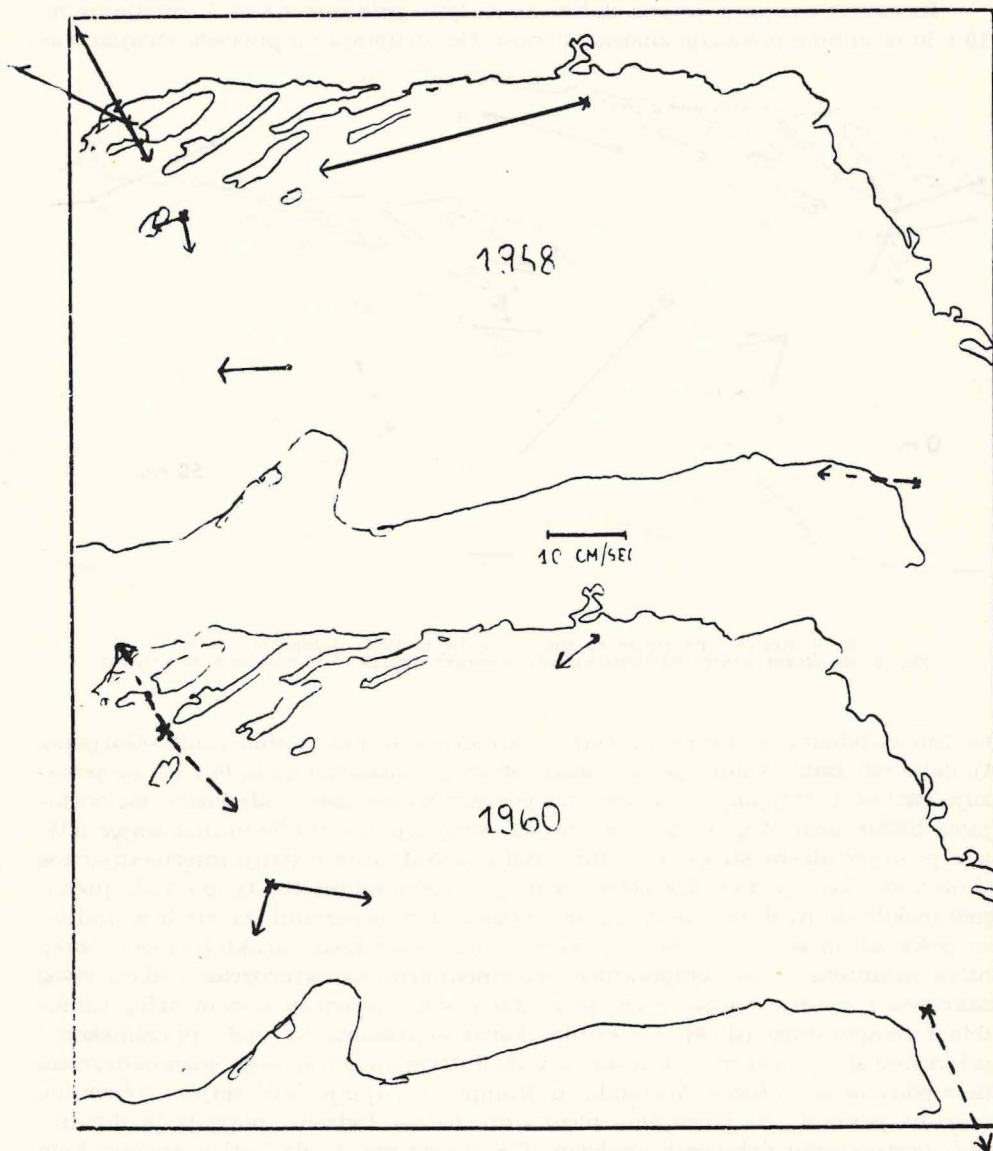
Raspored strujanja prema dubini je za ljetu prikazan na sl. 7. Strujanje na 10 i 50 m dubine pokazuje znatnu sličnost. Od strujanja na površini strujanje se



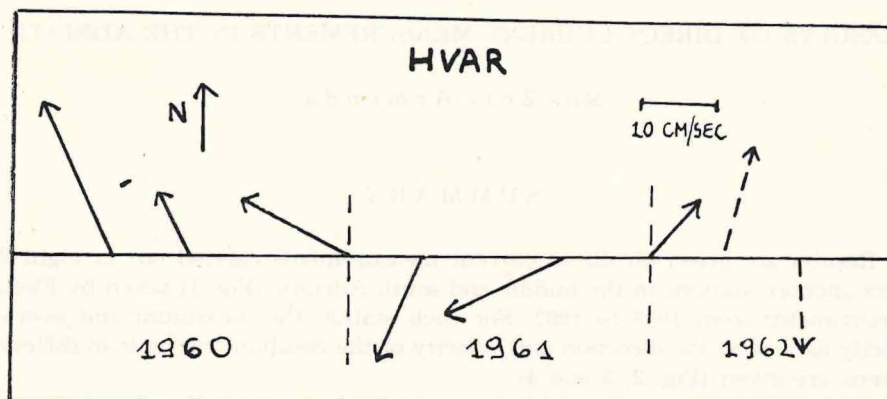
Sl. 9. Rezultantne struje za zimu sa dvije različite dubine (0 i 50 m)
Fig. 9. Resultant winter currents at two different depths (0 metres and 50 metres)

na tim dubinama razlikuje naročito u srednjem dijelu profila Split—Gargano, tj. dalje od obala. Naime, postaje bliže istočnoj i zapadnoj obali (8 i 13) ne pokazuju razlike u strujanju u odnosu na površinsko strujanje. Međutim, na postajama bližim uzdužnoj osi Jadrana (9 i 12) strujanje na 10 i 50 m ima smjer NW, a to je smjer ulazne struje u Jadran. Ovdje se očito radi o struji intermedijarnog sloja vode, koji je ljeti karakterističan po višem salinitetu, tj. po vodi južno-jadranskih ili mediteranskih karakteristika. T-S dijagrami za srednji Jadran su pokazali da se tu ljeti pojavljuju tri sloja: površinski karakteriziran vodom nižeg saliniteta i više temperature, intermedijarni karakteriziran vodom višeg saliniteta i srednje temperature, te pridneni karakteriziran vodom nižeg saliniteta i temperature (sl. 8). Po svojim karakteristikama su vode površinskog i pridnenog sloja sjevernojadranske, a voda intermedijarnog sloja južnojadranske ili mediteranske (Zore—Armanda, u štampi). Strujanje NW smjera, obrnutog nego na površini, na postajama blizu uzdužne osi Jadrana, potvrđuje dinamičkih pretpostavki dobivenih analizom T-S dijagrama, tj. da ljeti u površinskom sloju prevladava izlaženje vode iz Jadrana, a u intermedijarnom ulaženje vode u Jadran.

Vertikalne promjene u sistemu strujanja zimi pokazuju nešto manje pravilnosti nego ljeti (sl. 9). Može se reći da su one općenito manje nego ljeti. U površinskom sloju je uočljiva tendencija strujanja prema sjevernom Jadranu uz transverzalno strujanje prema zapadnoj obali koje se trajno pojavljuje na



Sl. 10. Karta resultantnih struja za dvije godine uzevši u obzir sve sezone
 Fig. 10. Chart showing the resultant currents obtained over a period of two years, involving all the four seasons



Sl. 11. Promjena smjera rezultantne struje tokom tri uzastopne godine kod Hvara
 Fig. 11. Diverging directions of the resultant current recorded off Hvar in the course of three consecutive years

profilu Split—Gargano. Na dubini od 50 m je na postajama bližim uzdužnoj osi Jadrana, tj. na postajama 9 i 12 također izraženo strujanje prema sjevernom Jadranu, kao i u površinskom sloju. Međutim, jedan put na postaji 12, a inače na postajama 13, 8 i 23, tj. na postajama bliže obali, koje su u plićem području, vidi se strujanje prema južnom Jadranu. Tu je očito već zahvaćen pridneni sloj vode, u kojem zimi voda struji prema južnom Jadranu, odnosno Mediteranu.

Treba još napomenuti, da su kod razmatranja strujanja u pojedinim sezonama uzeti podaci iz više godina, premda je poznato da u Jadranu postoje i višegodišnje fluktuacije u sistemu strujanja (Zore, 1956), što je u vezi s nejednakim obimom ulaženja mediteranske vode u različitim periodima (Buljan, 1953). Podaci kojima raspolažemo nisu dovoljni za prikaz višegodišnjih fluktuacija, ali su kao primjer odabrane dvije godine (1958. i 1962) i uzeti za njih svi raspoloživi podaci (sl. 10). Premda podaci za obje godine nisu sa istih postaja, niti sezone uvijek odgovaraju, ipak se može kazati da je 1958. naglašenija tendencija ulaženja vode u Jadran nego 1962. Svakako bi u buduću ovom problemu trebalo posvetiti više pažnje, jer da su višegodišnje fluktuacije vrlo značajne, može se vidjeti iz promjena smjera struje na postaji 8 u toku tri uzastopne godine (sl. 11).

BIBLIOGRAFIJA

- Buljan, M. 1953: Fluctuations of salinity in the Adriatic, Izvješća-Reports, Rib.-biol. eksp. »Hvar« 1948—49, Split.
- Gavazzi, A. 1915: O pomicanju vode u Kvarnerskom zaljevu, Prir. istr. Hrv. i Slav. JAZU, sv. 6, Zagreb.
- Manual of current observations, 1950, US Dpt. of Commerce, Coast & Geodetic Survey, Sp. Pub. No. 215, Washington.
- Zore, M. 1956: On gradient currents in Adriatic Sea, Acta Adriatica, Vol. VIII/6, Split.
- Zore, M. 1960: Preliminary results of direct current measurements in the Adriatic, Rapp. et Proc. Verb. d. Reun. C. I. E. S. M. M., vol. XV, fasc 3, Paris.
- Zore-Armanda, M. Les masses d'eau de la Mer Adriatique, Acta Adriatica, Vol. X/3 Split, (u štampi).

RESULTS OF DIRECT CURRENT MEASUREMENTS IN THE ADRIATIC

Mira Zore-Armanda

SUMMARY

Results are given on direct current measurements carried out at eight 24-hours anchorage stations in the middle and south Adriatic (Fig. 1) taken by Ekman current-meter from 1956 to 1962. For each station the maximum and average velocity as well as the direction and velocity of the resultant currents in different seasons are given (Fig. 2, 3 and 4).

Surface currents in the Adriatic generally have a small velocity ranging from 0.3 to 0.8 knots and being greater along the western than along the eastern coast. The velocity of the resultant currents corresponds generally to the velocity of gradient currents. Going to the deeper layers the velocity becomes smaller.

The direction of current is different in winter and summer. Superimposed on the general clockwise current system it exists the prevailing tendency of the incoming current to the Adriatic in winter and of the outgoing current in summer (Fig. 5 and 6).

Analogous rhythmical changes in the system of currents found to occur with gradient currents indicate that the currents existing in the Adriatic generally belong to gradient currents. The influence of the wind is only of local importance in the inshore stations (station 6).

The ebb and flow of the tide do not increase the speed of the currents, but their influence is still felt, particularly at some stations where the velocity of the resultant current is small (e. g. in the vicinity of the Island of Vis).

As resulting from the stations lying along the Split—Gargano profile (across the central Adriatic) there is a known transversal current showing constant flow only at the station No. 12 in the vicinity of the Palagruža Island. This current is evidently caused by the influence of the mid-Dalmatian offshore islands and the Palagruža sill in the central Adriatic.

There is a summer current in the intermediary water layer of the open Adriatic (below the depth of 10 m) moving in the opposite direction of the surface current (Fig. 7, stations 9 and 12). We have here a current involving the intermediary water layer characterized by a higher salinity rate, i. e. containing water showing the characteristics of southern Adriatic or Mediterranean water. In summer, surface water of lower salinity tends to flow out of the Adriatic, while inflowing water of higher salinity has the tendency to penetrate the intermediary layer of that sea. This dynamic is confirmed by the appearance of the T-S diagram for the region of the middle Adriatic (Fig. 8).

The occurrence of year to year considerable fluctuations in the system of currents prevailing in the Adriatic have been confirmed by direct measurements (Fig. 10 and 11). The extent of these measurements, however, should be much greater if the character of the fluctuations and the currents moving in the depth had to be properly known.