

Krešo PANDŽIĆ

Republički hidrometeorološki zavod SR Hrvatske, Zagreb

SUMMARY

The Bora is a well - known cold, strong and gusty Northeasterly wind along the Eastern Adriatic Sea coast. It occurs in association with large temperature and surface pressure gradients between the windward and leeward side of the steep mountains which closely follow the coast.

The Scirocco ("jugo") is the wind, mainly Southeasterly indirection, which occurs along the same coast during the advection of warm air from lower latitudes. In distinction to the Bora, which is relatively dry, the Scirocco appears with high humidity.

Both of these types of winds, as well as their combination along the coast are associated with some specific large - scale circulation types. In this paper we present (Fig.1 - 3) the mean distribution of surface pressure and AT 500 mb during 10 selected cases of each type, which indicate the basic characteristic during these phenomena.

Table 1 and Fig. 4 give the mean velocity and direction of the wind along the Adriatic coast during a) Scirocco, b) Bora and Scirocco, and c) Bora. It can be seen that the maximum of the mean Bora wind speed appears on the Northern Adriatic coast (Senj), whereas the absolute maximum speed of the Scirocco is found on the open sea of the Southern Adriatic. These results are in accordance with earlier studies of these phenomena.

POVZETEK

V članku smo prikazali srednjo porazdelitev zračnega pritiska nad večjim delom Evrope v času, ko sta na vzhodni obali Jadrana pihala burja ali jugo. Podali smo srednje vrednosti hitrosti in smeri vetra na posameznih mestih vzdolž obale in na otokih in jih prikazali v obliki vektorskih polj.

Rezultati kažejo, da je polje vetra na Jadranu v omenjenih primerih prvenstveno posledica porazdelitve zračnega pritiska in topografije tega področja.

UVOD

Bura je relativno hladan, jak i mahovit vjetar, poznat duž Jadranskog primorja. Nastaje kada se relativno hladan zrak nagomila na jednoj strani planinske zapreke i uvjetuje velike temperaturne razlike između zraka na zavjetrenoj i navjetrenoj strani, što znači da se na tom području povećava potencijalna energija. Velike brzine koje se pri tome često pojavljuju su prije svega posljedica silazne komponente gibanja, pri čemu dolazi do pretvaranja težinske potencijalne energije hladnijeg zraka u kinetičku. Naziv bura za ovakav tip strujanja potječe od grčke riječi boreas, što znači sjeverni vjetar.

Jugo je vjetar koji nastaje uz advekciju toplijeg zraka na Jadransko područje iz nižih širina. U glavnom je jugoistočnog smjera duž istočne obale Jadrana. Osim što je topao, za razliku od bure koja je relativno suha, jugo je vlažan vjetar. Ova dva tipa vjetra su preovladavajući na Jadranu, osobito u zimskom dijelu godine.

Prvi poznatiji rad na ovu temu potječe od Banda /1/. U ovom radu on obradjuje podatke nekolicine meteoroloških stanica smještenih na istočnoj obali Jadrana. Band je promatrao hod pojedinih meteoroloških elemenata (temperature, vlage, tlaka) za vrijeme trajanja bure na tim stanicama, polje strujanja i trajnost bure u različitim meteorološkim situacijama. Doprinos proučavanju bure, posebno u SR Sloveniji dali su Paradiž /14/, Petkovšek /16/, te Pet-

kovšek i Paradiž /15/. Oni razmatraju buru ovisno o uzroku njenog nastanka, a teoretske pretpostavke potkrepljuju primjerima. Makjanić /10/, /11/, /12/ je pored dinamičkog proučavanja bure dao i statističke analize o buri i jugu, promatrajući istočnu obalu Jadrana u cjelini.

Zanimljivi su radovi japanskih znanstvenika /17/ koji daju interesantne rezultate istraživanja bure.

Detaljno proučavanje bure u Senju sa statističkog stanovišta vršio je Lukšić /9/. On promatra dnevne, mjesečne i godišnje tokove pojedinih meteoroloških elemenata za vrijeme bure.

Učinjen je i prvi pokušaj numeričke simulacije ovih vjetrova /13/. Jurčec /6/ prikazuje jedan slučaj mezoanalize bure na Sjevernom Jadranu, i naglašava utjecaj makrovremenske situacije na intenzitet i raspodjelu bure, kao i njezinu povezanost s temperaturom i vlagom u određenoj situaciji.

U ovom radu dan je prikaz srednje razdiobe tlaka na području Evrope za vrijeme bure i juga na Jadranu, i naglašeni su glavni faktori koji utječu na raspodjelu i intenzitet ovih vjetrova.

SREDNJE SINOPTIČKE SITUACIJE ZA VRIJEME BURE I JUGA

Za razliku od nekih drugih lokalnih vjetrova, jugo je vjetar čisto gradijentskog tipa. Javlja se u situaciji kada su ciklonalne aktivnosti nad područjem Evrope i Sredozemlja jače izražene.

Kakva je srednja sinoptička situacija za vrijeme juga? Približan odgovor može dati analiza baričkog polja prikazanog na slici 1.

Ova srednja sinoptička situacija dobivena je na osnovu deset sinoptičkih situacija u 00 GMT za vrijeme juga iz 1979./80. i to:

21. i 24. septembra; 16 - 17. oktobra; 14 - 15. i 30. novembra; 11. i 23. decembra; 1979.; 10. februara 1980.

Analogno su dobivene srednje situacije iz slijedećih datuma s jugom i burom na Jadranu:

23. septembra; 6., 12., 30. oktobra; 9 - 10. novembra, 20 - 22. decembra 1979. i 15. januara 1980. godine

i za samo buru iz sljedećih datuma:

31. decembra 1979; 2 - 3., 6 - 8., 11 - 13. i 27. januara 1980. godine.

Korištena je mreža od 17 x 13 točkaka nad područjem Evrope, a vrijednosti tlaka u pojedinim točkama dobivene su interpolacijom vrijednosti prikazanih izobarama.

Odmah se može uočiti da je za vrijeme juga cijelo područje Zapadne Evrope i Sredozemlja u polju sniženog tlaka sa centrom od 1000 mb na sjeverozapadu Evrope. Budući da je ovo srednja situacija, eliminirana je sredozemna (sekundarna) ciklona koja se vrlo često javlja inicirana atlantskom ciklonom.

Na području istočnog djela Evrope prevladava slabo izraženo polje povišenog tlaka do 1020 mb.

Na slici 1. je prikazana i srednja AT - 500 mb ploha iz istih termina. Opći je utisak da nad zapadnom Evropom prevladava zapadno visinsko strujanje, koje iznad Sredozemlja skreće na jugozapadni smjer. Time je omogućen dotok toplog zraka iz područja sjeverne Afrike nad područjem Jadrana. Kako su prizemno polje tlaka, odnosno AT - 500 mb ploha osnovni indikatori strujanja zraka, moglo bi se na osnovu analogije sa prognostičkim situacijama istih polja predvidjeti pojava juga na većem djelu Jadrana. Međutim ovakva sinoptička situacija se ne zadržava dugo. Barički sistemi se grubo uzevši najčešće gibaju od zapada prema istoku. S tim u vezi dolazi do promjena smjerova vjetra na našoj obali. Najčešće nakon jače izražene doline jača greben povišenog tlaka zahvaćajući najprije zapadni dio Evrope. Centar sniženog tlaka od 1006 mb pomiče se preko Sredozemlja prema istoku. U takvim situacijama na sjevernom dijelu Jadrana (slika 2.) počinje bura, a na južnom dijelu i dalje puše jugo. Na karti AT - 500 mb plohe dolina je pomaknuta više prema istoku, dok

je greben nad istočnim Atlantikom ojačao, tako da je strujanje iznad zapadne Evrope skrenulo na sjeverozapadni smjer, dok je nad istočnim Sredozemljem i dalje prevladavajuće jugozapadno visinsko strujanje. Ovisno o pokretljivosti baričkih sistema, u pravilu, i ovakve situacije nisu dugotrajne. Slijedi daljnja transformacija baričkih sistema. Greben povišenog tlaka preko zapadne Evrope i dalje jača (slika 3.) dok se centar sniženog tlaka (1012 mb) pomiče prema istočnom Sredozemlju.

Na karti AT - 500 mb plohe uočava se sjeverozapadno strujanje preko zapadne i srednje Evrope koje dovodi hladniji zrak iz polarnih područja u sredozemni bazen i Jadransko područje. Pored toga, opaža se opći porast tlaka (usporediti slike 1 i 3.). Tada na Jadranu puše bura. Kao što je spomenuto u uvodu, što su razlike u temperaturama na navjetrini Dinarskih planina i obali Jadrana veće, to su i brzine bure veće.

Bura je osobito jaka u slučajevima kada su pored temperaturnih razlika i gradijenti tlaka zraka relativno veliki. Bura je katabatički vjetar tj. ima vertikalnu komponentu gibanja koja je uzrokovana spuštanjem hladnog zraka niz obronke Dinarskih planina.

SREDNJE POLJE VJETRA NA JADRANU ZA VRIJEME BURE I JUGA

Podaci za dobivanje srednjaka uzeti su iz arhive Republičkog hidrometeorološkog zavoda SR Hrvatske. Uzet je uzorak od trideset klimatoloških termina 07, 14, 21^h sa jugom, jugom i burom i samo burom na cijelom Jadranu i to na iste datume kao što su uzeti podaci za izračunavanje srednjih sinoptičkih situacija.

Rezultati su prikazani u tablici 1. i slikama 4a, 4b, 4c grafički.

Srednjak brzine je dobiven kao aritmetička sredina brzina za pojedini termin bez obzira na smjer, dok su srednji smjerovi aritmetička sredina smjerova pojedinog termina.

Rezultati za slučaj juga prikazani su u tablici 1(1) i grafički na slici 4a.

Kao što se iz tablice vidi, u mjestima koja su više okrenuta prema otvorenom moru, smjer juga je oko 180° (Lastovo, Palagruža), dok u mjestima uz obalu smjer juga je oko 140° . Osim što su smjerovi promjenljivi idući od otvorenog mora prema obali, brzine se također mjenjaju. Tako, na primjer, dok je na Palagruži srednja brzina juga 12 m/s, u Makarskoj je svega 3 m/s. Osim toga, brzina juga veća je na južnom, nego na sjevernom Jadranu. Iako je broj termina (trideset) pri izračunavanju srednjaka relativno mali, očigledno je utjecaj otoka na brzinu juga. To je pogodno za izgradnju luka za brodove, budući da jugo, za razliku od bure, na otvorenom moru stvara visoke valove, što bi u nezaklonjenim lukama nepovoljno djelovalo na usidrene plovne objekte.

Na slici 4b, nacrtanoj na osnovu podataka iz tablice 1b, ima se pregled strujanja kada na sjevernom Jadranu puše bura, a na južnom jugo. Općenito bi se moglo reći, da je u ovom slučaju smjer vjetra istočni na srednjem Jadranu, na krajnjem jugu Jadrana smjerovi su slični kao kod "čistog" juga, iako skrenuti nešto prema istoku, dok na krajnjem sjeveru promatranog djela Jadranske obale, vjetar ima karakteristike bure, sa smjerovima također nešto skrenutim prema istoku. Na slici 4c prikazana je situacija za vrijeme bure na cijelom Jadranu. Smjerovi su iz sjeveroistočnog kvadranta, gotovo uvijek okomiti na obalu, za razliku od juga koji je paralelan obali. I to ukazuje na velike razlike u prirodi nastanka tih dvaju vjetrova. Osim toga, brzina bure je na sjevernom djelu Jadrana veća nego na južnom djelu (izuzev Lastova), što je opet suprotno jugu. Dakle ova dva vjetra su u izvjesnom smislu komplementarna. Nadalje, brzina bure se općenito smanjuje idući od obale prema otvorenom moru.

ZAKLJUČAK

Bura i jugo javljaju se u određenim sinoptičkim situacijama. Iz srednjih raspodjela tlaka i geopotencijala 500 mb pokazano je da za vrijeme juga područje sniženog tlaka (jače izraženo) prevladava nad zapadnim djelom Evrope, dok je nad istočnim djelom slabo izraženo polje povišenog tlaka. Kod bure je u izvjesnom smislu obratna sinoptička situacija, gledajući Evropu. Naime, područje povišenog tlaka je nadomjestilo ono sniženog i pojačano je, dok je

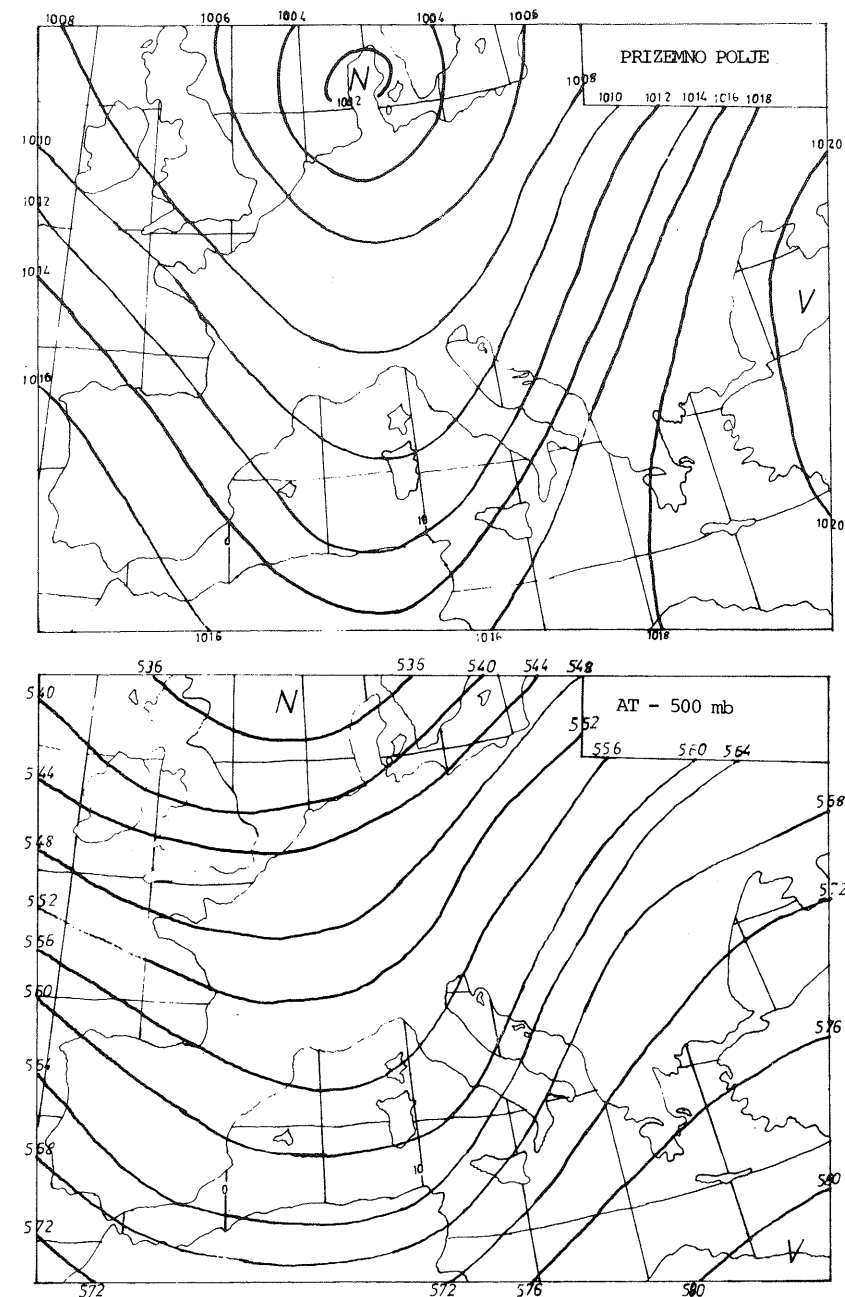
područje sniženog tlaka odmaklo na istok i pored toga oslabljeno.

Bura puše iz sjeveroistočnog kvadranta, okomito na obalu, dok jugo puše iz jugoistočnog kvadranta paralelno obali. Apsolutni maksimum srednje brzine bure je na sjevernom djelu Jadrana (Senj), dok je kod juga apsolutni maksimum srednje brzine na otvorenom moru južnog djela Jadrana (Palagruža), što je u skladu sa rezultatima ranijih istraživanja ove problematike.

LITERATURA

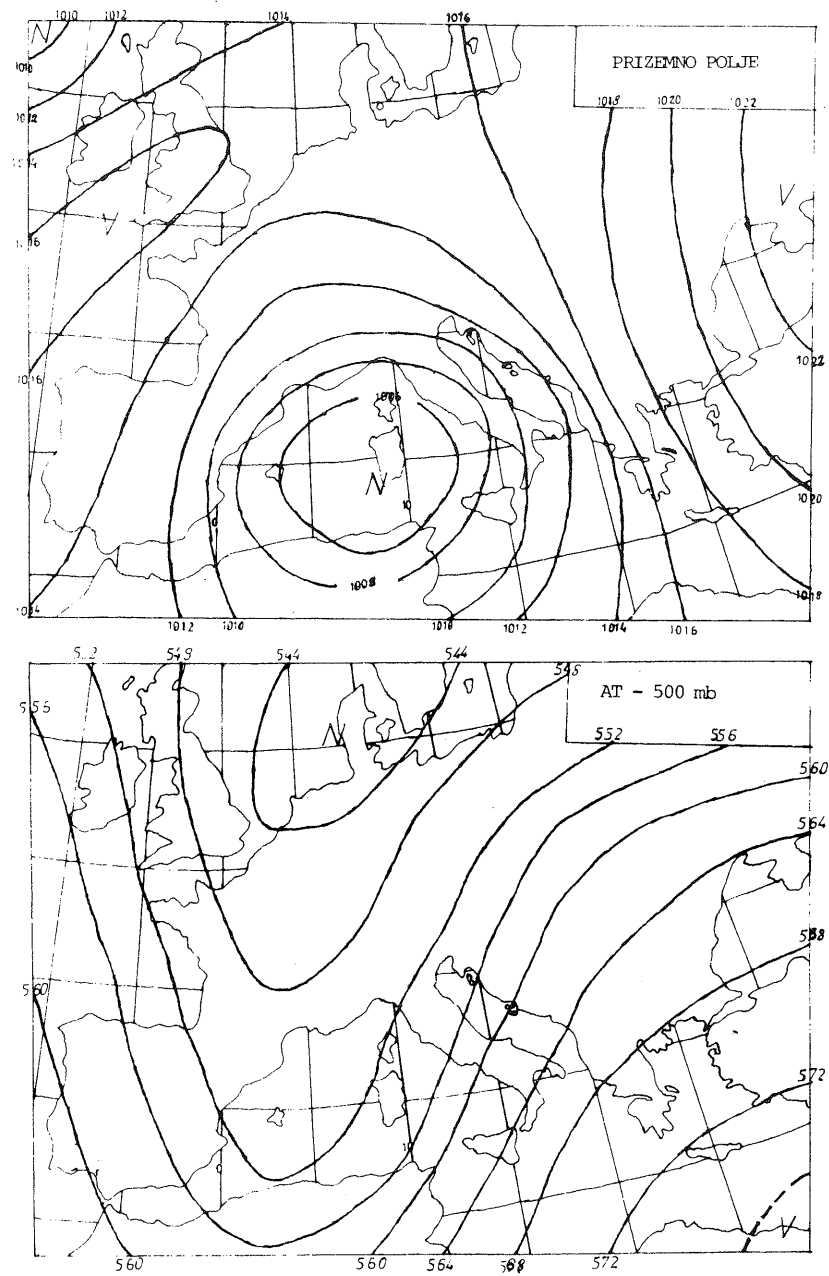
- /1/ Band, G. 1950. - Die Bora der Adria (doktorska disertacija), Köln.
- /2/ Čadež, M. 1964. - Vreme u Jugoslaviji. Prirodno - matematički fakultet u Beogradu. Meteorološki zavod, Rasprave (4).
- /3/ Čadež, M. 1970. - Beschreibung des Wetters mittels Wettertypen. Prace Geograficzne (Krakow), (26), 119 - 138.
- /4/ Čadež, M. 1976. - Some Observations on Bora and Föhn Winds. Local wind bora, Univ. of Tokyo Press, 193 - 203.
- /5/ Dobrilović, B. 1960. - Visinsko strujanje iznad Jugoslavije i prizemni karakteristični vjetrovi. Prirodno - matematički fakultet u Beogradu. Meteorološki zavod, Beograd.
- /6/ Jurčec, V. 1980. - On mesoscale characteristics of bora conditions in Yugoslavia. U "Tor Bergeron Memorial Volume". PAGEOPH, Vol. 119 (1980/81). (U tisku).
- /7/ Lukšić, I. 1972 a) - Tipovi strujanja zraka iznad Zagreba za vrijeme bure na sjevernom Jadranu. VII savjetovanje klimatologa Jugoslavije, Referat, Beograd.
- /8/ Lukšić, I. 1972 b) - NE strujanje nad sjeverozapadnom Hrvatskom i bura na sjevernom Jadranu. VIII savjetovanje klimatologa Jugoslavije. Referat, Beograd.
- /9/ Lukšić, I. 1975. - Bura u Senju. Senjski zbornik. Senj 6, 467 - 494.
- /10/ Makjanić, B. 1962. - Einige Aspekte der Bora in Split. Savezni hidrometeorološki zavod, Beograd.

- /11/ Makjanić, B. 1976. - A short account of the climate of the town Senj. Local wind Bora, Univ. Tokyo Press, 145 - 152.
- /12/ Makjanić, B. 1978. - Bura, jugo, etezije. Savezni hidrometeorološki zavod, Beograd, 73 str.
- /13/ Pandžić, K. 1980. - Numerička metoda za određivanje utjecaja topografije na polje vjetra. Zbornik radova sa II znanstvenog skupa Numeričke metode u tehnici, Republička zajednica za znanstveni rad u SR Hrvatskoj, SIZ I, 459 - 463.
- /14/ Paradiž, B. 1957. - Burja v Sloveniji. U publikaciji "Deset let hidrometeorološke službe", Ljubljana.
- /15/ Petkovšek, Z. i Paradiž, B. 1976. - Bura in the Slovenian Coastal Region. Local Wind Bora. Univ. of Tokyo Press, 135 - 145.
- /16/ Petkovšek, Z. 1976. - Periodičnost sunkov burje. Razprave, Ljubljana.
- /17/ Yoshino, M. M. 1976. - Local Wind Bora. Univ. of Tokyo Press. 289 str.



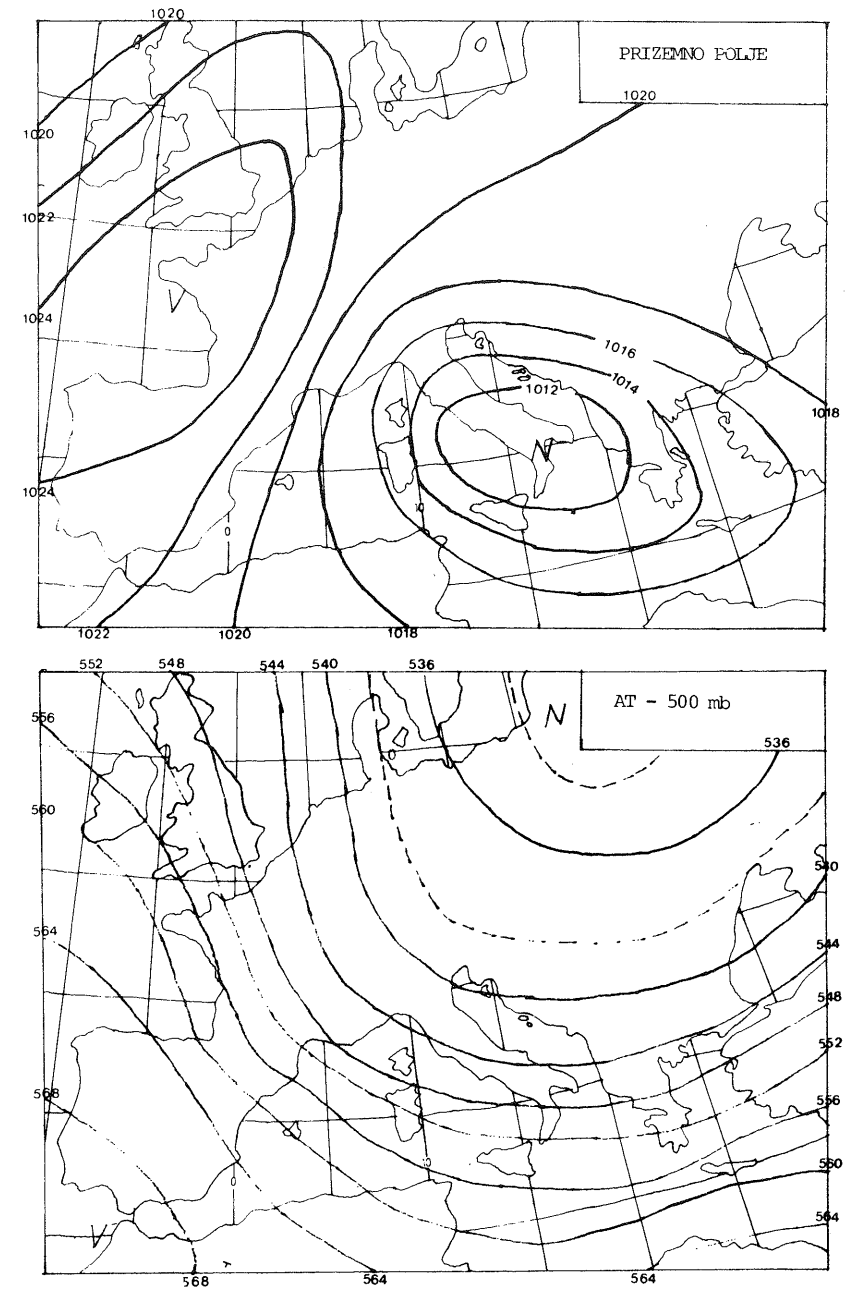
Slika 1 Srednja razdioba tlaka zraka za vrijeme juga na Jadranu.

Fig. 1 The mean distribution of surface pressure during the Scirocco ("jugo") wind along the Adriatic coast.



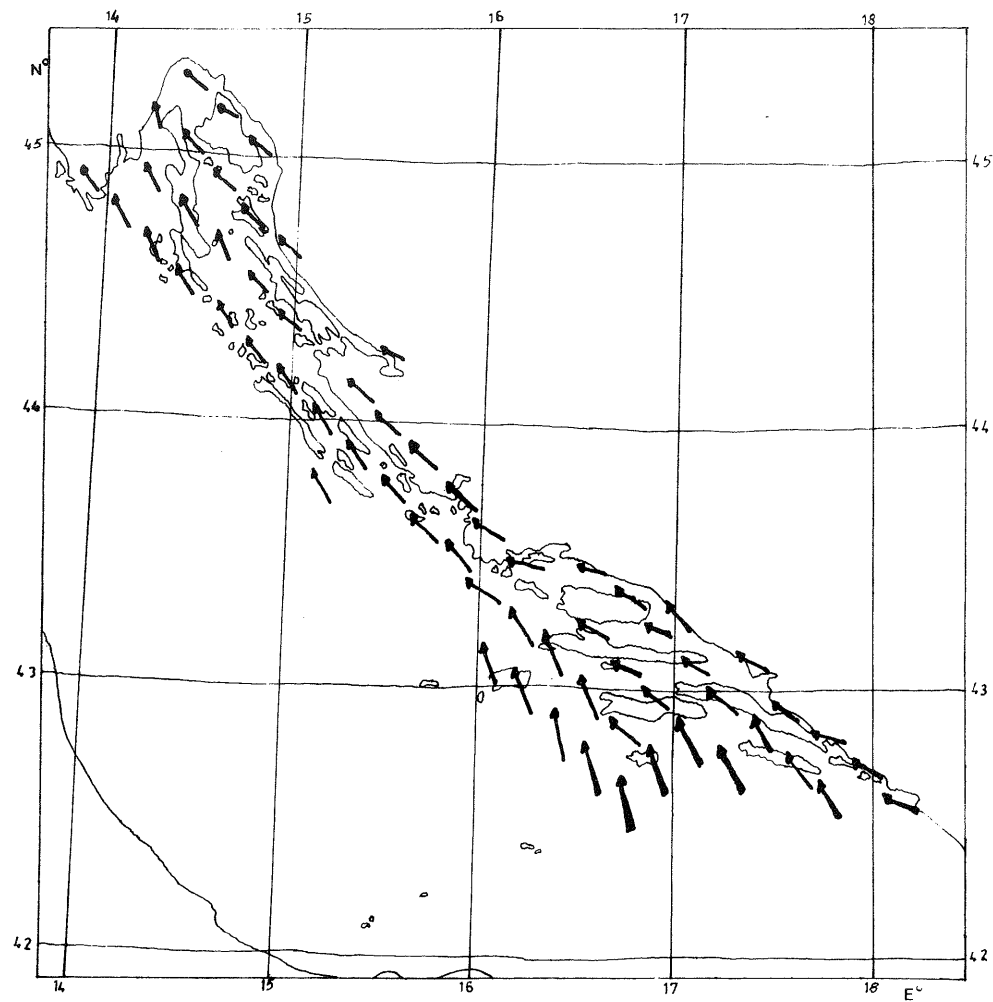
Slika 2 Srednja razdioba tlaka zraka kada na sjevernom Jadranu puše bura, a na južnom jugo.

Fig. 2 The mean distribution of surface pressure during the Bora wind on the Northern and during the Scirocco on the Southern Adriatic coast.



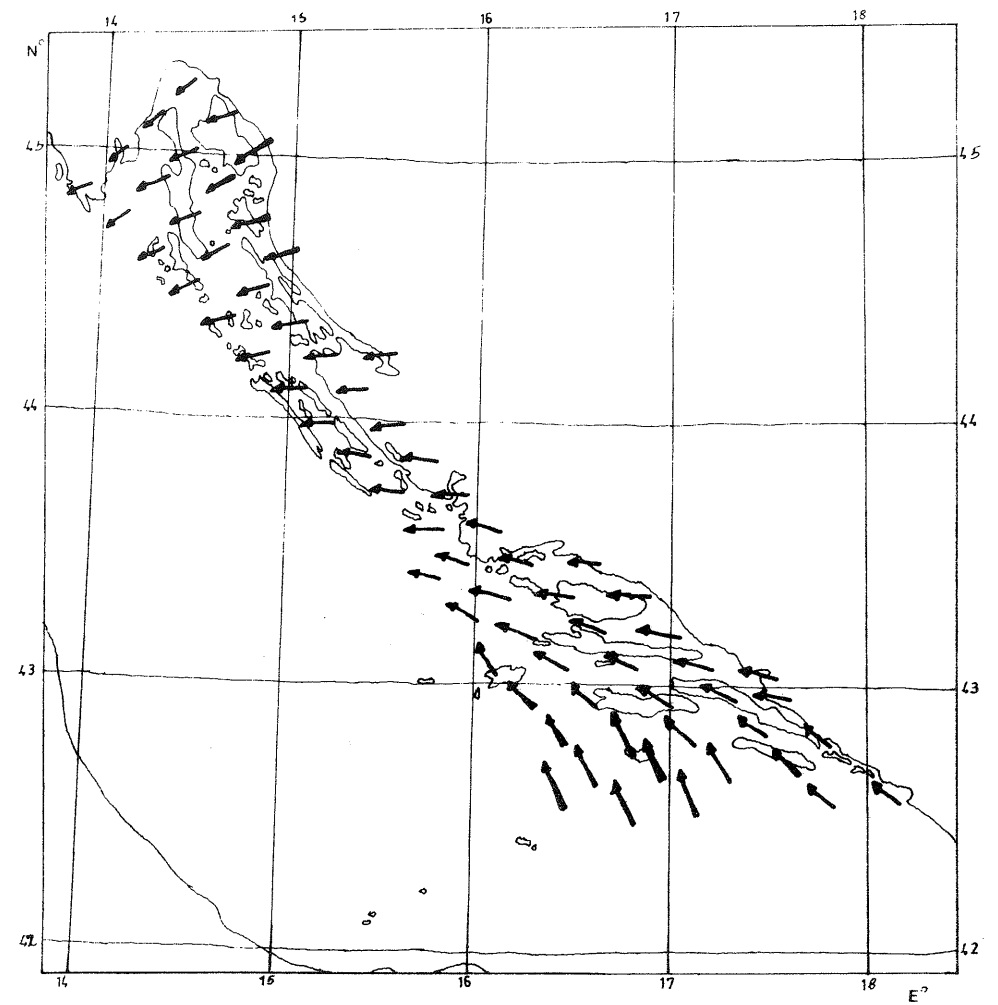
Slika 3 Srednja razdioba tlaka zraka za vrijeme bure na Jadranu.

Fig. 3 The mean distribution of surface pressure during the Bora wind along the Adriatic coast.



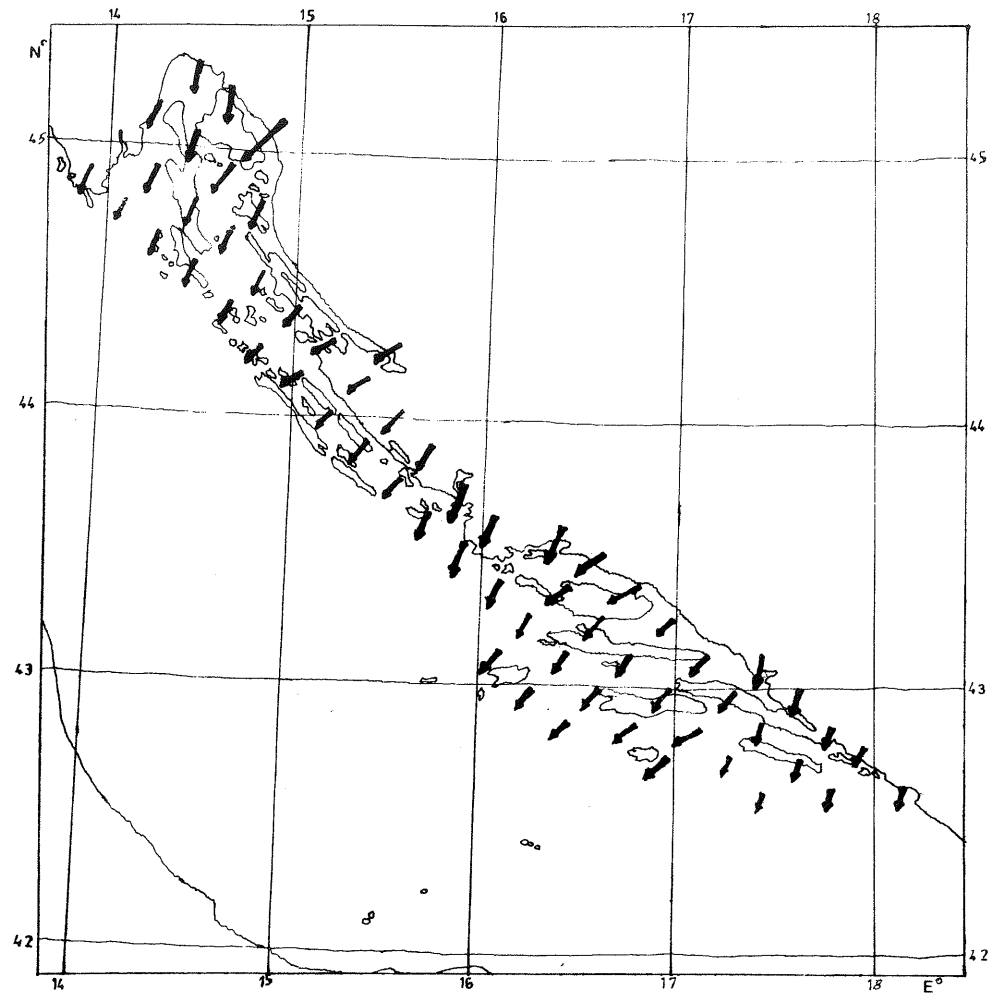
Slika 4a Polje vjetra na istočnoj obali Jadrana za vrijeme juga.

Fig. 4a The wind field along the Eastern Adriatic coast during the Scirocco wind.



Slika 4b Polje vjetra na istočnoj obali Jadrana kada puše bura na sjevernom, a jugo na južnom njegovom djelu.

Fig. 4b The wind field along the Eastern Adriatic coast during the Bora in the Northern, and Scirocco in the Southern part of the Adriatic.



Slika 4c Polje vjetra na Jadranu za vrijeme bure.

Fig. 4c The wind field in the Adriatic during the Bora.