

## OLUJNA BURA NA JADRANU 1987–1993

### Severe Adriatic Bora Storms 1987–1993

NEDJELJKA BRZOVIĆ

Državni hidrometeorološki zavod  
Grič 3, 41000 Zagreb, Hrvatska

MIRA BENKOVIĆ

Elektrotehnička škola  
Konavljanska 2, 41000 Zagreb, Hrvatska

*Primljeno: 3. studenog 1994, u konačnom obliku 23. prosinca 1994.*

**Sažetak** – U prvom je dijelu rada analizirana čestina pojave olujne bure u periodu 1987–1993. na osnovu postojećih podataka s pet postaja duž jadranske obale. U razmatranom periodu najviše je olujnih bura zabilježeno u Splitu, dok su u Senju olujne bure, za razliku od prethodnoga 30-godišnjega perioda, bile rijetke. Iako se olujna bura obično javlja zimi, u proteklom se razdoblju u Splitu u 30% slučajeva pojavila u proljetnom, a dva puta u ljetnom periodu. Najveće vrijednosti srednjih satnih brzina izmjerene su u Splitu i apsolutni maksimum bio je  $24.7 \text{ ms}^{-1}$ , a najveći maksimalni satni udari bili su u Senju, s apsolutnim maksimumom od  $47.6 \text{ ms}^{-1}$ . Olujna je bura u Senju puhala najdulje 21 sat, u Splitu 17, a u Dubrovniku 20 sati. U drugom je dijelu rada detaljno analizirana situacija s olujnom burom 30.1-1.2.1987. Pritom su korišteni vertikalni profili i vremenski vertikalni presjeci, dobiveni izentropskim dijagnostičkim modelom visoke rezolucije. Analizom sinoptičkih karata i vertikalnih presjeka zaključeno je da je olujna bura u Dubrovniku, kao posljedica prolaska hladne fronte, kratkotrajna, dok se olujna bura u Senju razvila uspostavljanjem postfrontalne situacije s inverzijom, karakteristične za nastanak i održanje dugotrajne bure na toj lokaciji.

*Ključne riječi:* olujna bura, vjetar na Jadranu.

**Abstract** – In the first part of this paper severe Adriatic bora storms are analysed using the available data from five stations along the Adriatic coast, in the period 1987–1993. The most severe bora storms were registered in Split, while, in contrast to the previous 30-year period, severe bora in Senj was rare. The highest hourly wind speed was registered in Split, with an absolute maximum of  $24.7 \text{ ms}^{-1}$ , and the strongest hourly gusts occurred in Senj, with an absolute maximum of  $47.6 \text{ ms}^{-1}$ . The longest severe storm duration was 21 hours in Senj, with 17 and 20 hours in Split and Dubrovnik, respectively. In the second part of the paper, a severe bora case on 31 January-1 February is analysed in more details. Vertical profiles and vertical time cross-sections are presented, using a high resolution isentropic diagnostic model. The synoptic and vertical time cross-section analyses show that the bora appearance in Dubrovnik was connected with the passage of a cold front, while the long bora in Senj was the result of a postfrontal situation with inversion capping the bora layer, which is characteristic for the onset and maintenance of long-lasting bora at this location.

*Key word index:* severe bora storm, Adriatic wind.

## 1. STATISTIČKA ANALIZA OLUJNE BURE U RAZDOBLJU 1987–1993

### 1.1. UVOD

Detaljna statistička analiza olujne bure na sjevernom Jadranu (Bajić, 1989), prema podacima stanica Senj (1957–1986), Omišalj (1979–1986) i Pula (1975–1986) te na srednjem i južnom Jadranu (Vučetić, 1991; Benković, 1990) prema podacima Spli-

ta (1958–1987), Dubrovnika Grada (1956–1964), i Dubrovnika Čilipa (1975–1988) pokazala je da su razlike u čestini i trajanju bure duž jadranske obale mnogo izrazitije od razlika u jačini.

B. Makjanić proveo je analizu čestina i prostorne povezanosti glavnih vjetrova za 13 postaja na Jadranu i pokazao da se po broju termina s burom Split nalazi na drugom mjestu, odmah iza Senja. U 30-godišnjem razdoblju ukupan broj dana s olujnom burom u Splitu

je četiri puta manji nego u Senju (147 naspram 605 dana), dok na ostalim promatranim lokacijama olujna bura nije tako česta pojava. Iako je olujna bura u Senju prosječno češća, jača i trajanja duljega od bure na južnom Jadranu, u nekim situacijama na okolnim stanicama mogu biti registrirane maksimalne brzine vjetera veće nego u Senju, s obzirom na to da Senj nije reprezentativan za šire područje sjevernoga Jadrana. Analize su pokazale da se učestalost i trajanje olujne bure smanjuju idući od sjevera prema jugu, kao i udaljavanjem od Dinarida (Bajić, 1989). Makjanićeva analiza prostorne korelacije pojave bure duž obale pokazuje da kada bura puše u Splitu, vjerojatnost njene pojave u Senju iznosi 74%, odnosno u Dubrovniku 50%. Nasuprot tome, vjerojatnost pojave bure na bilo kojoj stanici, kad bura puše u Senju, manja je od 50%. Istovremeno je povezanost pojave bure u Splitu i Dubrovniku jača nego u Splitu i Senju.

Gornje analize uglavnom obuhvaćaju razdoblje do 1986. godine; cilj je ovoga rada dopuniti postojeću statistiku podacima iz perioda 1987–1993. Oni su posebno potrebni za daljnja istraživanja o povezanosti bure u lokalnim razmjerima sa sinoptičkom situacijom i utjecajem Alpa na modifikaciju strujanja u mezo-razmjerima.

Na kraju je dan primjer jedne situacije s burom, čija je sinoptička situacija uzrokovala olujnu buru na sjevernom i južnom Jadranu. Uspoređuju se karakteristike bure na sjevernom, srednjem i južnom Jadranu u odnosu na razvoj sinoptičke situacije i promjene vertikalne strukture atmosfere u navjetrini, prema visinskim podacima sondažne stanice Zagreb Maksimir.

## 1.2. OPĆE KARAKTERISTIKE PROMATRANOG PERIODA

Promatrani su slučajevi olujne bure prema podacima stanica Senj, Pula, Omišalj, Dubrovnik Čilipi i Split Marjan. Olujna bura definirana je kao vjeter iz smjera (0–90), sa srednjom satnom brzinom većom ili jednako 17.2 ms<sup>-1</sup>.

Rezultati prikazani u tablici 1 pokazuju datum, trajanje, maksimalnu srednju satnu brzinu i maksimalne udare olujne bure za izabrane stanice. U zagradama su date vrijednosti maksimalnih srednjih satnih brzina i udara vjetera u Senju u slučajevima kada je olujna bura puhala u Splitu i Dubrovniku.

### a) Senj

U slučaju stanice Senj, posljednje se godine pojavljuju s nepotpunim, nehomogenim i problematičnim podacima. Naime, R-Fuessov električni anemograf, koji je 1.10.1981. montiran na novoj lokaciji, zamijenio mehanički R-Fuessov anemograf, prestao je s radom 1.2.1992. Gotovo dva mjeseca poslije, 25.3.1992, postavljen je anemograf mikro M3, čiji česti prekidi u radu uzrokuju velike praznine u podacima. To se,

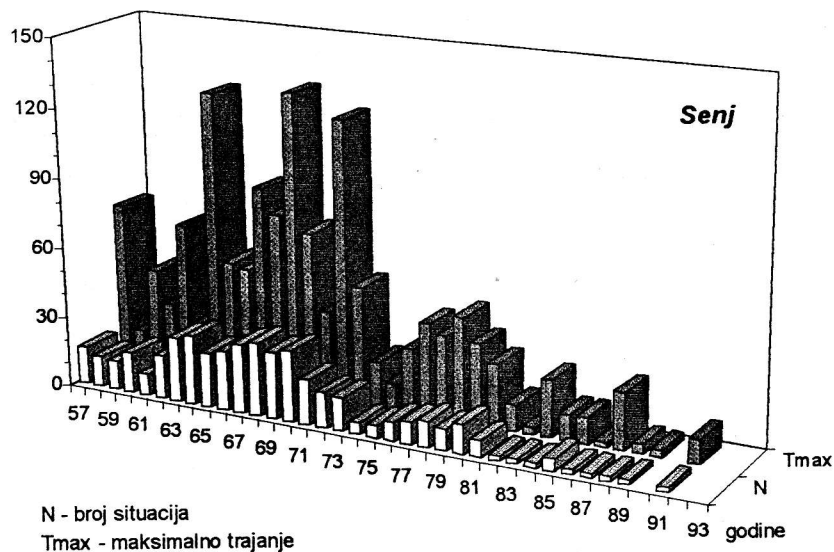
nažalost, zna dogoditi upravo za vrijeme jakih bura. Tako, pored ostaloga, nema podataka za studeni, ni za pola siječnja i prosinca 1993. Podaci o vjetru za 1992. i 1993. djelomično su pregledani u izvornom obliku desetminutnih srednjaka, čijim se usrednjavanjem dobijaju srednje satne vrijednosti.

U razdoblju 1987–1993, a na osnovu dostupnih podataka, olujna je bura u Senju zabilježena sedam puta. To je znatno manje od prethodnoga perioda (434 situacije s olujnom burom u 30-godišnjem razdoblju 1957–1986, Bajić, 1989). Najjače i najduže olujne bure bile su šezdesetih godina, kada im je broj prelazio 30 u godini, s trajanjem preko pet dana. Najdulje trajanje olujne bure u zadnjem periodu iznosi 21 sat (od čega neprekidno 12 sati) u situaciji 30.1–2.2.1987. Jedina situacija s ljetnom olujnom burom, čija je relativna čestina broja dana samo 0.2% (Bajić, 1989), zabilježena je 4.8.1988. To je ujedno i jedina olujna bura te godine. Niti jedna olujna bura nije zabilježena 1990, 1992 i 1993, kako nije bilo u prethodnom 30-godišnjem razdoblju, ali treba uzeti u obzir da zbog pomanjkanja i nekvalitete podataka, ta informacija ne mora biti potpuno točna. Za vrijeme jakih olujnih bura u Dalmaciji posljednjih godina, srednje satne brzine bure u Senju nisu postizale olujnu jačinu od 17.2 ms<sup>-1</sup>, iako su maksimalni udari dostizali i 40 ms<sup>-1</sup> (tablica 1). Na slici 1 prikazan je dijagram 37-godišnjega broja situacija s olujnom burom i godišnjega maksimalnoga broja sati s olujnom burom (u jednoj situaciji), uz napomenu da je olujna bura u periodu 1957–1986 (Bajić, 1989) definirana s  $v > 17.0 \text{ ms}^{-1}$ . Vidi se da je olujna bura u Senju posljednjih godina rjeđa i kraća. Dok su maksimalni udari bure u prethodnom 30-godišnjem razdoblju prešli 40 ms<sup>-1</sup> u samo 11 situacija (Bajić, 1989), iz tablice 1 vidi se da je u 6 situacija (od ukupno sedam) maksimalan udar bio veći od 40 ms<sup>-1</sup>, odnosno u 4 slučaja veći od 45 ms<sup>-1</sup>.

### b) Pula i Omišalj

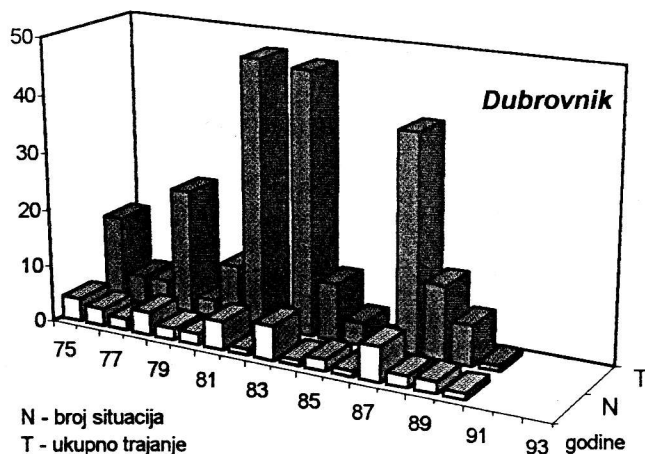
U periodu 1987–1989. u Puli i Omišlju nije zabilježena pojava olujne bure; za vrijeme olujnih bura u Senju, intenzitet bure u Puli i Omišlju nije dostizao olujnu jačinu od 17.2 ms<sup>-1</sup>. Za posljednje 4 godine (1990–1993) satne vrijednosti brzine vjetera u Puli nisu dostupne. Na postaji Omišalj do studenoga 1990. nije zabilježena pojava olujne bure, nakon toga nema podataka o satnim vrijednostima, a za posljednje tri godine (1991–1993) opažanja nisu obavljena. U prethodnom osmogodišnjem periodu (1979–1986) u Omišlju je registrirano 10 slučajeva olujne bure, u usporedbi s 41 slučajem u Senju u istom periodu, a u Puli je olujna bura bila još rjeđa: u 12-godišnjem periodu (1975–1986) registrirana su samo 3 slučaja prema 74 olujne bure u Senju u istom razdoblju (Bajić, 1989), a maksimalan satni udar bure nijednom nije prešao 35 ms<sup>-1</sup>.





Slika 1. Višegodišnji hod broja situacija i maksimalnoga trajanja olujne bure u jednoj situaciji u periodu 1957–1993. u Senju.

Figure 1. The number of situations and the maximum duration of severe bora (in one situation) in Senj during the period 1957–1993.



Slika 2. Višegodišnji hod broja situacija i ukupnoga trajanja olujne bure tokom godine, u periodu 1975–1990. za postaju Dubrovnik Čilipi.

Figure 2. The number of situations and the total annual duration of severe bora in Dubrovnik Čilipi during the period 1975–1990.

#### c) Dubrovnik

U periodu 1987–1990 u Dubrovniku (Čilipi) zabilježeno je 11 situacija s olujnom burom (tablica 1), gotovo sve u hladnom dijelu godine, što je karakteristično za Dubrovnik (Benković, 1990), ali i buru općenito. Pojava olujne bure u svibnju 1989. jedina je takva pojava u 15-godišnjem razdoblju (1975–1990). Olujnu jačinu dosegla je u dva termina, kad je maksimalna srednja satna brzina iznosila  $17.5 \text{ ms}^{-1}$ , a maksimalni udar  $43.2 \text{ ms}^{-1}$ . Najveća satna brzina u Dubrov-

niku izmjerena je u situaciji 3–4.3.1987, a bila je  $21.4 \text{ ms}^{-1}$ , što je nešto manje od apsolutnoga maksimuma od  $21.8 \text{ ms}^{-1}$ , izmjerena 2.12.1983. Maksimalni udari vjetra u svim situacijama, osim u jednoj, prelaze  $30 \text{ ms}^{-1}$ , a apsolutni je maksimum zabilježen u situaciji 15–17.12.1988, iznosa vrijednosti  $44.3 \text{ ms}^{-1}$ . Za 1991. godinu dnevni motrenja postoje do rujna, i olujna bura u tom periodu nije zabilježena. Tada agresija na Hrvatsku prekida daljnja opažanja na aerodromu Dubrovnik Čilipi. U prethodnom su 12-godišnjem periodu (1975–1986), prema analizi Benković (1990), u Du-

brovniku zabilježena 33 slučaja olujne bure, od čega najviše, šest, 1983. Na slici 2 prikazan je višegodišnji hod broja situacija i ukupnog godišnjeg broja sati olujne bure za postaju Dubrovnik Čilipi, na osnovu analize Benković (1990). Niz mjerenja vjetra na postaji Dubrovnik Grad, za period 1956–1964, analizirala je V. Vučetić (1991) i također pokazala da je bura u Dubrovniku rjeđa nego na sjevernom i srednjem Jadranu, a situacije s jakom burom traju približno jednako u Splitu i Dubrovniku.

#### d) Split

U istom sedmogodišnjem periodu (1987–1993) u Splitu je zabilježena 21 situacija s olujnom burom, od čega najviše 1988. godine. U usporedbi s 30-godišnjim nizom (116 situacija) to je jednaka prosječna čestina olujne bure u Splitu, ali je zanimljivo uočiti da je to tri puta više nego (prema raspoloživim podacima) u Senju u istom razdoblju.

Na slici 3 prikazan je dijagram višegodišnjega broja situacija i maksimalna trajanja olujne bure u Splitu. Podaci za period 1958–1986. uzeti su iz rada Vučetić (1991), i nadopunjeni podacima iz tablice 1. Od 1967. do 1988. olujna bura nije trajala duže od 15 sati, dok je u posljednjih sedam godina to zabilježeno tri puta. Najdulje je olujna bura trajala 17 sati, u periodu 7–9.3.1988, a maksimalna srednja brzina i udar vjetra zabilježeni su 21.11.1987, kad je izmjerena srednja satna brzina od  $24.7 \text{ ms}^{-1}$  i maksimalni udar  $43.2 \text{ ms}^{-1}$ . Maksimalno trajanje olujne bure u Splitu u periodu 1958–1993 jest 25 sati, u ožujku 1962 (prema analizi Vučetić, 1991), ali je olujna bura također definirana s  $v_m \geq 17.0 \text{ ms}^{-1}$ . U istoj je situaciji zabilježena i maksimalna srednja satna brzina vjetra od  $29.2 \text{ ms}^{-1}$ , što je

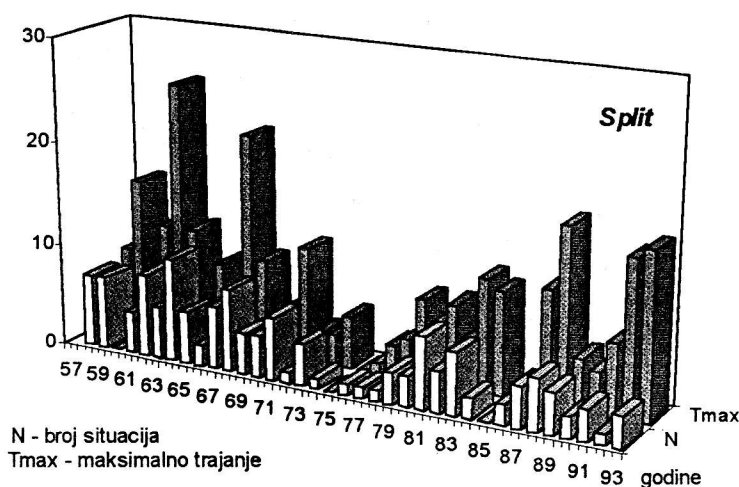
ujedno i najveća zabilježena vrijednost duž obale u tom periodu.

Proteklih je 7 godina najviše olujnih bura bilo u prosincu, što je karakteristično i za prethodno 30-godišnje razdoblje, ali su se dvije bure pojavile ljeti, što u prethodnih 30 godina nije zabilježeno (Vučetić, 1991). Vrijednosti maksimalnih satnih udara odgovaraju onima u Dubrovniku, a manje su od senjskih, gdje posljednjih godina vrijednosti maksimalnih satnih udara u olujnim situacijama uglavnom prelaze  $45 \text{ ms}^{-1}$ . U "Izvanrednim meteorološkim i hidrološkim prilikama u Hrvatskoj" detaljno je obrađena olujna bura 27–29.12.1992. (Ivančan-Picek i dr., 1993), i olujna bura 26–29.3.1993. (Ivančan-Picek i Tutiš, 1994).

Na slici 4 prikazan je godišnji hod broja situacija i trajanja (u satima) olujne bure u Senju, Splitu i Dubrovniku na osnovu analiza Bajić (1989), Vučetić (1991) i Benković (1990), dopunjenih podacima zadnjih godina. Slika ilustrira činjenicu da se oko 50% svih slučajeva olujne bure javlja zimi, a specifičan položaj Senja pogoduje dugotrajnosti bure na toj lokaciji.

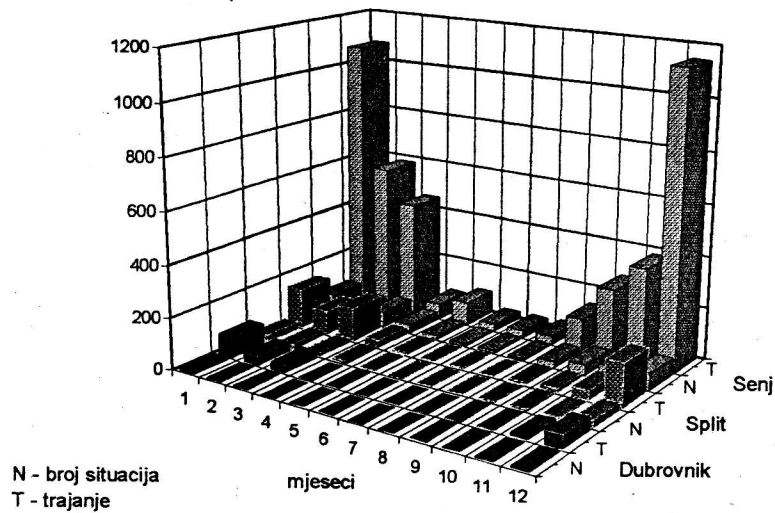
## 2. OLUJNA BURA 30. 1– 2. 2.1987

Analiza najjače i najduže senjske bure u posljednjih deset godina djelomično se obavlja pomoću izentropskoga dijagnostičkoga modela visokoga razlučivanja HRID (High Resolution Isentropic Diagnosis). Model je razvijen u DHMZ-u, a autor je mr. D. Glasnović (Glasnović i dr., 1994). Model se pokazao kao korisno oruđe za analizu 3D strukture atmosfere u situacijama s jakim oborinama (Strelec i Glasnović, 1994), kao i u situacijama s olujnom burom (Jurčec i dr., 1994). U ovom se radu koriste rezultati HRID-a prikazani u Kartezijevim koordinatama, s geometrijskom visinom kao vertikalnom koordinatom.



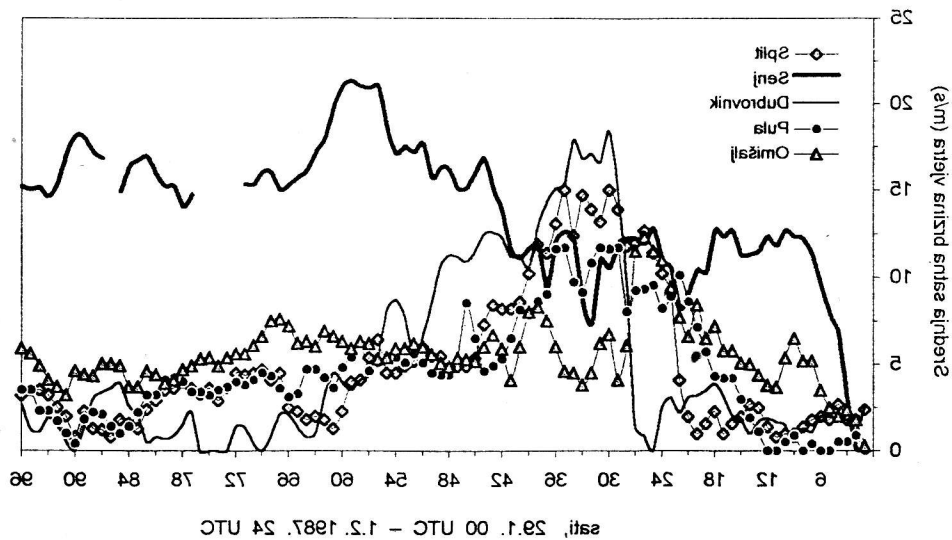
Slika 3. Višegodišnji hod broja situacija i maksimalnog godišnjega trajanja olujne bure u jednoj situaciji u Splitu u razdoblju 1958–1993.

Figure 3. The number of situations and the maximum duration of severe bora (in one situation) in Split during the period 1958–1993.



Slika 4. Godišnji hod broja situacija i trajanja (u satima) olujne bure u Senju (period 1957–1993), Splitu (period 1958–1993) i Dubrovniku (1975–1990).

Figure 4. The annual courses of a number of situations and the total duration (in hours) of severe bora in Senj (1957–1993), Split (1958–1993) and Dubrovnik (1975–1990).



Slika 5. Vremenski hod srednje satne brzine vjetra na postajama Senj, Omišalj, Pula, Split i Dubrovnik u razdoblju od 29.1, 0000 UTC, do 1.2.1987, 2400 UTC.

Figure 5. The daily courses of the mean hourly wind speed in the period 29 January – 1 February 1987 at Senj, Omišalj, Pula, Split and Dubrovnik.

## 2.1. OPIS POJAVE BURE DUŽ OBALE I SINOPTIČKE SITUACIJE

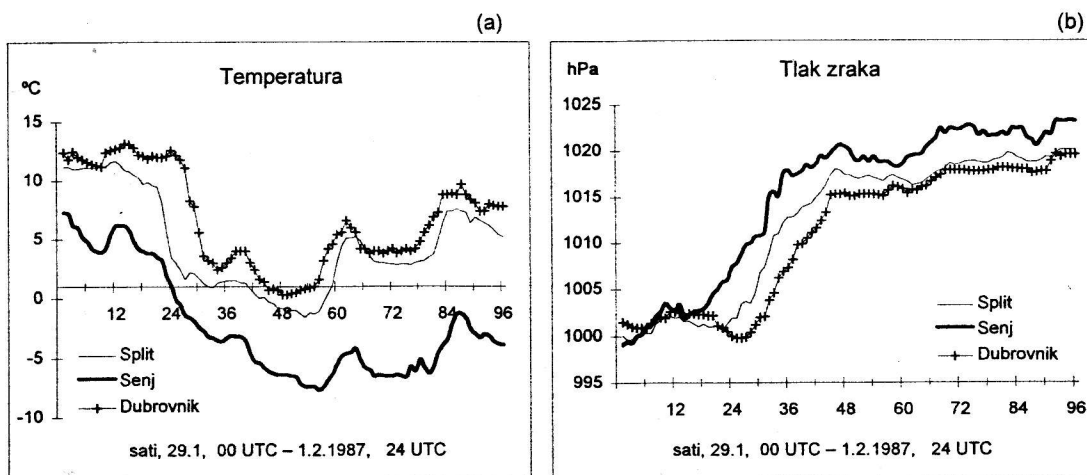
Na slici 5 prikazan je usporedni hod satnih vrijednosti brzine vjetra na svih pet promatranih stanica. Jaka bura najprije se pojavila u Senju 29.1. s vrijednošću oko  $12 \text{ ms}^{-1}$ . Nakon toga, bura u Senju slabi, a istovremeno se javlja u Omišlju, zatim Puli, Splitu i najposlije u Dubrovniku, gdje dostiže i najveću, olujnu jačinu 30.1. U Splitu bura ne postiže olujnu jačinu, a najslabija je u Omišlju. Nakon maksimuma bura slabi na svim stanicama osim u Senju, gdje dolazi do jačanja. 31.1. maksimalni satni udari bure u Senju jesu oko  $46 \text{ ms}^{-1}$ . Sljedećega dana, dok u ostalim gradovima bura prestaje, u Senju je i dalje olujna, a maksimalni udari dostižu vrijednosti od  $47 \text{ ms}^{-1}$ .

Hod temperature i tlaka zraka u Splitu, Senju i Dubrovniku prikazan je na slici 6, i odraz je vremenskih prilika zabilježenih na većoj skali. Analiza sinoptičke situacije (slike 7) pokazuje da se preko naših krajeva 29.1. premješta frontalni poremećaj prema jugu, dok je sjevernije nad Evropom polje povišenoga tlaka zraka, čije se središte nalazi u Sjevernom moru. Centar niskoga tlaka nalazi se sjeverozapadno od Portugala (slika 7a). Na visini dominira jak poremećaj s dubokim dolinama u polju geopotencijala i temperature, a nad čitavim Atlantikom greben. Nakon prolaska hladne fronte anticiklonalno polje jača, centar mu se premješta jugoistočno, i 31. 1., kad je u Senju bura najjača, nalazi se u Rumunjskoj (slika 7b). Istovremeno se u središnjem Sredozemlju formirala prostrana plitka ciklona, a visinska dolina pomakla se na sjeveroistok.

Prolaz fronte duž Jadrana praćen je minimumom temperature na pojedinoj lokaciji. Slika 6a pokazuje da je fronta tokom jutra 29.1. prošla preko Senja, što je uzrokovalo buru (slika 5). Izrazitiji pad temperature jest u Splitu, a najizrazitiji u Dubrovniku, praćen prolaskom fronte u rano jutro 30.1, kad se naglo javlja olujna bura. Nakon prolaska fronte tlak na svim lokacijama raste (slika 6b).

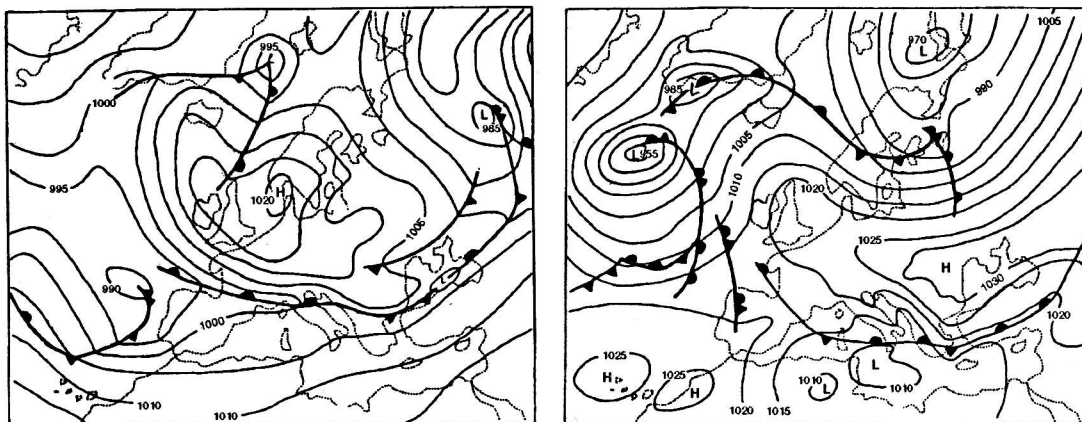
## 2.2. VERTIKALNA STRUKTURA ATMOSFERE U NAVJETRINI

Vertikalni profili smjera i brzine vjetra u Zagrebu, prikazani na slici 8, pokazuju da je prizemno strujanje 30. 1. NE smjerova do oko 3 km visine, a iznad toga W i NW smjera. Na profilu brzine 30.1, 12 UTC uočava se maksimum na visini oko 2.5 km. Drugi maksimum, na visini oko 8 km, prisutan 29.1, 12 UTC i 30.1, u 00 UTC, a povezan s jakom W mlaznom strujom ( $v_{\text{max}}$  oko  $50 \text{ ms}^{-1}$ ), poslije slabi i iščezava nad Zagrebom, istovremeno sa slabljenjem bure u Dalmaciji. Vremenski vertikalni presjek (slika 9) prikazuje promjenu stratifikacije atmosfere iznad Zagreba na osnovu 5 uzastopnih radiosondažnih mjerenja od 29. 1. do 31. 1, 12 UTC. Najkorisnija za analizu suhe atmosfere jesu kombinirana polja izopleta temperature, potencijalne temperature te smjera i brzine vjetra. Naime, vertikalno i horizontalno zblizavanje izentropa pokazatelj je vertikalne stabilnosti, odnosno položaja frontalne zone. Vremenski presjek brzine vjetra (slika 9a) ukazuje na maksimum prizemne brzine u navjetrini tokom jutra 30. 1. i zatim slabljenje, što odgovara intenzitetu bure u Dalmaciji.



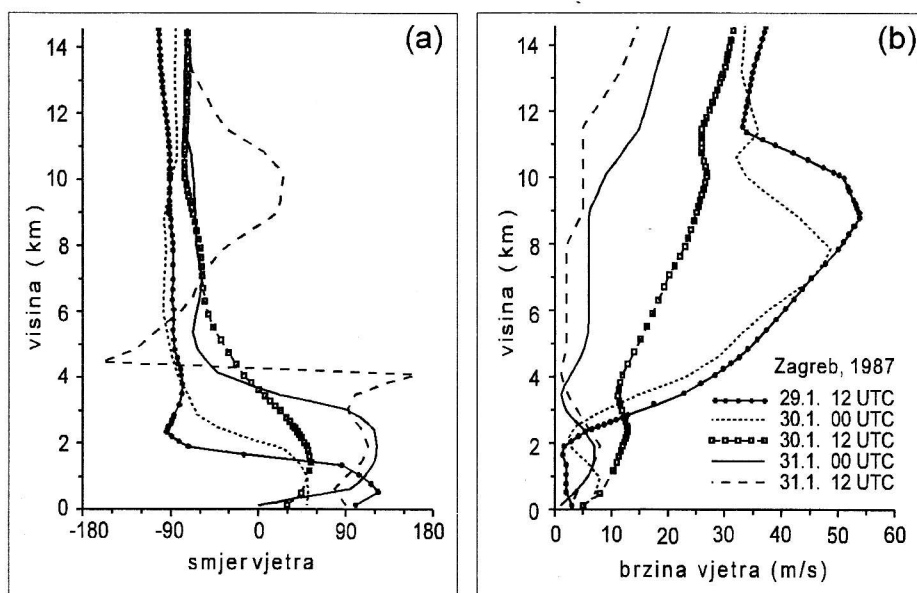
Slika 6. Vremenski hod temperature (a) i tlaka zraka (b) u Senju, Splitu i Dubrovniku u razdoblju od 29.1, 0000 UTC, do 1.2.1987, 2400 UTC.

Figure 6. The daily courses of air temperature (a) and pressure (b) in the period 29 January – 1 February 1987 at Senj, Split and Dubrovnik.



Slika 7. Prizemna sinoptička situacija u 1200 UTC: (a) 29.1.1987 i (b) 31.1.1987.

Figure 7. The analysis of the surface synoptic situation at 1200 UTC: (a) on 29 January 1987 (b) on 31 January 1987.



Slika 8. Vertikalni profili smjera (a) i brzine (b) vjetra prema sondažnoj stanici Zagreb-Maksimir.

Figure 8. The vertical profiles of wind direction (a) and speed (b) for Zagreb-Maksimir.

Mlazna struja, koja se 29. 1. spustila ispod 5 km (slika 8a), 31. 1. iznad Zagreba potpuno iščezava i u cijeloj troposferi brzine vjetra ne prelaze  $6 \text{ ms}^{-1}$ . Na polju izopleta temperature (slika 9a) uočava se da u periodu jačanja bure postoji pad temperature sve do visine od 5 km, a to odgovara prolasku hladne fronte (slika 7a). Povećanje visina izentropskih ploha do visine 4 km (slika 9b) odgovara nailasku hladnijega zraka, a istovremeno u višim slojevima troposfere postoji topla advekcija zbog zapadnoga strujanja.

Prolaz hladne fronte i formiranje središta visokoga tlaka nad Rumunjskom odgovara slabljenju bure u Dalmaciji i njenom jačanju u Senju (slika 5). Formiranje jake temperaturne inverzije u donjoj troposferi (slika 9b) praćeno je izrazitim padom temperature zraka pri tlu u zavjetrini (slika 9a) kao i u Senju (slika 6b). Daljnje pritjecanje hladnoga NE zraka u sloju ispod jake inverzije u navjetrini osigurava dugotrajnost bure u Senju tokom zimskih mjeseci.

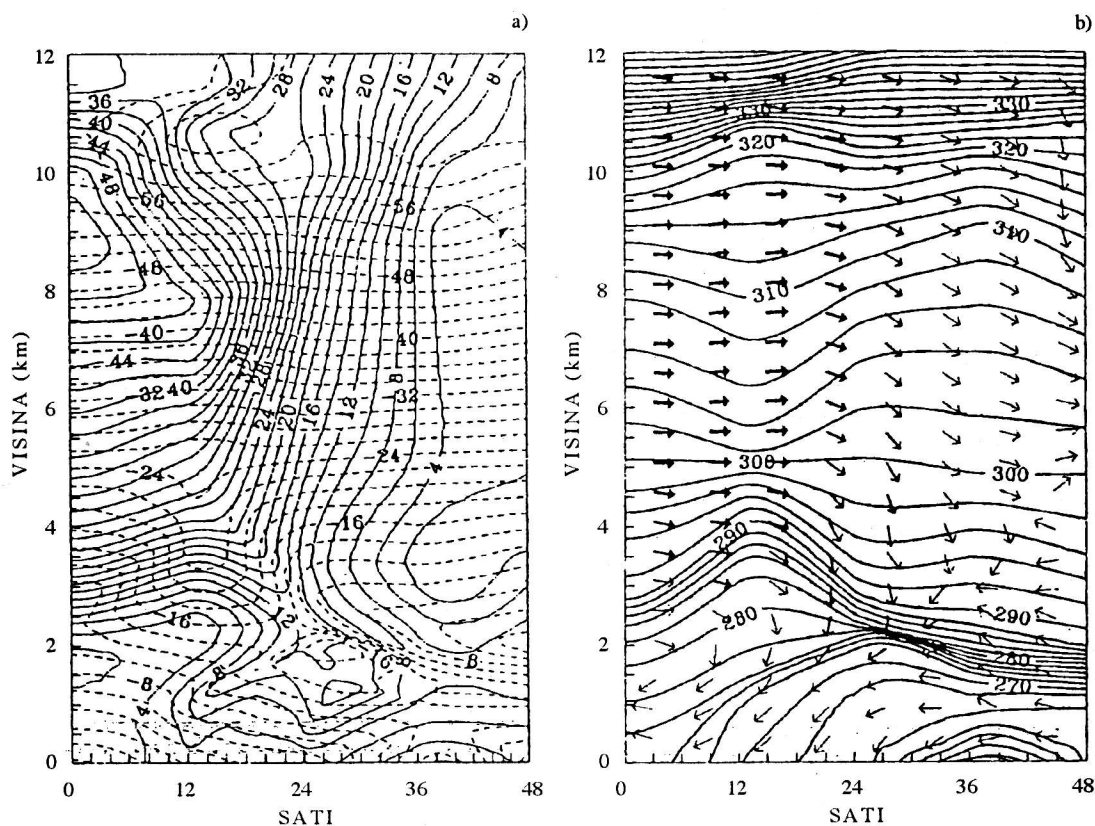


### 3. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Uspoređivanjem situacija s olujnom burom na pojedinim stanicama, uočava se kako se olujna bura ne javlja istovremeno duž cijele obale ni u jednoj situaciji. U 6 situacija bura se javila istovremeno u Splitu i Dubrovniku, a u jednoj u Senju i Dubrovniku.

Poznato je da različita sinoptička situacija uzrokuje buru na sjevernom i srednjem Jadranu. Nedavni radovi (Vučetić, 1993, Visković, 1991) posebno su se bavili mehanizmom olujne bure na srednjem Jadranu (Split). Analizom 15 odabranih situacija s olujnom burom S. Visković (1991) zaključio je da je olujna bura u Splitu povezana s prizemnom ciklonom južno ili jugoistočno od područja puhanja bure, i anticiklonom sjeverozapadno, dok se na visinskim kartama (AT 500 hPa) nad područjem Jadrana nalazi duboka i prostrana dolina ili odcijepljena cirkulacija. Na stražnjoj strani ciklone, ge-

nerirane u zavjetrini prijelazom hladne fronte preko Alpa, koja se kreće prema jugoistoku, zapuše bura. U mezorazmjerima karakterističan je prodor hladnoga zraka sa sjevera i niska mlazna struja. Kao posljedica prolaska hladne fronte, trajanje je olujnih bura na srednjem i južnom Jadranu kratko, dok su dugotrajnije bure povezane sa stacionarnim ciklonama u južnom Jadranu. Tipična olujna bura na sjevernom Jadranu (Jurčec, 1989) posljedica je jakoga prodora hladnoga zraka u dubokoj visinskoj dolini, karakteriziranoj velikom amplitudom i malom dužinom vala, koja se, zbog dinamičke nestabilnosti, odcjepljuje u ciklonu u Sredozemlju. Izraženi greben nad sjeveroistočnim Atlantikom često se razvije do odcijepljene anticiklone. U nastaloj blokirajućoj situaciji, pritjecanje hladnoga zraka formira plitku, ali snažnu i prostranu, prizemnu anticiklonu, te tako uzrokuje dugotrajne inverzije temperature u navjetrini i uvjete za dugotrajnu buru na sjevernom Jadranu.



Slika 9. Složeni vremenski vertikalni presjek za razdoblje od 29.1, 1200 UTC, do 31.1, 1200 UTC. (a) izotahe (pune linije) i izoterme (crtkane linije); (b) izentropes (pune linije) i vektor horizontalnoga vjetra (strelice).

Figure 9. The vertical time cross sections for Zagreb during the period 29-31 January 1987, at 1200 UTC. (a) isotachs (solid lines) and isotherms (dashed lines); (b) isentropes (solid lines) and horizontal wind vector (arrows of different thickness).

Rat u Hrvatskoj smanjio je broj postaja, pa je tako 31.12.1991. radilo, u odnosu na 31.12.1990, 73% postaja, a u odnosu na 1979. samo 58%. U kolovozu 1991. prestala su mjerenja na većini aerodroma. Više postaja direktno je pogodeno, ili je promijenilo lokaciju (Katušin, 1992). Obavljanje motriteljskih poslova u ratnim uvjetima sigurno je utjecalo na kvalitet motrenja i rada službe općenito. Ipak, u slučaju Senja, pitanje je koji je osnovni uzrok za izrazito smanjenje broja olujnih bura. Jesu li sinoptičke situacije posljednjih godina uistinu takve da više pogoduju pojavi olujne bure u Dalmaciji? Drugi mogući uzrok jest promjena anemografa, što bi trebalo biti predmet posebne istrživanja. Veće vrijednosti maksimalnih udara bure u odnosu na prethodno razdoblje također su moguća posljedica promjene anemografa. Stoga ovaj pregled situacija s olujnom burom posljednjih 7 godina upozorava da je izrazito smanjenje čestine senjskih olujnih bura potrebno detaljnije ispitati s podacima sjevernoga Jadrana idućih godina. Pregled vrijednosti brzina i udara bure u Senju u situacijama kad je olujna bura bila u Splitu odnosno u Dubrovniku (tablica 1) pokazuje da su u nekim situacijama vrijednosti maksimalnih satnih udara veće u Senju nego u Splitu i Dubrovniku, dok srednja satna brzina vjetera nije prešla  $17.1 \text{ ms}^{-1}$ . Dosađnje detaljnije analize pojedinih slučajeva bure uglavnom su se ograničavale na sjeverni ili u posljednje vrijeme na sjeverni i srednji Jadran (npr. Ivančan-Picek i Tutiš, 1994). To je zbog čuvenosti senjske bure, posebno nakon Alpskoga eksperimenta 1982, i nakon razvoja hidrauličkih teorija. Osim toga, za razliku od Dalmacije, za opis bure na sjevernom Jadranu može se kao reprezentativna koristiti zagrebačka sondaža. Zbog kompleksnije orografije i strujanja buru u Dalmaciji treba analizirati trodimenzionalno, pa joj za opis nije dovoljna samo zagrebačka sondaža (Jurčec i dr., 1994). Nažalost, za vrijeme dugotrajnih olujnih bura 1992. i 1993. u Dalmaciji, čiji senjski podaci nisu pouzdani, nema podataka za Dubrovnik, koji bi omogućili kvalitetniju analizu i usporedbu bure duž obale.

Analiza bure 29.1–1.2.1987. pokazuje kako razvoj sinoptičke situacije nad srednjom Evropom odnosno nad Mediteranom utječe na pojavu i intenzitet bure duž obale. Prolaskom hladne fronte, koja je uzrokovala kratkotrajnu olujnu buru u Dubrovniku i nešto slabiju u Splitu, uspostavila se prostrana anticiklona nad srednjom i istočnom Evropom i plitka ciklona u Sredozemlju. Pripadno strujanje, potpomognuto mezo- i lokalnim karakterističnim uvjetima, uzrokovalo je dugo-

trajnu olujnu buru u Senju, što predstavlja poznate značajke bure i u ranijem razdoblju.

**Zahvala:** Zahvaljujemo dr. Vesni Jurčec na korisnim primjedbama prilikom pisanja ovog rada, i mr. Draženu Glasnoviću jer su korišteni rezultati njegova modela. Rad je financiralo Ministarstvo znanosti i tehnologije Republike Hrvatske, u projektu 1–06–009.

## LITERATURA

- Bajić A., 1989: Severe bora on the northern Adriatic, Part I: Statistical Analysis, *Rasprave-Papers* **24**, 1989, 1–24.
- Benković M., 1990: Statistička analiza jake bure u Dubrovniku, *Vijesti* 1990, PMC Split, 13–23.
- Glasnović D., I. Čačić i N. Strelec, 1994: Methodology and application of the high resolution isentropic diagnostic model HRID, *Osterreichische Beitrage zu Meteorologie und Geophysik* **1994**, 109–135.
- Ivančan-Picek B. i Tutiš, V., 1994: Olujna bura 26–29. ožujka 1993., *Izvanredne meteorol. i hidrol. prilike u Hrvatskoj* **17**, 63–71.
- Jurčec V., 1989: Severe Adriatic bora storms in relation to synoptic developments, *Rasprave-Papers* **24**, 11–20.
- Jurčec V., D. Glasnović i N. Brzović, 1994: High resolution vertical atmospheric structure analysis during Bora storms in Dalmatia, (predano u tisak MAP).
- Katušin Z., 1992: Aktivnosti WMO i met. službi u odnosu na kontinuirane opasnosti zbog promjene klime i prirodnih katastrofa s osvrtom na rad mreže met. postaja Hrvatske u ratnim uvjetima, *Izvanredne meteorol. i hidrol. prilike u Hrvatskoj* **15**, 79–84.
- Strelec N. i D. Glasnović, 1994: Snježno nevrijeme u Hrvatskoj potkraj studenog 1993, *Izvanredne meteorol. i hidrol. prilike u Hrvatskoj* **17**, 47–62.
- Visković S., 1991: Sinoptičke situacije i procesi makro razmjera kod olujne bure u Splitu, *Vijesti* 1991, PMC Split, 25–33.
- Vučetić V., 1991: Statistical analysis of severe Adriatic bora, *Hrv. Meteor. Čas.* **26**, 41–52.
- Vučetić V., 1993: Severe Bora on the Mid-Adriatic, *Hrv. Meteor. Čas.* **28**, 19–36.