

ANALIZA OLUJNIH NEPOGODA U ALPEX PERIODU

SAŽETAK: U radu su obradjene tri različite vremenske situacije prema metodologiji mezoanalize radarskih mjerenja Čačića i Lipovščaka. Prikazana je analiza dnevnih količina oborina prikupljenih na mreži hidrometeoroloških stanica. Za detaljnije upoznavanje vertikalne strukture atmosfere i mehanizma stvaranja olujnih procesa primjenjena je Durran - Klempova metoda izračunavanja Brunt - Vaisala frekvencija. Razmatrano je i vertikalno polje vjetra te vertikalna distribucija vlage. Promatrane vremenske situacije bile su praćene pojavama: grmljavine, pljuska kiše, *tučom*, jakim vjetrom, a 31. srpnja i pojavom pijavice (tornada) nad područjem Petrinje.

1. UVOD

Analiza vremenskih fenomena upotrebom radara, satelita i guste mreže motriteljskih stanica doprinosi boljem upoznavanju i razumijevanju interakcije maso i meso procesa (Fujita, 1981). Razmatrajući tu interakciju Lilly (1976) postavlja dva fundamentalna pitanja:

- koji najvažniji činioci sinoptičke i mezo skale *[redacted]* uvjetuju razvoj i advekciju olujno grmljavinske nepogode ?
- koji procesi prethode pojavi tornada i orkanskih vjetrova povezanih uz sisteme meso razmjera ?

Odgovor na oba pitanja moguće je dobiti jedino na osnovi vrlo guste mreže motriteljskih stanica uz primjenu suvremenih tehničkih sredstava. Postojanje mreže radara i motriteljskih stanica na području sjeverozapadne Hrvatske omogućuje analizu procesa meso skale i njihovo povezivanje s procesima maso i miso skale.

Utjecaj orografije na premještanje olujnih oblačnih stanica na području Hrvatske prikazan je u radovima Gele (1976), Čačića i Lipovščaka (1982). Jurčec (1982) je ispitivala orografske efekte na raspodjelu konvektivne oborine pod određenim uvjetima stabilnosti. Čačić i Jurčec

(1983) su prikazali utjecaj termodinamičke strukture atmosfere na karakteristike olujnih procesa pod utjecajem Medvednice. Čapka i Lipovšćak (1978) su prikazali vezu termodinamičke strukture atmosfere i prognoze olujno grmljavinskih procesa te analizirali dnevne hodove grmljavine na području sjeverozapadne Hrvatske. Lipovšćak i Matvijev (1981) su usporedili osobine olujnih oblaka sa područja Istre i sjeverozapadne Hrvatske, a Čačić i Lipovšćak (1983) su prikazali statističke karakteristike radarskih parametara oblaka u kontinentalnom dijelu Hrvatske. Čačić i Lipovšćak (1982) su predložili metodu izrade meso analize kompozitne radarske slike.

Ovaj rad je nastavak proučavanja procesa meso razmjera. Prikazana je analiza tri različite oluje nad područjem sjeverozapadne Hrvatske u ALPEX periodu 1982. godine. Analizirane su situacije od 29. lipnja, 25. srpnja i 31. srpnja. Korišteni su podaci radarskih mjerenja radarima 3MK7 i WSR 74C i S, aerološki podaci Opservatorija Zagreb - Maksimir, podaci mreže kišomjernih, klimatoloških i glavnih meteoroloških stanica, podaci mreže lansirnih stanica poligona obrane od tuče, satelitske snimke cirkumpolarnog satelita NOAA 7.

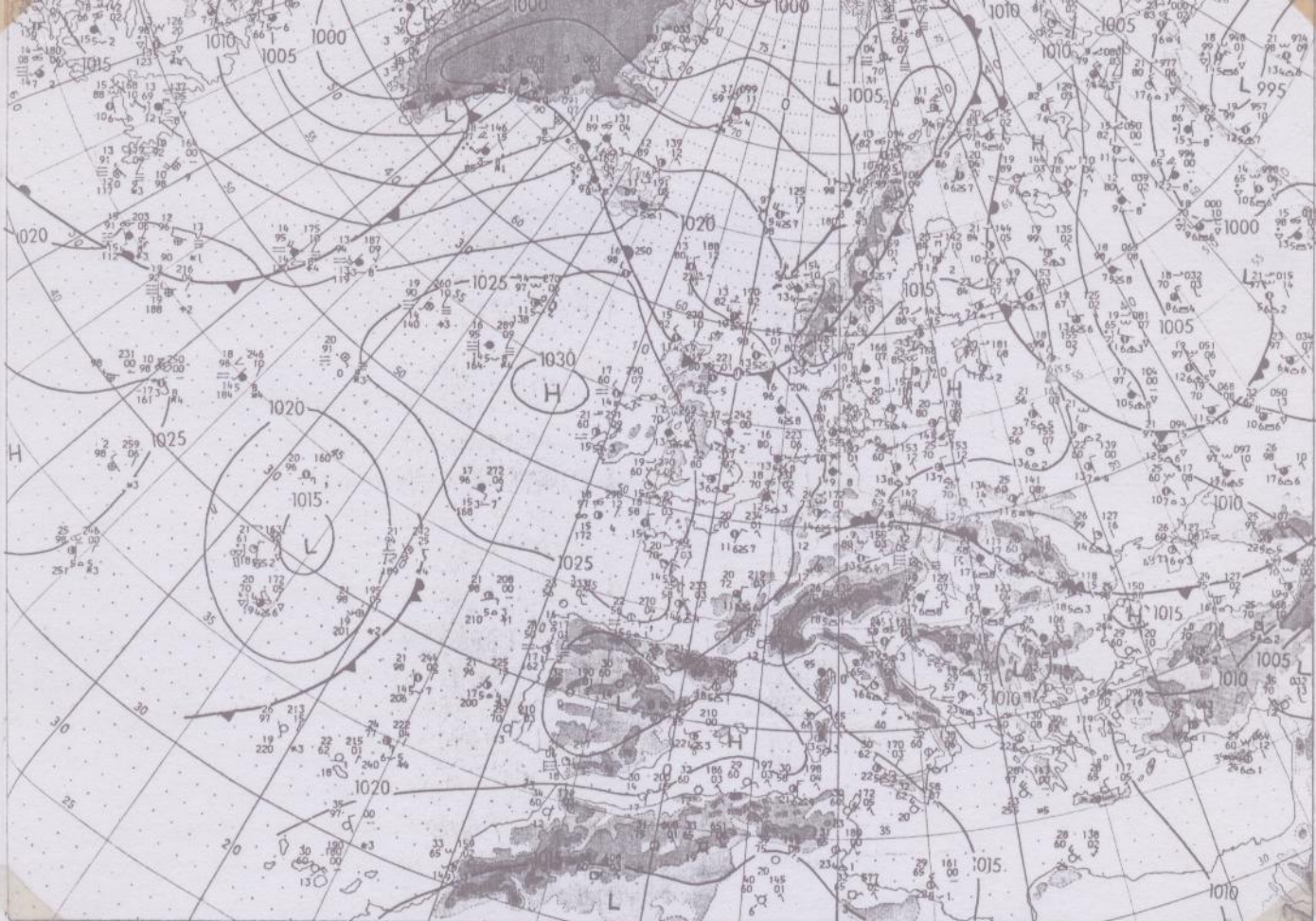
U radu su prikazani rezultati proračuna faktora nestabilnosti (Brunt - Vaisala frekvencije) primjenom metode Durrana i Klempa (1982).

2. OLUJNO NEVRIJEME 25. SRPNJA

2.1. Vremenska situacija

Analiza maso vremenske situacije ukazuje na postojanje bezgradijentnog polja sniženog tlaka nad područjem Jugoslavije, slika 1. Centar prizemne ciklone od 1010 mbar nalazi se nad područjem istočne Srbije i Bugarske. Područje sjeverozapadne Evrope nalazi se pod utjecajem grebena visokog tlaka sa središtem nad Irskom. Analiza karata AT 850, 700 i 500 mbar ukazuje na postojanje visinske ciklone iznad sjeverne Italije, sjevernog Jadrana i sjeverozapadnih krajeva Jugoslavije.

Prema sondaži aerološke opservatorije Zagreb Maksimir u 12 GMT visinsko strujanje je slabo, srednja brzina vjetra u sloju od tla do tropopauze (koja je na visini 11175 m) iznosi 5.9 m/s. Od tla do visine 4603 m smicanje vjetra je ciklonalno, kao i u sloju od 5854 m do visine



Slika 1. Sinoptička situacija nad područjem Evrope 25.7.1982. u 12 GMT

tropopauze. Sloj od 4603 do 5854 m karakteriziran je anticiklonalnim smicanjem. Po iznosu smicanje je najjače u sloju 904 do 2403 m, uz sekundarni maksimum u sloju 6457 do 9532 m, tabela 1,

ULAZNI PODACI						IZVEDENI OSNOVNI PODACI				
z	p	T	Mv	VJETAR		Mvs	e	Es	Theta	Thetae
(m)	(mb)	(oC)	(g/kg)	(m/s)	VV FF	(g/kg)	(mb)	(mb)	(oC)	(oC)
1288.	997.9	17.3	11.8	2.0	20	12.6	19.6	19.8	17.5	50.9
3763.	971.0	20.1	13.1	4.0	20	15.5	20.0	23.5	22.6	60.4
904.	912.0	18.6	7.4	4.4	10	15.0	10.7	21.4	26.4	48.5
2403.	763.0	6.4	7.4	3.2	262	7.9	9.0	9.6	28.8	51.1
2810.	726.0	4.5	5.2	3.6	230	7.3	6.0	8.4	31.1	47.1
3106.	700.0	2.0	5.9	4.6	211	6.3	6.6	7.1	31.5	49.6
4603.	580.0	-6.2	2.4	8.0	182	4.2	2.2	3.9	38.7	46.7
5273.	523.0	-11.0	3.1	7.7	189	3.2	2.6	2.6	42.3	52.5
5854.	493.0	-15.0	1.7	6.3	191	2.4	2.6	1.9	42.7	45.3
6457.	455.0	-18.0	1.7	4.3	186	2.0	1.2	1.5	46.3	52.2
9532.	296.0	-40.0	1.2	8.3	128	.4	.1	.2	56.9	57.7
11175.	231.0	-53.7	.0	9.7	127	.1	.0	.0	60.3	60.3
12384.	192.0	-46.0	.0	10.3	189	.3	.0	.1	90.7	90.7

Tabela 1. Prikaz ulaznih podataka i izvedenih osnovnih podataka po značajnim nivoima za Opservatoriju Zagreb-Maksimir za sondazu 25. 7. 1982. u 13 SEV za značajne slojeve do prvog značajnog nivoa iznad 12000 metara.

Tabelom 1. su prikazane i vrijednosti visina značajnih nivoa (z), tlaka (p), temperature (T), omjera miješanja (Mv), brzine (VV) i smjera (FF) vjetra, kao i izračunate vrijednosti omjera miješanja u zasićenom zraku (Mvs), parcijalnog tlaka vodene pare (e), parcijalnog tlaka zasićene vodene pare (Es) te potencijalne temperature nezasićenog i zasićenog zraka (Theta i Thetae).

Tabelom 2. prikazani su (za značajne slojeve) vertikalni gradijenti temperature, potencijalne temperature u nezasićenom (DT/Dz, DTh/Dz) i zasićenom zraku (GAMAm, DThe/Dz), kao i gradijent omjera miješanja u zasićenom zraku (DMvs/Dz). Takodjer su prikazani i srednjaci vektora vjetra kao i smicanje smjera vjetra visinom.

donja grani ca sloja (m)	deblji na sloja (m)	DT Dz	GAMAm (deg/100m)	DTh Dz	DThe Dz	DMvs Dz	srFF	DFF	srVV
		<deg/100m>	<deg/100m>	<deg/100m>	<deg/100m>	-6	<deg>	<deg>	<m/s>
128.	235.	1.19	.44	2.17	4.06	12.3	20	0	3.0
363.	541.	-.28	.43	.70	-2.21	-.9	15	-10	4.2
904.	1499.	-.81	.46	.16	.18	-4.7	316	-108	3.8
2483.	407.	-.47	.52	.55	-.98	-1.6	246	-32	3.4
2810.	296.	-.84	.54	.14	.84	-3.3	220	-19	4.1
3106.	1497.	-.55	.58	.48	-.20	-1.5	196	-29	6.3
4603.	670.	-.72	.64	.53	.88	-1.5	185	7	7.9
5273.	581.	-.69	.68	.08	-1.25	-1.3	190	2	7.0
5834.	603.	-.50	.71	.59	1.15	-.6	188	-5	5.3
6457.	3075.	-.72	.79	.34	.18	-.5	157	-58	6.3
9532.	1643.	-.83	.92	.21	.16	-.2	127	-1	9.0
11175.	1209.	.64	.92	2.51	2.51	.2	158	62	10.0

Tabela 2. Prikaz vertikalnih gradijenata temperature, potencijalne temperature i omjera mjesanja u nezasicenom, odnosno zasicenom zraku - te srednjaka vektora vjetra i smicanja vjetra po smjeru, na osnovi podataka Opservatorije Zagreb-Maksimir, za sondazu 25. 7. 1982. u 13 SEV, za znacajne slojeve do prvog znacajnog nivoa iznad 12000 metara.

Analiza stabilnosti (tabela 3.) ukazuje na stabilnost svih značajnih slojeva troposfere za slučaj nezasićenog zraka ($N^2 > 0$), dok se u slučaju zasićene atmosfere u donjoj troposferi naizmjenično pojavljuju stabilni i nestabilni slojevi ($Ne^2 > 0$ i $Ne^2 < 0$). N^2 predstavlja Brunt - Vaisala frekvenciju u nezasićenom, a Ne^2 u zasićenom zraku. Izračunate vrijednosti N^2 i Ne^2 ukazuju na mogućnost pojave nestabilnosti, pa tako i konvekcije, u slučaju zasićenja koje ovisi o fluktuaciji vodene pare



Slika 2. Satelitska slika vremenske situacije nad područjem Evrope 25.7. 1982. (Berliner Wetterkarte, 1982)

bile slabo pokretne. Srednji smjer gibanja bio je iz azimuta 238 stupnjeva, dok je srednje troposfersko strujanje bilo iz smjera 228 stupnjeva - što ukazuje na skretanje oblaka u desno. Prema klasifikaciji (Atkinson, 1981) skretanje u desno od srednjeg troposferskog strujanja ukazuje na žestoku oluju. Srednja brzina je iznosila 5.2 m/s, što se poklapa sa srednjom brzinom vjetra u troposferi.

Tabela 4. prikazuje karakteristike premještanja oblačnih stanica duž trajektorija. Oblačna stanica na stazi IX premješta se najvećom brzinom 9.17 m/s. Srednje vrijeme radarskog praćenje pojedine stanice iznosilo je 57 minuta. Zbog kvazistacionarnosti oblačnih stanica, nije bilo moguće izraditi jasnu kartu izohrona premještanja težišta oblačnih stanica. Karakteristike radarske slike su nakupine (cluster) oblačnih stanica, što je u skladu i sa satelitskom slikom. Prema klasifikaciji WMO (1981) navedene karakteristike oblačnih stanica sugeriraju postojanje jednostaničnih

Cb-a u raznim fazama razvoja.

R.Br.	VRIJEME (GMT)	Dt (min)	SMJER (deg)	BRZINA (m/s)
I	9.20 - 9.52	32	136	3.89
II	9.48 - 11.15	87	214	2.78
III	10.05 - 12.04	119	204	4.17
IV	10.28 + 11.48	80	219	6.94
V	10.29 - 11.26	57	188	6.39
VI	11.05 - 11.57	52	335	3.61
VII	12.00 - 12.17	17	328	3.89
VIII	12.06 - 13.18	72	296	4.44
IX	12.12 - 12.31	19	245	9.17
X	13.58 - 14.52	54	216	6.39

Tabela 4. Prikaz karakteristika premještanja oblačnih stanica 25.7.1982. na području sjeverozapadne Hrvatske.

2.3. Analiza oborine

Analiza izohijeta ukazuje na postojanje izrazitih zona maksimuma oborine koje se podudaraju s trajektorijama radarskih odraza. Slika 3. prikazuje izohijete nadopunjene podacima o pojavi tuče i krupe dobivenih s mreže lansirnih i kišomjernih stanica, i trajektorije premještanja oblačnih stanica. Analizom izohijeta i trajektorija oblačnih stanica može se zaključiti da je maksimum oborine od 108 mm vezan uz oblačne stanice na stazi VI i VIII. Karakteristika premještanja stanica na stazama VI, VII i VIII je veliko odstupanje od srednjeg troposferskog strujanja, što je značajka super stanica. Prema izvještajima lansirnih stanica koje se nalaze desno od smjera premještanja olujnih oblačnih stanica staza VI i VIII, opažena je tuča veličine zrna od 9 do 20 mm. Drugi maksimum, 71 mm, oborine povezan je s premještanjem oblačne stanice na stazi IV.

lokalitetima gdje je nastupilo zasićenje, što se podudara s pojavom nakupina oblačnih stanica. Smicanje vjetra visinom ukazuje na postojanje konvergentnog polja u donjoj troposferi.

- 46 -

LITERATURA

- ATKINSON, B.W., 1981: Meso-scale Atmospheric Circulations, Academic Press, 313-397.
- ČAČIĆ, I., i B.LIPOVŠČAK 1982: Mezoanaliza radarskih mjerenja 29.6.1982. nad područjem sjeverozapadne Hrvatske, RHMZSRH, Rasprave 17, 53-59.
- 1983: Prilog upoznavanju oblaka vertikalnog razvoja u medjurječju Save i Drave, SHMZ, Zbornik 9, 52-62.
- ČAČIĆ, I., i V.JURČEC 1983: Proučavanje termodinamičkih parametara značajnih za gibanje olujnih oblaka, (predano za publiciranje PPPR).
- ČAPKA, B., i B.LIPOVŠČAK 1978: Prilog upoznavanju karakteristika pojave grmljavine i tuče na području sjeverozapadne Hrvatske, SOAEN Arandjelovac, IX-5, 10 str.
- DURRAN, D.R. i J.B.KLEMP 1982: On the Effects of Moisture on the Brunt-Vaisala Frequency, Jou. of the Atm. Sc. 39, 2152-2158.
- FUJITA, T.T., 1981: Tornadoes and Downbursts in the Context of Generalized Planetary Scales, Jou. of the Atm. Sc. 38, 1511-1534.
- GELO, B., 1976: Razvoj i gibanje konvektivnih oblaka u sjevernoj Hrvatskoj u razdoblju radarskih mjerenja, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, 77 str.
- JURČEC, V., 1982: Mezoefekti orografije na povećanje i razdiobu konvektivne oborine nad područjem Zagreba, RHMZSRH, Rasprave 17.
- LILLY, D.K., 1975: Severe storms and storm systems: scientific background, methods and critical questions, Pageophysics 113, 713-734.
- LIPOVŠČAK, B., i M.MATVIJEV 1981: Radarska osmatranja i mjerenja u Istri okvirom intenzivnog razdoblja osmatranja GARP-a od 10.05 do 21.06.1979, Hidrometeorologija 3, 103-111.
- OREŠČANIN, J., 1983: Mezoanaliza radarskih mjerenja 31.07.1982. nad sjevernim područjem SR Hrvatske, RHMZSRH, Stručna radnja, 19 str.
- WMO 1981: The Dynamic of Hailstorms and Related Uncertainties of Hail Suppression, Hail Report No 3, Geneva, 22 str.