

Vjetar u Zagrebu
(Prilog poznavanju klime grada Zagreba, II)

Inga Lisac

Geofizički zavod, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb

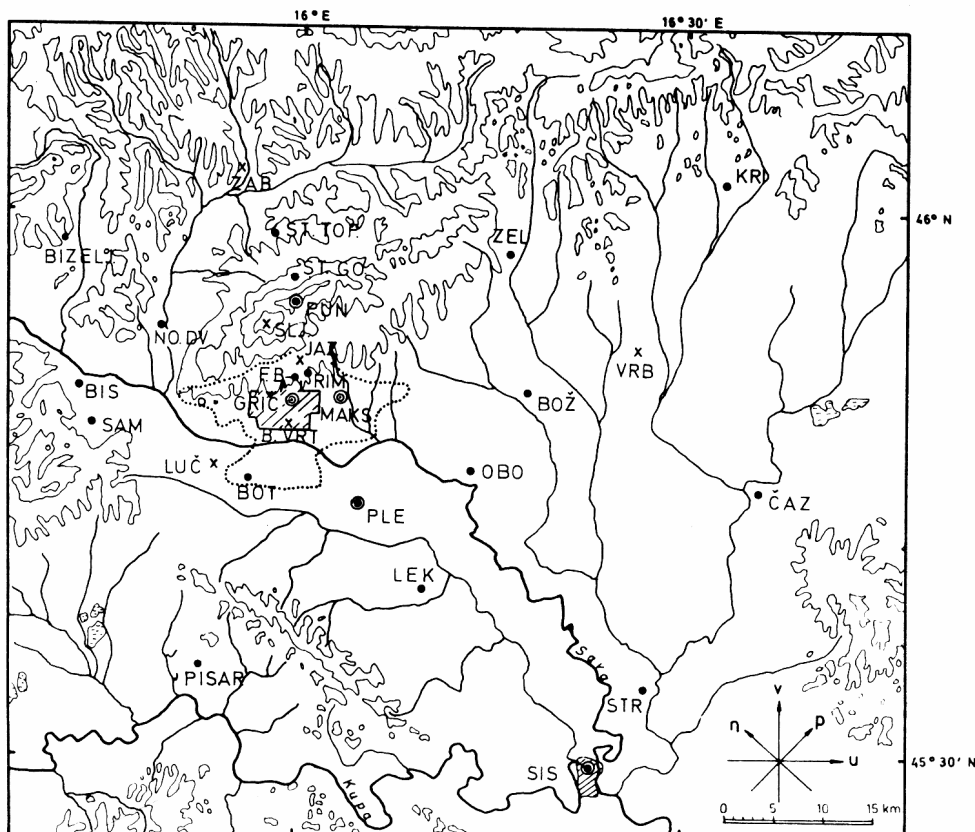
Primljeno 21. srpnja 1983.

UDK 551.555

Prikazane su osobine prizemnog strujanja zraka u Zagrebu na temelju podataka vjetra iz pet do petnaest godišnjeg razdoblja. Pokazalo se da je prizemno strujanje zraka u Zagrebu oslabljeno i uvjetovano smještajem grada u planinskoj zavjetrini za veći dio općeg strujanja, uz pojavu lokalnog cirkulacionog sustava. Opće strujanje, inače povezano sa sinoptičkim poremećajima, u Zagrebu je modificirano a očituje se u dva glavna tipa strujanja: iz sjeveroistočnog kvadranta s jedne strane i iz zapadnog kvadranta s druge strane. Lokalni cirkulacioni sustav nije snažan, ali je postojan te se očituje u gotovo svim rezultatima statističke obrade. Taj sustav je složen i sastoji se od vjetra obronka, koji je najizrazitiji, i od vjetra doline koji je slabije izražen nad područjem grada nego u široj okolici. Zapažen je i učinak urbanog utjecaja na lokalnu cirkulaciju. Udio pojedinih tipova strujanja u ukupnom režimu strujanja bitno je uvjetovan godišnjim dobima. Netom spomenuti, a i drugi navodi, dokumentirani su numeričkim podacima i grafički. Do rezultata se došlo statističkom analizom ruža smjera i brzine vjetra, analizom tablica kontingencije pomoću normalnih Gaussovih razdiobi i spektralnom analizom varijance satnih vrijednosti podataka vjetra.

The wind in Zagreb
(A contribution to the knowledge of
climate of the city of Zagreb, II)

Presented are the surface airflow characteristics in Zagreb, based on five to fifteen year period of wind data. It is shown that the surface airflow is weakened in Zagreb and is conditioned by the city situation in the mountain lee side for prevailing general circulation. The local circulation system is developed nearby. General circulation, which is connected with synoptical disturbances is modified in Zagreb and it appears in two main types according to the wind direction. They are the airflow coming from northeastern quadrant and the other coming from the western quadrant. The local circulation system is not strong, but it is persistent and can be recognised in almost all statistical results. The system is complex and consists of the slope wind, which is the most pronounced, and of the valley wind. Some urban influence on the local circulation is also found. The valley wind is less pronounced over the city area than over the surrounding terrain. The contribution of a particular circulation type to the entire airflow regime is strongly influenced by seasons. All the conclusions are documented by numerical data and graphically. The results are obtained by statistical analyses of wind roses, by resolving the empirical frequency distributions into Gauss normal distributions, and by spectral variance analyses of the hourly wind vector data.



Slika 1. Zagreb i okolica s označenim meteorološkim postajama (● – klimatološka, ⊙ – sinoptička, ⊗ – opservatorij i x – ranije klimatološka odnosno sinoptička postaja), aktivnim u 1980. Slika također pokazuje orijentaciju prirodnog (p,n) i geografskog (u,v) koordinatnog sustava.

Figure 1. Zagreb and its surroundings with meteorological stations: ● – climatological, ⊙ – synoptical, ⊗ – observatory and x – previous climatological respectively synoptical stations not active any more. The natural (p, n) and geographical (u, v) coordinate systems are drawn in the right hand bottom corner of the figure.

istoka i juga prilaz do Zagreba je slobodan, međutim oni su i inače malobrojni u umjerenim širinama, također i u sjevernoj Hrvatskoj (Atlas klime, vjetrovi SRH) pa tako i u Zagrebu. Prodorima sa jug-jugozapada je put do Zagreba slobodan nakon prelaza planinskog masiva sjevernih Dinarida na udaljenosti od oko 100 km od Zagreba, čiji vrhunci se izdižu mahom iznad 1000 m. Prodorima sa zapada je put do Zagreba omogućen dolinom Save.

Smještaj u podnožju orografske prepreke umjerene visine stvara dakle uvjete za oslabljeno strujanje opće cirkulacije u Zagrebu i blago izraženi sustav vjetera obronka

s dnevnim periodom. Cirkulacioni sustav dolinskog vjetra, koji se razvija između suženog dijela Savske doline (gdje je omeđena Medvednicom i Samoborskim gorjem), i otvorene Savske ravnice na istoku, neće imati izrazitog utjecaja na režim strujanja u Zagrebu. Grič se nalazi na perifernom području tog dolinskog vjetra i može malim dijelom biti njime zahvaćen. Treba računati međutim, s urbanim utjecajem na režim prizemnog strujanja zraka nad gradom.

Iz rezultata obrade predloženih u ovom radu, moguće je približiti se poznavanju nekih tipova općeg strujanja kao i sustava prizemne cirkulacije (prvenstveno vjetra obronaka), koji u glavnini čine režim prizemnog strujanja u Zagrebu. Manje istaknuti tipovi strujanja a koji se također manifestiraju u prizemnom vjetru na zagrebačkom području. ovdje nisu došli dovoljno do izražaja. To se odnosi npr. na katabatički NW vjetar fenskih karakteristika, na dolinski vjetar, te na cirkulaciju između gradskog i okolnog područja. Time ovaj rad čini samo dio proučavanja prizemnog strujanja u Zagrebu, koje se nastavlja.

1.1. Smještaj Opservatorija Zagreb-Grič

Opservatorij Zagreb-Grič ($\varphi = 45^{\circ}49'N$, $\chi = 15^{\circ}59'E$, $H_b = 162.5$ m) smješten je na krajnjem dijelu jednog od jugoistočnih obronaka Medvednice, planine koja se proteže sjeverno od grada. Planina je u središnjem dijelu visoka oko 1000 m (Sljeme 1032 m, Puntijarka 988 m) i ima oblik hrpta koji se proteže gotovo 40 km u pravcu NE-SW, a svega oko 10 km u pravcu NW-SE. Udaljenost od sljemena planine do Opservatorija Zagreb-Grič (približno centar grada) iznosi oko 10 km zračne linije.

Medvednica zajedno sa Samoborskim gorjem, Kalnikom i Ivančicom ubraja se u sredogorje sjeverozapadne Hrvatske. To sredogorje tvori dio krajnje istočnih planina srednje-europskog alpskog masiva, koje se već iznad Slovenije i istočne Austrije lagano spušta prema istoku i završava u velikoj Panonskoj nizini. Zapadni rub Panonske nizine proteže se također u pravcu NE-SW u predjelu, koji pripada sjeverozapadnoj Jugoslaviji i jugozapadnoj Mađarskoj.

Sam grad zaprema površinu od oko 400 km² i proteže se približno 25 km na W-E pravcu i približno 15 km na pravcu N-S, prelazeći i na desnu obalu Save.

Sljeme Samoborskog gorja (792 m) udaljeno je oko 30 km od centra grada na jugozapad. U E i SE smjeru od Zagreba, pruža se Savska nizina i na znatnoj udaljenosti nema većih planina izuzev Vukomeričkih gorica (215 m) oko 30 km u SSE u smjeru i Moslavačke gore (489 m) oko 70 km u SE smjeru.

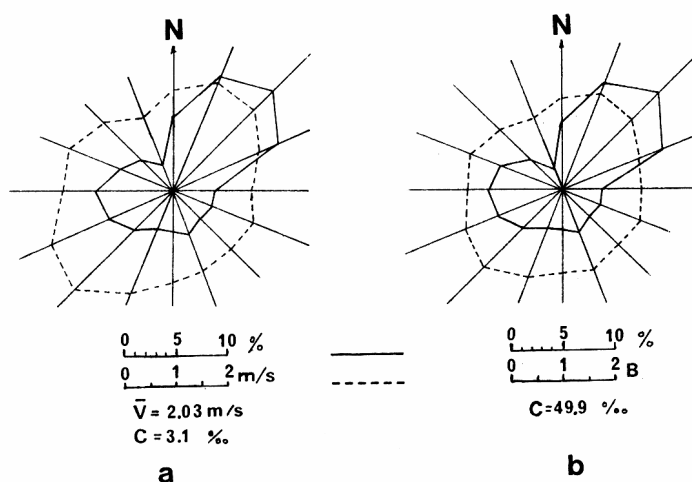
Obronak Grič, na kojemu se Opservatorij nalazi (biljeg visine $H = 158,4886$ m), izdiže se oko tridesetak m iznad okolnog terena što se lagano spušta prema Savi. Anemometar i vjetrulja univerzalnog anemografa R. Feuss montirani su na krovu južnog dijela zgrade u kojoj sada djeluju Opservatorij Geofizičkog zavoda PMF Sveučilišta u Zagrebu i Hidrometeorološki zavod SRH. Primači su montirani na jarbol 7 m iznad krova, a zgrada je visoka oko 16 m.

1.2. Godišnje ruže smjera i brzine vjetra.

Prizemno strujanje zraka u Zagrebu, modificirano je prvenstveno blizinom Medvednice, što se očituje na obliku višegodišnje ruže čestine smjera vjetra, koja je razvučena duž NE-SW pravca (Sl. 2.). Gledano u širim razmjerima, u istom smislu djeluju i ostale krajnje istočne planine srednje-europskog alpskog masiva na razdiobu čestine smjera, ne samo u Zagrebu nego uopće u sjeverozapadnoj Hrvatskoj (Atlas klime SRH).

Uz prevladavanje vjetra iz sjeveroistočnog kvadranta, u Zagrebu se ističe čestinom i vjetar iz zapadnog kvadranta, dok se po brzini vjetra najviše ističe jugozapadnjak.

Ruža smjera i jačine vjetra (b) na Sl. 2. ne sadrži vjetar brzine manje od 0.3 m/s (ti podaci su uvršteni u tišine, tab. 2. u prilogu) i stoga može poslužiti za uspoređivanje s ružama smjera vjetra meteoroloških postaja, koje smjer i jačinu vjetra ocjenjuju vizuelno. U obliku ruža smjera (a) i (b) nema bitne razlike, unatoč toga što jedna od njih ne sadrži vrlo slabe vjetrove (slabi povjetarac). Znači da su svi smjerovi tog vrlo slabog vjetra čestinom podjednako zastupljeni. Numeričke vrijednosti prema kojima su ove ruže nacrtane, sadrži tab. 1. u prilogu.



Slika 2. Ruža čestine smjera i brzine vjetra (a) odnosno jačine vjetra (b) prema satnim vrijednostima u 7, 14 i 21 h. Zagreb—Grič 1951—60.

Figure 2. Wind roses: (a) direction frequency and velocity distribution, (b) direction frequency and force distribution, obtained from the wind data at 7, 14 and 21 h, Zagreb—Grič, 1951—60.

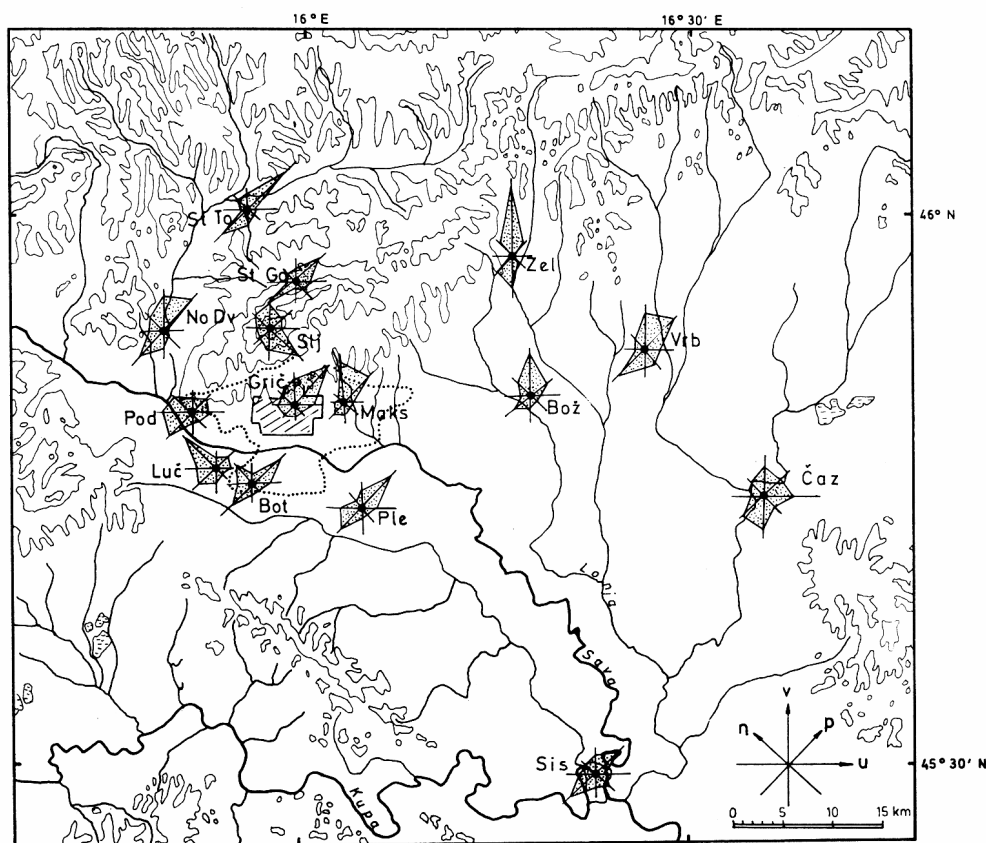
Oblik ruže čestine smjera prizemnog vjetra bitno je uvjetovan topografskim oblikom područja u neposrednoj okolici postaje. Sl. 3., na kojoj su ucrtane višegodišnje ruže smjera prizemnog vjetra za niz postaja u široj okolici Zagreba, to zorno pokazuje.

Novi Dvori i Stubičke Toplice imaju ružu smjera razvučenu duž NE-SW pravca, tj. usporodno protezanju doline rijeke Krapine. U ruži za Lučko i Botinec ističe se sjeverozapadnjak tj. vjetar koji se razvija duž pravca usporodnog protezanju Savske doline između Samoborskog gorja i Medvednice. U ružama smjera istočno od Medvednice ističe se sjeveroistočnjak, ali uz njega, ima znatno više i sjevernih vjetrova, koji se razvijaju slobodnije na većoj udaljenosti od planine.

Najistaknutiji smjerovi vjetra u Zagrebu, a i na okolnim postajama, potječu dijelom od direktnih prodora, a dijelom od strujanja nastalog zaobilazanjem planinske prepreke. Isticanje vjetra iz sjeveroistočnog kvadranta u tom području, u vezi je s pojavom bure na sjevernom Jadranu (Lukšić, 1972). Naime, zapadni dio Panonske nizine, na koju se nadovezuju doline rijeka savskog sliva u zapadnoj Hrvatskoj, je područje

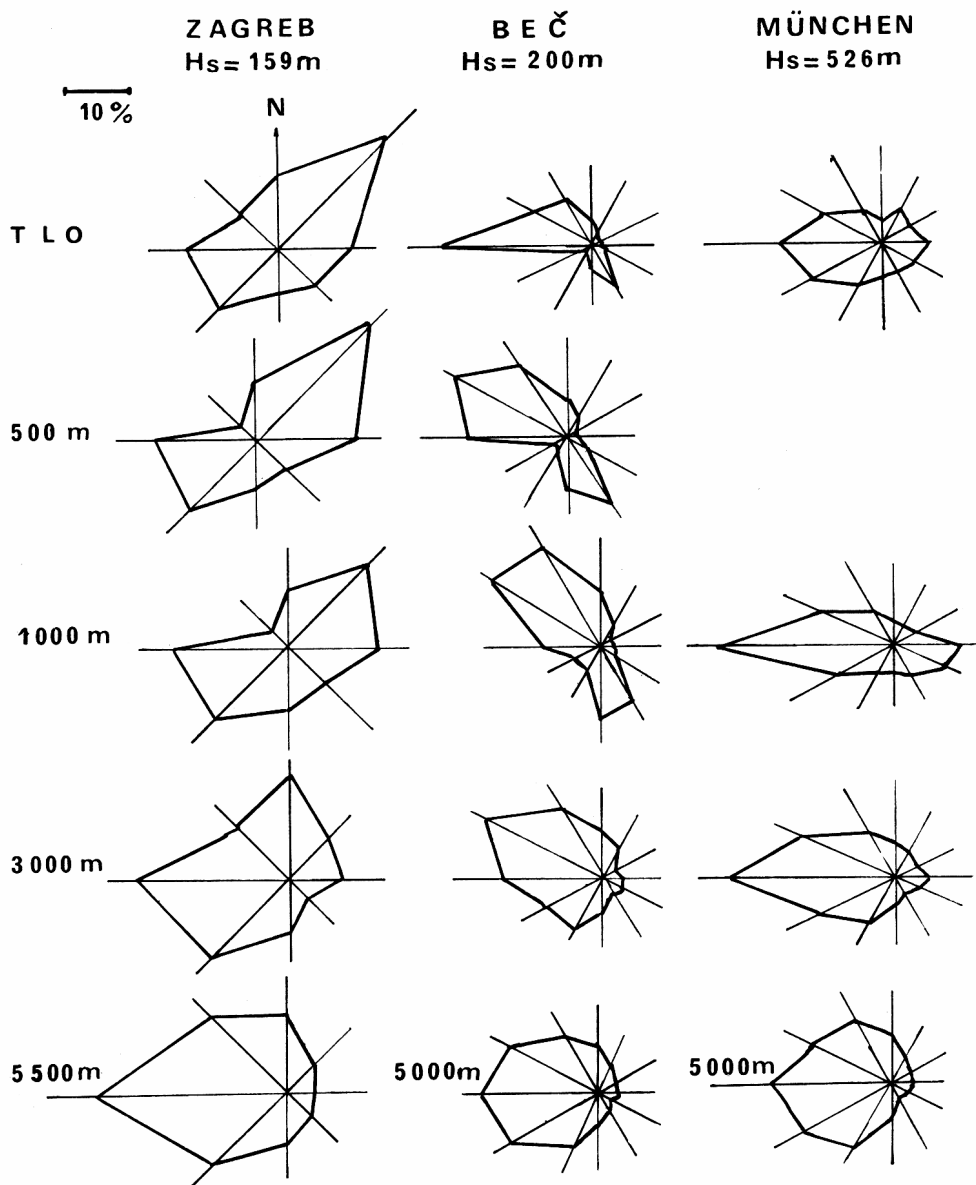
akumulacije hladnoga zraka (Makjanić, 1966 i 1967, Lukšić, 1972), što se preljeva preko sjemena sjevernih Dinarida, uzrokujući buru na sjevernom Jadranu. Petgodišnji niz podataka vjetra u Senju (1957–62) sadrži oko 13% dana s trajnom burom (Lukšić, 1972), a to je pojava koja se može povezati s preljevanjem hladnog zraka iz unutrašnjosti.

U drugu ruku, pojava najistaknutijih vjetrova bilo čestinom smjera ili brzinom, vezana je uz odgovarajuću sinoptičku situaciju. Tako se izmjena tipova sinoptičke situacije odražava u promjeni prevladavajućeg smjera i brzine vjetra, kao i u vrijednosti drugih meteoroloških elemenata. Prostorni i vremenski ritam promjenljivosti raznih meteoroloških elemenata ili njihovih parametara, trebao bi imati karakteristike iste ili slične promjenljivosti parametra koji predstavlja sinoptičku situaciju. Sve te promjenljivosti, neovisno o vrsti meteorološkog elementa tako čine sinoptičke poremećaje.



Slika 3. Ruže smjera vjetra za Zagreb i niz okolnih postaja prema 9. i 23. navedenim u literaturi.

Figure 3. Wind roses for Zagreb and some surrounding meteorological stations adapted from Nr 9 and 23 in the reference list.



Slika 4. Ruže čestine smjera vjetra u slobodnoj atmosferi:
 1. Zagreb 1956–60* (RS u 00 donosno 03 SGV),
 2. Beč (Wien) 1952–60 (RS u 00 odnosno 03 SGV), prema 25. navedenom u literaturi.
 3. München 1943–53 (dvije odnosno četiri RS dnevno), prema 5. navedenom u literaturi.

* Napomena:

Za ružu prizemnog vjetra uzeti su podaci Opservatorija Zagreb–Grič (7, 14 i 21 h) jer u to vrijeme na radiosondažnoj postaji nije bilo potpunih prizemnih meteoroloških

opažanja, osim toga postaja je bila i preseljena: Zagreb–Borongaj ($\varphi = 45^{\circ}49'$, $\chi = 16^{\circ}2'$, $H_A = 115 + 7 = 122$ m), radiosondaža 1. I – 28. II 1956. u 15 h SGV, 1. III 56 – 31. III 57. u 3 h SGV, 1. IV 57 – 7. VII 59. u 0 h SGV, Zagreb–Maksimir ($\varphi = 45^{\circ}49'$, $\lambda = 16^{\circ}2'$, $H_A = 123 + 10 = 133$ m), radiosondaža 8. VII 59 – 31. XII 60. u 0 h SGV.

- Figure 4. Wind roses in free atmosphere:
1. Zagreb 1956–60* (RS at 00, respectively at 03 h GMT),
 2. Vienna 1952–60 (RS at 00, respectively 03 h GMT) adapted from Steinhäuser, 1956,
 3. Munich 1943–53 (two, respectively four RS daily), adapted from Holzappel, 1956.

*Note:

The surface wind rose belongs to Zagreb–Grič data (7, 14, 21 h), the wind roses for other heights are for RS station Maksimir, because there were no regular surface meteorological observations on RS station at the time. Nearby the station has been moved (the coordinates and the station height is given above).

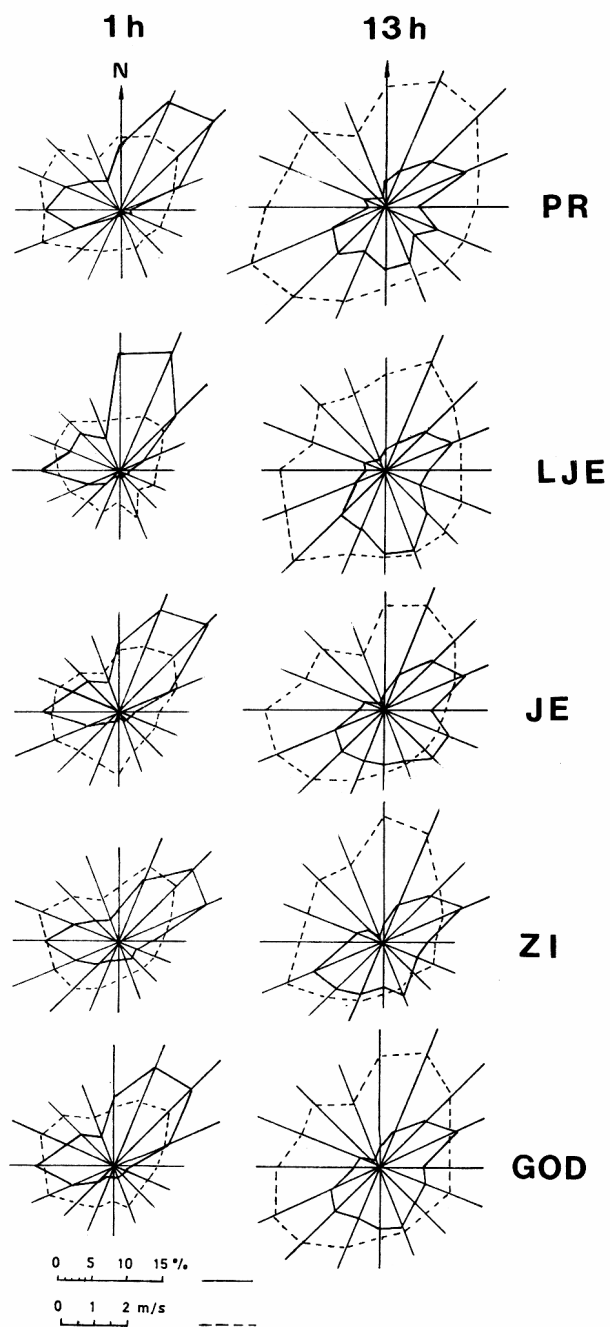
Sl. 4. prikazuje ruže čestina smjera vjetra na nekoliko visina iznad Zagreba, u slobodnoj atmosferi. Radi uspoređenja ucrtani su i podaci za Beč i München. Orografski utjecaj na prizemno strujanje zraka u Zagrebu očituje se na ruži smjera vjetra sve do visine od 3 km. Na visini od 5 km, ruže smjera svih triju stanica postaju vrlo slične i na njima prevladava zapadnjak („Westerlies”), tj. vjetar karakterističan za pojas umjerenih širina.

1.3. Dnevna i godišnja promjena smjera i brzine vjetra

1.3.1. Ruže smjera i brzine vjetra

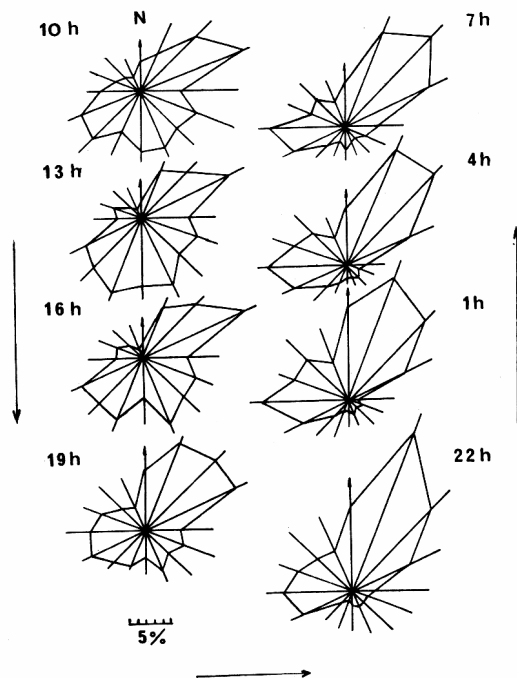
Sl. 5. prikazuje ruže smjera i brzine vjetra za jedan noćni i danji termin za svaku od godišnjih dobi, a i u godišnjem prosjeku lagani noćni sjevernjak i dnevni S i SE vjetar potječu od lokalne cirkulacije vjetra obronka. Sjeveroistočnjak i zapadnjak, vjetrovi nešto većih prosječnih brzina, povezani su sa sinoptičkim poremećajima, o čemu će biti još govora i u sljedećim poglavljima. Izrazito povećanje brzine vjetra nije popraćeno povećanjem relativne čestine smjera. Dapače, vjetar sasvim neznatnih čestina poprima veće brzine npr. SSE u 1 h ljeti, S u 1 h u jesen, te NW i N u 13 h kroz cijelu godinu. To su vjetrovi netipični za to doba dana u sustavu lokalne cirkulacije vjetra obronka.

Dnevna promjena smjera dolazi još bolje do izražaja na Sl. 6. Slika prikazuje ruže smjera vjetra za osam dnevnih termina. Relativne čestine za njih su izračunane iz podataka u četiri mjeseca predstavnika godišnjih doba: I, IV, VII i X. Tab. 4. u prilogu sadrži srednje relativne čestine smjera vjetra za sve sate 1–24 za te mjesece. Ruže smjera vjetra su na sl. 6. prema sličnosti oblika, poredane u dvije grupe i to na grupu danjih termina (10, 13, 16 i 19 h), s manje ili više naglašenom čestinom iz SE kvadranta i na grupu noćnih termina (22, 1, 4 i 7 h) s dosta naglašenom čestinom iz sjevernog kvadranta. Povećanje čestine vjetra iz istočnog kvadranta također u danjim terminima,



Slika 5. Sezonske i godišnja ruža smjera i brzine vjetra prema satnim vrijednostima u 1 i 13 h na anemogramu, Zagreb–Grič 1951–60.

Figure 5. Seasonal and annual wind roses at midnight and midday, Zagreb–Grič, 1951–60.



Slika 6. Godišnje ruže smjera vjetra za osam dnevnih termina, prema anemografskim podacima u I, IV, VII i X mjesecu, Zagreb–Grič 1951–60.

Figure 6. Annual wind roses for eight terms a day, obtained from the anemograph readings in January, April, July and October, Zagreb–Grič, 1951–60.

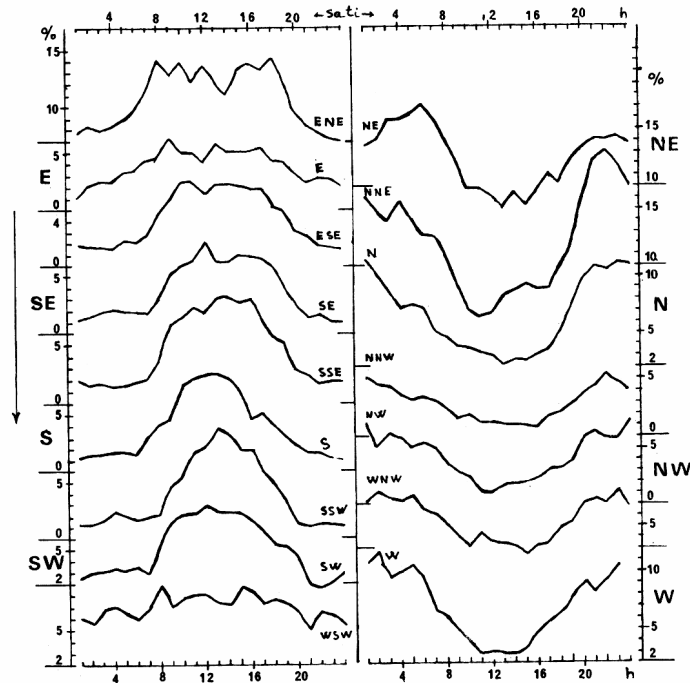
čini se da potječe od superpozicije danjeg dolinskog vjetra strujanju vezanom za opću sinoptičku situaciju. Analogno, povećanje čestina iz zapadnog kvadranta, počam od večernjeg i u svim noćnim terminima pripisuje se superponiranju večernjeg dolinskog vjetra općem strujanju iz spomenutog kvadranta.

Sl. 7. prikazuje dnevni hod čestine pojedinih smjerova vjetra u godišnjem prosjeku prema mjesecima I, IV, VII i X (tab. 5 u prilogu). Smjerovi od SE preko S do SW (dakle smjerovi južnog kvadranta), imaju izraziti danji maksimum. Čestine tih smjerova poprimaju povišene vrijednosti između 9 i 16 h u godišnjem prosjeku. Smjerovi od W preko N do NE imaju noćni maksimum čestina uz povećane vrijednosti između 20 h uveče i 5 h ujutro, također u godišnjem prosjeku. Smjerovi ENE i E pojavljuju se većom čestinom danju nego noću, ali to povećanje je sedlastog oblika, a u godišnjem prosjeku obuhvaća široki višesatni interval između 8 i 18 h.

Sličan dnevni hod čestina ima i WSW vjetar, koji se prema tome nalazi više pod utjecajem danjeg vjetra obronka nego večernjeg dolinskog vjetra.

Kako to izgleda u pojedinim mjesecima predstavnicima godišnjih dobi, prikazano je izopletama na sl. 8.

Ruže smjera za siječanj, travanj, srpanj i listopad, prikazuje sl. 9. Podaci za te ruže određeni su iz svih satnih vrijednosti 1–24. Najveće isticanje vjetra iz sjeverois-



Slika 7. Dnevni hod relativnih čestina za pojedine smjerove vjetra, u godišnjem prosjeku, izveden iz I, IV, VII i X mjeseca, Zagreb–Grič 1951–60.

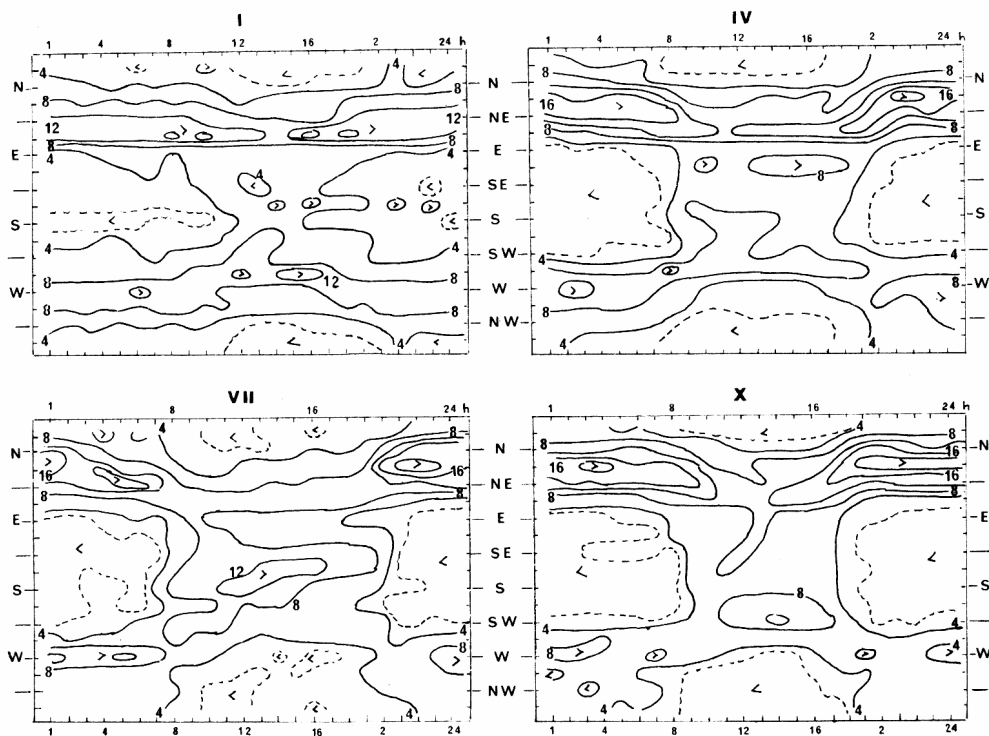
Figure 7. Diurnal course of relative frequencies for each wind direction. The values are averages over January, April, July and October data, Zagreb–Grič, 1951–60.

točnog kvadranta s jedne strane i odmah za njim vjetra iz zapadnog kvadranta s druge strane, zadržava se kao glavna karakteristika na ovim ružama iz kojih je eliminirana dnevna promjena vjetra. Siječanjska ruža čestina pokazuje smanjenje vjetra iz sjevernog i južnog kvadranta u korist ENE i WNW vjetrova. Povećanje WNW vjetra je manje i raspoređuje se kroz noćno razdoblje kako se to vidi na sl. 8.

Po ostalim manje istaknutim odlikama, listopadska ruža čestina sličnija je srpanjskoj, a travanjska je sličnija siječanjskoj ruži čestina smjera vjetra. Ta sličnost se vidi i na sezonskim ružama na sl. 5. tj. da su jesenja ruža čestina smjera a i brzine vjetra sličnije ljetnima, dok su proljetne sličnije zimskim ružama vjetra.

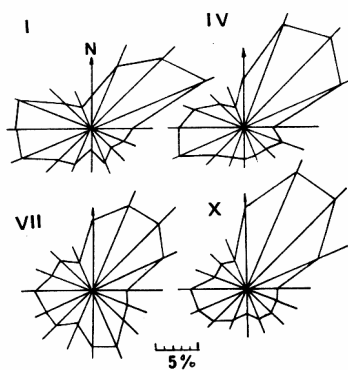
Sl. 10. prikazuje godišnji hod čestina smjerova vjetra. Vidi se kako povećanje čestine južnog vjetra, kao glavnog predstavnika danjeg vjetra obronka, u prosjeku počinje u travnju i traje do listopada s maksimumom u srpnju. SSE i SSW smjer vjetra donekle prate takav hod, dok SE vjetar ima izražen maksimum čestina kasnije, u kolovozu, a SW ranije, u lipnju. Međutim, SW vjetar ima osim toga i lagano povećanje čestina u kasnu zimu.

Čestina sjevernog vjetra tj. glavnog predstavnika noćnog silaznog vjetra obronka, također raste već od travnja, ali najprije polagano, a od lipnja znatno brže sve do listopada, sa maksimumom u kolovozu i rujnu. NNE smjer vjetra donekle prati takovo



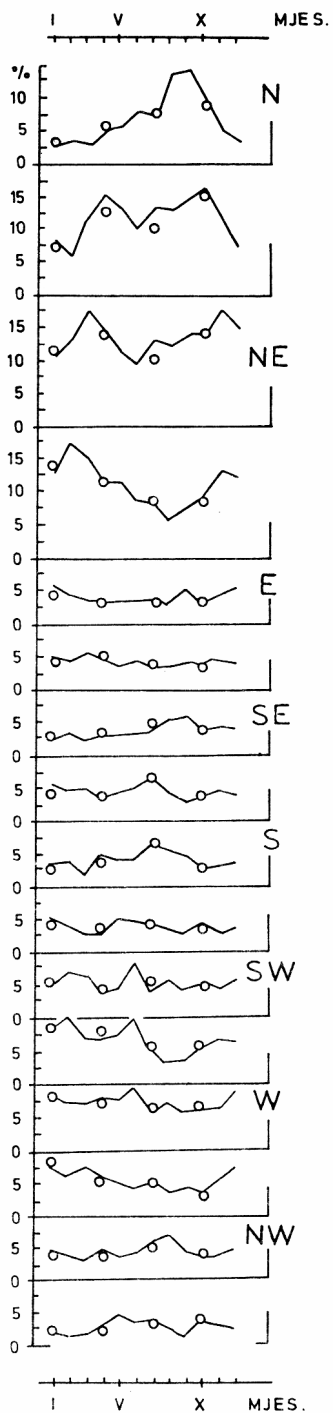
Slika 8. Izoplete relativnih čestina smjera vjetra tijekom dana za I, IV, VII i X mjesec, Zagreb–Grič 1951–60.

Figure 8. Izopleths of relative frequencies of wind direction during a day, obtained for January, April, July and October, Zagreb–Grič, 1951–60.



Slika 9. Ruže smjera vjetra za četiri mjeseca u godini i prema satnim vrijednostima 1–24, Zagreb–Grič 1951–60.

Figure 9. Wind roses for January, April, July and October, obtained from 24 hourly values, Zagreb–Grič, 1951–60.



Slika 10. Godišnji hod relativnih čestina za pojedine smjerove vjetra prema anemografskim podacima u 7, 14 i 21 h (kružićima su unešene čestine dobivene iz svih satnih vrijednosti 1–24), Zagreb–Grič 1951–60.

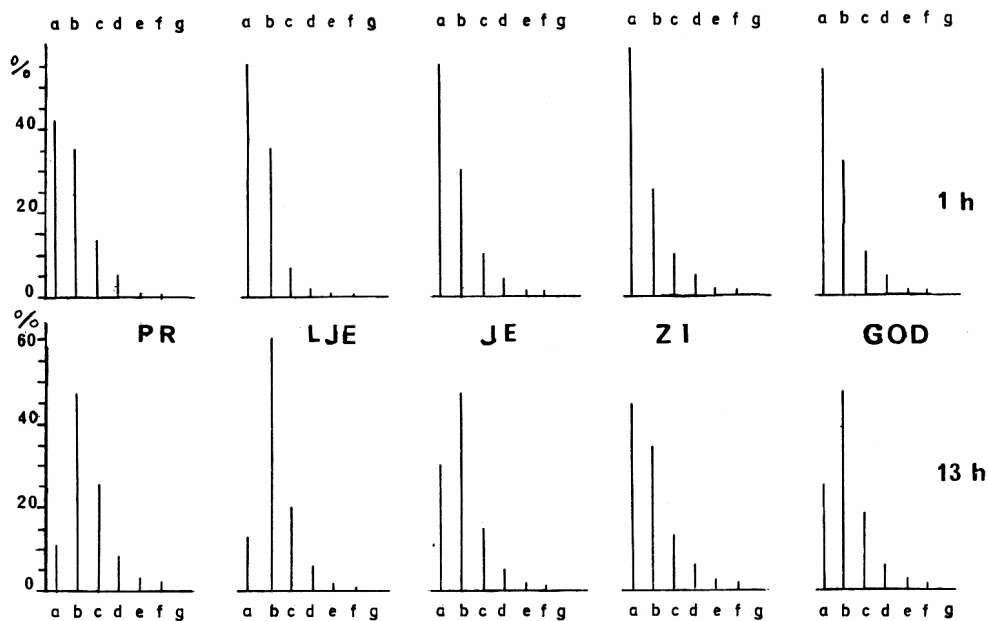
Figure 10. Annual course of relative frequencies for each wind direction, obtained from anemograph readings at 7, 14 and 21 h (empty circles denote frequencies derived from 24 hours data), Zagreb–Grič, 1951–60.

također podliježu dnevnom hodu, sadržavajući sličan tip promjene kao razred slaboumjerenog vjetra, sudeći prema jednom danjem i noćnom terminu.

Tablica 1. Razdioba čestina u ‰ po razredima brzine vjetra za dva dnevna termina, Zagreb–Grič, 1950–65.

Table 1. Relative frequencies (‰) distributed over wind velocity classes at midday and midnight, Zagreb–Grič, 1950–65.

oznaka razreda	širina razreda:			PR		LJE		JE		ZI		GOD.		
	m/s	km/h	B	1h	13h	1h	13h	1h	13h	1h	13h	1h	13h	
a	0.1-1.5	0- 5	1	427	113	560	124	548	299	584	441	530	246	
b	1.6-2.9	6-10	2	358	479	351	598	298	466	250	341	312	473	
c	3.0-4.2	11-15	3	135	263	67	197	106	146	97	126	100	180	
d'	na sl. 13	d	4.3-5.6	16-20	3-4	58	85	17	60	32	54	46	57	
e		5.7-7.0	21-25	4	14	31	3	17	10	21	15	22	12	22
f		7.1-8.5	26-30	4-5	8	29	2	4	6	14	8	13	7	15



Slika 12. Razdioba čestine po razredima skalarne brzine vjetra sredinom noći i dana, Zagreb–Grič 1950–65.

Figure 12. Wind velocity frequency distribution at midnight and midday, Zagreb–Grič, 1950–65.

Tablica 2. Višegodišnji pregled srednjaka skalarne brzine vjetra u Zagrebu (m/s), prema satnim vrijednostima anemografa (1–24).

Table 2. Scalar wind velocity annual means in m/s, derived from hourly wind data, presented during several year period.

GOD.	GRIČ	MAKSIMIR	PLESO
1966	2.0	-	2.3
1967	2.0	2.5	2.3
1968	2.0	2.5	2.4
1969	1.9	2.3	2.4
1970	2.0	1.9	2.3
1971	2.0	2.0	2.0
1972	1.9	1.8	1.9
1973	1.9	1.8	2.0
1974	2.0	1.8	2.0
1975	1.9	1.8	
1976	1.8	1.7	
1977	1.8	1.7	
1978	1.8	1.7	
SRED.	2.0	2.1	2.2

Višegodišnji srednjak skalarne brzine vjetra u Zagrebu iznosi 2 m/s (Grič: 2.0, Maksimir: 2.1 i Pleso 2.2, tab. 2.), i odgovara vrijednostima srednjaka brzine vjetra kontinentalnih mjesta u sjevernoj Hrvatskoj (B. Penzar, 1977).

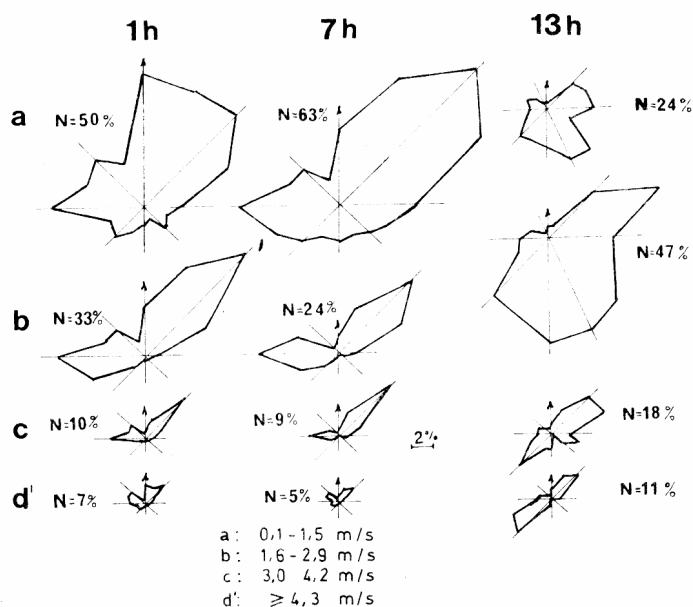
Tab. 3. sadrži podatke o srednjem broju dana u godini kad se pojavio jak i olujni vjetar, bez obzira u koje doba dana i koliko dugo je puhao. U općenitom slučaju, mjesto u ravnici, uz obalu ili na istaknutom mjestu veće nadmorske visine, zbog boljih uvjeta za razvoj prizemnog strujanja, imat će veći broj dana s jakim vjetrom.

Tablica 3. Srednji broj dana u godini s jakim i olujnim vjetrom u Zagrebu i još nekoliko gradova u SFRJ (prema vizuelnim motrenjima).

Table 3. Average annual number of windy days ($\geq 6B$ and $\geq 8B$) in Zagreb and some other cities of Yugoslavia (according to visual observations).

Mjesto :	Nadmorska visina : m	Srednji broj dana u godini s vjetrom :		Razdoblje na koje se poda- ci odnose :
		$\geq 6 B$	$\geq 8 B$	
Zagreb-Grič	158	24	2	1952-1968
Zagreb-Maksimir	123	12	<1	1961-1976
Zagreb-Lučko	122	22	2	1949-1955
Zagreb-Pleso	107	36	3	1960-1978
Sisak	98	36	2	1948-1960
Karlovac	112	4	1	1948-1960
Rijeka	104	31	4	1948-1960
Split-Marjan	122	138	30	1948-1960
Beograd	132	124	17	1949-1958
Ljubljana	299	15	2	1949-1958
Sarajevo	630	57	5	1949-1958

Prema višegodišnjim podacima, Pleso ima jedan i pol puta veći broj dana s jakim vjetrom nego Grič, ali tri puta veći broj tih dana nego Maksimir, iako su srednjak skalarne brzine vjetra i varijanca nešto veći baš u Maksimiru, i na Plesu, nego na Griču (tab. 14. u 3. poglavlju). Međutim, razlika od tridesetak metara u visini Griča prema Maksimiru kao i položaj Maksimira bliže središnjem dijelu podnožja Medvednice (zavjetrina), čini pojavu izrazito jakog vjetra u Maksimiru rjeđom nego na Griču. To se prvenstveno odnosi na jake zapadne vjetrove koji su na Griču bolje izraženi nego u Maksimiru. Da se Zagreb i njegova šira okolica nalazi u području općenito oslabljenog prizemnog strujanja prema nekim drugim gradovima u našoj državi, vidi se također iz podataka u tab. 3. Sisak, Rijeka, Sarajevo, Beograd i Split imaju 1.5 do 5.8 puta veći broj s jakim i olujnim vjetrom nego Zagreb-Grič.



Slika 13. Ruže smjera vjetra za grupe podataka vjetra različitih brzina u tri dnevna termina, Zagreb-Grič 1950-65.

Figure 13. Wind roses for several wind velocity classes at three daily terms, Zagreb-Grič, 1956-60.

Slab i slabo umjeren vjetar do 3 m/s puše u Zagrebu u godišnjem prosjeku u gotovo 80% slučajeva (kako se to vidi iz tab. 1.), dok ostatak od samo 20% pripada umjerenom, jakom i olujnom vjetru. Ti se odnosi mijenjaju tijekom dana i godine u korist jakog vjetra sredinom dana i u hladno doba godine kao što su već naprijed prikazani rezultati donekle pokazali, a zorno pokazuje sl. 13. Na njoj su ucrtane godišnje ruže smjera vjetra po razredima brzina i to za noćni, jutarnji i dnevni termin prema tab. 9. u prilogu. Noću prevladava slab vjetar iz sjevernog kvadranta, a danju nešto jači vjetar iz južnog kvadranta u vezi sa sustavom vjetra obronka. Ruže smjera umjerenog i jakog vjetra pokazuju prevladavanje čestine iz NE s jedne strane te W i SW kvadranta s druge

strane u sva tri termina. Pojava jakog sjeveroistočnjaka vrlo je izrazita kroz čitav dan, međutim jaki zapadnjak puše pretežno noću, dok jaki jugozapadnjak, prema ovim podacima, prevladava sredinom dana. Taj umjereni i jaki vjetar potječe prvenstveno od sinoptičkih poremećaja.

1.3.3. Izrazitost dnevnog i godišnjeg hoda smjera i brzine vjetra i usporedivost rezultata različitih uzoraka

Koliko se izrazitost dnevnog i godišnjeg hoda čestina mijenja od smjera do smjera, vidi se iz vrijednosti dnevnog i godišnjeg kolebanja tih čestina (tab. 4.). Dnevni hod čestine pojedinog smjera većinom je jače razvijen od godišnjeg. Od ukupno 16 smjerova kod 14 njih dnevno kolebanje relativnih čestina premašuje godišnje. Vrijednosti dnevnog kolebanja kreću se između 0.65 i 2.23 i kod 13 njih ona prelazi vrijednost 1.0. Najveće dnevno kolebanje čestina ima vjetar iz južnog kvadranta (1.41–2.23), a odmah zatim vjetar iz sjevernog kvadranta (1.43–1.57). To je povezano s dnevnom promjenom smjera u sustavu vjetra obronka, koji se odvija pretežno duž N-S pravca.

Kod godišnjeg kolebanja, vrijednosti se kreću između 0.44 i 1.61, i samo kod 5 smjerova premašuju vrijednosti 1.0. Povećano godišnje kolebanje čestina (≥ 1.0) ima N, ENE, SE, S WSW i NNW smjer i pri tom nema svrstavanja u grupe susjednih smjerova. Osim toga, ti smjerovi se znatno među sobom razlikuju u prosječnoj čestini. Kod ENE i WSW smjera, godišnje kolebanje dosta premašuje dnevno, a kod N smjera premašenje također postoji, ali je ono neznatno. Povećanje godišnjeg kolebanja NNW, N, te SE i S smjerova čini se da je povezano s godišnjim hodom izraženosti termodinamičkih uvjeta povoljnih za lokalni cirkulacioni sustav u Zagrebu.

Dnevno kolebanje srednjaka brzine vjetra također nadmašuje godišnje i gotovo je dvostruko veće od godišnjeg.

Tab. 4. sadrži i relativne razlike δ među rezultatima različitih uzoraka. Uspoređene su relativne čestine smjerova vjetra za četiri mjeseca, za koja su te čestine izračunane s jedne strane iz klimatoloških termina u 10-godišnjem razdoblju, i s druge strane iz svih satnih vrijednosti 1–24 u tom istom razdoblju. Najveća vrijednost relativnih razlika ne prelazi 0.33 u pojedinom mjesecu, a u listopadu čak ne prelazi niti vrijednost 0.13. Relativne razlike godišnjih čestina su još manje, ne prelazeći vrijednost 0.08. Sve vrijednosti relativnih razlika δ su znatno manje, od iznosa kolebanja, koja su računana na isti način i prema tome mogu se usporediti. Međutim, drugačije je s tišinama. Podaci čestine tišina znatno se razlikuju u odgovarajućim parovima uzoraka. Uzorci, koji uključuju sve satne vrijednosti, imaju znatno veće relativne čestine tišina, a razlike se kreću između 0.81 u siječnju i 8.00 u srpnju odnosno 6.00 u godišnjem prosjeku. Te razlike premašuju godišnje kolebanje čestina s tišinom, ali ostaju ispod iznosa dnevnog kolebanja tih čestina.

1.4. Vektorski srednjak i komponente vjetra.

Tab. 5 sadrži vrijednosti modula i azimuta vektorskog srednjaka, te stalnosti vjetra za svaki sat u danu po godišnjim dobima, iz petogodišnjeg niza satnih vrijednosti.

Prema vektorskim srednjacima nacrtana je putanja srednjeg vektora vjetra tijekom dana u pojedinoj od godišnjih dobi (sl. 14.). Brojevi uz strijelice na krivulji putanje označuju sate. Udaljenost između početne i krajnje točke putanje je prosječni rezultantni put vektora vjetra kroz 24 sata, počam od Griča ili praktički od središta grada.

Tablica 4. Dnevno i godišnje kolebanje relativnih čestina smjera vjetra i skalarne brzine (Kol), kao i relativne razlike čestina određene iz različitih uzoraka (δ), Zagreb-Grič, 1951-60.

Table 4. Diurnal and annual variation of relative wind direction frequencies and variation of scalar wind velocity means; relative differences in frequencies between two different samples of wind data, Zagreb-Grič, 1951-60.

	Kol _D	Kol _G	δ_I	δ_{IV}	δ_{VII}	δ_X	δ_G
N	1.43	1.61	0.26	0.10	0.04	0.11	0.07
NNE	1.36	0.90	0.03	0.17	0.22	0.07	0.02
NE	0.74	0.57	0.04	0.02	0.21	0.01	0.07
ENE	0.65	0.99	0.10	0.06	0.05	0.09	0.03
E	1.36	0.61	0.14	0.03	0.05	0.03	0.05
ESE	1.33	0.44	0.15	0.04	0.23	0.05	0.02
SE	1.69	1.05	0.19	0.17	0.36	0.03	0.05
SSE	1.72	0.69	0.21	0.16	0.08	0.03	0.02
S	1.95	1.15	0.32	0.22	0.02	0.07	0.05
SSW	2.23	0.68	0.15	0.33	0.02	0.13	0.05
SW	1.41	0.83	0.09	0.18	0.33	0.04	0.04
WSW	0.56	1.07	0.01	0.17	0.10	0.12	0.04
W	1.21	0.43	0.05	0.08	0.07	0.05	0.04
WNW	1.07	0.64	0.12	0.05	0.02	0.08	0.02
NW	1.57	0.91	0.09	0.12	0.09	0.06	0.02
NNW	1.54	1.19	0.09	0.14	0.11	0.06	0.08
C	10.40	5.33	0.81	2.33	8.00	6.00	6.00
V	0.64	0.39					

$$|\Delta|_i = f_i - f'_i \quad i = I, IV, VII, X.$$

$$|\Delta|_G = \bar{f} - \bar{f}'$$

$$\delta_i = \frac{|\Delta|_i}{f_i} \quad \delta_G = \frac{|\Delta|_G}{\bar{f}}$$

f = relat. čest. za I, II, ... XII (7, 14, 21h)

\bar{f} = god. " " " "

f' = relat. čest. za I, IV, VII i X (1-24h)

\bar{f}' = god. rel. čest. " "

} tab. 4
u prilogu

} tab. 8
u prilogu

$$Kol_D = \frac{A_D}{\bar{f}'} = \frac{f'_{maks} - f'_{min}}{\bar{f}'}$$

$$Kol_G = \frac{A_G}{\bar{f}} = \frac{f_{maks} - f_{min}}{\bar{f}}$$

Analogno se računa kolebanje srednjaka brzine vjetra.

Tablica 5. Vektorski srednjak i stalnost vjetra tijekom dana i po godišnjim dobima: modul $|\bar{V}|$ (m/s), azimut α (0–360°) i stalnost $|\bar{V}|/V$ u %, Zagreb–Grič, 1956–60.

Table 5. Hourly values of average wind vector and steadiness calculated for each season, Zagreb–Grič, 1956–60.

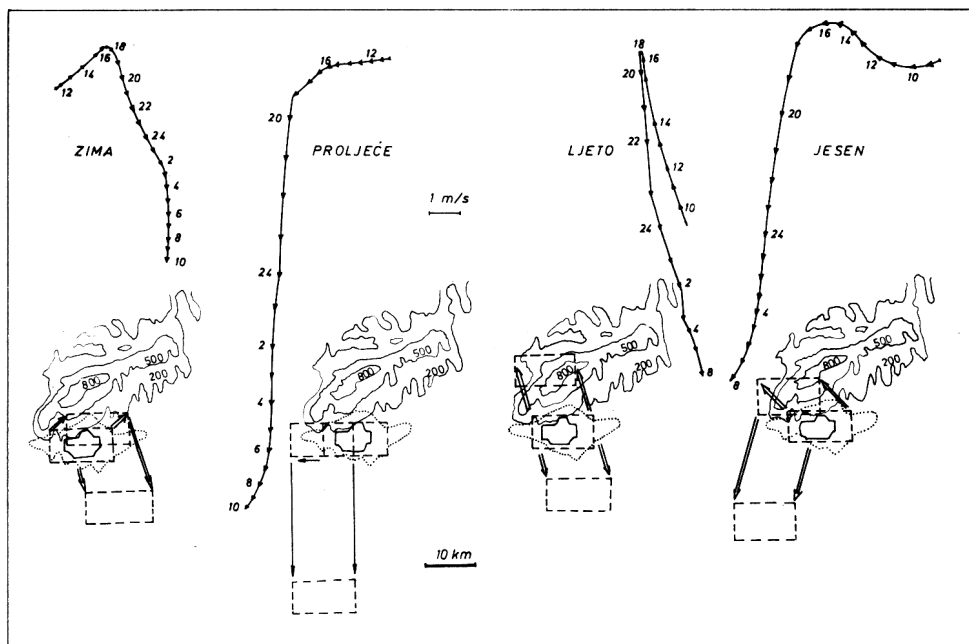
Sat	PR			LJE			JE			ZI			Sat
	m/s	α	%	m/s	α	%	m/s	α	%	m/s	α	%	
1	1.09	6	42.1	0.92	341	57.5	0.66	7	43.4	0.43	338	24.3	1
2	0.94	6	43.9	0.79	344	52.3	0.61	9	40.9	0.47	337	26.6	2
3	0.90	360	43.5	0.71	359	50.0	0.56	6	39.7	0.41	344	24.4	3
4	0.83	3	41.1	0.62	336	46.6	0.56	8	39.2	0.41	352	24.3	4
5	0.79	3	40.3	0.50	345	40.0	0.58	15	42.6	0.46	356	28.2	5
6	0.72	8	37.7	0.45	343	37.2	0.58	19	42.6	0.43	356	25.0	6
7	0.63	10	35.4	0.32	342	26.4	0.61	21	49.6	0.40	4	24.0	7
8	0.54	22	26.9	0.06	351	4.1	0.59	37	44.4	0.40	3	24.2	8
9	0.48	40	19.2	0.28	157	14.8	0.48	65	29.6	0.34	3	19.2	9
10	0.36	67	13.7	0.49	167	23.3	0.50	95	27.8	0.26	11	14.4	10
11	0.30	81	10.5	0.63	163	26.6	0.53	113	26.0	0.02	360	1.0	11
12	0.36	90	11.9	0.72	167	28.8	0.51	128	22.8	0.27	213	12.5	12
13	0.36	78	11.8	0.72	167	27.2	0.66	136	28.1	0.43	221	19.0	13
14	0.39	92	12.7	0.71	168	28.0	0.50	129	20.9	0.50	217	21.4	14
15	0.40	79	13.6	0.71	174	25.5	0.50	107	21.5	0.46	214	20.1	15
16	0.33	72	10.8	0.60	169	21.7	0.47	91	22.3	0.32	221	15.3	16
17	0.38	65	12.8	0.55	172	20.4	0.42	71	20.7	0.18	276	8.7	17
18	0.35	40	13.1	0.31	168	12.5	0.69	33	37.1	0.23	329	11.8	18
19	0.55	34	23.4	0.06	81	2.7	1.04	13	53.6	0.40	340	20.9	19
20	0.94	7	40.7	0.77	350	38.5	1.17	10	54.9	0.43	347	22.6	20
21	1.19	6	50.6	1.13	350	56.8	1.08	11	56.5	0.43	344	23.4	21
22	1.22	6	53.3	1.22	350	62.6	0.97	9	53.0	0.51	339	27.9	22
23	1.19	4	51.9	1.14	350	61.6	0.93	7	53.1	0.55	334	29.3	23
24	1.12	4	50.0	1.04	347	60.1	0.81	3	50.0	0.52	332	28.7	24

Taj put po veličini i po smjeru može se uzeti kao približni prosječni pomak česti zraka nad gradom u 24 sata.

Prisutnost danjeg i noćnog ogranka vjetra obronka odaje oscilatorni oblik putanje, naročito izražen ljeti. Strijelica na sredini slike označuje smjer sjevera. Noću prevladava vjetar iz sjevernog kvadranta preko čitave godine (usmjeren je prema jugu). Sredinom dana smjer vektorskog srednjaka, kroz veći dio godine, sadrži južnu komponentu (ljetno, jesen i zima). U proljeće je oscilatorni oblik putanje ublažen prevladavanjem sjeveroistočne advekcije, tako da sredinom dana prevladava vektorski srednjak iz istočnog kvadranta.

Brzine srednjih vektora vjetra kreću se između 0.02 i 1.22 m/s. Vjetar iz sjevernog kvadranta, koji prevladava noću, zadržava se kroz 12–16 sati, a danji vjetar iz jugoistočnog kvadranta (odnosno SW zimi) održava se 8–12 sati, ovisno o godišnjoj dobi. Vektorski srednjak ima sredinom dana manju brzinu nego noću iako skalarni srednjak brzine ima upravo danju veće vrijednosti, što je posljedica različite stalnosti vjetra tijekom dana. Kroz veći dio godine stalnost vjetra noću kreće se između 40 i 60%, sredinom dana ona padne često ispod 30%. Jedino je zimi dnevni hod stalnosti vjetra slabo

izražen, krećući se između 1.0 i 29.3%. Konačni put vjetra za vrijeme danjeg vjetra obronka će stoga biti znatno manji počam od središta grada, od puta vjetra za vrijeme stalnijeg noćnog vjetra obronka, unatoč većim brzinama sredinom dana.



Slika 14. Putanje vektorskog srednjaka vjetra tijekom dana i shematski prikaz pomaka baze zamišljenog volumena zraka nad gradom pod učinkom tog vjetra, Zagreb–Grič 1956–60.

Figure 14. Hourly mean wind vector curve during a day and schematic presentation of an imaginary air volume movement over the city area under the influence of the wind, Zagreb–Grič, 1956–60.

Prema tome, cirkulacioni sustav vjetra obronka na Griču nije simetričan obzirom na trajanje. Dnevni ogranak jačeg i nestalnog po smjeru uzlaznog vjetra obronka održava se kraće nego noćni ogranak slabog i po smjeru stalnog silaznog vjetra obronka. Čest prizemnog zraka, nošena tim vjetrom oscilira iznad gradskog područja tijekom dana. Pomoću tab. 5. i 6., moguće je odrediti put vjetra kroz odabrani interval vremena i tako procijeniti red veličine pomaka česti zraka u tom intervalu nad gradom u km u njegovom najdonjem sloju, koji se premiješta pod utjecajem prizemnog vjetra. U proljeće i jeseni npr. prosječni dani pomak iznosi približno 10 do 20 km prema zapadu odnosno sjeverozapadu, a ljeti prema sjever-sjeverozapadu. Zbog uzdizanja Medvednice sjeverno od grada, taj pomak će biti manji i popraćen jačanjem vertikalne komponente do sloja zahvaćenog protustrujom (kompenzaciona struja suprotnog smjera), na nekoj visini iznad tla, što ovdje dalje neće biti analizirano.

Tablica 6. Put vjetra u km ovisno o brzini i trajanju puhanja za izabrane vrijednosti brzina.

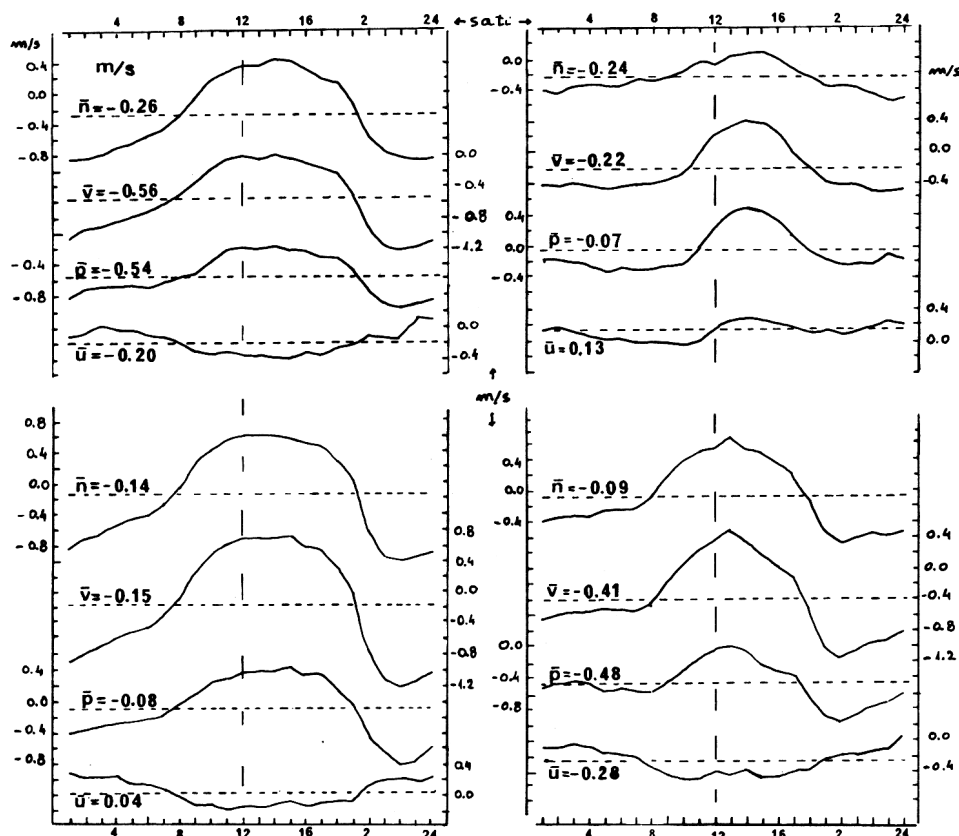
Table 6. Wind vector way in km, depending on velocity and blowing duration, for some chosen wind velocity values.

m/s	km/h	B	Izvadak iz ljestvice za određivanje jačine vjetra na kopnu u Beauf.stup.	Trajanje puhanja vjetra u satima:					
				1	2	6	8	12	16
0.4	1	0	Tišina, dim se diže vertikalno u vis, lišće je nepomično	1	2	6	8	12	16
0.5	1.8	1	Lagani povjetarac, lahor: čovjek ga još ne osjeća ali smjer se raspoznaje po dimu	2	4	11	14	22	29
1	3.6			4	7	22	29	43	58
1.5	5.4	2	Povjetarac: lišće treperi	5	11	32	43	65	86
2	7.2			7	14	43	58		
4	14.4	3	Slab vjetar: lišće se neprekidno njiše i šušti	14	29	86			
6	21.6	4	Umjereni vjetar: diže prašinu, suho lišće i papire	22	43	130			
12	43.2	6	Jak vjetar: telefonske žice zvižde, njišu se velike grane	43	86				
18	64.8	8	Olujni vjetar: njiše čitava stabla, lom velike grane, sprečava hodanje protiv vjetru	65	130				

Pomak prizemnog zraka izazvan noćnim silaznim vjetrom obronka prema jugu ili točnije prema jug-jugoistoku u zimi i ljeti, odnosno prema jug-jugozapadu u proljeće i jesen iznosi prosječno 15 do 30 km. Prema tome, rezultatni pomak česti zraka, izazvan lokalnim dnevnim sustavom vjetra obronka, iznosi do nekoliko desetaka km, što je istog reda veličine kao dimenzije zagrebačkog gradskog područja. Posljedica toga jest da se volumen zraka iznad gradskog područja u svom najdonjem sloju ne premiješta dovoljno daleko izvan svog izvornog područja, da bi mu se svojstva bitno izmijenila. Volumen zraka onečišćen nad gradom, biva vraćen nad to područje s izvorom onečišćenja, i prije nego se njega uspio osloboditi, izložen je ponovnom zagađenju.

Ovako nepovoljno stanje se javlja za tzv. neporemećenih situacija (većinom anticiklone) uz neznatnu opću cirkulaciju. To su situacije višednevnih zamornih ljetnih žega, u kojima se tek nakon zalaza sunca osjeti osvježanje, kad s Medvednice zapuše silazni vjetar obronka. Još nepovoljniji slučaj akumulacije onečišćenja u prizemnom sloju nastupa za vrijeme ustrajnih višednevnih inverzija temperature zraka i jake magle, kad je svako prizemno strujanje zraka (lokalno i opće) neznatno ili sasvim prigušeno, sve dok novi vremenski poremećaj ovakovo stanje ne naruši i prizemni sloj zraka nad gradom temeljito ne pročisti snažnom advekcijom.

Za asimetriju lokalnog sustava cirkulacije u Zagrebu moguća su dva uzroka. Jedan bi bio uslijed blizine mjernog mjesta obroncima Medvednice, gdje se noćni vjetar



Slika 15. Dnevni hod komponenta vjetra u prirodnom (p, n) i geografskom (u, v) koordinatnom sustavu, Zagreb–Grič 1956–60.

Figure 15. Diurnal course of wind components in the natural (p,n) and geographical (u,v) coordinate system, Zagreb–Grič, 1956–60.

obronka što se slijeva niz te obronke, uspio najbolje razviti ne izgubivši još mnogo na snazi zbog trenja s tlom. Za dnevni vjetar obronka koji puše prema južnim obroncima Medvednice, položaj mjernog mjesta se nalazi već na krajnjoj točki njenog puta, kad je već prisiljen da uspori zbog nakupljanja zraka pred preprekom i uzdizanje uz obronke. Takova situacija ima za posljedicu i nakupljanje čestica onečišćenja u tom pojasu, što se može pratiti za vedra dana i prostim okom npr.:

Za vedra neporemećena dana rano jutrom se sa Griča vide detalji na Medvednici sasvim jasno, dok je nad gradom prema jugu, navučena sumaglica. Tijekom prijepodneva detalji na Medvednici postaju sve nejasniji, najprije u podnožju a zatim se zamućenje širi i jača sve do vrha planine. Nad južnim dijelom grada i dalje je sumaglica i ima se dojam da je raspoređena na deblji sloj zraka. Rano poslije podne vidljivost se prema Medvednici poboljšava, zamućenost prema sjeveru se smanjuje ali prema jugu i dalje

raste. Ova pojava je zapažena niz puta kako s Griča tako i s Pantovčaka u sjevernom dijelu grada.

Drugi mogući uzrok za asimetriju dnevnog hoda vjetra u Zagrebu, bio bi termički efekt samog gradskog područja. Noćni otok topline iznad grada povećava temperaturni gradijent između ohlađenog obronka i ravnog terena na kojemu se nalazi grad i djeluje podupirući (pojačavajući) silazni vjetar obronka. Danju je obrnuto. Gradsko područje je također toplije od okoline, što međutim umanjuje i temperaturni gradijent između jače zagrijanih južnih obronaka i okolnog ravnog terena. Tako uzlazni danji vjetar obronka gubi na intenzitetu i trajanju prijelazom preko gradskog područja.

Sl. 15. prikazuje dnevnu promjenu komponenata vektora vjetra po godišnjim dobima prema tab. 7. u prilogu iz koje se također vidi prevladavanje strujanja iz južnog kvadranta danju, a iz sjevernog kvadranta noću. Zonalna u komponenata ima danju istočnu a noću zapadnu komponentu, smatramo pod utjecajem dolinskog vjetra. Po apsolutnom iznosu je zonalna komponenta najčešće tri i više puta manja od ostalih komponenata tako da u dnevnoj cirkulaciji ima znatno manji učinak od ostalih komponenata.

Oscilatorni oblik putanje satnih vrijednosti vektorskog srednjaka tijekom dana, kao i izrazitost dnevnog hoda u svim statističkim rezultatima obrade prizemnog vjetra, pokazuje da je lokalni cirkulacioni sustav iako slab po intenzitetu ipak vrlo postojan u Zagrebu i okolici. To se vjerojatno odrazilo u nazivima vjetra nađenim u starim zapisima o vremenu (I. Penzar i B. Penzar, 1982). Poznati su stari nazivi:

„Polnoćni veter” i „Zgorec” za sjeverni vjetar, „Oblačnjak” za NE vjetar, „Zdolec” za istočnjak, „Poldešnji veter” za južni vjetar, „Podsunc” i „Savčak” za zapadni vjetar te „Večernjak” za sjeverozapadni vjetar.

Nameće se pomisao da se nazivi „Zgorec”, „Večernjak” ili „Polnoćni veter” mogu povezati s noćnim silaznim vjetrom obronka, a „Poldešnji veter” sa danjim uzlaznim vjetrom obronka, dok bi se „Zdolec” i „Podsunc” mogli povezati s dopodnevnom i popodnevnim dolinskim vjetrom u Zagrebu i okolici.

Međutim, ovi nazivi vjetrova ne potječu iz zapisa samo iz okolice Zagreba, nego iz područja cijele sjeverozapadne Hrvatske (kajkavska Hrvatska). U tim starim zapisima sjever se često nazivlje „polnoćna strana” a jug se nazivlje „poldašnja strana” neovisno o vjetru. Autori I. B. Penzar smatraju da porijeklo tih starih naziva vjetra još nije dovoljno istraženo, što bi bilo neophodno prije nego ih se poveže sa sustavom lokalnog prizemnog strujanja kakovo npr. imamo u Zagrebu.

Tablica 7. *Vektorski srednjak i stalnost vjetra tijekom godine, prema satnim vrijednostima u 7, 14 i 21 h: modul $|\bar{V}|$ (m/s), azimut α (0–360°), stalnost $|\bar{V}|/V$ (%). Zagreb–Grič, 1951–60 (prema tab. 54 u Klim. pod. Ops. Zagreb–Grič).*

Table 7. *Monthly mean wind vectors and steadiness calculated from wind data at 7, 14 and 21 h, Zagreb–Grič, 1951–60.*

Mjeseci:	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$|\bar{V}|$	0.35	0.16	0.54	0.58	0.40	0.17	0.29	0.29	0.51	0.41	0.55	0.30
α	297	357	19	9	9	306	34	9	28	18	28	52
stalnost	19	8	22	23	19	8	15	15	27	22	30	17

Tab. 7. sadrži vektorski srednjak i stalnost vjetra tijekom godine u Zagrebu. Zagrebački vjetar je male stalnosti tijekom čitave godine, unatoč većim vrijednostima u proljetnim i jesenjim mjesecima, međutim te ne prelaze iznos od 30%. Ovako maloj stalnosti vjetra u mjesečnom prosjeku uvelike doprinosi vjetar lokalne cirkulacije s izrazitom dnevnom promjenom smjera.

2. Osnovni tipovi prizemnog strujanja u Zagrebu, određeni Essenwangerovom metodom.

2.1. *Općenito*

Empiričkoj razdiobi čestina varijable korisno je pridijeliti teoretsku razdiobu gustoće, nazovimo je osnovnom razdiobom gustoće. O. Essenwanger (1954) je razradio metodu pridijeljivanja sume normalnih (Gaussovih) razdiobi, odnosno sume „normalnih osnovnih kolektiva” empiričkoj univarijantnoj razdiobi čestina, metodom najmanje sume kvadrata. Taj postupak je primijenjen na tri dnevna termina petogodišnjeg niza zagrebačkih podataka prizemnog vjetra.

Vjetar je vektor, te su najprije određeni osnovni kolektivi u empiričkoj razdiobi čestina smjerova (ruža smjera), a zatim je za svaki kolektiv određena čestina razreda brzina, proporcionalno učešću osnovnih kolektiva. U taj se postupak ulazi iz tablice kontingencije tj. razdiobe čestina po smjerovima i razredima brzina (tab. 9. u prilogu). Opis tehnike rada može se naći u Essenwanger 1956 i 1957.

Osnovni normalni kolektiv, izdvojen iz empiričke razdiobe čestina, obilježen je parametrima normalne razdiobe tj. tjemenom vrijednošću f_m , odnosno najčešćim smjerom α_m , standardnom devijacijom σ i procentualnim učešćem U . Grafički prikaz osnovnih kolektiva u polarnom koordinatnom sustavu ima više prednosti (Lisac i Zelenko, 1980) te su rezultati stoga u njemu i prikazani. Normalna krivulja poprima u polarnom koordinatnom sustavu lik sličan elipsi, čija dulja os ima iznos maksimuma čestina f_m (vrh normalne krivulje), a orijentirana je u smjeru α_m , koji joj čestini pripada.

Cirkulacioni sustavi (npr. vjetar obronka) predstavljeni su parom eliptičnih likova iz dvaju različitih ili suprotnih smjerova. Kod potpuno razvijenog, nazovimo ga simetričkog sustava, dobiva se par osnovnih kolektiva podjednakog učešća i rasapa s razlikom u najčešćem smjeru od 180° . Takav par predstavlja oscilatorno gibanje duž pravca, koji povezuje dva najčešća smjera. U takovom slučaju, vremenski razmak članova u nizu je znatno manji od perioda oscilacije, a duljina niza znatno premašuje taj period.

Uzorak može sadržavati i samo jedan od ogranaka cirkulacionog sustava, što naravno ovisi o odnosu između gustoće niza u uzorku (vremenski razmak članova u nizu) i perioda oscilacije cirkulacionog sustava. Ako je vremenski razmak članova u nizu jednak ili barem približno jednak periodu, tada takav uzorak sadrži samo jedan od ogranaka cirkulacionog sustava, koji će biti to bolje izražen što su članovi niza bliže vremenu najpovoljnijem za razvoj tog ogranka. Dva ogranka nekog sustava mogu se prema tome naći odvojeni u dva uzorka, od kojih svaki potječe iz vremena povoljnog za razvoj samo jednog od ogranaka (npr. sredina dana i sredina noći u slučaju vjetra obronka).

Ovaj postupak razlaganja ne razlikuje dva tipa poremećaja iz istog smjera s podjednakim rasapom, nego ih predočuje kao jedan kolektiv iste varijance i povećanog učešća. Dulji nizovi daju pouzdanije rezultate.

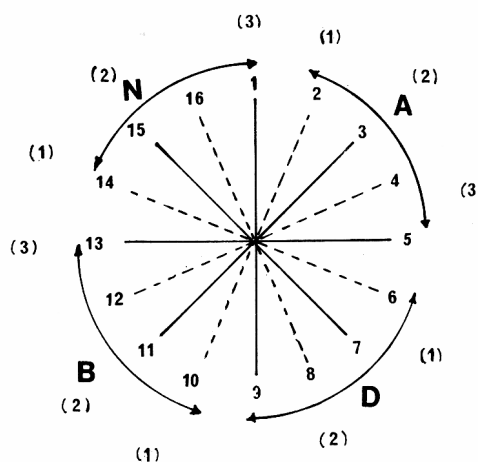
O energiji koju sadrži pojedini od osnovnih kolektiva saznaje se iz razdiobe čestina po razredima brzina, koja osnovnom kolektivu pripada. Kako je energija proporcionalna kvadratu brzine, zbrajanjem umnožaka kvadrata sredine razreda brzine i če-

stine, dobiva se broj, koji je proporcionalan kinetičkoj energiji vjetra u pojedinom kolektivu. Procentualni udio tih parcijalnih suma u ukupnoj sumi spomenutih umnožaka, daje energetske karakteristike osnovnih kolektiva. To je daljnja dopuna Essenwangerove metode, prvi puta primijenjena u ovom radu.

2.2. Rezultati

Petgodišnji niz podataka prizemnog vjetra u Zagrebu podijeljen je na uzorke po godišnjim dobima i na tri dnevna termina (1, 7 i 13 h). Essenwangerovom metodom razlaganja izdvojeno je 5–8 osnovnih kolektiva u pojedinom uzorku (Sl. i tab. 16. do 27.). Mali kolektivi, učešća $U \leq 6\%$ nazvani su „nevažnim kolektivima” i tretirani su kao ostatak u matematičkom postupku, a koji se umanjuje duljinom niza podataka. Suma osnovnih kolektiva aproksira empiričku razdiobu čestina s pogreškom $\chi^2 < 10$ odnosno manjom od 2%. Pri tumačenju pojedinih osnovnih kolektiva uvaženi su kolektivi čije učešće U premašuje 7%. Takovih kolektiva ima 3–5 i oni obuhvaćaju oko 90% podataka u uzorku.

Na slikama 16. do 27. osnovni kolektivi su imenovani slovima N, D, A i B. Uz četiri velika slova za označavanje glavnih grupa prizemnog strujanja, upotrebljeni su i indeksi (1, 2 i 3) za označavanje kolektiva iz iste grupe, koji se među sobom razlikuju nekim od parametara, većinom vrijednošću kuta α_m . Tako su dobivene npr. oznake N_1, N_2, N_3 itd. Slika 28. prikazuje shematski navedene glavne oznake u ruži smjera.



Slika 28. Oznake grupa i podgrupa osnovnih kolektiva u ruži vjetra (velika slova i brojevi u zagradama). Brojevi 1, 2, ... 16 pridijeljeni su smjerovima vjetra N, NNE, ... NNW.

Figure 28. The subsets designation according to the wind direction with maximal frequency in the wind direction scale (big letters and numbers in parentheses).

Uz slike 16. do 27, koje prikazuju osnovne kolektive u pravokutnom i polarnom koordinatnom sustavu, nalazi se i tabelarni prikaz osnovnih kolektiva.

Tablica 16. Normalni Gaussovi (osnovni) kolektivi f_n izdvojeni iz razdiobe čestina podataka vjetra Essenwangerovom metodom, prikazani tabelarno te u pravokutnom i polarnom koordinatnom sustavu, Zagreb–Grič, 1956–60.

Oznake u tablicama:

α_i = razredi kutova smjera vjetra (1–16, 1 = N, 2 = NNE itd.)

F_i = empiričke čestine

Δ_i = razlika između empiričke razdiobe čestina i zbroja čestina iz osnovnih kolektiva ($\Delta_i = F_i - \Sigma'_i$)

$\chi^2 = \frac{\Sigma \Delta_i^2}{16}$ = pogreška s kojom suma osnovnih kolektiva zamjenjuje empiričku razdiobu

Σ = ukupni broj slučajeva

N = učešće pojedinog kolektiva u %

σ^2 = varijanca

σ = standardna devijacija u jedinicama od 22.5°

α_m = najčešći smjer pojedinog osnovnog kolektiva u skali 1–16

ff = relativne razlike označenih razreda brzina, koje odgovaraju pojedinom osnovnom kolektivu.

Tablica i slika 17–27. isto kao tablica i slika 16.

Table 16. The normal Gauss curves (subsets) f_n derived from the frequency distribution F of surface wind data by Essenwanger's method, presented in Cartesian and polar coordinate system, Zagreb–Grič, 1956–60.

Significations in tables:

α_i = wind direction classes (from 1 to 16, it means 1 = N, 2 = NNE, ... e.c.)

F_i = empirical frequencies

Δ_i = the difference between F_i and the summ of subsets ($\Delta_i = F_i - \Sigma'_i$)

$\chi^2 = \frac{\Sigma \Delta_i^2}{16}$ = error of the approximation the empirical frequency distribution for wind directions by the subsets

Σ = total number of cases

N = contribution of the particular subset in % to the whole sample

σ^2 = variance

σ = standard deviation (in angle unites of 22.5°)

α_m = wind direction with maximal frequency in the particular subset (1–16)

ff = relative frequencies of the wind velocity classes corresponding to the particular subset.

Table and figure 17–27 same as table and figure 16.

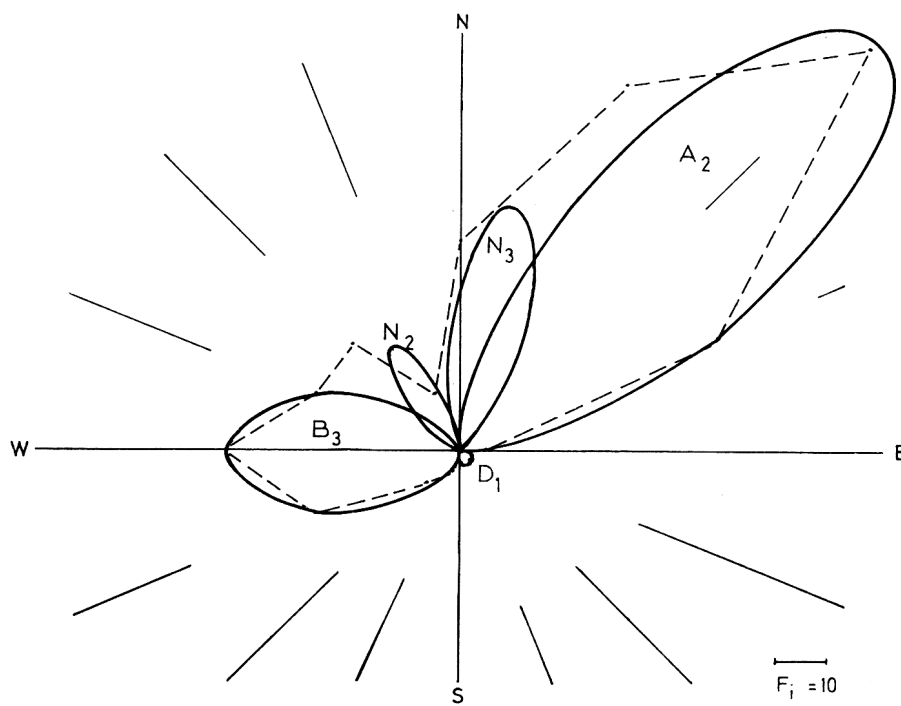
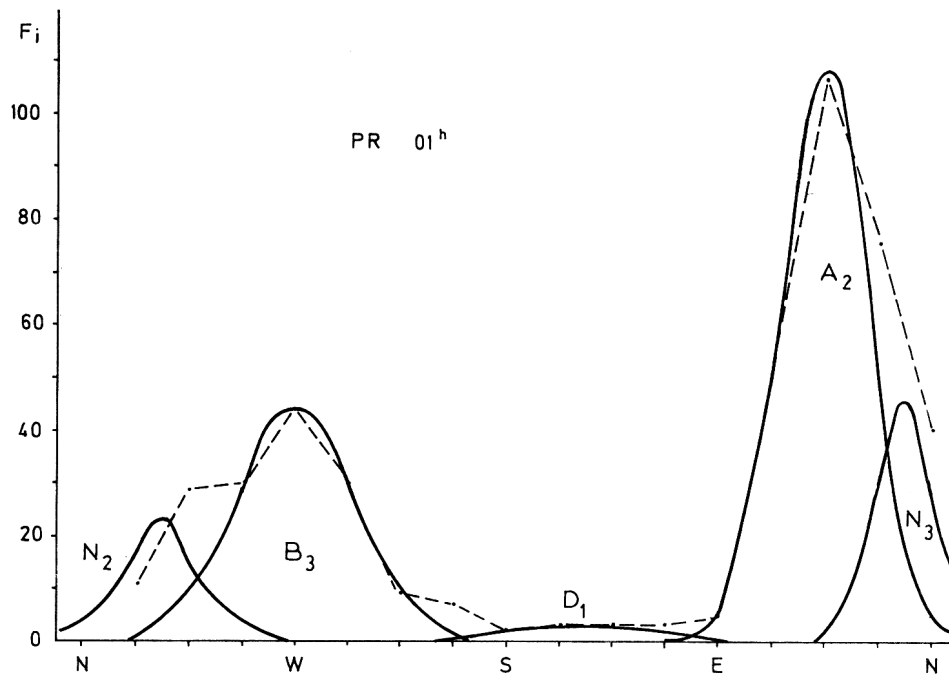
Tablica i slika 16 (desno). Normalni Gaussovi (osnovni) kolektivi f_n izvođeni iz razdiobe čestina podataka vjetra.

Table and figure 16 (right). Normal Gauss subsets f_n derived from wind frequency distribution.

Proljeće

1 h

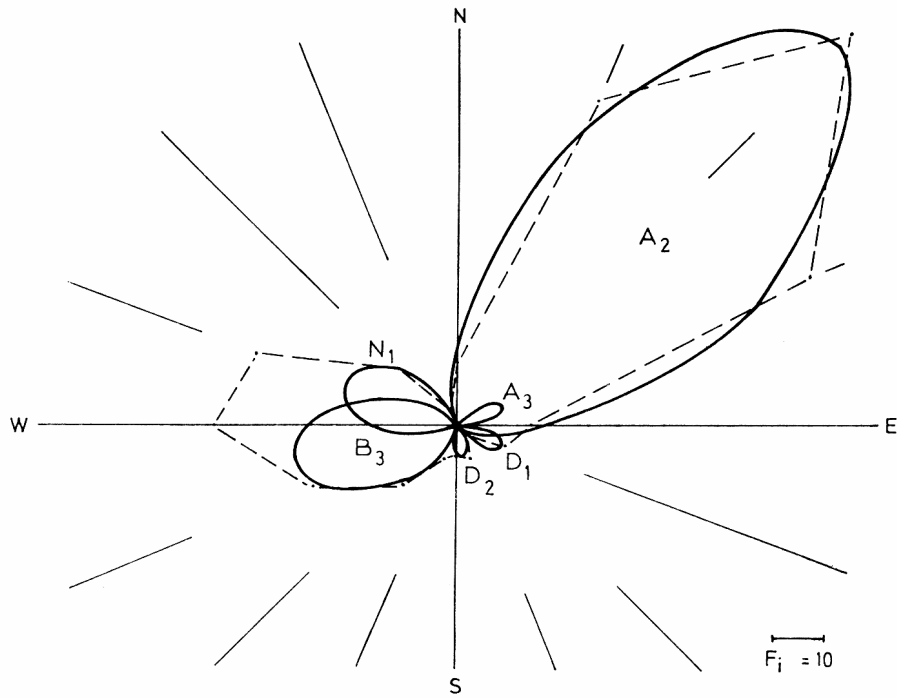
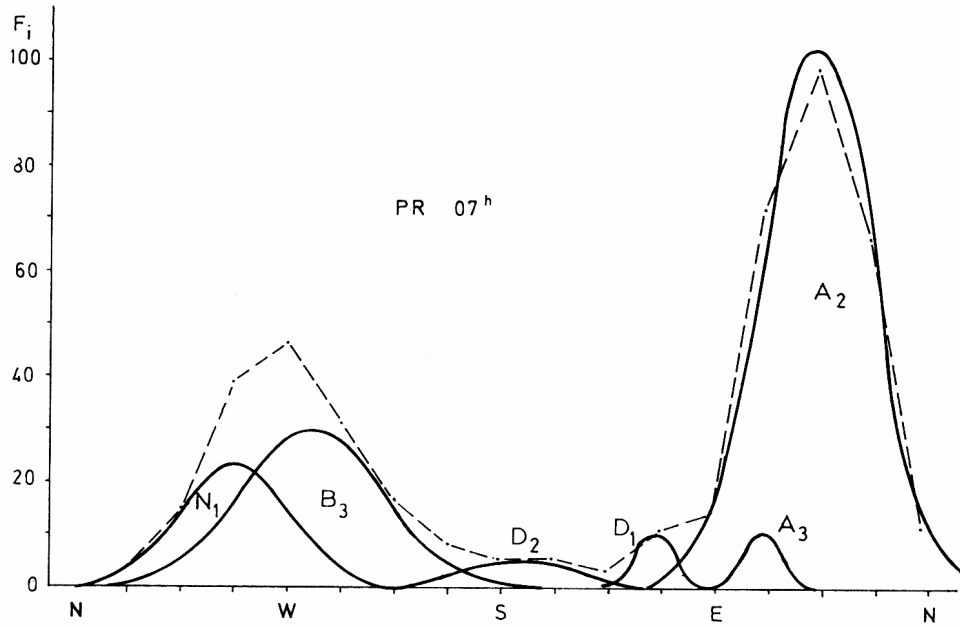
	\angle_1	F_1	A_2	B_3	N_2	N_3	D_1	Σ_1'	Δ_1
N	1	40	5	.	4	29	.	38	2
NNE	2	76	50	.	.	29	.	79	- 3
NE	3	107	108	.	.	1	.	109	- 2
ENE	4	51	50	.	.	.	.	50	1
E	5	5	5	.	.	.	1	6	- 1
ESE	6	3	.	.	.	.	2	2	1
SE	7	3	.	.	.	.	3	3	0
SSE	8	3	.	.	.	.	3	3	0
S	9	2	.	.	.	.	2	2	0
SSW	10	7	.	1	.	.	1	2	5
SW	11	9	.	9	.	.	.	9	0
WSW	12	30	.	30	.	.	.	30	0
W	13	44	.	44	.	.	.	44	0
WNW	14	30	.	30	4	.	.	34	- 4
NW	15	29	.	9	15	.	.	24	5
NNW	16	11	.	1	15	1	.	17	- 6
	Σ	450	218	124	38	60	12	452	$\chi^2 = 7.6$
	U %		48.4	27.5	8.4	13.3	2.7	100.3	
	σ^2		0.65	1.30	0.27	0.27	2.50		
	σ		0.81	1.14	0.52	0.52	1.58		
	\angle_m		3	13	15.5	1.5	7.5		
	m / s				f %				
	0 - 1.5	a	34	32	38	47	88		
	1.6 - 2.9	b	43	38	33	30	.		
	3.0 - 4.2	c	15	14	16	10	12		
	4.3 - 5.6	d	6	12	8	8	.		
	5.7 - 7.0	e	1	2	5	3	.		
	≥ 7.1	f	1	2	.	2	.		



Tablica i slika 17 (desno).
Table and figure 17 (right).

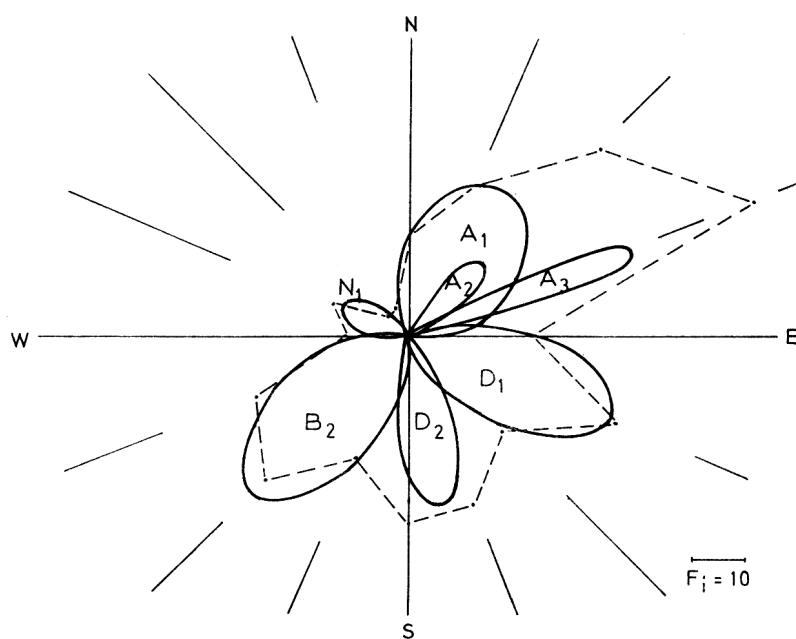
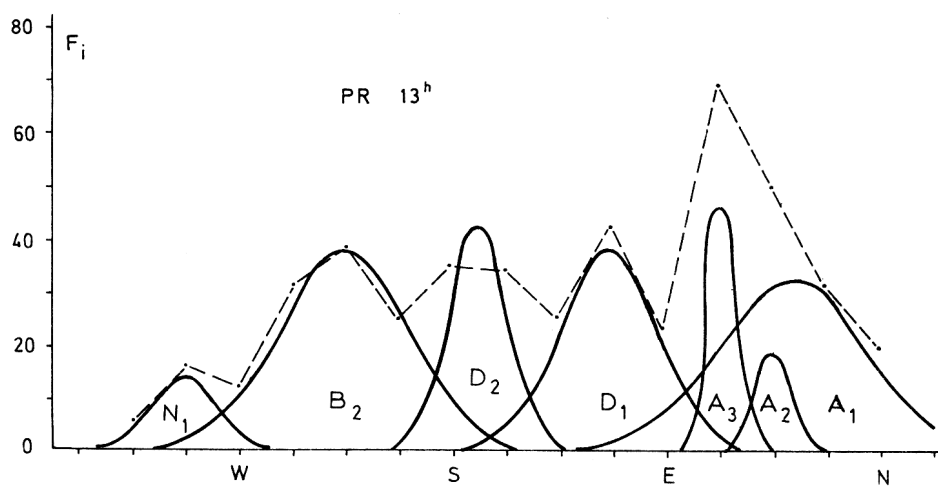
Projecije		7 h								
	α_1	F_1	A_2	A_3	B_3	N_1	D_1	D_2	Σ_i'	Δ_1
N	1	12	14	.	.	.	.	.	14	- 2
NNE	2	66	62	.	.	.	.	.	62	4
NE	3	98	102	0	.	.	.	.	102	- 4
ENE	4	72	62	10	.	.	.	.	72	0
E	5	14	14	0	.	.	0	.	14	0
ESE	6	11	1	.	.	.	10	.	11	0
SE	7	3	.	.	.	.	0	2	2	1
SSE	8	6	.	.	.	.	.	4	4	2
S	9	5	.	.	1	.	.	4	5	0
SSW	10	8	.	.	5	.	.	2	7	1
SW	11	16	.	.	16	.	.	.	16	0
WSW	12	31	.	.	28	4	.	.	32	- 1
W	13	46	.	.	28	15	.	.	43	3
MNW	14	39	.	.	16	23	.	.	39	0
NW	15	15	.	.	5	15	.	.	20	- 5
NNW	16	4	1	.	1	4	.	.	6	- 2
	Σ	446	256	10	100	61	10	12	449	
	U %		57.4	2.2	22.4	13.6	2.2	2.7	100.5	
	σ^2		1.02	0.13	1.18	1.16	0.13	0.31		
	σ		1.01	0.36	1.08	1.08	0.36	0.56		
	α_m		3	4	12.5	14	6	8.5		
	m / s					f %				
	0 - 1.5	a	54	60	56	38	100	100		
	1.6 - 2.9	b	24	30	27	35	.	.		
	3.0 - 4.2	c	13	10	13	16	.	.		
	4.3 - 5.6	d	6	.	4	9	.	.		
	5.7 - 7.0	e	2	.	.	2	.	.		
	≥ 7.1	f	1	.	.	.	.	.

$\chi^2 = 5.1$



Tablica i slika 18 (desno).
Table and figure 18 (right).

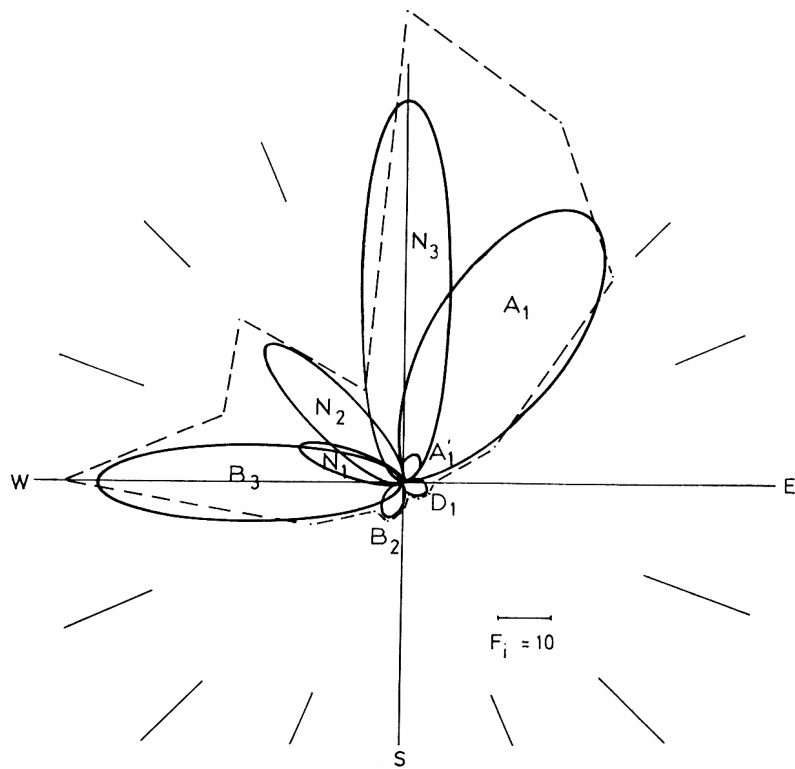
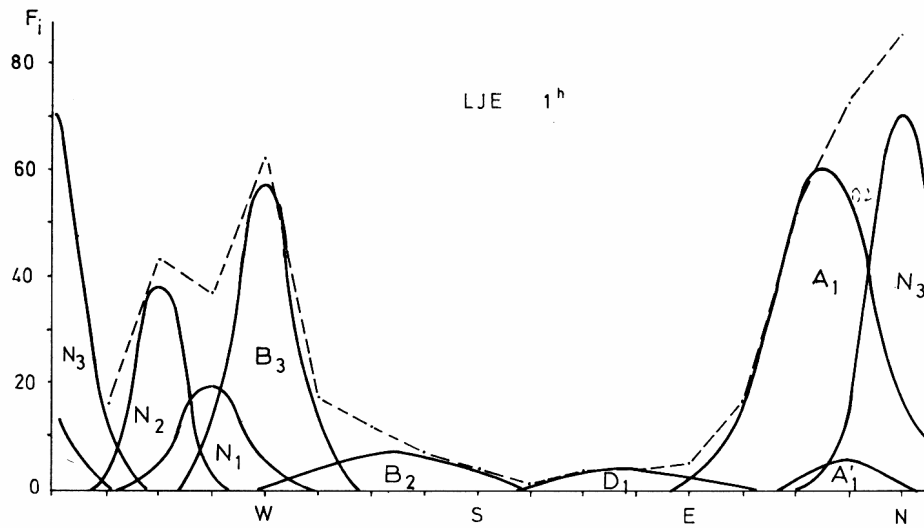
Proljeće											
13 h											
	α_1	F_1	A_1	A_2	A_3	B_2	N_1	D_2	D_1	Σ^1	Δ_{11}
N	1	19	19	.	.	.	.	.	.	19	0
NNE	2	31	31	0	.	.	.	.	.	31	0
NE	3	50	31	19	0	.	.	.	.	50	0
ENE	4	69	19	0	46	.	.	.	4	49	0
E	5	23	7	.	0	.	.	.	21	28	- 5
ESE	6	42	2	.	.	.	.	.	38	40	2
SE	7	25	.	.	.	.	.	1	21	22	3
SSE	8	34	.	.	.	2	.	27	4	33	1
S	9	35	.	.	.	10	.	27	.	37	- 2
SSW	10	25	.	.	.	27	.	1	.	28	- 3
SW	11	38	.	.	.	38	.	.	.	38	0
WSW	12	31	.	.	.	27	.	.	.	27	4
W	13	12	.	.	.	10	3	.	.	13	- 1
WNW	14	16	.	.	.	2	14	.	.	16	0
NW	15	5	2	.	.	.	3	.	.	5	0
NNW	16	4	7	.	.	.	.	.	.	7	- 3
Σ		459	118	19	46	116	20	56	88	463	$\chi^2 = 4.8$
U %			25.7	4.1	10.0	25.2	4.3	12.2	19.2	1000.7	
σ^2			20.4	0.13	0.11	1.46	0.33	0.26	0.84		
σ			1.43	0.36	0.33	1.21	0.57	0.51	0.92		
α_m			2.5	3	4	11	14	8.5	6		
m/s		f %									
0- 1.5	a	12	10	17	8	25	20	10			
1.6- 2.9	b	31	30	50	43	20	70	63			
3.0- 4.2	c	34	35	26	24	30	10	27			
4.3- 5.6	d	17	20	7	6	15	.	.			
5.7- 7.0	e	5	5	.	7	10	.	.			
≥ 7.1	f	1	.	.	7	.	.	.			



Tablica i slika 19 (desno).
Table and figure 19 (right).

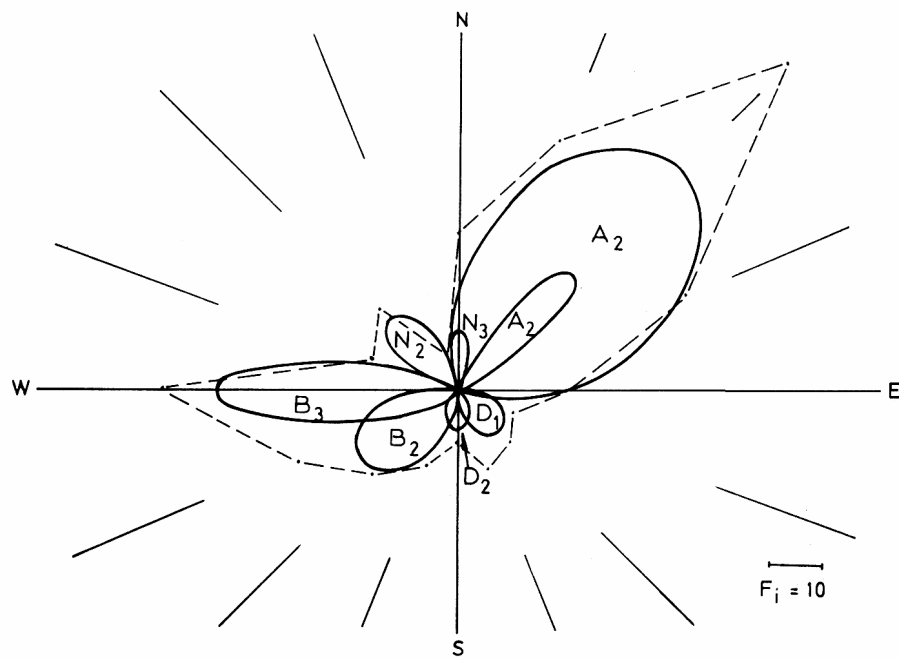
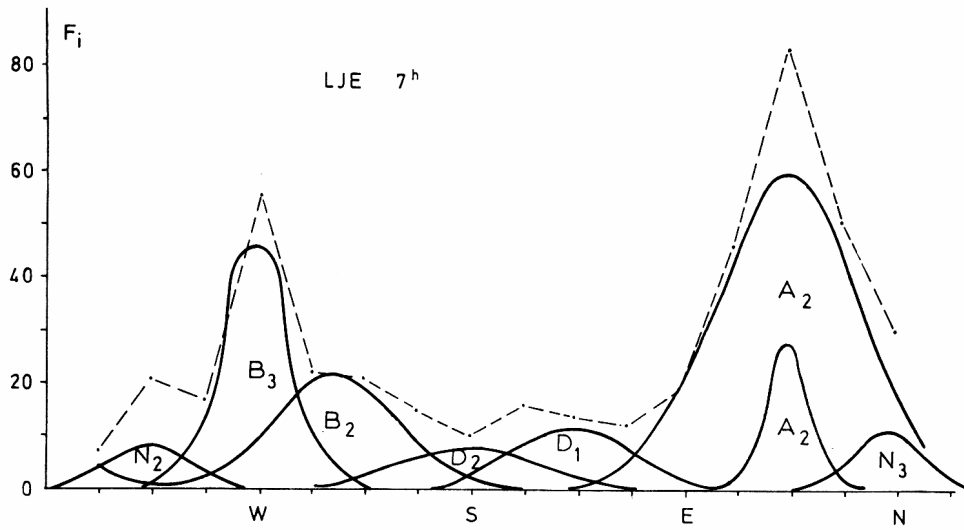
Ljeto

	1 h											
	α_1	F_1	A_1	A_1'	B_2	B_3	N_1	N_2	N_3	D_1	Σ'_{i1}	Δ_1
N	1	90	1	17	.	.	.	.	72	.	90	0
NNE	2	74	6	53	.	.	.	.	15	.	74	0
NE	3	53	1	53	.	.	.	.	.	.	54	- 1
ENE	4	17	.	17	.	.	.	.	.	1	18	- 1
E	5	5	.	2	.	.	.	.	.	3	5	0
ESE	6	4	.	.	.	.	.	.	.	4	4	0
SE	7	4	.	.	.	.	.	.	.	3	3	1
SSE	8	1	.	.	1	.	.	.	.	1	2	- 1
S	9	4	.	.	4	.	.	.	.	.	4	0
SSW	10	7	.	.	7	.	.	.	.	.	7	0
SW	11	12	.	.	7	.	.	.	.	.	7	5
WSW	12	18	.	.	4	14	.	.	.	.	18	0
W	13	63	.	.	1	58	5	.	.	.	64	- 1
WNW	14	37	.	.	.	14	20	3	.	.	37	0
NW	15	44	.	.	.	.	5	39	.	.	44	0
NNW	16	17	.	2	.	.	.	3	15	.	20	- 3
												$\chi^2 = 2.4$
Σ		450	8	144	24	86	30	45	102	12	451	
U %			1.8	32.0	5.3	19.1	6.7	10.0	22.7	2.7	1000.3	
σ^2			0.28	0.88	1.78	0.35	0.36	0.40	0.32	1.86		
σ			0.53	0.94	1.33	0.59	0.60	0.63	0.57	1.36		
α_m			2	2.5	10.5	13	14	15	1	6		
m / s												
0 - 1.5	a		63	54	76	47	49	50	62	92		
1.6 - 2.9	b		37	36	24	44	35	30	30	8		
3.0 - 4.2	c		.	6	.	8	10	11	3	.		
4.3 - 5.6	d		.	2	.	1	3	7	3	.		
5.7 - 7.0	e		.	1	.	.	.	2	2	.		
≥ 7.1	f		.	1	.	.	3	.	.	.		



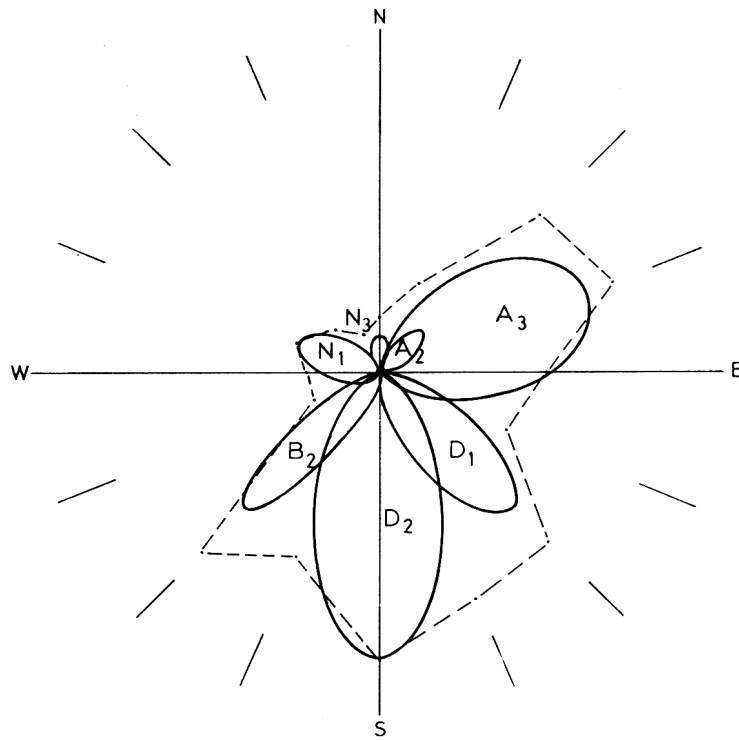
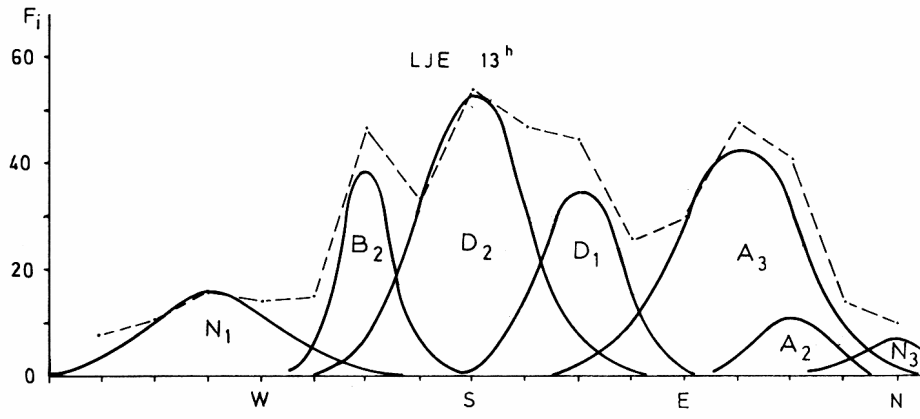
Tablica i slika 20 (desno).
Table and figure 20 (right).

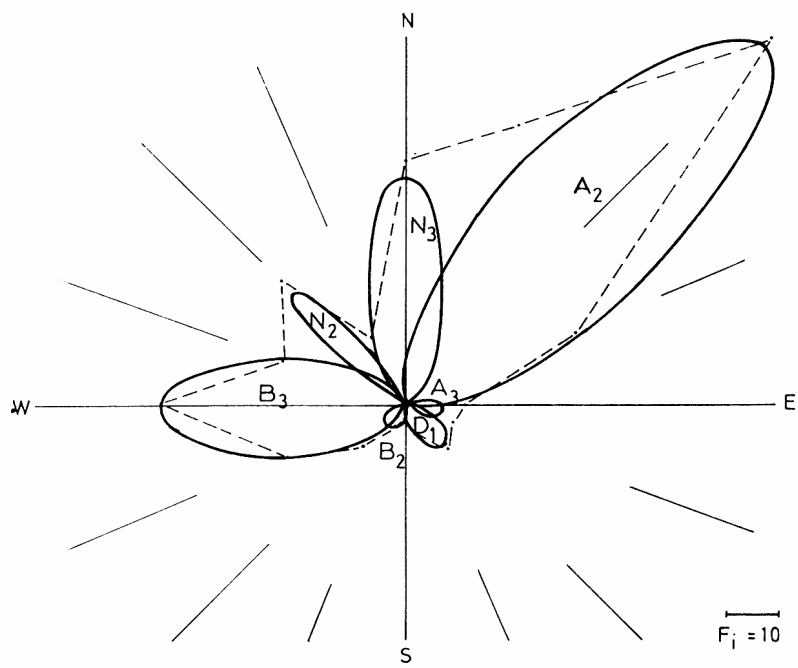
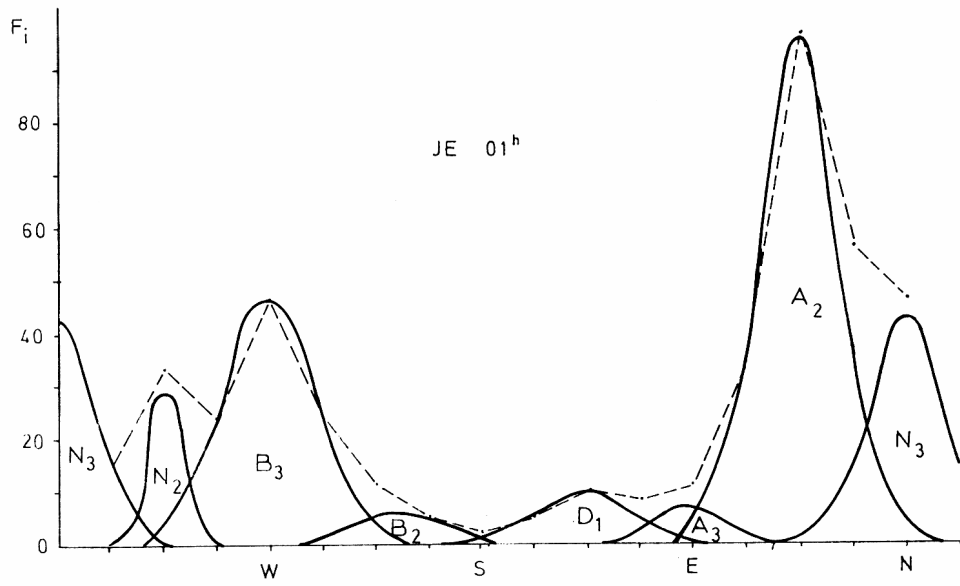
Ljeto												
7 h												
	α_1	F_1	A_2	A_2'	B_2	B_3	N_2	N_3	D_1	D_2	Σ_i	Δ_i
N	1	30	18	.	.	.	.	11	.	.	29	1
NNE	2	51	44	2	.	.	.	4	.	.	50	1
NE	3	88	60	28	.	.	.	.	.	.	88	0
ENE	4	46	44	2	.	.	.	.	.	.	46	0
E	5	19	18	.	.	.	.	.	2	.	20	- 1
ESE	6	12	4	.	.	.	.	.	8	.	12	0
SE	7	14	.	.	.	.	.	.	12	2	14	0
SSE	8	16	.	.	.	.	.	.	8	6	14	2
S	9	10	.	.	2	.	.	.	2	8	12	- 2
SSW	10	15	.	.	9	.	.	.	.	6	15	0
SW	11	21	.	.	20	.	.	.	.	2	22	- 1
WSW	12	32	.	.	20	12	.	.	.	.	32	0
W	13	56	.	.	9	47	.	.	.	.	56	0
WNW	14	17	.	.	2	12	3	.	.	.	17	0
NW	15	21	.	.	.	.	18	.	.	.	18	3
NNW	16	7	4	.	.	.	3	4	.	.	11	- 4
											$\chi^2 = 2.3$	
Σ		455	192	32	62	71	24	19	32	24	456	
U %			42.2	7.0	13.6	15.6	5.3	4.2	7.0	5.3	100.2	
σ^2			1.64	0.20	1.32	0.37	0.30	0.15	1.24	1.74		
σ			1.28	0.45	1.15	0.61	0.55	0.39	1.11	1.32		
α_m			3	3	11.5	13	15	1	7	9		
m/s												
0 - 1.5	a	73	73	63	57	63	76	97	88			
1.6 - 2.9	b	18	14	33	39	15	12	3	8			
3.0 - 4.2	c	7	10	2	4	4	6	.	.			
4.3 - 5.6	d	1	3	2	.	18	.	.	4			
5.7 - 7.0	e	1	.	.	.	.	6	.	.			

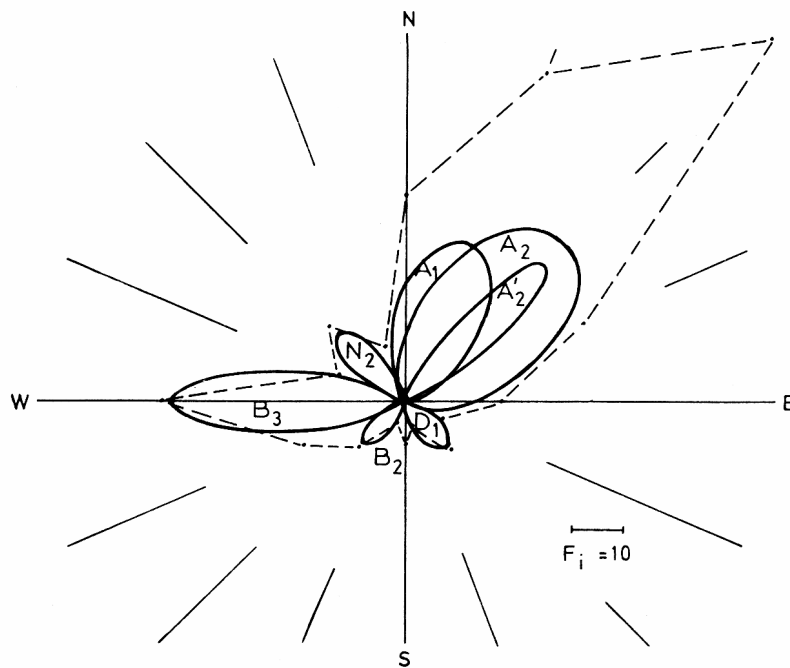
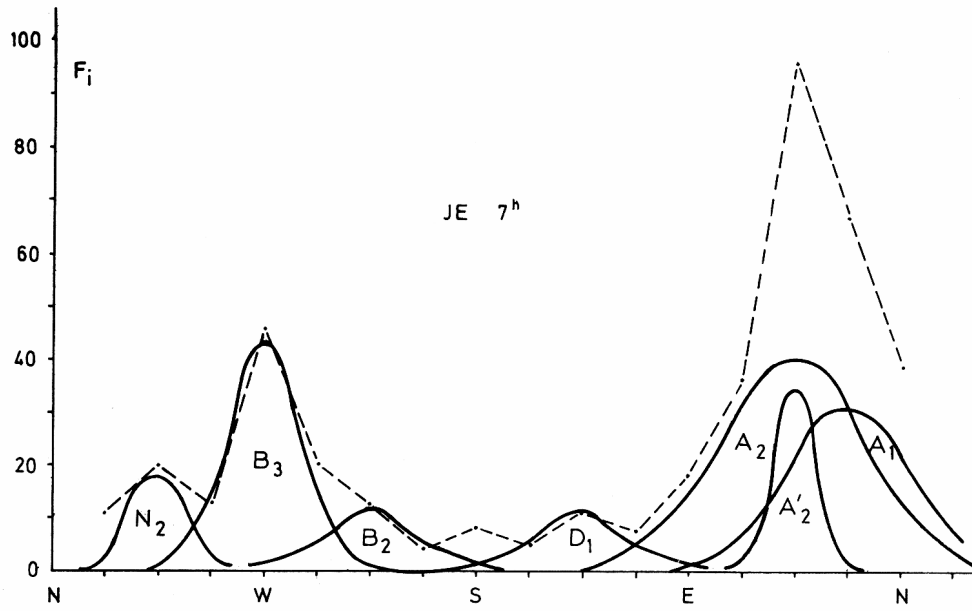


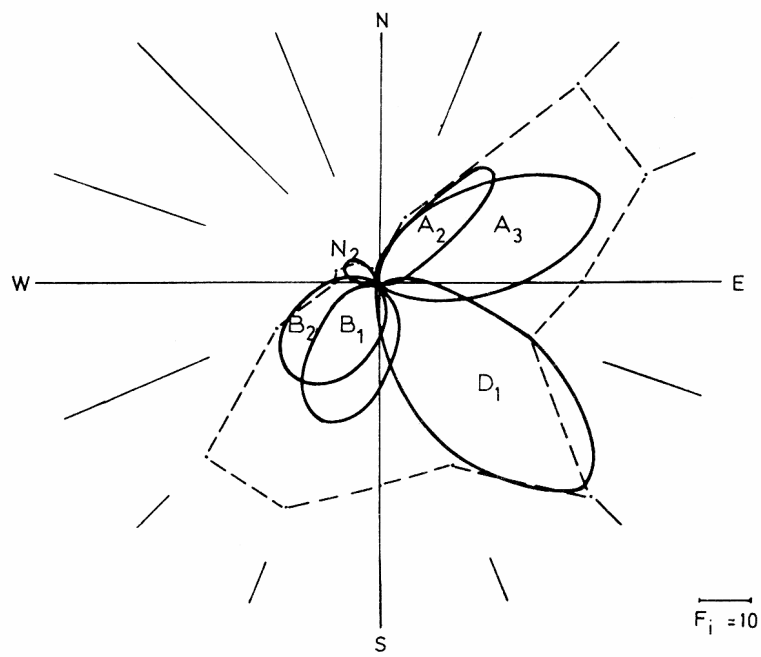
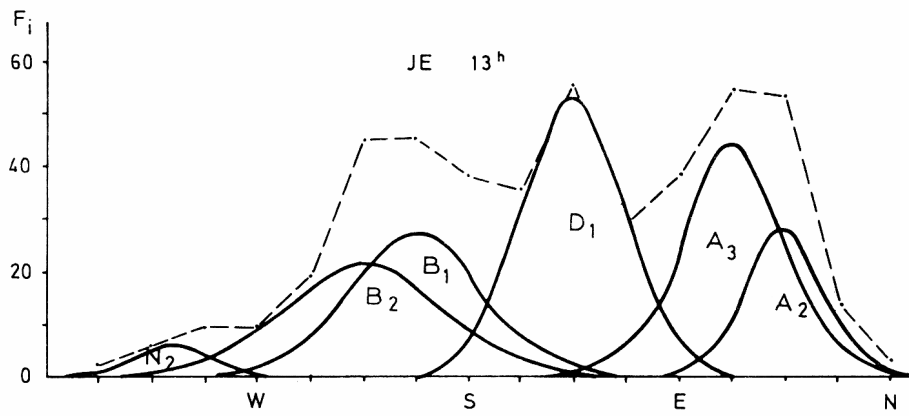
Tablica i slika 21 (desno).
Table and figure 21 (right).

Ljeto											
13 h											
	α_i	F_i	A_2	A_3	B_2	N_1	N_3	D_1	D_2	\sum_i	Δ_i
N	1	10	.	2	.	1	7	.	.	10	0
NNE	2	14	4	10	.	.	3	.	.	17	- 3
NE	3	41	11	30	.	.	.	.	.	41	0
ENE	4	48	4	43	.	.	.	.	.	47	1
E	5	30	.	30	.	.	.	1	.	31	- 1
ESE	6	26	.	10	.	.	.	15	1	26	0
SE	7	45	.	2	.	.	.	36	7	45	0
SSE	8	47	.	.	.	.	.	15	31	46	1
S	9	54	.	.	.	.	.	1	53	54	0
SSW	10	33	.	.	7	.	.	.	31	38	- 5
SW	11	47	.	.	39	1	.	.	7	47	0
WSW	12	15	.	.	7	4	.	.	1	12	3
W	13	14	.	.	.	11	.	.	.	11	3
WNW	14	16	.	.	.	16	.	.	.	16	0
NW	15	11	.	.	.	11	.	.	.	11	0
NNW	16	8	.	.	.	4	3	.	.	7	1
$\chi^2 = 3.5$											
		459	19	127	53	48	13	68	131		
U %			4.1	27.7	11.5	10.5	2.8	14.6	28.6		
σ^2			0.49	1.36	0.30	1.34	0.59	0.58	1.02		
σ			0.70	1.17	0.55	1.16	0.77	0.76	0.01		
α_m			3	4	11	14	1	7	9		
m/s											
0 - 1.5	a	17	18	11	20	28	20	15			
1.6 - 2.9	b	44	55	33	51	27	68	70			
3.0 - 4.2	c	22	21	26	25	27	12	11			
4.3 - 5.6	d	17	5	22	12	18	.	4			
5.7 - 7.0	e	.	1	6	.	.	.	.
≥ 7.1	f	.	.	2	2	.	.	.			



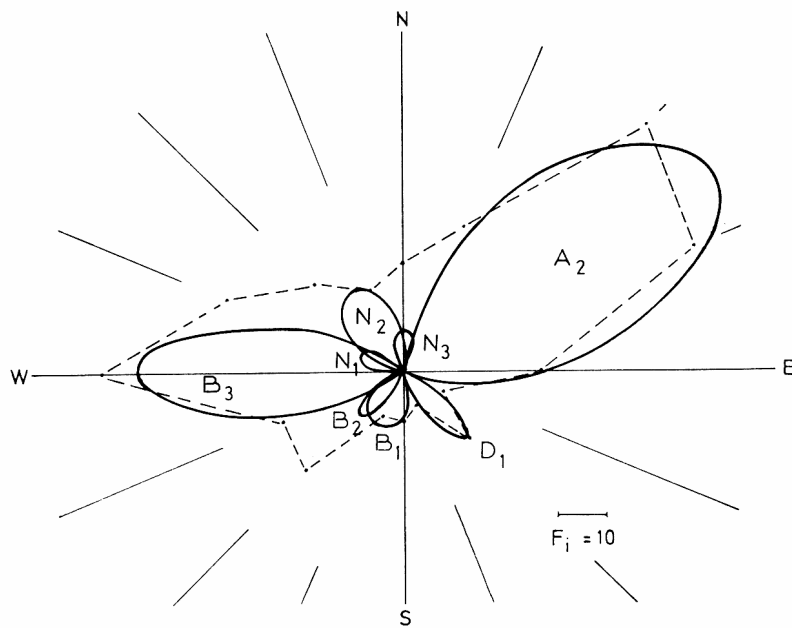
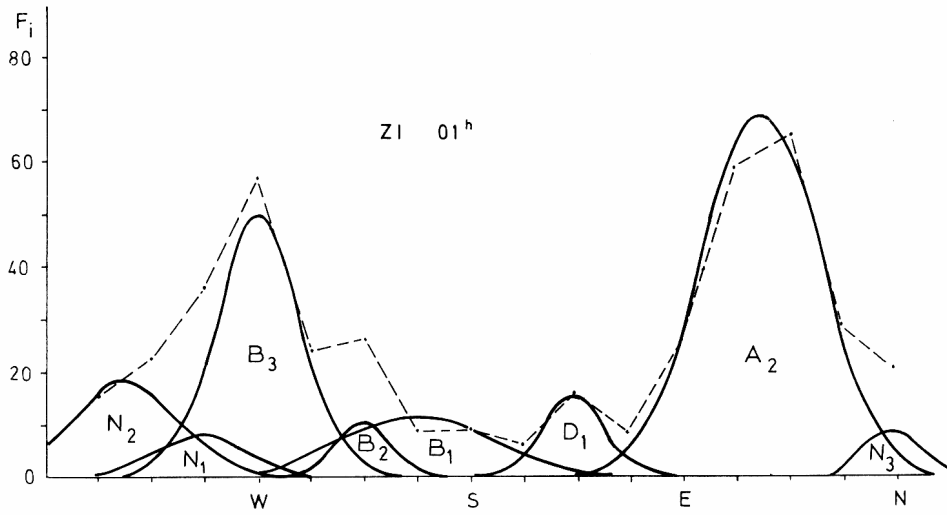






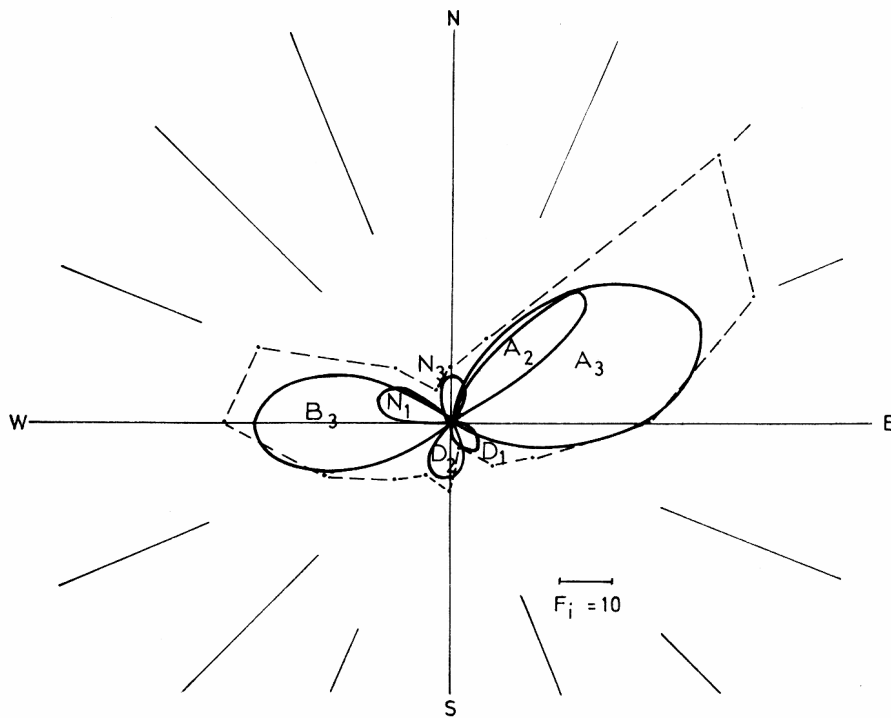
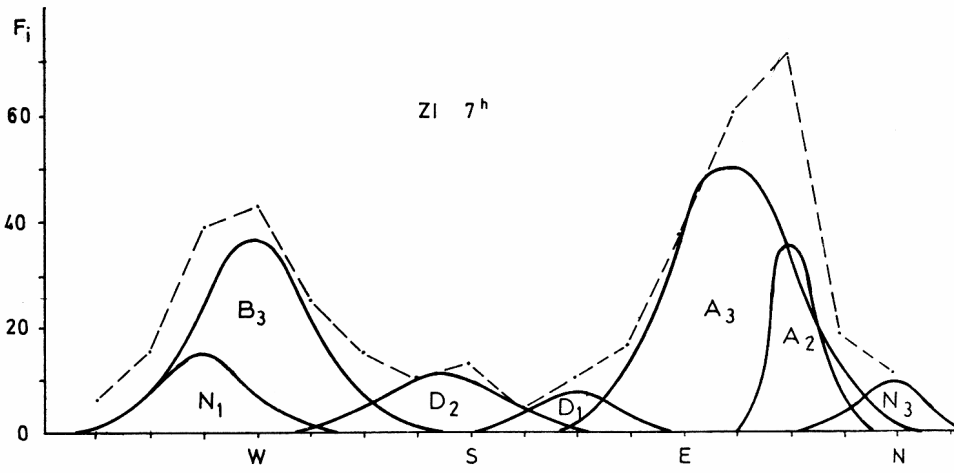
Tablica i slika 25 (desno).
Table and figure 25 (right).

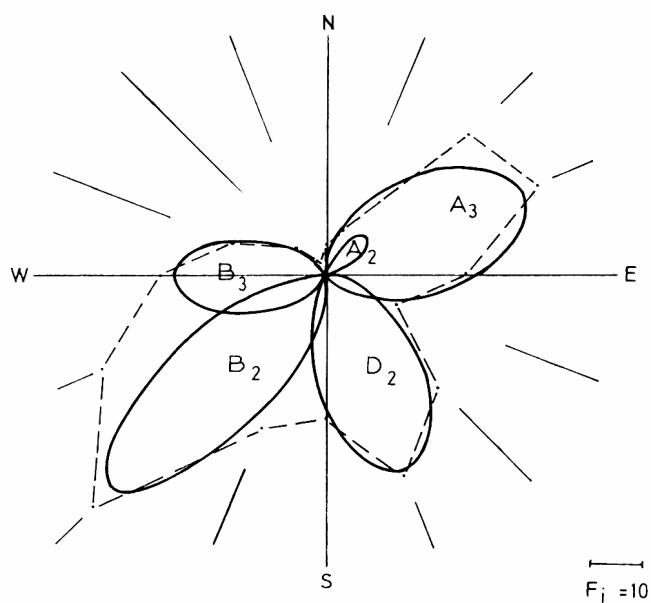
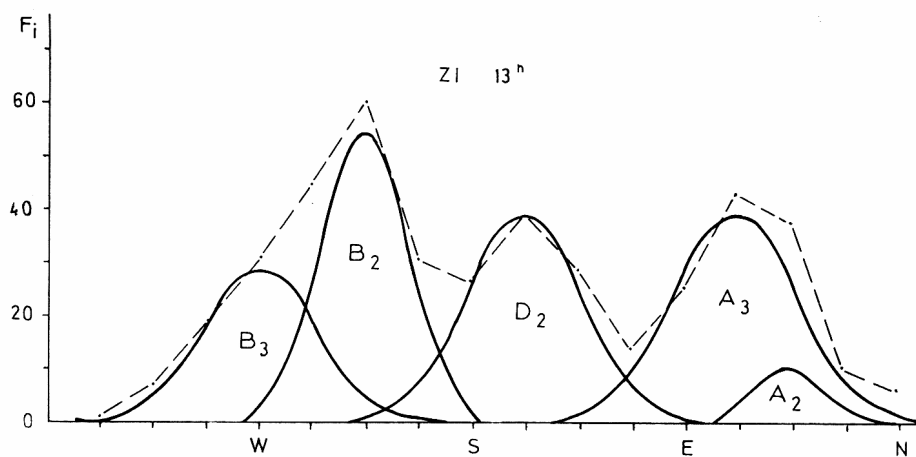
Zima	1 h												
	\angle_1	F ₁	A ₂	B ₁	B ₂	B ₃	N ₁	N ₂	N ₃	D ₁	Σ'_1	Δ_1	
N	1	21	5	.	.	.	.	7	8	.	20	1
NNE	2	29	27	.	.	.	.	1	1	.	29	0
NE	3	65	62	.	.	.	.	.	.	.	62	3
ENE	4	59	62	.	.	.	.	.	.	.	62	-3
E	5	26	27	.	.	.	.	.	.	.	27	-1
ESE	6	8	5	.	.	.	.	.	.	3	8	0
SE	7	16	.	1	.	.	.	.	.	15	16	0
SSE	8	6	.	4	.	.	.	.	.	3	7	-1
S	9	9	1	9	1	1	1	1	1	1	9	9	
SSW	10	9	.	11	1	.	.	.	.	.	12	-3
SW	11	26	.	9	10	2	.	.	.	.	21	5
WSW	12	24	.	4	1	21	.	.	.	.	26	-2
W	13	57	.	1	.	50	4	1	.	.	56	-1	
WNW	14	36	.	.	.	21	8	7	.	.	36	0	
NW	15	23	.	.	.	2	4	16	.	.	22	1	
NNW	16	16	.	.	.	.	.	16	1	.	17	-1
											$\chi^2 = 3.9$		
Σ		430	188	39	12	96	16	48	10	21	430		
U %			43.7	9.1	2.8	22.3	3.7	11.2	2.3	4.9	100.0		
σ^2			1.22	1.96	0.22	0.58	0.72	1.12	0.29	0.32			
σ			1.10	1.40	0.47	0.76	0.85	1.06	0.54	0.57			
α_m			3.5	10	11	13	14	15.5	1	7			
m/s		f %											
0 - 1.5	a	53	73	69	37	46	55	78	85				
1.6 - 2.9	b	30	20	8	33	31	35	22	15				
3.0 - 4.2	c	11	7	8	19	23	4	.	.				
4.3 - 5.6	d	4	.	15	7	.	2	.	.				
5.7 - 7.0	e	1	.	.	4	.	2	.	.				
≥ 7.1	f	1	.	.	.	.	2	.	.			



Tablica i slika 26 (desno).
Table and figure 26 (right).

Zl.mn	7 h										Σ'_{i}	Δ_i
	α_i	F ₁	A ₂	A ₃	B ₃	N ₁	N ₃	D ₁	D ₂			
N	1	11	.	2	.	.	9	.	.	11	0	
NNE	2	18	8	13	.	.	3	.	.	24	- 6	
NE	3	71	35	36	.	.	.	.	.	71	0
ENE	4	61	8	50	.	.	.	.	.	58	3
E	5	37	.	36	.	.	.	.	.	36	1
ESE	6	16	.	13	.	.	.	3	.	16	0	
SE	7	10	.	2	.	.	.	8	1	11	- 1	
SSE	8	4	.	.	.	.	.	3	5	8	- 4
S	9	13	.	.	.	.	.	.	10	10	3
SSW	10	10	.	.	1	.	.	.	10	1	- 1	
SW	11	14	.	.	7	.	.	.	5	12	2	
WSW	12	25	.	.	24	1	.	.	1	26	- 1	
W	13	43	.	.	37	7	.	.	.	44	- 1	
WNW	14	39	.	.	24	15	.	.	.	39	0	
NW	15	15	.	.	7	7	.	.	.	14	1	
NNW	16	6	.	.	1	1	3	.	.	5	1	
												$\chi^2 = 5.4$
Σ		393	51	152	101	31	15	14	32	396		
U %			12.9	38.6	25.5	7.9	3.8	3.5	8.1	100.3		
σ^2			0.34	1.46	1.16	0.66	0.46	0.51	1.32			
σ			0.58	1.21	1.08	0.81	0.68	0.71	0.15			
α_m			3	4	13	14	1	7	9.5			
m/s												
0 - 1.5	a		46	61	45	54	63	85	78			
1.6 - 2.9	b		27	23	27	18	31	15	16			
3.0 - 4.2	c		23	12	13	21	6	.	6			
4.3 - 5.6	d		4	3	13	7	.	.	.			
5.7 - 7.0	e		.	1	2			





Tab. 8. daje pregled dobivenih osnovnih kolektiva prema najčešćem smjeru vjetrova α_m .

Iz podataka u tablici 16. do 27. izrađena je nadalje tablica 9., koja daje pregled učesća (%) osnovnih kolektiva prema čestini smjerova (U) i energiji (U_B). Procenti su izračunati prema ukupnom broju slučajeva u uzorku odnosno prema ukupnoj sumi kvadrata brzine vjetrova u uzorku.

Tablica 8. Izdvojeni osnovni kolektivi u uzorcima podataka vjetrova, Zagreb–Grič, 1956–60.

Napomena: Osnovi kolektivi upisani su prema najčešćem smjeru (u ljestvici 1–16), npr. 13 označuje kolektiv s najčešćim zapadnim vjetrovom. U zagradu su stavljene kolektivi učesća $U \leq 6\%$.

Table 8. Normal Gauss subsets separated from frequency distribution of wind directions by Essenwanger's method, Zagreb–Grič, 1956–60.

Note: The subsets are stated according to the most frequent wind direction (in the scale 1–16), for instance 13 means the subset with W as the most frequent wind direction. The subsets with the relative contribution $\leq 6\%$ are in parentheses.

	PR			LJE			JE			ZI			
Sat	1	7	13	1	7	13	1	7	13	1	7	13	
Osn. kol.													
A ₁	-	-	-	(2)	-	-	-	2	-	-	-	-	
A ₂	3	3	(3)	2.5	3	(3)	3	3	3	3.5	3	(3)	
A ₂ '	-	-	2.5	-	3	-	-	3	-	-	-	-	
A ₃	-	(4)	4	-	-	4	(5)	-	4	-	4	4	
B ₁	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10	-	-	
B ₂	-	-	11	(10.5)	11.5	11	(10.5)	(11)	11	(11)	-	11	
B ₃	13	12.5	-	13	13	-	13	13	-	13	13	13	
N ₁	-	14	(14)	14	-	14	-	-	-	(14)	14	-	
N ₂	15.5	-	-	15	(15)	-	15	(15)	(14.5)	15.5	-	-	
N ₃	1.5	-	-	1	(1)	(1)	1	-	-	(1)	(1)	-	
D ₁	-	(6)	6	(6)	7	7	(7)	(7)	7	(7)	(7)	-	
D ₂	(7.5)	(8.5)	8.5	-	(9)	9	-	-	-	-	9.5	8	
Broj kolektiva	4	3	5	5	5	5	4	4	5	4	5	4	U>7%
	5	6	7	8	8	7	7	7	6	8	7	5	ukupno
χ^2 maks	7.6	5.1	4.8	2.1	2.3	3.5	3.9	4.3	9.4	3.9	5.4	2.8	

Tablica 9. Učešće pojedinih kolektiva (%) prema sumi čestina smjerova „U” i sumi kvadrata brzina „U_B”.

Table 9. Relative contribution of particular normal subsets calculated from the summ of wind direction frequencies „U” and from the summ of squared wind velocities „U_B”.

		PR			LJE			JE			ZI			
Sat		1	7	13	1	7	13	1	7	13	1	7	13	
Osn.kol.														
U %	A ₁	-	-	-	1.8	-	-	-	21.1	-	-	-	-	
	A ₂	48.4	57.4	4.1	32.0	42.2	4.1	41.9	33.4	11.0	43.7	12.9	3.8	
	A ₂ ¹	-	-	25.7	-	7.0	-	-	9.4	-	-	-	-	
	A ₃	-	2.2	10.0	-	-	27.7	2.6	-	23.0	-	38.6	27.7	
	B ₁	-	-	-	-	-	-	-	-	17.7	9.1	-	-	
	B ₂	-	-	25.2	5.3	13.6	11.5	3.8	6.3	18.1	2.8	-	25.6	
	B ₃	27.5	22.4	-	19.1	15.6	-	22.1	17.9	-	22.3	25.5	18.6	
	N ₁	-	13.6	4.3	6.7	-	10.5	-	-	-	3.7	7.9	-	
	N ₂	8.4	-	-	10.0	5.3	-	7.5	5.3	2.6	11.2	-	-	
	N ₃	13.3	-	-	22.7	4.2	2.8	17.6	-	-	2.3	3.8	-	
	D ₁	-	2.2	19.2	2.7	7.0	14.8	5.2	6.3	27.6	4.9	3.5	-	
	D ₂	2.7	2.7	12.2	-	5.3	28.6	-	-	-	-	8.1	24.2	
	Σ f		452	449	463	451	456	459	428	412	453	430	396	425
	U _B %	A ₁	-	-	-	1.0	-	-	-	24.4	-	-	-	-
A ₂		42.1	62.2	5.0	32.4	39.3	4.8	45.3	31.7	20.4	42.3	14.0	4.3	
A ₂ ¹		-	-	27.6	-	6.6	-	-	15.1	-	-	-	-	
A ₃		-	1.4	6.7	-	-	26.2	3.4	-	22.4	-	31.6	27.1	
B ₁		-	-	-	-	-	-	-	-	20.2	4.4	-	-	
B ₂		-	-	39.0	2.6	16.6	21.3	5.4	3.0	21.9	3.3	-	31.0	
B ₃		33.7	18.8	-	18.1	13.6	-	21.1	21.0	-	33.7	39.5	31.4	
N ₁		-	17.0	4.9	10.3	-	12.7	-	-	-	2.8	8.3	-	
N ₂		9.1	-	-	14.1	11.3	-	7.2	3.7	2.1	11.7	-	-	
N ₃		13.6	-	-	20.8	7.6	3.0	15.4	-	-	0.6	2.3	-	
D ₁		-	0.3	11.5	0.7	1.7	9.8	2.3	1.1	13.2	1.1	0.8	-	
D ₂		1.0	0.4	5.4	-	3.2	22.2	-	-	-	-	3.4	6.2	
Σ f·v ²		328.5	996.0		1825.1	3520.2		1865.4	3365.6		2203.1	3565.0		
			2313.2			1459.4			1220.9			1922.3		

Definiramo omjer OM između učešća osnovnog kolektiva (OK) po relativnoj sumi kvadrata brzine U_B

$$U_B = [\Sigma (f \cdot v^2)_{OK} / \Sigma (f \cdot v^2)] \cdot 100$$

f = čestina u razredu brzine

v = sredina razreda

i učešća osnovnog kolektiva po smjeru U definiranog kao

$$U = [\sum f_{OK} / \sum f] \cdot 100,$$

$$OM = U_B / U$$

f = čestine smjera vjetra

Omjer OM pokazuje odnos učešća energije osnovnog kolektiva prema učešću tog kolektiva čestinom:

OM = 1 Učešće po čestini podudara se sa učešćem osnovnog kolektiva po kinetičkoj energiji.

OM > 1 Učešće kinetičke energije premašuje učešće osnovnog kolektiva po čestini smjerova (jak ili rijedak vjetar).

M < 1 Učešće čestine smjerova osnovnog kolektiva premašuje učešće kinetičke energije (slab ali čest vjetar).

Tablica 10. Omjer OM učešća čestina smjerova osnovnih kolektiva „U” i sume kvadrata brzina tih kolektiva „U_B”: $OM = U_B / U$.

Napomena: (OM) je izračunata iz „nevažnog kolektiva ($U \leq 6\%$).

Table 10. Ratio OM of wind frequency contribution U to wind velocity contribution U_B in a particular normal subset: $OM = U_B / U$.

Note: (OM) is obtained from the „unsignificant subset” ($U \leq 6\%$).

	PR			LJE			JE			ZI		
Sat Osn.kol.	1	7	13	1	7	13	1	7	13	1	7	13
A ₁	-	-	-	(0.6)	-	-	-	1.2	-	-	-	-
A ₂	0.9	1.1	(1.2)	1.0	0.9	(1.2)	1.1	1.0	1.9	1.0	1.1	(1.1)
A ₂ '	-	-	1.1	-	0.9	-	-	1.6	-	-	-	-
A ₃	-	(0.6)	0.7	-	-	1.0	(1.3)	-	1.0	-	0.8	1.0
B ₁	-	-	-	-	-	-	-	-	1.1	(0.5)	-	-
B ₂	-	-	1.6	(0.5)	1.2	1.9	(1.4)	(0.5)	1.2	1.2	-	1.2
B ₃	1.2	0.8	-	1.0	0.9	-	1.0	1.2	-	1.5	1.5	1.7
N ₁	-	1.3	(1.1)	1.5	-	1.2	-	-	-	(0.8)	1.1	-
N ₂	1.1	-	-	1.4	2.1	-	1.0	(0.7)	(0.8)	1.0	-	-
N ₃	1.0	-	-	0.9	(1.8)	(1.1)	0.9	-	-	(0.3)	(0.6)	-
D ₁	-	(0.1)	0.6	0.3	0.2	0.7	(1.0)	(0.2)	0.5	(0.2)	(0.2)	-
D ₂	(0.4)	(0.1)	0.4	-	(0.6)	0.8	-	-	-	-	0.4	0.3

Tablica 10. sadrži vrijednosti omjera OM. Te vrijednosti se kreću između 0.1 i 2.1, ali više od polovice slučajeva obuhvaća središnja četvrtina od navedenog raspona.

Osnovne kolektive svrstavamo prema vrijednosti omjera OM u pet grupa i to ovisno o tome da li je OM približno jednak jedinici, da li je veći ili znatno veći od nje odnosno da li je manji ili znatno manji od jedinice. Tako dobivamo razdiobu prikazanu u tablici 11.

Tablica 11. Klasifikacija osnovnih kolektiva prema vrijednosti omjera OM.

Table 11. Classification of normal subsets according to ratio OM value.

	Uč.energije je znatno manje od uč.čestine	Uč.energije je manje od uč.čestine	Uč.energije jednako je uč.čestine	Uč.energije premašuje uč.čestine	Uč.energije znatno prema- šuje uč.čest.	Ukupni broj svih kolektiva
OM	≤ 0.5	0.6 0.7 0.8	0.9 1.0 1.1	1.2 1.3 1.4	≥ 1.5	
Broj pojedinih kolektiva u razredu	12 D 2 B 1 N	4 A 4 D 4 N 1 B	14 A 9 N 5 B 1 D	7 B 4 A 3 N	5 B 2 A 3 N	
Ukupno	15	13	29	14	10	81
%	9	11	46	17	17	100

Tablica 12. Učešće A, B, N i D kolektiva u % izračunano iz U i U_B vrijednosti pojedinih kolektiva.

Table 12. Contribution of A, B, N and D subset groups in %, calculated from U and U_B values of each particular normal subset.

	PR	LJE	JE	ZI	SRED.
SATI:	1 7 13	1 7 13	1 7 13	1 7 13	1 7 13
A	48 59 40	34 49 32	44 64 33	44 52 32	43 56 34
B	28 22 25	24 30 12	26 24 36	34 25 44	28 25 29
U N	21 - -	33 9 3	25 5 3	13 4 -	23 5 1
N_2	- 14 4	7 - 10	- - -	4 8 -	2 6 4
D	3 5 31	2 12 43	5 7 28	5 11 24	4 8 32
(A+B)	76 81 65	58 79 44	70 88 69	78 77 76	71 81 63
(N+D)	24 5 31	36 21 46	30 12 31	18 15 24	27 13 33
U_B A	42 64 39	33 46 31	49 71 43	42 46 32	42 57 36
B	34 19 39	21 30 21	26 24 42	42 40 62	31 28 41
N	23 - -	35 19 3	23 4 2	12 2 -	23 6 1
N_2	- 17 5	10 - 13	- - -	3 8 -	3 6 5
D	1 - 17	1 5 32	2 1 13	1 4 6	1 3 17
(A+B)	76 83 78	54 76 52	75 95 85	84 86 94	73 85 77
(N+D)	24 - 17	36 24 35	25 5 15	13 6 6	24 9 18

Nema izrazite pravilnosti u ovisnosti omjera OM o godišnjoj dobi niti o dobi dana, ali se vidi ovisnost o osnovnom kolektivu. U A i N kolektivima je udio čestine i energije većinom podjednako izražen, međutim u D kolektivima čestina pojave premašuje energiju, dok je kod B kolektiva većinom obratno.

Tab. 12. sadrži učešće osnovnih kolektiva reduciranih najprije na pet grupa bitnih karakteristika, a zatim na svega dvije grupe (A+B) i (N+D) od kojih prva predstavlja grupu svih kolektiva vezanih prvenstveno za sinoptičke poremećaje, a druga je grupa kolektiva lokalne cirkulacije s dnevnim periodom, što će kasnije biti posebno obrađeno. Gornji dio tab. 12. sadrži učešće izračunato po čestini smjerova, a donji dio učešće izračunato po sumi kvadrata brzina pojedinog kolektiva.

Sl. 29. prikazuje osnovne kolektive u polarnom koordinatnom sustavu po godišnjim dobima, te za noćni, jutarnji i podnevni termin. Uz osnovne kolektive upisane su njihove oznake. Tako se dobiva bolji uvid u promjene učešća osnovnih kolektiva tijekom dana i godine. Prema sl. 29. kao i prema tablicama i slikama 16. do 27. utvrđene su karakteristike osnovnih kolektiva i njihovih promjena preko dana i godine. Te karakteristike i njihove promjene bile su oslonac pri fizikalnoj interpretaciji pojedinog kolektiva ili grupe kolektiva sličnih osobina.

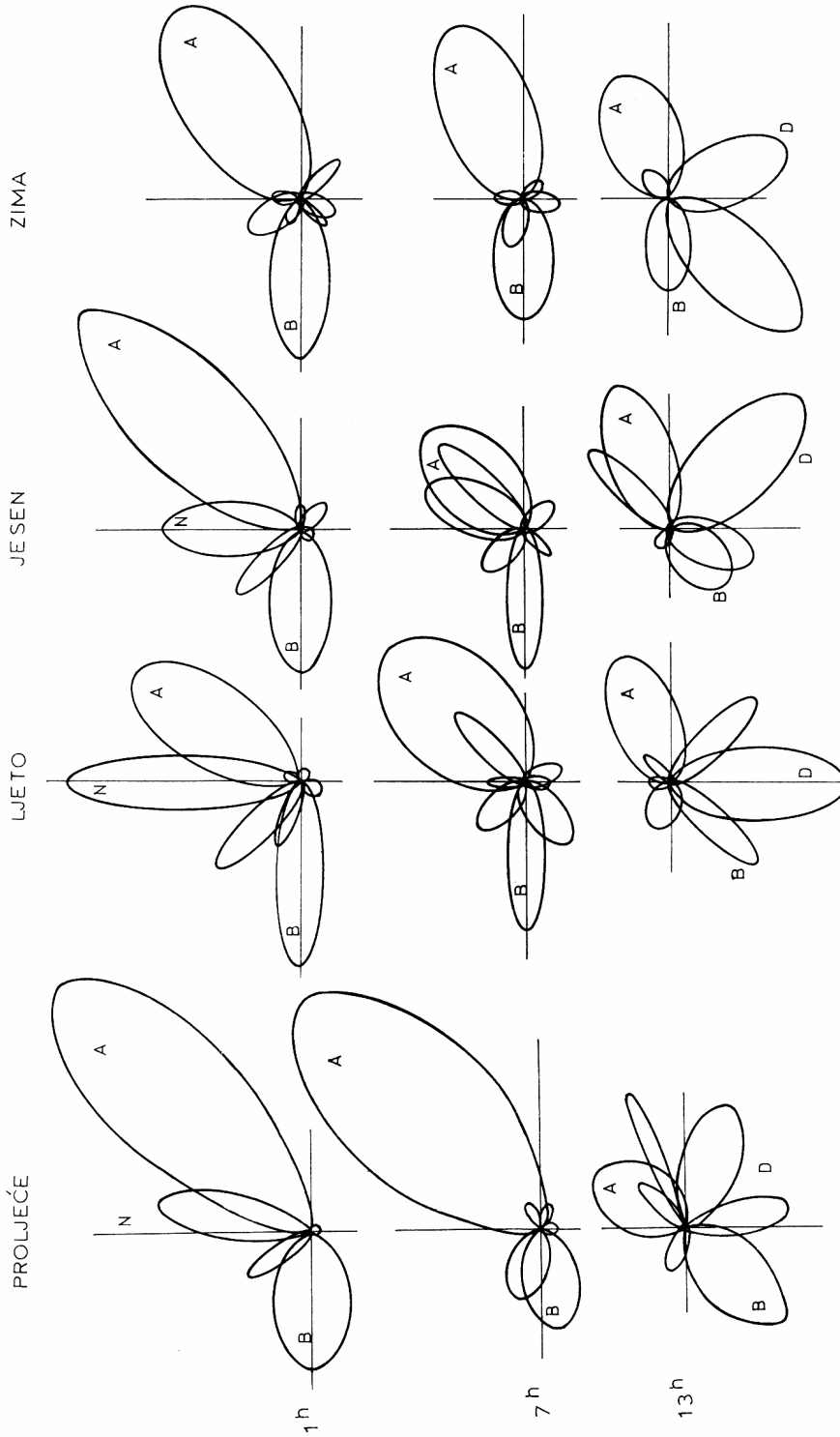
2.3. Svojstva i značenje osnovnih kolektiva

N kolektivi su većinom bolje izraženi noću a D kolektivi sredinom dana. Osim toga, oba dolaze najviše do izražaja ljeti (što se vidi iz vrijednosti učešća U u tab. 9.). Te dvije grupe kolektiva predstavljaju ogranke lokalnog cirkulacionog sustava. Oni su odraz oscilatornog gibanja prizemnog sloja zraka u Zagrebu, do kojega dolazi pretežno duž N-S pravca s periodom od 24 sata. N_3 odgovara prvenstveno noćnom silaznom vjetru obronka, kojemu se superponira strujanje prema toplom otoku, što se noću stvara nad gradom. Tijekom noći uključujući jutro i večer, za vedrih ljetnih dana može prema B. Makjaniću razlika u temperaturi između središta grada i okolice iznositi i preko 7 stupnjeva (Makjanić, 1977). Spomenuta dva učinka nisu razdvojeni, međutim može se uzeti da je drugi ipak znatno slabiji od silaznog vjetra obronka te se dalje stoga samo njega spominje.

Kolektiv N_3 noćnog vjetra obronka ima ljeti učešće 23% a rasap oko najčešćeg smjera σ je 0.57 (u jedinicama od 22.5°), uz sjeverni vjetar kao najčešći. 62% vjetrova u tom kolektivu ima brzine manje od 1.5 m/s. U drugim godišnjim dobima udio noćnog N_3 kolektiva je smanjen ili neznatan (proljeće 13%, jesen 18%, zima 2%), međutim u svakom od njih prevladavaju slabi vjetrovi brzine ≤ 1.5 m/s. Rasap navedenih N_3 kolektiva u ostalim godišnjim dobima kreće se između 0.5 i 0.7 u jedinicama od 22.5° .

Kolektiv danjeg vjetra obronka D_2 ima ljeti učešće 29% i veći rasap tj. 1.01. Brzine vjetra u ovom kolektivu su također veće, te 70% njih poprima vrijednosti između 1.6 i 3 m/s. Najčešći smjer je S. Te karakteristike odgovaraju danjem vjetru obronka, koji je kao i inače vjetar sredinom dana, turbulentniji i manje stalnosti, kako se to vidi iz tab. 5. naprijed. U proljeće D_2 kolektiv učestvuje s 12% a zimi s 24% učešća. Najčešći smjer je tada nešto pomaknut prema istoku dakle SSE ili između S i SSE. U jesen ga nema, a umjesto njega se javlja, čestinom vrlo izrazit, D_1 kolektiv. U svim D kolektivima prevladavaju vjetrovi brzine od 1.6 do 3 m/s.

U jutarnjim uzorcima N i D kolektivi javljaju se neznatnim učešćem preko čitave godine. Inače, ti kolektivi su gotovo simetrični u skali azimuta, tj. obzirom na najčešći smjer, a ljeti i s obzirom na učešće.



Slika 29. Osnovni kolektivni za tri dnevna termina i po godišnjim dobima, Zagreb-Grič 1956-60.

Figure 29. The normal Gauss curves (subsets) for three daily terms and all seasons, Zagreb-Grič, 1956-60.

N_2 i D_1 kolektivi su drugi par koji se simetrično raspoređuju s obzirom na najčešći smjer vjetra na polarnom dijagramu noćnog i danjeg grafa. Taj par kolektiva, koji se na slikama nalazi u gotovo svim godišnjim dobima, u prvi mah izgleda kao da predstavlja ogranke još jednog cirkulacionog sustava. Ljeti taj par kolektiva ima podjednako učešće (N_2 10%, a D_1 15%) i rasap (0.63 i 0.76). Međutim, u jesen i proljeće, D_1 kolektiv ima znatno veće učešće (28% odnosno 19%) i rasap (0.9), nego N_2 kolektiv (7 i 8% učešća, a 0.4 i 0.5 rasap). Zimi pak, N_2 se javlja s malim učešćem od 11% u noćnom terminu, a D_1 se uopće ne pojavljuje u danjem terminu. U jutarnjem terminu vidljivi su u glavnom neznatni tragovi N_2 i D_1 kolektiva.

N_2 i D_1 kolektivi se razlikuju po razdiobi brzina. Jesenji i ljetni D_1 kolektivi npr. sadrže 5 i 12% vjetrova $v > 4$ m/s, a N_2 kolektiv u istim sezonama sadrži više tj. 15–20% tih vjetrova, što nije u vezi s povećanjem brzine zbog dnevne turbulencije jer se radi o noćnom terminu. U proljeće D_1 i N_2 kolektivi sadrže znatno veći procenat vjetra brzine $v > 4$ m/s (27% odnosno 29%), međutim to je povezano s jačim vjetrom u to doba godine općenito pa i u tom kolektivu.

N_1 kolektiv, u kojemu je WNW smjer vjetra najčešći, javlja se s relativno malim učešćem od 4–14% i s rasponom od 0.6–1.1. Od ukupno 12 uzoraka N_1 kolektiv se pojavio u 6 njih i to samo 3 puta s učešćem $\geq 7\%$ i to ne u noćnom terminu nego ljeti u 13 h, te u proljeće i zimi u 7 h). U jesen nije bilo N_1 kolektiva. N_1 kolektiv se pojavljuje neredovito ali uvijek sadrži gotovo 30% vjetrova brzine preko 4 m/s.

Na temelju dosadašnje analize teško je naći tumačenje N_1 , N_2 i D_1 kolektiva. Oni su samo dijelom povezani sa sustavom dnevne cirkulacije, u kojoj vjetar obronka ima glavni udio. Osim toga, N_1 a donekle i N_2 kolektivi sadrže jake NW vjetrova što se javljaju neovisno o dobi dana, sudeći prema prikazanim podacima.

Svi A i B kolektivi povezani su prvenstveno sa sinoptičkim poremećajima, ali čini se jednim dijelom i s lokalnim cirkulacionim sustavom (vjetar obronka i dolinski vjetar), koji im se u odgovarajućim uvjetima superponira. Najčešći smjer A kolektiva nalazi se u NE kvadrantu, a za B kolektive u W kvadrantu. Superponiranje ogranaka lokalne cirkulacije nameće dnevni hod učešću, rasapu i najčešćem smjeru A i B kolektiva, pa čak i izdvajanje novih kolektiva.

Podaci u prethodnom poglavlju su već pokazali da je dolinski vjetar na Griču slabije izražen od sustava vjetra obronka. Rastavljanjem na osnovne kolektive nije se moglo izdvojiti pojedini ogranak samo iz sustava dolinskog vjetra. Međutim A_2 kolektiv se zbog tog sustava danju priklanja najčešćim smjerom prema istoku, tvoreći A_3 kolektiv (13 h ljeti i zimi) ili se uz osnovni A_2 kolektiv najčešćeg NE smjera, izdvaja i A_3 kolektiv najčešćeg ENE smjera (13 h u proljeće i jesen). B_3 kolektivu sa najčešćim W smjerom, preko dana se učešće znatno umanjuje (podnevni termin zimi i jutarnji termin preko cijele godine), ili potpuno nestaje, odnosno zakreće prema S pod utjecajem dnevnog uzlaznog vjetra obronka, tvoreći tako B_1 i B_2 kolektiv, s najčešćim SSW ili SW smjerom (13 h u glavnom cijele godine). U noćnom terminu je B_3 kolektiv vrlo dobro izražen i zadržava podjednako učešće, rasap i najčešći smjer preko cijele godine.

Očito je da A i B kolektivi zajedno čine glavninu učešća u svim uzorcima, dakle bez obzira na dnevni termin i doba godine. Oni zajedno obuhvaćaju 44 (ljetu u 13 h) do 85% (jesen u 7 h) slučajeva. Od toga 32–63% obuhvaćaju A kolektivi, a 12–45% obuhvaćaju B kolektivi.

Najčešći smjer A i B kolektiva također se znatno razlikuju i gotovo su dijametralni. Razlika iznosi 180 do 270° u pozitivnom smislu skale azimuta. Ona je orografski

uvjetovana blizinom Medvednice, orografske prepreke sjeverozapadnjaku u prizemnom sloju zraka nad Zagrebom, međutim u slobodnoj atmosferi nad Zagrebom, on dolazi do punog izražaja.

3. Spektri energije prizemnog vjetra

3.1. Varijanca prizemnog vjetra

Varijanca skalarne brzine prizemnog vjetra mjenog na Opservatoriju Zagreb-Grič, izvedena iz satnih vrijednosti petgodišnjeg niza, ima malu vrijednosti i to $1.9 \text{ m}^2/\text{s}^2$, pa makar se uvaži i smještaj anemometra na blizu 10 m iznad podloge. Tablica 10 u prilogu sadrži srednjak i varijancu skalarne brzine vjetra i komponenata vektora vjetra rastavljenog u geografski (\mathbf{u} , \mathbf{v}) i prirodni koordinatni sustav (\mathbf{p} , \mathbf{n}) (sl. 1.) kao i maksimalnu satnu brzinu vjetra. Te veličine su određene u godišnjem prosjeku i po sezonama za svaku pojedinu godinu petgodišnjeg niza kao i za čitavo petgodišnje razdoblje 1956–60. To je isto razdoblje na koje je primijenjena statistička analiza po Essenwangeru (prikazano u prethodnom poglavlju).

Tablica 13. Srednje vrijednosti skalarne brzine vjetra i komponenata vjetra i varijance za Grič (1956–60), Maksimir i Pleso 1969. god.

Table 13. Mean values of scalar wind velocities, its components and corresponding variances for three stations located in greater Zagreb area (Grič 1956–60, Maksimir and Pleso 1969).

	GRİČ		MAKSIMIR		PLESO	
	m /s	m^2/s^2	m /s	m^2/s^2	m /s	m^2/s^2
v_{god}	2.02	1.92	2.32	2.83	2.31	3.41
v_{p}	2.45	2.25	3.04	2.78	3.07	4.45
v_{LJ}	1.99	1.43	2.51	2.60	2.15	2.37
v_{J}	1.80	1.53	1.63	2.14	1.96	2.94
v_{Z}	1.82	2.15	2.06	2.82	2.14	3.16
u_{god}	-0.08	3.29	-0.49	4.03	-0.01	4.03
v_{god}	-0.34	2.57	-0.39	3.80	-0.36	4.57

Uspoređivanje s varijancom prizemnog vjetra za još neke stanice šireg područja grada (Maksimir i Pleso), pokazuje lagani porast te veličine s udaljavanjem od Medvednice (tab. 13.). To se može dovesti u vezu s porastom kinetičke energije perturbacije prizemnog strujanja zraka pri udaljavanju od orografske prepreke. Naime, kako je već u poglavlju 1. i 2. rečeno, Zagreb se nalazi u zavjetrini za dio sinoptičkih poremećaja tj. za prodore sa sjevera i sjeverozapada. Prodorima s istoka, jugoistoka i juga smanjuje se brzina napredovanja a time i kinetička energija kad stignu do obronaka Medvednice, jer su prisiljeni na uspon i eventualno na promjenu smjera. Taj dvostruki učinak očituje

se u smanjenju ukupne kinetičke energije horizontalne komponente vjetra u neposrednoj blizini planine, a i u smanjenju kinetičke energije perturbacije tog vjetra, izražene varijancom.

Međutim, varijanca skalarnе brzine vjetra za Maksimir i Pleso izvedena je iz jednogodišnjeg niza satnih vrijednosti (za razliku od petgodišnjeg niza upotrebljenog za Grič), pa bi se ovo uspoređivanje moglo smatrati neispravnim. Ali podaci pokazuju da je promjenljivost varijance na Griču iz godine u godinu prema višegodišnjem srednjaku, znatno manja nego iznos promjene varijacije idući od Griča preko Maksimira prema Plesu. To se može vidjeti iz tablice 13.

Odstupanje varijance skalarnе brzine vjetra u pojedinoj godini od višegodišnjeg srednjaka na Griču, kreće se između -25 i $+13\%$, a odstupanje od tog srednjaka iznosi za Maksimir $+47\%$, a za Pleso čak $+75\%$, što je znatno više. Slično se može pokazati da vrijedi u svakoj od godišnjih dobi kao i za pojedine od komponenata vektora vjetra. Stoga se smatralo važnim da se ovaj prvi rezultat uspoređivanja prikaže iako se i dalje nastavlja rad na spomenutim istraživanjima.

3.2. Spektri energije općenito

Razdiobu kinetičke energije perturbacije u domeni frekvencija turbulentnih oscilacija, daju spektri energije. Iz satnih vrijednosti prizemnog vjetra za tri stanice na području Zagreba, izrađeni su spektri energije skalarnе brzine vjetra i komponenata vektora i to za godinu u cjelini i po godišnjim dobima. Spektri obuhvaćaju interval turbulentnih oscilacija perioda 2–288 sata (2 sata do 12 dana) što odgovara mezoturbulentnim oscilacijama povezanim sa sinoptičkim poremećajima. Vektor vjetra za Grič rastavljen je na komponente u dva pravokutna sustava (Maksimir i Pleso samo u jednom i to u geografskom koordinatnom sustavu), kao što je već naprijed navedeno:

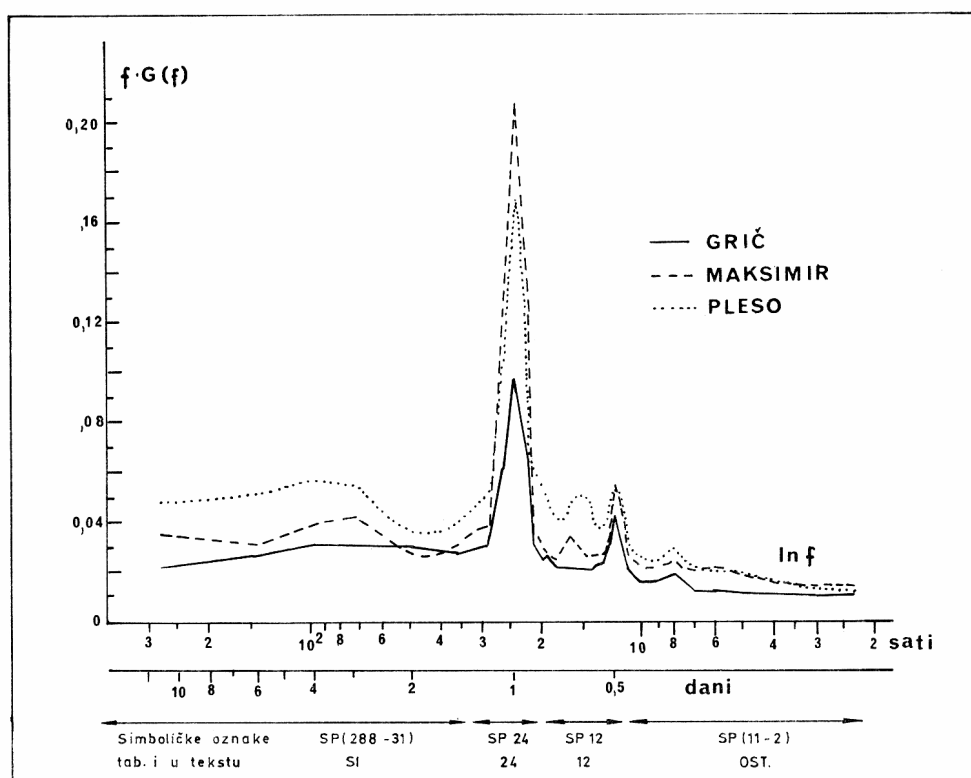
1. Mjesni koordinatni sustav (p , n) u kojemu je os p položena u pravcu NE-SW, usporodnom protezanju planine, a os n je položena u pravcu NW-SE okomitom na planinu;
2. Geografski koordinatni sustav (u , v) u kojemu os u leži na pravcu W-E, a os v na pravcu N-S (zonalna i meridionalna komponenta).

Takovim rastavljanjem na komponente vektora vjetra bilo je olakšano odrediti nekoliko aspekata kao i intenzitet orografskog utjecaja na prizemno strujanje zraka. Osnovni podaci na kojima se temelji spektralna analiza zagrebačkih podataka vjetra, mogu se naći u I. Lisac 1975. Spektri energije za Grič određeni su kao srednje vrijednosti iz pet jednogodišnjih nizova podataka, a spektri za stanice Maksimir i Pleso izrađeni su iz jednogodišnjeg niza podataka. Uspoređivanje rezultata izveli smo unatoč razlike u duljini niza, obrativši pažnju na glavne odlike spektra, koji se neznatno mijenjaju iz godine u godinu. To je pokazala analiza promjenljivosti spektara slična naprijed spomenutoj analizi promjenljivosti varijance skalarnе brzine vjetra.

3.3. Spektri energije skalarnе brzine vjetra

Slika 30. prikazuje spektre skalarnе brzine vjetra za Grič, Maksimir i Pleso. Svim spektrima energije u Zagrebu dominiraju jednodnevne oscilacije. Ne tako jako ali još uvijek znatno, ističu se 12 i 8 satne harmoničke oscilacije. U intervalu perioda između 2 i 6 dana sadržan je najveći dio od ukupne energije perturbacije. Na Griču se u

tom području u spektru skalarne brzine vjetra izdvajaju dva blago izražena maksimuma od kojih je jedan smješten u periodu od 2 dana a drugi obuhvata širi interval centriran oko perioda od 4 dana. Oscilacije sinoptičkog turbulentnog područja su u Zagrebu prigušene u korist dobro razvijenih jednodnevnih oscilacija. Relativno učešće sinoptičkih oscilacija je oko 10% manje, a učešće jednodnevnih oscilacija je za oko 10% veće od relativnog učešća analognih spektralnih područja u primjerima iz literature. To uspoređivanje je izvršeno prema spektrima skalarne brzine prizemnog vjetra (Lisac 1975). Prigušene sinoptičke oscilacije na spektrima su posljedica nedostatka energije u periodu od 4–10 dana.

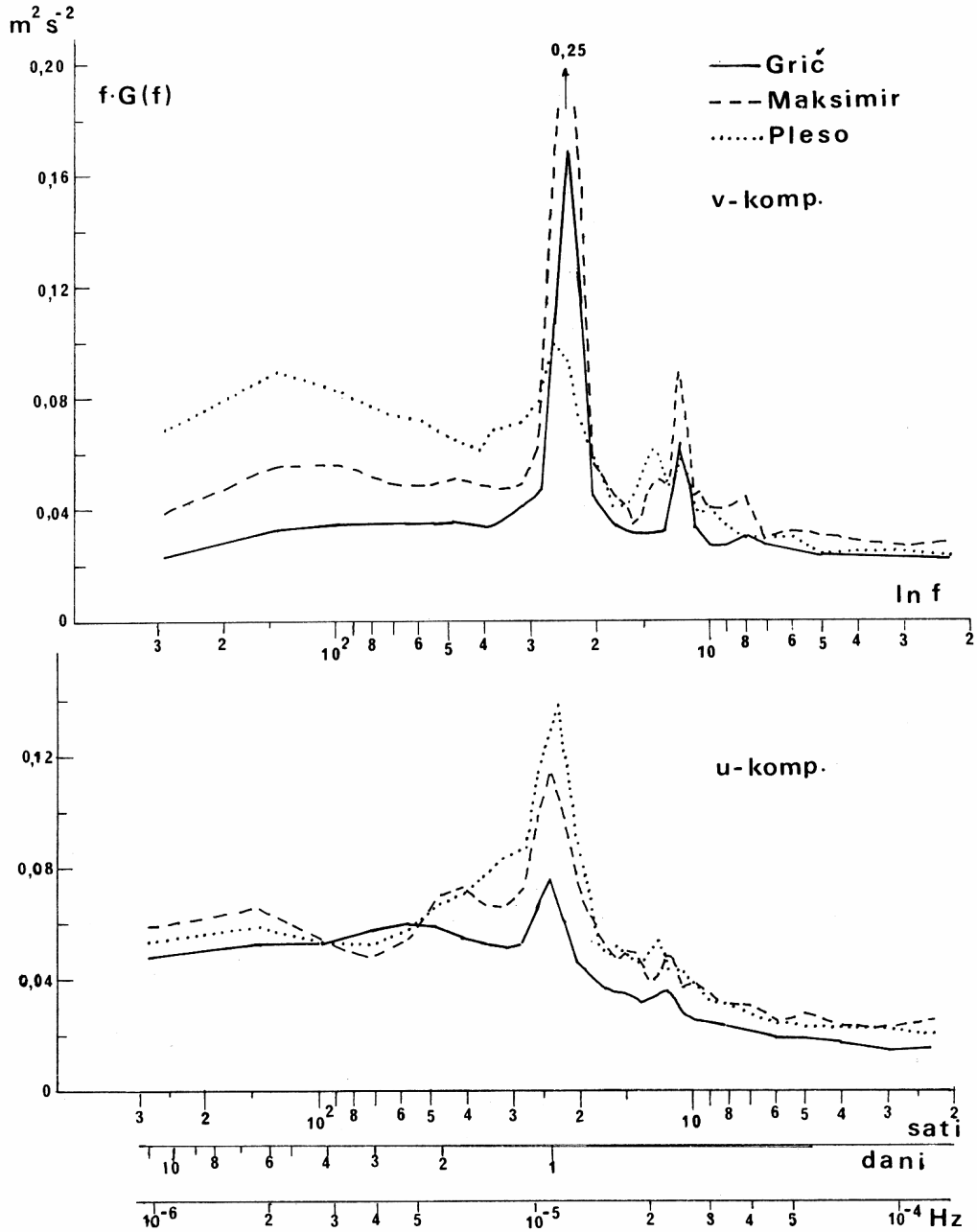


Slika 30. Spektri energije skalarne brzine vjetra za tri posaje šireg područja Zagreba, prema satnim vrijednostima (Grič 1956–60, Maksimir i Pleso 1969).

Figure 30. The energy spectra of scalar wind velocity for three stations located in greater Zagreb area, calculated from the hourly wind data (Grič 1956–60, Maksimir and Pleso 1969).

3.4. Spektri energije komponentata vjetra

Prigušivanje energije sinoptičkih oscilacija umanjuje se udaljavanjem od Medvednice i očituje se znatno više na meridionalnoj komponenti (v), koja je bliža okomici na oro-



Slika 31. Godišnji spektri energije zonalne i meridionalne komponente vjetra za tri postaje šireg područja Zagreba, prema satnim vrijednostima (Grič 1956–60, Maksimir i Pleso 1969).

Figure 31. The energy spectra of the zonal and meridional wind components for three stations located in broader zagrebian area, calculated from the hourly wind vector data (Grič 1956–60, Maksimir and Pleso 1969).

grafsku prepreku (koordinatni sustav na sl. 1.). Na većoj udaljenosti od planine maksimum energije te komponente u spomenutom intervalu perioda postaje jače izražen i premiješta se prema duljim periodima (Lisac, 1980). U našem slučaju maksimum perturbacione energije, koji se na Griču nalazi između perioda 2–4 dana, na Plesu je pomaknut na interval perioda 5–6 dana. Analogna pojava, poznata iz literature, utvrđena je na spektrima vertikalne komponente brzine vjetra iznad tla (Panofsky i McCormick, 1952). Maksimum energije se premiješta prema kraćim periodima što se više približavamo tlu tj. mehaničkoj prepreci okomitoj na vektor strujanja.

Perturbaciona energija sinoptičkih oscilacija na Griču je 1.5 do 2 puta veća na zonalnoj i komponenti paralelnoj s planinom, nego na meridionalnoj i komponenti okomitoj na planinu (sl. 31.). Razlike između meridionalne i zonalne komponente u intervalu sinoptičkih oscilacija umanjuju se udaljavanjem od planine. Prve dvije harmonike S_1 i S_2 , vrlo su dobro izražene na svim zagrebačkim spektrima i jače su razvijene na meridionalnoj nego na zonalnoj komponenti.

S_1 i S_2 su dnevne i poludnevne harmoničke oscilacije, obje vezane uz dnevni hod Sunca i prisutne u vremenskim nizovima većine meteoroloških elemenata (Chapman i Lindsen 1970). One se javljaju neovisno o mjesnim termodinamičkim uvjetima, ali ih ti uvjeti mogu više ili manje naglasiti. Ovako jako isticanje jednodnevne oscilacije u Zagrebačkim spektrima vjetra, posljedica je orografskog učinka u obliku razvoja lokalne cirkulacije, prvenstveno sustava vjetra obronka, dijelom potenciranog efektom toplog otoka što se noću stvara nad gradom, a donekle i dolinskim vjetrom. Jednodnevne oscilacije bolje su razvijene na nekoj udaljenosti od planine (Maksimir) nego na njenom podnožju (Grič). Daljnjim udaljavanjem od planine, dnevne oscilacije vezane za vjetar obronka ponovo slabe (Pleso). Više izražene dnevne oscilacije na u- komponenti vjetra na Plesu (sl. 31.) u vezi su s dolinskim vjetrom.

Sl. 32. prikazuje oblik spektara energije skalarne brzine vjetra zajedno sa spektrima komponenata vjetra, sve za Zagreb-Grič.

3.5. Spektri energije po godišnjim dobima

Razdioba perturbacione energije u zagrebačkim spektrima znatno ovisi o godišnjoj dobi. Sl. 33. prikazuje sezonske spektre skalarne brzine vjetra za Grič. Maksimir i Pleso, a na sl. 35. su prikazani spektri po komponentama, izrađeni samo za Zagreb-Grič.

Čini se opravdanim da u zagrebačkim spektrima treba razlikovati četiri spektralna područja:

SP* (288–31) – područje obuhvaćeno periodima 2 do 12 dana (sinoptički poremećaji)
 SP24 – područje obuhvaćeno periodima 20 do 30 sati (harmoničke jednodnevne oscilacije)

SP12 – područje obuhvaćeno periodima 10 do 20 sati (harmoničke 12-satne oscilacije)

SP (ostatak) – područje obuhvaćeno periodima 2 do 10 sati (harmon. 8- i 6-satne oscilacije i kratkoperiodične nedeterminističke oscilacije).

Svako od tih područja osjetljivo je na godišnje doba, a i na smjer promatranja, što je vidljivo iz komponentnih spektara.

Oscilacije, vezane za sinoptičke poremećaje imaju maksimalni razvoj u hladno doba godine. Pri tom se uočava razlika među postajama. Na Griču i Maksimiru, mak-

* Oznaka za „spektralno područje”.

simum energije spomenutog dijela spektra pada u zimu, a na Plesu se javlja u proljeće. Tako pokazuju spektri skalame brzine vjetra. Kako su spektri Maksimira i Plesa izrađeni iz jednogodišnjeg niza podataka, to pažnju treba obratiti samo na vrlo istaknute razlike. Pomak položaja maksimuma ka duljim periodima, idući od Griča preko Maksimira do Plesa, ispoljuje se na V spektrima u svim godišnjim dobima pa i u vrijeme naj-intenzivnijih sinoptičkih poremećaja:

1. – zimi se maksimum za Grič nalazi između perioda 2–4 dana, za Maksimir između 3–6 dana, za Pleso je kod 6 dana;
2. – u proljeće se maksimum za Grič nalazi između 2–4 dana, za Maksimir između 3–4 dana i za Pleso je kod 4 dana.

Jednodnevne oscilacije imaju obrnuti hod od oscilacija sinoptičkih poremećaja, dostižući maksimum u toplo doba godine a minimum u hladnom. Jednodnevne oscilacije za Grič i Maksimir imaju više zajedničkih odlika, dok se one na Plesu razlikuju od njih. Na Griču i Maksimiru maksimum energije pada u ljeto, a na Plesu taj maksimum nastupa u proljeće. Jednodnevne oscilacije na Plesu sadrže u ljetu samo polovinu od energije koju razvijaju u proljeće. Tome je razlog što jednodnevne oscilacije na Plesu ne potječu od vjetra obronka, nego od vjetra doline na prijelazu od suženog dijela savske doline između Medvednice i Samoborskog gorja i široke savske ravnice na istok. Povoljni termodinamički uvjeti za razvoj tog lokalnog sustava vjetra nisu toliko vezani za pretežno vedre dane ljeti kao što je to slučaj za vjetar obronka.

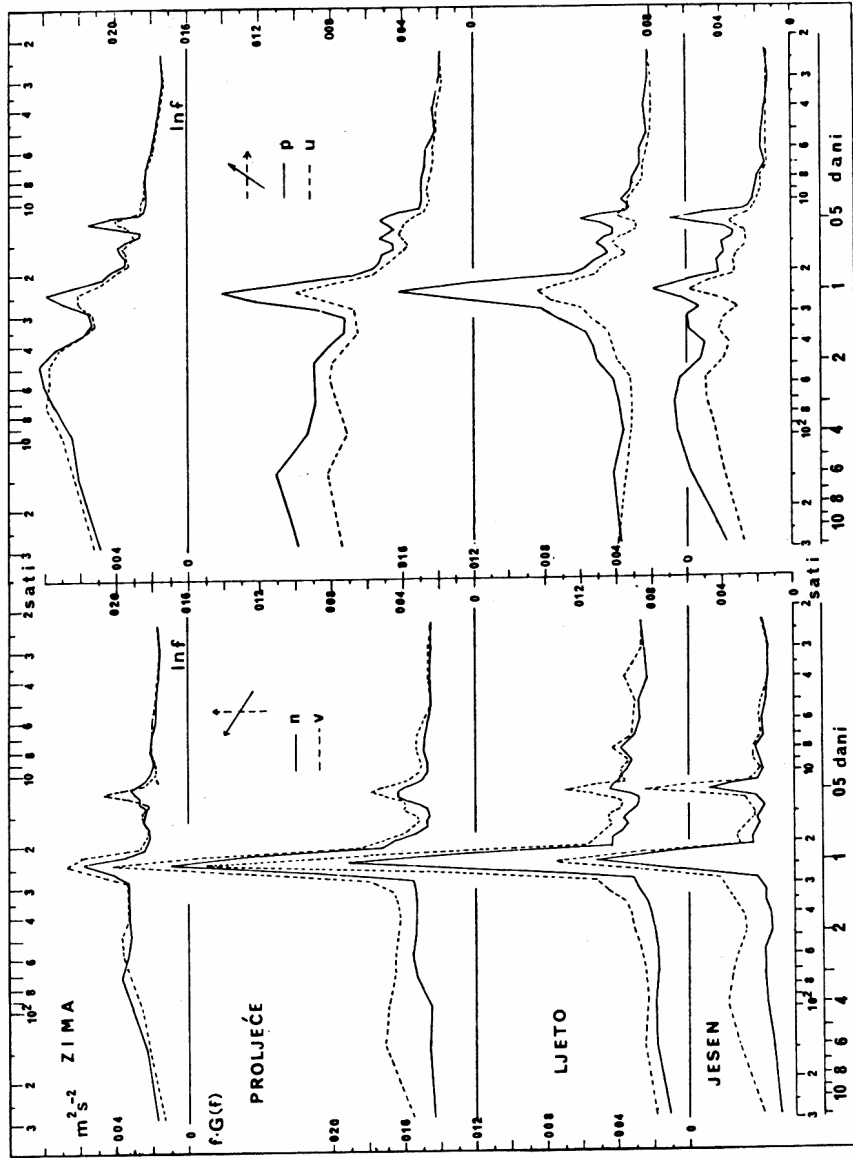
Skalarna brzina vjetra na Griču sadrži u sinoptičkom dijelu spektra dva puta više energije zimi nego ljeti. Dnevne oscilacije skalarnе brzine vjetra imaju pak tri puta više energije ljeti nego zimi, što dokazuje njihovo termodinamičko porijeklo. Poludnevne oscilacije skalarnе brzine vjetra imaju neznatno izražen godišnji hod, a 8 i 6 satne kao i slučajne mezoturbulentne oscilacije nešto su jače izražene u toplom dijelu godine nego zimi.

Na Griču se jednodnevne oscilacije ljeti odvijaju prvenstveno na meridionalnoj komponenti, premda ih n-komponenta sadrži još uvijek u znatnom iznosu. U proljeće im intenzitet nije toliko jak, u jesen je još manji, a zimi je minimalan. Poludnevne oscilacije izražene su općenito bolje na meridionalnoj komponenti nego na ostalima i pri tom pokazuju dosta slabo izražen godišnji hod.

3.6. Vrijednosti udjela karakterističnih spektralnih područja ili parcijalne varijance.

Procentualne vrijednosti plošnih dijelova spektara odgovaraju udjelu pojedinog intervala turbulentnih oscilacija u ukupnoj turbulentnoj energiji, koja se još nazivlje energija perturbacije. Ta ukupna energija perturbacije odgovara varijanci uzorka zadane duljine i gustoće niza. Plošni dijelovi spektra proporcionalni su tzv. parcijalnim varijancama u promatranom intervalu perioda.

Parcijalne varijance određuju se iz spektra energije na temelju svojstava spektara kad su prikazani u polulogaritamskom koordinatnom sustavu ($f \cdot G(f)$, $\ln f$), (Lisac 1975). Pri tome f znači frekvenciju turbulentne oscilacije, a $G(f)$ znači spektralnu gustoću. Površina plohe karakterističnih dijelova spektra određena je planimetriranjem i preračunana u odgovarajuće vrijednosti parcijalne varijacije. Numeričke iznose parcijalnih varijanci u procentima u apsolutnim vrijednostima, te pripadne standardne devijacije za petogodišnji niz podataka vjetra na Griču sadrži tab. 11. u prilogu.



Slika 34. Spektri energije komponenta vjetra u prirodnom i geografskom koordinatnom sustavu po godišnjim dobima, prema satnim vrijednostima, Zagreb—Grič 1956—60.

Figure 34. The seasonal energy spectra of the wind components in natural and geophysical coordinate system, calculated from hourly wind data, Zagreb—Grič, 1956—60.

3.7. Sličnost između udjela spektralnih područja i učešća osnovnih kolektiva

Pokazuje se da procentualna učešća parcijalnih varijanci i grupe osnovnih kolektiva, koja odgovaraju sinoptičkim poremećajima te dnevnim i poludnevnim oscilacijama, imaju podjednake iznose i istu promjenljivost tijekom godine (tab. 9 i 12.). Spektralno područje sinoptičkih poremećaja SP(28δ-31) (vidi tab. 11. u prilogu), može se usporediti s (A+B) grupom kolektiva, a spektralno područje dnevnih oscilacija SP24 s grupom (N+D). Obrazložiti ćemo postavke, koje su nas dovele do toga zašto i kako je moguće usporediti rezultate ovih dviju metoda statističke analize.

Osnovni kolektivi određeni su za sezonske uzorke, koji se odnose na jedan termin u danu, dok su spektri energije izrađeni na temelju neprekinutog niza satnih vrijednosti u pojedinoj sezoni. Sinoptički poremećaji su uvjetovani hidrodinamičkim procesima velikih razmjera, koji ne ovise bitno o dnevnim promjenama termodinamičkih uvjeta, nego dolaze do izražaja u podacima vjetera u svako doba dana. Nasuprot tome, vjeter lokalne cirkulacije podliježe izrazitoj promjeni smjera i brzine tijekom dana te se različito očituje u podacima vjetera tijekom dana. To se potvrđuje rezultatima prikazanim u tab. 12. A i B kolektivi su znatno izraženi u sva tri termina tijekom dana. N i D kolektivi se pak pojavljuju naizmjenice u noćnom odnosno u podnevnom terminu i ne bivaju nikad istovremeno jednako izraženi u ta dva termina. Svaki od termina 1 i 13 h je povoljno vrijeme ili za jednu ili za drugu granu lokalne cirkulacije. Jutarnji termin 7 h je za oba kolektiva podjednako nepovoljan odnosno povoljan pa se to očituje u znatnim iznosima učešća N i D kolektiva.

Za uspoređivanje s parcijalnim varijancama iz spektralne analize odabran je stoga srednjak učešća (A+B) i (N+D) kolektiva u terminu 1 i 13 h. Te podatke sadrži tab. 14. N₁ kolektiv, kako je već naprijed spomenuto, ne pokazuje pravilnosti u pojavljivanju niti tijekom dana niti godine, a kod uspoređivanja je pridružen grupi (A+B) kolektiva.

Jednako razmatranje vrijedi kako za učešće osnovnih kolektiva izračunatih iz

Tablica 14. Srednjak učešća (%) grupa osnovnih kolektiva u terminu 1 h i 13 h.

Table 14. Mean relative contributions of normal subset groups at midnight and midday, Zagreb-Grič, 1956-60.

		PR	LJE	JE	ZI	SRED.	
1 h +13 h	U {	(A+B)	71	51	70	77	67
		(N+D)	27	41	30	21	30
		N ₂	2	8	-	2	3
2	U _B {	(A+B)	77	53	80	89	75
(N+D)		21	36	20	9	21	
N ₂		2	11	-	2	4	

U vrijednosti tako i za učešće izračunato iz U_B vrijednosti. Podaci iz tablice 14. uspoređeni su s iznosima parcijalnih varijanci izraženim u procentima ukupne varijance i to na više mogućih načina, radi određivanja najbolje povezanosti. U daljnjem tekstu poslužit ćemo se simboličnim oznakama za pojedina učešća.

$U(A+B)$ i $U_B(A+B)$ su uspoređeni s $SP(288-31)$ i sa $SP(288-31) + SP(ost.)$, a $U(N+D)$ i $U_B(N+D)$ su uspoređeni sa $SP24$ i $SP24 + SP12$. Ta uspoređenja su izvršena sa spektrima skalarne brzine vjetra SPV kao i sa spektrima komponenata vjetra SPn , SPv , SPp i SPu . Podaci za uspoređivanje učešća grupa osnovnih kolektiva upisani su u tab. 12. Podaci za uspoređivanje udjela spektralnih područja, izvedeni su iz tab. 11 u prilogu i upisani u tab. 15.

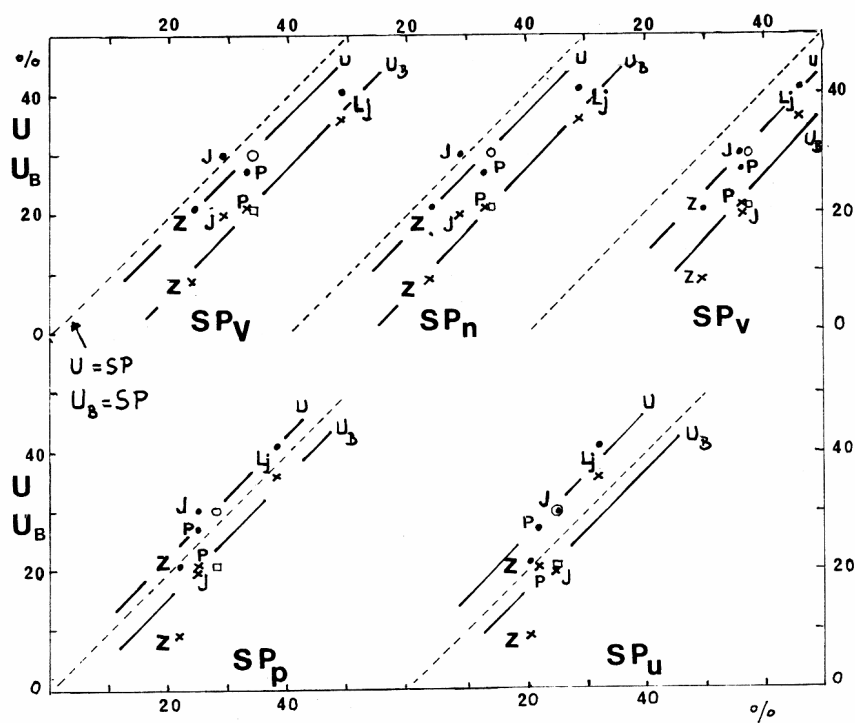
Tablica 15. Udio pojedinih dijelova spektara varijance (%) u ukupnoj varijanci satnih vrijednosti brzine vjetra u Zagrebu, prema tab. 11. u pril.

Table 15. Relative contributions of different parts of energy spectra (same as variance spectra) to the total variance, obtained from hourly wind data, Zagreb, 1956-60.

		PR	LJE	JE	ZI	GOD.	SRED.
v	SI ost	53 14	32 19	55 16	63 13	53 14	51 15
	SI+ost	67	51	71	76	67	66
	24 12	19 14	34 15	16 13	11 13	19 14	20 14
	24+12	33	49	29	24	33	34
n	SI ost	40 22	28 18	32 26	51 22	37 25	38 22
	SI+ost	62	46	58	73	62	60
	24 12	23 15	37 17	26 16	13 14	22 16	25 15
	24+12	38	54	42	27	38	40
v	SI ost	46 18	30 24	46 18	47 23	42 21	42 21
	SI+ost	64	54	64	70	63	63
	24 12	23 13	30 16	21 15	15 15	23 14	22 15
	24+12	36	46	36	30	37	37
p	SI ost	65 10	46 16	63 12	66 12	60 13	60 12
	SI+ost	75	62	75	78	73	72
	24 12	14 11	22 16	12 13	11 11	15 12	15 13
	24+12	25	38	25	22	27	28
u	SI ost	66 12	49 19	61 14	67 12	62 14	61 14
	SI+ost	78	68	75	79	76	75
	24 12	12 10	17 15	11 14	10 11	12 12	12 13
	24+12	22	32	25	21	24	25

Uspoređivanje je izvršeno grafički. Na osi apscisa su nanešene vrijednosti spektralnih udjela SP, a na osi ordinata učešća osnovnih kolektiva U odnosno U_B . Točke za pojedine sezone svrstavaju se duž pravca, koji prolazi godišnjom vrijednošću i paralelan je tzv. referentnom pravcu $U = SP$, koji ima nagib 45° , i znači direktnu linearnu ovisnost promatranih veličina. Sezonske promjene učešća osnovnih kolektiva, praćene su podjednakim sezonskim promjenama spektralnih udjela.

Nadalje, iznosi učešća (N+D) kolektiva bliži su iznosima SP24 uvećanim za SP12 nego samim SP24. Isto tako, iznosi učešća (A+B) kolektiva bliži se iznosima SP(288–31) uvećanim za SP(11–2) nego samim SP(288–31). Međutim, grupe (A+B) i (N+D) se nadopunjuju i čine zajedno 100% učešća, slično kao što dijelovi spektra SP(288–31) + SP(11–2) čine s dijelom SP24 + SP12 također puni iznos energije perturbacije. Stoga je dovoljno promatrati samo jednu od dvije glavne grupe kolektiva odnosno parcijalnih varijanci. Tako sl. 35. prikazuje povezanost učešća osnovnih kolektiva i parcijalnih varijanci, koje se odnose samo na lokalnu dnevnu cirkulaciju, u kojoj prevladava vjetar obronka.



Slika 35. Učešće osnovnih kolektiva U (N + D) i U_B (N + D) u ovisnosti o udjelima spektralnih područja SP (24 + 12), Zagreb–Grič 1956–60.

Figure 35. Contribution of the normal subsets U (N + D) and U_B (N + D) depending on contribution of energy spectra parts SP (24 + 12), Zagreb–Grič 1965–60.

Bolje slaganje rezultata se očituje ako se točke pojedinih sezona tijesnije svrstavaju oko pravca i kada je taj bliži referentnom pravcu $U = SP$. To je najbolje ostvareno na pravcu, koji povezuje učešće osnovnih kolektiva po energiji U_B i dijelova spektara zonalne komponente (u) vjetra. To navodi na pomisao da rezultati ovih sasvim različitih statističkih metoda podliježu istim zakonitostima. Prema tome bi se jedni rezultati drugima mogli aproksimirati u slučaju kada grubo ocjenjivanje zadovoljava. Međutim ovu postavku bi trebalo još ispitati na duljem nizu podataka.

4. Pregled rezultata i zaključci

U nastojanju da se upozna struktura prizemnog strujanja zraka u Zagrebu, primijenjene su klasične i novije statističke metode u analizi podataka vjetra: razdiobe čestina smjera i brzine, vektorski srednjaci, analiza dnevnih i godišnjih hodova smjera i brzine vjetra, analiza ruže smjera dopunjenom Essenwangerovom metodom, spektralna analiza varijance i dr. Dobiveni rezultati omogućili su niz zaključaka, od kojih su izdvojeni važniji.

4.1. Važniji rezultati

Višegodišnja ruža smjera vjetra je razvučena duž NE-SW pravca. Uz prevladavanje vjetra iz sjeveroistočnog kvadranta u Zagrebu, čestinom se ističe vjetar iz zapadnog kvadranta, dok se po brzini vjetra najviše ističe jugozapadnjak (Sl. 2.). U ružama smjera vjetra istočno od Medvednice ima znatno više sjevernih vjetrova. Osobito isticanje prizemnog vjetra iz NE kvadranta s jedne strane i odmah za njim iz W kvadranta s druge strane, zadržava se kao glavna karakteristika i svih sezonskih ruža smjera vjetra u Zagrebu (Sl. 5.). NE i ENE smjerovi vjetra se pri tom u hladno doba godine naročito ističu. Drugi po rangu čestina, vjetar iz zapadnog kvadranta, podjednako je međutim zastupan kroz cijelu godinu.

Srednjak skalarnе brzine vjetra u Zagrebu iznosi 2 m/s i odgovara donjoj granici uobičajenih vrijednosti srednjaka brzine vjetra kontinentalnih mjesta u sjevernoj Hrvatskoj. Varijanca skalarnе brzine prizemnog vjetra mjereno na Griču, izvedena iz satnih vrijednosti petgodišnjeg niza ima malu vrijednost i to $1.9 \text{ m}^2/\text{s}^2$, pa makar se uvaži i smještaj anemometra na blizu 10 m iznad podloge tab. 10 u prilogu.

Vrijednosti srednjaka skalarnе brzine vjetra kreću se između 1.5 i 2.8 m/s u dnevnom hodu, a između 1.8 i 2.6 m/s u godišnjem hodu. Srednje dnevno kolebanje gotovo je dvostruko veće od godišnjeg, što znači da je dnevni hod skalarnе brzine jače izražen od godišnjeg (Tab. 4. i Tab. 6. u prilogu). Slično je i sa čestinama pojedinih smjerova vjetra. Od ukupno 16 smjerova, kod 14 njih dnevno kolebanje relativnih čestina premašuje godišnje (Tab. 4.). S tim u vezi razlikuju se tzv. danji termini (10, 13, 16 i 19 h) u kojima ruža smjera ima naglašenu čestinu iz SE i E kvadranta i noćni termini (22, 1, 4 i 7 h) s naglašenom čestinom vjetra iz sjevernog i iz zapadnog kvadranta (Sl. 6.). Točnije, smjerovi od ESE preko S do SW imaju izraziti danji maksimum čestina s najvišim vrijednostima između 9 i 16 h u godišnjem prosjeku. Smjerovi od W preko N do NE imaju noćni maksimum čestina s najvišim vrijednostima između 20 h uveče i 5 h ujutro, također u godišnjem prosjeku. Smjerovi ENE i E pojavljuju se nešto većom čestinom danju nego noću, te im je dnevni hod slabo izražen. Slično je sa čestinom WSW vjetra (Sl. 7.).

Slab i slabo umjeren vjetar do 3 m/s, puše u Zagrebu u godišnjem prosjeku u gotovo 80% slučajeva dok ostatak od samo 20% pripada umjerenom, jakom i olujnom

vjetru (Tab. 1.). Ti odnosi se mijenjaju tijekom dana i godine u korist jakog vjetra sredinom dana i u hladno doba godine. Noću prevladava slab vjetar iz sjevernog kvadranta, a danju nešto jači vjetar iz južnog kvadranta u vezi sa sustavom vjetra obronka (Sl. 13.). Kod jakog vjetra prevladava čestina iz NE s jedne strane te iz W i SW kvadranta s druge strane. Dok pojava jakog sjeveroistočnjaka nadmašuje ostale smjerove kroz čitav dan, jakom zapadnjaku više pogoduje noć, a jakom jugozapadnjaku pogoduje sredina dana (sudeći prema noćnom, jutarnjem i podnevnom terminu).

Dnevni hod meridionalne komponente kao i komponente okomite na protezanje Medvednice, izrazitiji je od dnevnog hoda zonalne i komponente paralelne protezanju Medvednice (Sl. 15.). Najveća je dnevna promjena meridionalne komponente. Dnevna amplituda joj je oko tri puta veća od amplitude zonalne komponente. Dnevni hod meridionalne i komponente okomite na Medvednicu, a dijelom i komponente paralelne s Medvednicom, očituje se u prevladavanju strujanja iz južnog kvadranta danju, a iz sjevernog kvadranta noću. Zonalna komponenta ima danju istočnu a noću zapadnu komponentu. Po apsolutnom iznosu, zonalna komponenta je najčešće tri i više puta manja od ostalih komponenata tako da je u dnevnoj cirkulaciji njen učinak znatno manji od ostalih komponenata (Tab. 7. u prilogu).

Brzine srednjih vektora vjetra kreću se tijekom dana između 0.02 (zima u 11 h) i 1.22 m/s (proljeće i ljeto u 22 h). Srednjak vektora vjetra iz sjevernog kvadranta, koji prevladava noću, zadržava se kroz 12–16 sati, a danji vektor iz jugoistočnog kvadranta (odnosno SW zimi) održava se 8–12 sati, ovisno o godišnjoj dobi. Vektorski srednjak brzine ima upravo noću veće vrijednosti, što je posljedica različite stalnosti vjetra tijekom dana. Kroz veći dio godine stalnost vjetra se noću kreće između 40 i 60% a sredinom dana padne često ispod 30%. Jedino zimi dnevni hod stalnosti vjetra postaje slab zadržavajući se na malim vrijednostima tj. između 1.0 i 29.3%.

Vektorski srednjak i stalnost vjetra podliježu i godišnjem hodu. Zagrebački prizemni vjetar je male stalnosti tijekom čitave godine, unatoč većim vrijednostima u proljetnim i jesenjim mjesecima, koje međutim ne prelaze iznos od 30% (Tab. 7). Ovako maloj stalnosti vjetra u mjesečnom prosjeku znatno doprinosi lokalni cirkulacioni sustav s izrazitim dnevnim promjenom smjera.

Ruže smjera prizemnog vjetra iz uzorka razvrstanih po terminima i sezonama, aproksimirane su sumom 5 do 8 normalnih kolektiva, koji su većim dijelom interpretirani određenim tipom prizemnog strujanja (Tab. 9. i sl. 29). Parametri pojedinog osnovnog kolektiva poslužili su u obilježavanju tipa strujanja. Osnovni kolektivi svrstani su konačno u dvije glavne grupe označene kao (A+B) i (N+D) (Tab. 12). Najčešći smjer A kolektiva nalazi se u NE kvadrantu, a B kolektiva u W kvadrantu. A i B kolektiv čine glavninu učešća u uzorcima podataka vjetra i obuhvaćaju 44 do 85% slučajeva ovisno o dobi dana i godine. Od toga 32% do 63% obuhvaćaju A kolektivi a 12 do 45% obuhvaćaju B kolektivi. Ova grupa kolektiva vezana je prvenstveno za sinoptičke poremećaje, kojima se superponira lokalni sustav vjetra doline. U drugoj (N+D) grupi čije učešće se mijenja između 6 i 36%, ovisno o dobi dana i godine, sadržan je prvenstveno lokalni sustav vjetra obronka. Najčešći smjer N kolektiva nalazi se u sjevernom kvadrantu, javlja se pretežno noću i čini noćni silazni ogranak vjetra obronka. Najčešći smjer D kolektiva pada u južni i jugoistočni kvadrant i odgovara prvenstveno danjem uzlaznom vjetru obronka. U A i N kolektivima udio čestine pojave odgovara udjelu kinetičke energije, međutim u D kolektivima čestina pojave premašuje energiju, a kod B kolektiva udio energije premašuje čestinu pojave.

Utjecaj orografije na prizemno strujanje zraka se prema ružama smjera vjetra očituje sve do visine od 3 km (Sl. 4.). Na visini od 5 km ruža smjera vjetra nad Zagrebom postaje slična analognim ružama smjera drugih srednjeeuropskih postaja. Drugim riječima, na visini od 5 km, strujanje zraka nad Zagrebom uklapa se u opću cirkulaciju umjerenih širina sa prevladavajućim zapadnjakom („westerlies”).

Spektri energije skalarnе brzine i komponentata vjetra pokazuju da u Zagrebu treba razlikovati četiri spektralna područja mezoturbulentnih oscilacija:

1. područje oscilacija za sinoptičke poremećaje obuhvaćeno periodima 2 do 12 dana
2. područje jednodnevnih oscilacija obuhvaćeno periodima 20 do 30 sati
3. područje poludnevnih oscilacija obuhvaćeno periodima 10 do 20 sati
4. područje kratkoperiodičnih oscilacija obuhvaćeno periodima 2 do 10 sati.

Svako od tih područja različito je osjetljivo na godišnja doba i na smjer promatranja, a ovisi također i o položaju mjernog mjesta. Srednji udio perturbacione kinetičke energije sinoptičkih poremećaja u ukupnoj energiji perturbacije iznosi 53%, a udio energije jednodnevnih oscilacija je 19%, poludnevnih 14% i kratkoperiodičnih 14% (Tab. 15.). Ovi odnosi dobiveni su iz spektara skalarnе brzine vjetra i mijenjaju se ovisno o godišnjoj dobi i o komponenti vjetra. Maksimalnu energiju postizu sinoptičke oscilacije na zonalnoj komponenti u proljeće i zimi (66–67%), jednodnevne oscilacije ljeti na meridionalnoj i komponenti okomitoj na Medvednicu (30–37%), poludnevne oscilacije ljeti također na meridionalnoj i okomitoj komponenti (16–17), a kratkoperiodične ljeti na okomitoj komponenti (26%). Ovi odnosi i odgovarajuće vrijednosti parcijalnih varijanci za sve uzorke vjetra, navedene su u tab. 11. u prilogu. Relativni udio sinoptičkih oscilacija je oko 10% manji, dok je udio jednodnevnih oscilacija za oko 10% veći od relativnog udjela analognih spektralnih područja u primjerima iz literature

Prigušivanje energije sinoptičkih oscilacija umanjuje se udaljavanjem od Medvednice i očituje se znatno više na meridionalnoj komponenti, koja je bliža okomici na orografsku prepreku (Sl. 31.). Na većoj udaljenosti od planine maksimum energije te komponente u spomenutom intervalu perioda postaje jače izražen i premiješta se prema duljim periodima (od 2 do 4 dana na Griču prema 5 do 6 dana na Plesu). Perturbaciona energija sinoptičkih oscilacija na Griču je 1.5 do 2 puta veća na zonalnoj i komponenti paralelnoj s planinom nego na meridionalnoj i komponenti okomitoj na planinu (Sl. 32.). Razlike između meridionalne i zonalne komponente u intervalu sinoptičkih oscilacija, umanjuju se udaljavanjem od planine.

Spektrima energije prizemnog vjetra u Zagrebu dominiraju jednodnevne oscilacije (Sl. 30.). Ne tako jako, ali ipak znatno ističu se 12 i 8 satne, a donekle i 6 satne oscilacije. To su četiri dnevne harmonike i normalna su pojava u vremenskim meteorološkim nizovima, u vezi s dnevnim hodom sunca. Međutim, ovako jako isticanje jednodnevnih oscilacija u zagrebačkim spektrima, posljedica je orografskog učinka u obliku razvoja lokalne cirkulacije. One su bolje izražene na nekoj udaljenosti od planine (Maksimir) nego na samom podnožju (Grič). Intenzitet jednodnevnih oscilacija ima obrnuti godišnji hod od intenziteta sinoptičkih oscilacija, te dostižu svoj maksimum u toplo doba godine, a minimum u hladnom. Poludnevne oscilacije imaju puno slabije izražen godišnji hod od jednodnevnih. 8 i 6 satne oscilacije su manje vezane za smjer promatranja i nešto su jače izražene u toplom dijelu godine nego zimi (Sl. 34.).

Razlika od tridesetak metara u nadmorskoj visini Griča prema okolnom terenu čini pojavu jakog vjetra na Griču izrazitijom nego npr. u Maksimiru, koji se nalazi u ravnici i bliže središnjem dijelu podnožja Medvednice tj. više u zavjetrini. To se prvenstveno odnosi na jake zapadne vjetrove, koji su na Griču bolje izraženi nego u Mak-

simiru. Pleso međutim, ima 1.5 puta veći broj dana s jakim vjetrom nego Grič, a 3 puta veći broj tih dana nego Maksimir (Tab. 3.).

Zagreb i njegova šira okolica nalazi se u području općenito slabijeg prizemnog strujanja prema nekim drugim gradovima u Jugoslaviji. Naime, Sisak, Rijeka, Sarajevo, Beograd i Split imaju 1.5 do 5.8 puta veći broj dana s jakim i olujnim vjetrom nego Zagreb-Grič.

4.2. Zaključci

Položaj Zagreba podno jugoistočnih obronaka Medvednice bitno utječe na režim prizemnog strujanja u gradu. Gledano u širim razmjerima u istom smislu djeluju i ostale krajnje istočne planine srednjoeuropskog alpskog masiva ne samo na prizemno strujanje u Zagrebu nego uopće u sjevernoj Hrvatskoj. Podaci vjetra pokazuju modificirano opće strujanje i postojanje lokalne cirkulacije, u kojoj se u Zagrebu u prvom redu ističe sustav vjetra obronka, ali i vjetra doline, a zamjećuje se i urbani utjecaj na lokalni cirkulacijski sustav.

Za dio sinoptičkih poremećaja Zagreb se nalazi u zavjetrini. To se odnosi na prodore sa sjevera i sjeverozapada, koje orografska prepreka većinom prisiljava na zaobilazanje. Direktni su prodori iz spomenutih smjerova mogući, ali su malobrojni i kratkotrajni. Prodorima s istoka, jugoistoka i juga smanjuje se brzina napredovanja, a time i kinetička energija kad stignu do obronka Medvednice, ili su prisiljeni na uspon i eventualno na promjenu smjera. Taj dvostruki učinak očituje se u smanjenju ukupne kinetičke energije horizontalne komponente vjetra u neposrednoj blizini planine, a i u smanjenju kinetičke energije perturbacije, izražene varijancom.

Orografski učinak na režim prizemnog strujanja u Zagrebu dolazi kvantitativno do izražaja u mezoturbulentnim spektrima energije, i to u razdiobi kinetičke energije perturbacije. U intervalu perioda sinoptičkih poremećaja između 2 i 6 dana sadržan je najveći dio ukupne energije perturbacije. Ipak, oscilacije su tog turbulentnog područja u Zagrebu prigušene u korist dobro razvijenih jednodnevnih oscilacija vezanih uz lokalni cirkulacijski sustav, kako je već navedeno.

Lokalni cirkulacijski sustav u Zagrebu je složen i nije snažan, ali je postojan. Očituje se u izrazitosti dnevnog hoda u svim rezultatima statističke obrade vjetra, najbolje je najveći dio ukupne energije perturbacije. Ipak, oscilacije tog turbulentnog područja su ravnog podnožja, u Zagrebu pretežno uzduž meridionalne komponente. Dolinski vjetar, koji se razvija između suženog dijela Savske doline, koja je omeđena Medvednicom i Samoborskim gorjem, i otvorene Savske ravnice na istoku, nije toliko izrazit u Zagrebu. Središnji dio grada nalazi se na perifernom području tog dolinskog vjetra te je samo dijelom njime zahvaćen. Njegov se utjecaj opaža na zonalnoj komponenti vjetra za neporemećenih situacija a i za izraženog baričkog polja, superponirajući se sinoptičkim poremećajima, podupirući uveće zapadni, a dopodne istočni i sjeveroistočni vjetar. Urbani utjecaj na lokalnu cirkulaciju je malen po intenzivnosti, ali zamjećuje se u podacima.

Putanja srednjeg vektora vjetra tijekom dana u pojedinom od godišnjih doba ima oscilatorni oblik, osobito ljeti, u čemu se očituje prisutnost danjeg i noćnog ogranka vjetra obronka u Zagrebu (Sl. 14). Noću prevladava vjetar iz sjevernog kvadranta kroz čitavu godinu. Sredinom dana smjer vektorskog srednjaka, kroz veći dio godine, sadrži južnu komponentu (ljetu, jesen i zima). U proljeće je oscilatorni oblik putanje ublažen

prevladavanjem sjeveroistočne advekcije tako da sredinom dana prevladava vektorski srednjak iz istočnog kvadranta.

Iz putanje vektora vjetra tijekom dana moguće je procijeniti red veličine pomaka česti zraka nad gradom u najdonjem sloju, koji se premiješta pod utjecajem vjetra obronka (Tab. 6. i sl. 14). U proljeće i jeseni, npr. prosječni danji pomak iznosi približno 10 do 20 km prema zapadu, odnosno sjeverozapadu, a ljeti prema sjever-sjeverozapadu. Zbog uzdizanja Medvednice sjeverno od grada, stvarni pomak će biti manji i popraćen jačanjem vertikalne komponente do sloja zahvaćenog protustrujom na nekoj visini iznad tla. Pomak prizemnog zraka uzrokovan noćnim silaznim vjetrom obronka prema jugu, ili točnije prema jug-jugoistoku u zimi i ljeti, odnosno prema jug-jugozapadu u proljeće i jesen, iznosi prosječno 15 do 30 km. Prema tome, rezultatni pomak česti zraka, izazvan lokalnim dnevnim sustavom vjetra obronka, iznosi par desetaka km, što je istog reda veličine kao dimenzije zagrebačkoga gradskog područja. Posljedica toga jest da se volumen zraka iznad gradskog područja u svom najdonjem sloju ne premiješta dovoljno daleko izvan svog izvornog područja da bi mu se svojstva bitno izmijenila. Ako je volumen zraka nad gradom onečišćen, vraća se nad područje s izvorom onečišćenja prije nego što je oslobođen prethodnog onečišćenja. Takvo nepovoljno stanje javlja se za tzv. neporemećenih situacija (većinom anticiklonalne) uz neznatnu opću cirkulaciju. To su situacije višednevnih zamornih ljetnih žega u kojima se tek nakon zalaza Sunca osjeti osvježanje, kad s obronaka Medvednice zapuše silazni vjetar obronka.

Još nepovoljnija akumulacija onečišćenja u prizemnom sloju nastupa zimi za vrijeme ustrajnih višednevnih inverzija temperature zraka i jake magle, kad je svako prizemno strujanje zraka (lokalno i opće) neznatno ili sasvim prigušeno, sve dok novi vremenski poremećaj takovo stanje ne naruši i prizemni sloj zraka nad gradom temeljito ne pročisti snažnom advekcijom.

Dnevni ogranak jačeg i nestalnog po smjeru uzlaznog vjetra obronka održava se kraće nego noćni ogranak slabog i po smjeru stalnog silaznog vjetra obronka. Za takvu asimetriju vjetra obronka u Zagrebu moguća su dva uzroka. Jedan zbog blizine mjernog mjesta obroncima Medvednice, gdje se noćni silazni vjetar što se slijeva niz te obronke uspio najbolje razviti ne izgubivši još na snazi zbog trenja s tlom. Za dnevni vjetar obronka, koji puše prema južnim obroncima Medvednice, položaj mjernog mjesta nalazi se na krajnjoj točki njegova puta, kad je već prisiljen da uspori zbog nakupljanja zraka pred preprekom i uzdizanja uz obronke. Takva situacija uzrokuje nakupljanje čestica onečišćenja u tom pojasu, što se za vedra dana može pratiti i prostim okom. Drugi mogući uzrok za asimetriju dnevnog hoda vjetra u Zagrebu bio bi termički efekt gradskog područja. Noćni otok topline iznad grada povećava temperaturni gradijent između ohlađenog obronka noću i ravnog terena na kojemu se nalazi grad i djeluje pojačavajući silazni vjetar obronka. Danju je obrnuto. Gradsko je područje također toplije od okolice, što međutim umanjuje i temperaturni gradijent između jače zagrijanih južnih obronaka okolnog ravnog terena. Tako uzlazni danji vjetar obronka gubi na jačini i trajanju prijelazom preko gradskog područja.

Postojanost lokalnog cirkulacijskog sustava u Zagrebu i okolici možda se odrazila u nekim od naziva vjetra („Zgorec“, „Večernjak“, „Poldešnji veter“ i dr.), nađenim u starim zapisima o vremenu sjeverozapadne, odnosno kajkavske Hrvatske. To je samo pretpostavka, a za donošenje pouzdanog zaključka potrebno bi bilo dalje istraživanje o podrijetlu naziva vjetra u starim zapisima.

Pokazalo se da procentualni udjeli parcijalnih varijanci i grupa osnovnih kolektiva, koji odgovaraju sinoptičkim poremećajima, te dnevnim i poludnevnim oscilacija-

ma, imaju podjednake iznose i istu promjenljivost tijekom godine (sl. 36). To znači da rezultati ovih sasvim različitih statističkih metoda podliježu istim zakonitostima. Ako bi se u daljim istraživanjima taj zaključak pokazao pouzdanim, to bi dalje značilo da se jedni rezultati mogu drugima aproksimirati kada grubo ocjenjivanje zadovoljava.

Literatura

1. Anonimus, (1970): Klimatski podaci Opservatorija Zagreb–Grič za razdoblje 1862–1967, Geofizički zavod, Prirodoslovno–matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 179.
2. Anonimus, (1971): Klimatski podaci SR Hrvatske za razdoblje 1948–60, Građa za klimu Hrvatske, Se II, br. 5, Zagreb, 118.
3. Anonimus, (1977): Atlas klime, Republički hidrometeorološki zavod SRH, Zagreb.
4. Chapman, S., R. S. Linzen, (1970): Atmospheric tides, Gordon and Breach/ Science Publishers, New York, 200.
5. Holzapfel, R., (1956): Ergebnisse aerologischer Beobachtungen in Deutschland, Berichte des Deutschen Wetterdienstes, Nr 27, Bad Kissingen, 101.
6. Essenwanger, O. (1956): Neue Methode der Zerlegung von Häufigkeitsverteilungen in Gausse Normalkurven und ihre Anwendung in der Meteorologie, Berichte des Deutschen Wetterdienstes, Nr 10, 11.
7. Essenwanger, O. (1957): Taffeln zur Häufigkeitszerlegung mit Anwendungsbeispielen, Berichte des Deutschen Wetterdienstes, Nr 39, 13.
8. Jurčec, V. (1981): On Mesoscale Characteristics of Bora Conditions in Yugoslavia, Pure and Applied Geophysics, Vol 119, Nr 3, 640–657.
9. Lisac, I. (1974): Orographic influence on the nearground air flow in Zagreb, Zbornik meteoroloških i hidroloških radova, br. 5, Beograd, 105–113.
10. Lisac, I. (1975): Seasonal and interannual variation of the surface energy spectra in a period range 2 hrs do 12 days, Proceedings Second U. S. National Conference of Wind Engineering Research, Colorado State University, Ft. Collins, I–30–1–4.
11. Lisac, I. (1978): Struktura prizemnog strujanja zraka u Zagrebu, disertacija, Prirodoslovno–matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 115.
12. Lisac, I. (1980): The space differences in energy spectra, Abhandlungen des Meteorologischen Dienstes DDR, Nr 124 (B XVI), 111–113.
13. Lisac, I. i B. Zelenko (1981): Neki matematički parametri primijenjeni u opisu orografskog utjecaja na strujanje zraka, Radovi građevinskog instituta, MT–10 81, Zagreb, 10.
14. Lukšić, I. (1972): Tipovi strujanja zraka iznad Zagreba za vrijeme bure na sjevernom Jadranu, VII Savjetovanje klimatologa Jugoslavije, Budva 1969, SHMZ Beograd, 111–130.
15. Lukšić, I. (1972): NE strujanje nad sjeverozapadnom Hrvatskom i bura na sjevernom Jadranu, VIII Savjetovanje klimatologa Jugoslavije, Zlatibor 1970, SHMZ Beograd, 253–262.
16. Makjanić, B. (1959): Zrakoplovna klimatologija aerodroma Zagreb–Lučko, Rasprave i prikazi HMZ br. 3, Zagreb, 112.
17. Makjanić, B. (1966): Prilog poznavanju klime grada Senja, Pomorski zbornik br. 4, Zagreb, 603–624.

18. Makjanić, B. (1967): Bura, Matematičko-fizički list, god. XVII, br. 2, Zagreb, 49–54.
19. Makjanić, B. (1977): Kratak prikaz klime Zagreba, Prilog poznavanju klime grada Zagreba I, Radovi, Geofizički zavod, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Se. III, br. 18. Zagreb, 125–181.
20. Panofsky, H. A., R. A. McCormick (1952): The vertical momentum flux at Brookhaven at 109 m, Geophysical Research Papers, Nr 19, 219–230.
21. Penzar, B. (1977): Tlak zraka i vjetar, Prilozi poznavanju vremena i klime SFRJ, Sv. 2 SHMZ, Beograd, 41–117.
22. Penzar I., B. Penzar (1980): Hrvatska meteorološka terminologija u 19. stoljeću. Zbornik radova II simpozija iz povijesti znanosti „Prirodne znanosti u Hrvatskoj u 19. stoljeću, Hrvatsko Prirodoslovno društvo, Zagreb, 267–274.
23. Poje, D. (1974): Einige Merkmale des Einflusses des Gebirges Medvednica auf das Windregime, Zbornik meteoroloških i hidroloških radova br. 5, Beograd, 259–265.
24. Poje, D. (1982): Prilog proučavanju lokalnih vjetrova na području Zagreba, Zbornik meteoroloških i hidroloških radova, br. 8, Beograd, 45–53.
25. Steinhäuser, F. (1961): Über den Einfluss der Alpen auf die grossräumigen Luftströmungen nach Radiosondenbeobachtungen in Wien und München, Wetter und Leben, Jahrgang 13, Sonderheft IX, 41–58.

Neke od meteoroloških podataka za okolne postaje Zagreba, stavio mi je na raspolaganje Hidrometeorološki zavod SRH, na čemu se najljepše zahvaljujem.

Tablica 1. Višegodišnji pregled razdiobe relativnih čestina smjera (%) i srednjaka brzine vjetra u m/s (a), odnosno jačine vjetra u boforima (b), prema satnim vrijednostima u 7, 14 i 21 h, Zagreb–Grič, 1951–60.

Table 1. Relative frequencies (%) and velocity means in m/s (a) and mean wind forces in Beauforts (b) for particular wind direction. The values are derived from wind data at 7, 14 and 21 h, and presented during a 10 year period.

	a										
	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1951-60
	% m/s	% m/s	% m/s	% m/s	% m/s	% m/s	% m/s	% m/s	% m/s	% m/s	% m/s
N	38 1,6	40 2,1	153 2,0	64 1,8	50 2,5	70 1,7	102 2,2	46 1,3	60 2,2	76 1,8	70 1,9
NNE	122 2,7	102 2,4	187 2,5	133 2,3	123 2,1	76 2,0	114 2,2	105 1,9	121 2,1	93 2,2	118 2,3
NE	119 2,1	98 2,3	77 2,3	131 2,2	133 2,3	160 2,3	158 2,2	145 2,4	171 2,0	175 2,1	136 2,2
ENE	159 2,0	112 2,0	53 1,8	106 1,7	141 1,6	138 2,1	104 1,5	126 1,8	101 1,9	74 1,8	111 1,8
E	35 1,2	44 1,5	21 1,5	35 1,3	41 1,3	64 1,8	40 1,4	43 1,6	49 1,5	43 1,9	41 1,5
ESE	41 1,6	36 1,6	55 1,8	38 1,5	58 1,5	40 1,4	45 1,7	41 1,6	35 2,1	25 1,8	41 1,6
SE	35 1,7	36 1,5	24 1,7	43 1,4	37 1,4	35 1,6	31 1,5	35 1,6	36 1,7	58 1,8	37 1,6
SSE	71 1,8	47 1,8	45 1,8	52 1,7	48 1,5	35 1,6	38 1,5	39 1,4	46 1,9	25 1,3	45 1,7
S	49 1,6	70 1,5	35 1,6	37 1,7	26 1,7	54 1,9	45 2,0	36 2,0	21 1,9	34 2,2	41 1,8
SSW	43 2,0	39 2,5	22 2,5	48 2,3	62 2,0	27 1,5	45 2,4	28 2,2	47 1,9	25 1,8	38 2,1
SW	41 2,5	60 2,4	31 2,0	43 2,6	37 2,9	50 2,8	33 2,7	78 2,9	65 2,5	92 2,7	53 2,6
WSW	73 3,1	94 2,4	108 1,9	62 2,9	62 2,5	40 3,6	64 1,8	62 2,8	47 2,4	55 2,8	67 2,5
W	69 2,0	73 2,0	53 2,2	57 1,9	67 2,0	93 2,4	67 2,0	84 2,4	75 2,0	99 2,1	74 2,1
WNW	47 2,4	64 2,0	57 2,2	74 2,2	52 2,1	51 2,2	47 2,6	60 2,2	45 2,5	45 1,7	55 2,2
NW	36 1,9	48 2,0	35 1,2	37 1,5	34 2,1	48 1,9	38 2,2	48 1,9	46 1,8	58 2,2	43 1,9
NNW	21 1,5	28 1,6	44 1,4	37 1,8	27 1,4	19 1,4	22 1,5	16 2,0	33 1,6	14 1,1	26 1,5
C	1	8	1	2	2	-	-	8	-	9	3
Sred.	2,09	2,01	2,02	1,99	1,95	2,09	1,99	2,07	2,03	2,04	2,03

	b										
	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1951-60
	% B	% B	% B	% B	% B	% B	% B	% B	% B	% B	% B
N	31 1,5	40 1,9	149 1,7	54 1,7	43 2,3	55 1,8	98 2,0	44 1,4	58 1,9	77 1,6	65 1,8
NNE	116 2,1	99 2,0	185 2,0	122 2,0	100 2,0	62 1,9	114 2,0	101 1,7	117 1,9	88 1,9	111 2,0
NE	107 1,9	95 1,9	74 1,9	125 1,9	124 1,9	147 1,9	149 1,9	140 2,0	170 1,8	177 1,8	131 1,9
ENE	153 1,6	113 1,7	53 1,6	106 1,6	129 1,4	135 1,7	100 1,5	123 1,6	99 1,7	73 1,6	108 1,6
E	29 1,3	43 1,5	23 1,5	31 1,4	38 1,2	60 1,6	37 1,5	42 1,5	46 1,4	43 1,7	39 1,5
ESE	39 1,4	35 1,5	51 1,7	33 1,5	51 1,5	34 1,3	41 1,6	40 1,5	35 1,9	25 1,6	38 1,6
SE	33 1,6	35 1,5	24 1,6	40 1,4	28 1,5	31 1,5	36 1,4	34 1,6	36 1,6	57 1,6	35 1,5
SSE	63 1,6	46 1,6	44 1,6	48 1,6	42 1,5	34 1,5	38 1,4	37 1,5	45 1,7	25 1,3	42 1,6
S	45 1,4	69 1,5	33 1,6	37 1,5	25 1,5	49 1,7	42 1,8	35 1,8	20 1,4	35 1,8	39 1,6
SSW	40 1,6	38 2,0	22 2,0	47 1,9	58 1,7	21 1,5	43 1,9	28 1,8	47 1,6	24 1,5	37 1,8
SW	38 2,0	59 1,9	31 1,7	43 2,1	36 2,2	48 2,2	33 2,1	75 2,3	65 2,0	93 2,2	52 2,1
WSW	73 2,3	93 2,0	107 1,7	58 2,2	59 2,0	37 2,6	61 1,6	59 2,2	48 1,9	55 2,1	65 2,0
W	61 1,7	71 1,7	52 1,8	54 1,7	56 1,7	88 1,9	65 1,8	82 1,8	74 1,7	98 1,8	70 1,8
WNW	43 2,0	61 1,8	57 1,9	71 1,9	48 1,8	47 1,9	52 1,9	58 1,9	46 2,7	44 1,6	53 1,9
NW	36 1,6	47 1,7	35 1,3	35 1,3	31 1,9	42 1,8	36 1,9	47 1,7	42 1,7	58 1,9	41 1,7
NNW	19 1,4	26 1,5	43 1,4	35 1,6	23 1,5	16 1,4	19 1,5	16 1,6	30 1,6	15 1,2	24 1,5
C	73	30	18	62	110	94	37	40	22	13	50

Tablica 2. *Određivanje jačine vjetra iz poznate vrijednosti brzine vjetra (I. M. O. 1950).*Table 2. *Wind velocity to wind force values conversion table.*

Brzina vjetra m/s	Jačina vjetra Beaufort
0.0 - 0.2	0
0.3 - 1.5	1
1.6 - 3.3	2
3.4 - 5.4	3
5.5 - 7.9	4
8.0 - 10.7	5
10.8 - 13.8	6
13.9 - 17.1	7
17.2 - 20.7	8
20.8 - 24.4	9
24.5 - 28.4	10
28.5 - 32.6	11
32.7 - 36.9	12
37.0 - 41.4	13
41.5 - 46.1	14
46.2 - 50.9	15
51.0 - 56.0	16
56.1 - 61.2	17

Tablica 3. *Sezonske i godišnja razdioba čestina smjera i brzine vjetra prema satnim vrijednostima u 1 i 13 h, Zagreb-Grič, 1950-65.*Table 3. *Seasonal and annual distribution of frequencies and mean velocities for particular wind direction at midnight and midday, Zagreb-Grič, 1950-65.*

	PROLJEĆE		LJETO				JESEN				ZIMA				GODINA					
	1 h		13 h		1 h		13 h		1 h		13 h		1 h		13 h		1 h		13 h	
	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s	%	m/s
N	81	2.1	34	3.5	167	1.5	29	2.7	98	1.7	21	2.9	46	1.6	22	3.7	97	1.7	26	3.2
NNE	167	2.1	55	4.0	187	1.6	38	3.3	157	1.9	48	3.3	95	2.2	59	3.4	152	2.0	50	3.5
NE	185	2.3	92	3.4	113	1.7	80	2.7	176	2.1	96	2.8	148	2.2	91	2.6	155	3.1	90	2.9
ENE	91	1.8	127	2.5	46	1.4	102	2.3	73	1.7	124	2.2	131	1.5	124	1.9	85	1.6	120	2.2
E	15	1.4	49	2.6	19	1.1	63	2.2	26	1.2	66	1.7	48	1.2	61	1.4	27	1.2	60	2.0
ESE	13	1.2	84	2.4	12	1.0	55	2.4	17	1.1	79	1.8	26	1.0	50	1.5	17	1.1	67	2.1
SE	10	1.1	55	2.4	8	0.8	84	2.4	14	1.1	99	1.6	29	0.9	55	1.3	15	1.0	73	1.9
SSE	11	1.2	89	2.2	8	1.5	120	2.2	18	1.1	77	1.7	25	1.0	75	1.3	15	1.2	90	1.9
S	9	1.1	92	2.4	12	0.9	122	2.3	9	1.7	79	1.8	28	1.1	61	1.4	14	1.0	89	2.0
SSW	16	1.2	68	2.9	9	1.3	84	2.6	10	1.5	78	2.2	27	1.3	79	1.8	15	1.3	79	2.4
SW	16	1.6	94	3.7	24	1.2	88	3.7	24	1.6	81	2.8	45	1.8	90	2.1	27	1.5	87	3.1
WSW	69	2.3	77	4.0	47	1.5	45	3.0	48	2.0	71	3.3	69	2.0	101	2.8	61	2.0	71	3.2
W	106	2.2	30	3.4	113	1.8	27	2.9	109	1.9	33	3.4	104	2.0	58	2.4	107	2.0	37	2.9
WNW	85	2.4	30	2.9	76	2.0	26	2.2	73	1.8	30	2.4	69	2.4	41	2.2	77	2.2	32	2.4
NW	60	2.5	14	3.0	75	2.0	20	2.6	62	1.6	11	2.5	45	1.9	22	2.5	61	2.0	18	2.6
NNW	43	1.5	10	2.2	47	1.5	17	2.2	42	1.2	6	1.7	31	1.3	9	2.4	41	1.5	10	1.9
C	23	-	-	-	37	-	-	-	44	1	-	-	34	2	-	-	34	1	-	-

Tablica 4. *Relativne čestine smjerova vjetra u ‰ za četiri mjeseca u godini uključivo svih 24 sata i višegodišnji pregled tih čestina dobiven kao 1/4 (I+IV+VII+X), Zagreb–Grič, 1951–60.*

Table 4. *Hourly values of relative wind direction frequencies (‰) for four months and annual means calculated as 1/4 (Jan+Apr+Jul+Oct) presented during a 10 year period.*

	I	IV	VII	X	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	Čedišnji srednjak
N	35	54	77	92	39	35	128	80	45	77	86	47	47	66	65
NNE	76	127	105	155	159	98	187	132	101	78	124	96	103	82	116
NE	113	144	105	141	144	89	78	128	128	125	149	142	122	150	126
ENE	142	120	86	86	156	109	65	102	145	102	104	148	90	58	108
E	49	32	38	35	31	44	28	28	39	40	54	35	45	41	39
ESE	41	48	43	37	33	44	49	31	64	39	48	35	40	40	42
SE	32	35	49	38	25	46	18	28	43	38	53	40	40	56	39
SSE	44	36	67	38	65	46	51	34	61	38	47	43	44	32	46
S	26	36	65	29	45	60	61	37	25	43	35	21	34	30	39
SSW	45	36	40	39	40	46	18	48	68	36	43	37	37	29	40
SW	51	45	56	52	37	43	31	50	39	58	28	62	79	87	51
WSW	86	82	56	58	71	107	92	56	64	69	48	61	58	74	70
W	84	73	63	64	53	76	44	69	61	103	49	56	92	108	71
WNW	84	59	47	36	42	59	45	76	45	65	44	58	67	66	56
NW	39	39	51	38	33	42	30	51	39	45	27	47	49	56	42
NNW	23	24	33	33	28	37	30	28	29	25	30	19	32	18	28
C	29	10	18	28	9	19	15	22	14	19	31	53	21	7	21

Tablica 5. *Razdioba relativnih čestina smjera vjetra (‰) po mjesecima, prema satnim vrijednostima u 7, 14 i 21 h (odnosno prema svim satnim vrijednostima 1–24), Zagreb–Grič, 1951–60.*

Table 5. *Relative wind direction frequency distribution in ‰ presented in monthly means, derived from the data in climatological terms (7, 14, 21 h) (and from all day hourly values), Zagreb–Grič, 1951–60.*

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	A _G	GOD.
N	28 (35)	35	31	49 (54)	67	80	74 (77)	139	141	101 (92)	53	39	113	70
NNE	78 (76)	61	116	153 (127)	131	105	134 (105)	130	148	167 (155)	116	78	106	118
NE	109 (113)	130	175	147 (144)	119	98	133 (105)	121	140	140 (141)	175	151	77	136
ENE	129 (142)	174	153	113 (120)	115	87	83 (87)	61	74	94 (86)	131	125	113	111
E	57 (49)	44	36	33 (32)	38	34	40 (38)	32	52	34 (35)	41	55	25	41
ESE	48 (41)	40	51	47 (49)	39	41	35 (43)	33	39	39 (37)	43	42	18	41
SE	27 (32)	33	22	30 (35)	31	34	36 (49)	53	61	37 (38)	43	43	39	37
SSE	56 (44)	47	46	31 (36)	43	49	62 (67)	44	32	38 (38)	43	43	31	45
S	38 (26)	39	19	46 (36)	39	40	66 (65)	55	49	28 (30)	33	35	47	41
SSW	53 (45)	41	28	27 (36)	48	48	41 (40)	39	27	45 (39)	29	35	26	38
SW	47 (51)	66	59	38 (45)	46	82	43 (57)	56	42	54 (52)	46	57	44	53
WSW	85 (86)	104	71	70 (82)	76	96	51 (56)	32	36	52 (58)	67	67	72	67
W	88 (84)	73	71	79 (73)	78	91	59 (63)	71	59	61 (64)	65	87	32	74
WNW	76 (85)	61	74	62 (59)	50	41	48 (47)	38	42	39 (36)	51	75	35	55
NW	43 (39)	39	30	44 (39)	36	40	56 (51)	69	42	36 (38)	36	43	39	43
NNW	22 (24)	13	17	28 (24)	44	34	37 (33)	23	14	31 (33)	26	24	31	26
C	16 (29)	-	1	3 (10)	-	-	2 (18)	4	2	4 (28)	2	1	-	3

Tablica 6. Srednjaci skalarne brzine (m/s) tijekom dana po mjesecima i po godinama, Zagreb–Grič, 1941–50.

Table 6. Hourly values of scalar wind velocity means in m/s presented for each month and in annual values during a 10 year period, Zagreb–Grič, 1941–50.

Mjes.-I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	Sred.
Sat																						
1	1.8	2.0	2.3	2.2	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.5	1.7	1.9	2.0	1.8	1.7	1.9	1.8	1.8	1.7	1.8	1.8	1.8
2	1.8	2.0	2.3	2.1	1.9	1.8	1.5	1.5	1.4	1.5	1.7	1.9	2.0	1.7	1.7	1.9	1.8	1.8	1.8	1.6	1.9	1.7
3	1.8	2.0	2.2	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.5	1.7	1.9	2.0	1.6	1.7	1.8	1.8	1.6	1.7	1.6	1.8	1.6
4	1.8	1.9	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.4	1.7	1.8	1.9	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.5
5	1.8	1.8	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.2	1.2	1.3	1.7	1.8	1.9	1.5	1.6	1.6	1.6	1.5	1.6	1.6	1.6	1.4
6	1.7	1.8	2.0	1.8	1.5	1.5	1.2	1.1	1.2	1.4	1.7	1.8	1.8	1.5	1.5	1.5	1.6	1.5	1.5	1.6	1.5	1.4
7	1.7	1.8	2.0	1.7	1.6	1.6	1.2	1.1	1.1	1.4	1.7	1.8	1.8	1.5	1.5	1.6	1.6	1.5	1.5	1.6	1.5	1.4
8	1.8	1.8	2.1	2.0	2.0	1.9	1.6	1.4	1.3	1.3	1.6	1.8	1.9	1.7	1.7	1.9	1.7	1.6	1.7	1.6	1.7	1.6
9	1.8	1.8	2.4	2.3	2.3	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.6	1.7	2.2	2.0	2.0	2.1	1.9	1.8	1.9	1.7	1.7	1.7
10	1.9	2.0	2.6	2.7	2.7	2.6	2.3	2.1	2.0	1.8	1.8	1.9	2.5	2.3	2.3	2.4	2.2	2.1	2.2	2.1	2.0	2.0
11	2.1	2.2	2.9	3.1	3.0	2.8	2.6	2.4	2.3	2.1	2.0	2.1	2.8	2.4	2.6	2.8	2.5	2.3	2.4	2.2	2.2	2.2
12	2.1	2.5	3.1	3.4	3.1	3.0	2.7	2.6	2.5	2.3	2.1	2.2	3.0	2.7	2.7	2.9	2.7	2.4	2.6	2.4	2.5	2.4
13	2.2	2.6	3.2	3.5	3.2	3.1	2.8	2.7	2.6	2.4	2.2	2.3	3.0	2.8	2.9	2.9	2.8	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5
14	2.2	2.7	3.4	3.6	3.3	3.1	2.8	2.8	2.6	2.4	2.2	2.3	3.0	2.9	2.9	3.0	3.0	2.7	2.7	2.5	2.5	2.5
15	2.2	2.6	3.5	3.7	3.4	3.1	2.9	2.9	2.6	2.4	2.1	2.3	3.0	2.9	2.9	3.0	2.9	2.8	2.8	2.6	2.6	2.4
16	2.1	2.5	3.4	3.6	3.3	3.0	2.8	2.9	2.6	2.2	2.0	2.1	2.9	2.8	2.7	2.9	2.8	2.8	2.7	2.5	2.6	2.5
17	2.0	2.3	3.3	3.5	3.2	3.0	2.8	2.8	2.4	2.0	1.9	2.1	2.8	2.7	2.6	2.8	2.7	2.7	2.6	2.4	2.4	2.3
18	1.9	2.1	2.9	3.3	3.0	2.8	2.6	2.5	2.2	1.9	1.8	2.0	2.6	2.5	2.4	2.6	2.5	2.5	2.3	2.2	2.2	2.2
19	1.9	2.1	2.5	2.8	2.6	2.5	2.4	2.1	2.0	1.9	1.8	2.1	2.4	2.3	2.2	2.4	2.3	2.3	2.2	2.0	2.1	2.2
20	1.9	2.0	2.4	2.5	2.3	2.1	2.1	2.1	2.1	1.9	1.8	2.1	2.2	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.1	2.0	2.0	2.1
21	1.9	2.1	2.4	2.5	2.2	2.1	2.0	2.0	2.0	1.8	1.7	2.1	2.1	2.0	2.1	2.1	2.2	2.2	2.1	2.0	2.0	2.1
22	1.9	2.0	2.4	2.4	2.2	2.0	2.0	1.9	1.9	1.8	1.8	2.1	2.1	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1	2.0	1.9	2.0	2.0
23	1.8	2.0	2.4	2.3	2.2	2.0	2.0	1.8	1.8	1.8	1.8	2.0	2.1	2.0	2.1	2.1	2.0	2.0	2.0	1.8	2.0	1.9
24	1.8	2.0	2.3	2.3	2.0	1.9	1.8	1.8	1.6	1.6	1.7	1.9	2.1	1.8	1.9	1.9	2.0	1.8	1.9	1.7	1.9	1.8
\bar{V}	1.9	2.1	2.6	2.6	2.4	2.3	2.1	2.0	1.9	1.8	1.8	2.0	2.3	2.1	2.2	2.2	2.2	2.1	2.1	2.0	2.0	2.1
\bar{V}_{max}	3.8	4.1	4.9	5.2	4.7	4.4	4.1	3.9	3.6	3.5	3.7	3.9	4.6	4.3	4.4	4.4	4.4	4.1	4.0	3.7	3.8	3.9
V_{max}	8.3	9.3	9.9	9.9	9.2	8.4	8.4	8.0	7.8	7.8	8.2	8.5	9.7	8.9	8.8	9.6	9.8	8.0	8.3	7.9	7.6	7.8
A_D	0.5	0.9	1.5	2.0	1.9	1.6	1.7	1.8	1.5	1.1	0.6	0.6	1.2	1.4	1.4	1.5	1.4	1.3	1.3	1.1	1.1	1.1

\bar{V} = srednja skalarne brzina vjetra u mjesecu, odnosno godini

\bar{V}_{max} = srednji maksimum skal.brzine vjetra u mjesecu, odnosno godini

V_{max} = apsolutni maksimum skal.brzine vjetra u mjesecu, odnosno godini

A_D = dnevna amplituda skal.brzine vjetra u mjesecu, odnosno godini

Tablica 7. Srednjaci komponenta vektora vjetra (m/s) tijekom dana i po godišnjim dobima, Zagreb–Grič, 1956–60.

Table 7. Hourly values of wind component means in m/s for each season, Zagreb–Grič, 1956–60.

Sez.	n				v			
	PR	LJE	JE	ZI	PR	LJE	JE	ZI
Sat								
1	- 0.84	- 0.83	- 0.41	- 0.40	- 1.08	- 0.87	- 0.66	- 0.40
2	- 0.82	- 0.69	- 0.37	- 0.43	- 0.94	- 0.76	- 0.60	- 0.43
3	- 0.79	- 0.63	- 0.35	- 0.35	- 0.90	- 0.67	- 0.56	- 0.39
4	- 0.69	- 0.54	- 0.35	- 0.3	- 0.83	- 0.57	- 0.57	- 0.41
5	- 0.63	- 0.43	- 0.28	- 0.35	- 0.79	- 0.48	- 0.54	- 0.46
6	- 0.55	- 0.40	- 0.25	- 0.33	- 0.71	- 0.43	- 0.55	- 0.43
7	- 0.44	- 0.28	- 0.25	- 0.26	- 0.62	- 0.30	- 0.57	- 0.40
8	- 0.27	- 0.05	- 0.08	- 0.28	- 0.50	- 0.06	- 0.47	- 0.40
9	- 0.05	0.26	0.17	- 0.23	- 0.37	0.26	0.20	- 0.34
10	0.18	0.42	0.38	- 0.15	- 0.14	0.48	0.04	- 0.26
11	0.28	0.55	0.49	- 0.02	- 0.05	0.60	0.21	- 0.02
12	0.37	0.60	0.50	- 0.05	0.00	0.70	0.31	0.23
13	0.35	0.61	0.66	0.03	- 0.04	0.70	0.48	0.32
14	0.45	0.60	0.50	0.08	0.01	0.70	0.31	0.40
15	0.41	0.56	0.44	0.09	- 0.04	0.71	0.15	0.38
16	0.31	0.50	0.34	0.02	- 0.10	0.59	0.01	0.24
17	0.28	0.45	0.19	- 0.14	- 0.16	0.54	- 0.14	- 0.02
18	0.15	0.27	- 0.13	- 0.23	- 0.23	0.30	- 0.57	- 0.20
19	- 0.15	0.04	- 0.53	- 0.37	- 0.50	- 0.01	- 1.01	- 0.38
20	- 0.56	- 0.63	- 0.67	- 0.37	- 0.93	- 0.76	- 1.15	- 0.42
21	- 0.76	- 0.93	- 0.61	- 0.38	- 1.18	- 1.11	- 1.06	- 0.41
22	- 0.80	- 0.99	- 0.57	- 0.46	- 1.21	- 1.20	- 0.96	- 0.48
23	- 0.84	- 0.92	- 0.58	- 0.52	- 1.19	- 1.12	- 0.92	- 0.50
24	- 0.83	- 0.88	- 0.54	- 0.50	- 1.12	- 1.02	- 0.81	- 0.46
\bar{n} :	- 0.26	- 0.14	- 0.09	- 0.24	\bar{v} :	- 0.15	- 0.41	- 0.22

Sez.	p				u			
	PR	LJE	JE	ZI	PR	LJE	JE	ZI
Sat								
1	- 0.82	- 0.40	- 0.53	- 0.17	- 0.11	0.30	- 0.08	0.16
2	- 0.72	- 0.38	- 0.49	- 0.17	- 0.09	0.22	- 0.09	0.18
3	- 0.69	- 0.32	- 0.44	- 0.20	0.00	0.22	- 0.06	0.11
4	- 0.69	- 0.27	- 0.46	- 0.25	- 0.05	0.25	- 0.08	0.06
5	- 0.67	- 0.25	- 0.58	- 0.31	- 0.04	0.13	- 0.14	0.03
6	- 0.68	- 0.21	- 0.53	- 0.28	- 0.10	0.13	- 0.19	0.03
7	- 0.62	- 0.14	- 0.56	- 0.30	- 0.11	0.10	- 0.22	- 0.03
8	- 0.57	- 0.03	- 0.58	- 0.28	- 0.20	0.01	- 0.35	- 0.02
9	- 0.54	0.10	- 0.45	- 0.25	- 0.31	- 0.11	- 0.44	- 0.02
10	- 0.34	0.25	- 0.33	- 0.22	- 0.33	- 0.11	- 0.50	- 0.05
11	- 0.20	0.29	- 0.19	- 0.01	- 0.30	- 0.18	- 0.49	0.00
12	- 0.18	0.38	- 0.06	0.27	- 0.36	- 0.16	- 0.40	0.15
13	- 0.20	0.38	- 0.01	0.42	- 0.36	- 0.16	- 0.46	0.28
14	- 0.17	0.39	- 0.06	0.49	- 0.39	- 0.15	- 0.39	0.30
15	- 0.22	0.44	- 0.23	0.45	- 0.40	- 0.08	- 0.48	0.26
16	- 0.24	0.33	- 0.32	0.32	- 0.31	- 0.12	- 0.47	0.21
17	- 0.31	0.33	- 0.39	0.11	- 0.34	- 0.08	- 0.40	0.18
18	- 0.31	0.15	- 0.67	- 0.05	- 0.27	- 0.08	- 0.39	0.12
19	- 0.49	- 0.05	- 0.90	- 0.16	- 0.22	- 0.06	- 0.26	0.14
20	- 0.74	- 0.44	- 0.95	- 0.22	- 0.11	0.14	- 0.20	0.10
21	- 0.92	- 0.65	- 0.89	- 0.21	- 0.13	0.20	- 0.20	0.12
22	- 0.94	- 0.70	- 0.79	- 0.22	- 0.13	0.21	- 0.15	0.18
23	- 0.90	- 0.66	- 0.73	- 0.10	- 0.09	0.19	- 0.11	0.24
24	- 0.84	- 0.56	- 0.61	- 0.15	- 0.10	0.23	0.05	0.24
\bar{p} :	- 0.54	- 0.08	- 0.48	- 0.07	\bar{u} :	0.04	- 0.28	0.13

Tablica 8. Nastavak.
Table 8. Cont'd.

		S r p a n j																									
		Sati	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Smjer																											
N		184	135	100	90	71	71	45	23	29	22	19	23	13	26	26	42	39	26	55	119	155	174	190	171		
NNE		161	158	126	168	119	113	103	42	22	26	26	45	48	48	55	48	32	48	55	177	245	248	223	187		
NE		94	94	158	155	174	168	158	87	52	48	48	52	71	93	52	97	103	100	100	110	145	113	126	123		
ENE		45	61	45	42	65	61	97	132	106	110	110	148	116	87	119	100	119	145	119	61	55	55	45	32		
E		3	19	16	22	22	48	39	65	94	68	55	39	58	52	35	55	48	39	39	26	22	19	16	19		
ESE		16	16	19	13	32	16	29	58	74	91	84	71	45	52	65	71	58	55	74	42	26	10	13	13		
SE		6	10	13	23	13	13	13	55	71	81	81	81	90	87	84	94	103	94	81	52	6	16	10	6		
SSE		13	16	29	13	10	19	32	68	113	110	113	106	145	138	152	135	106	103	90	42	16	10	16	10		
S		19	19	35	32	29	19	52	87	81	116	158	152	135	119	103	65	77	65	65	52	26	23	6	16		
SSW		6	10	6	23	13	16	26	45	71	77	84	74	81	84	74	77	55	52	32	13	6	3	13	16		
SW		19	29	35	39	39	52	48	100	110	103	97	77	58	68	68	71	74	77	65	55	16	16	22	16		
WSW		45	39	68	55	42	42	77	90	45	55	48	52	32	42	58	52	68	77	90	71	32	52	68	39		
W		129	119	74	113	126	116	84	48	55	42	26	26	29	16	29	10	13	29	29	48	77	77	81	113		
WNW		71	74	68	77	74	52	55	23	23	23	39	16	19	23	19	32	32	32	55	42	71	55	61	97		
NW		100	74	103	58	58	77	61	52	32	13	6	19	35	39	39	35	42	29	19	61	68	65	55	77		
NNW		58	55	45	32	55	35	48	19	22	13	6	19	23	26	22	16	29	29	29	29	32	58	45	52		
C		29	71	61	45	58	81	32	6	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	6	10	13		
Broj slučaja		300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300		

		L i s t o p a d																								
		Sati	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Smjer																										
N		119	116	110	110	122	123	110	91	51	55	42	36	23	26	26	29	45	103	168	181	152	139	113	123	
NNE		206	196	206	200	171	158	161	161	122	58	55	58	81	81	97	94	91	188	206	219	226	229	232	206	
NE		158	174	152	171	165	181	161	184	190	126	110	97	71	104	97	122	181	129	116	113	142	148	142	142	
ENE		71	52	64	61	65	77	94	97	113	133	114	117	113	136	136	133	110	81	65	52	52	48	42	52	
E		3	13	16	16	32	23	29	48	51	52	55	45	81	55	74	58	42	36	29	26	16	19	16	6	
ESE		16	6	3	13	26	13	19	48	51	74	84	78	90	78	65	58	42	32	13	16	22	16	16	10	
SE		3	6	23	23	29	23	29	19	42	65	75	110	74	68	78	71	71	36	16	10	13	10	3	10	
SSE		23	16	-	6	16	19	26	19	45	87	101	71	74	65	84	71	49	39	26	19	19	16	10	16	
S		3	10	19	13	16	10	13	16	48	71	62	58	74	61	48	39	55	39	10	13	10	10	6	3	
SSW		3	16	13	13	13	19	10	10	23	52	81	97	106	113	91	103	71	39	26	6	13	13	6	-	
SW		29	26	23	26	26	29	19	38	61	71	84	110	119	120	113	87	81	48	39	13	23	16	29	26	
WSW		48	52	65	90	74	68	61	61	58	55	58	61	64	52	49	65	52	58	55	45	39	65	55	48	
W		94	100	93	77	77	71	84	68	74	42	26	23	6	16	19	26	45	52	90	97	77	71	87	106	
WNW		35	55	45	52	42	35	32	29	16	16	32	23	16	19	13	26	23	45	32	55	64	48	55	58	
NW		65	45	35	48	42	48	42	32	19	19	6	3	-	3	6	10	29	39	61	74	61	71	77	74	
NNW		61	52	61	45	26	42	29	29	19	19	13	13	6	3	3	6	10	19	45	52	55	58	61	58	
C		61	64	71	35	58	61	81	48	16	3	-	-	-	-	-	-	3	16	3	10	16	23	48	61	
Broj slučaja		310	310	310	310	310	310	310	310	310	308	310	309	309	309	309	309	309	310	310	310	310	310	310	310	

Tablica 9. Apsolutne čestine smjera vjetra po razredima brzina, Zagreb-Grič, 1956-60.

Table 9. Contingency tables for surface wind for seasons and three terms in a day, Zagreb-Grič, 1956-60.

	1 h								Zbroj	7 h								Zbroj	13 h								Zbroj
	a	b	c	d	e	f	g	h		a	b	c	d	e	f	g	h		a	b	c	d	e	f	g	h	
H	22	8	5	2	2	1			40	12	2	6	6	4	1			19	2	6	6	4	1			19	
NE	29	33	5	7	1	1			76	30	14	9	9	3	1			66	2	5	12	8	4			31	
ENE	29	46	24	7	1				107	47	26	17	7	1				98	4	15	18	10	2	1		50	
E	21	24	4	2					51	42	22	8						72	12	35	18	4				69	
ESE	8		1						5	10	2	2						14	3	13	7					23	
SE	3								3	11								11	3	27	12					42	
SSE	2		1						3	3								3	2	16	7					25	
S	2								2	6								6	8	23	3					34	
SSW	7								7	5								5	5	24	6					35	
SW	6	3							9	7	1							8	1	20	4					25	
WSW	7	18	1	3		1			30	19	7	5						16	1	14	10	3	5	2	2	1	38
W	12	14	10	7	1				44	14	20	9	3					31	3	6	9	3	3	6	1	31	
WNW	9	9	5	5		2			30	14	16	4	4	1				46	2	5	3	1		1		12	
NW	6	11	6	3	3				29	5	4	4	2					39	4	2	6	3	1			16	
NNW	8	3							11	4								15	1	2	1	1				5	
Zbroj	169	169	63	36	8	5			450	237	119	59	25	5	1			446	56	213	123	36	17	9	4	1	459

	L j e t o								Zbroj	J e s e n								Zbroj	Z i m a								Zbroj
	a	b	c	d	e	f	g	h		a	b	c	d	e	f	g	h		a	b	c	d	e	f	g	h	
H	56	26	2	3	3				90	23	1	3	1	2				30	3	2	3	2				10	
NE	34	33	5	1		1			74	37	11	2		1				51	1	2	6	4	1			14	
ENE	30	20	2	1					53	62	13	10	3					88	10	17	7	6	1			41	
E	11	3	3						17	34	11	1						46	5	34	9					48	
ESE	5								5	16	2	1						19	6	19	5					30	
SE	3	1							4	12								12	5	13	8					26	
SSE	4								4	13	1							14	10	31	4					45	
S	1								1	16								16	10	36	1					47	
SSW	4								4	8	1		1					10	3	44	7					54	
SW	6	1							7	12	3							15	6	18	5	4				33	
WSW	9	3							12	17	4							21	6	12	14	12	3			47	
W	6	12							18	18	13		1					32	9	1	2	1	2			15	
WNW	32	26	5						63	30	22	4						56	1	9	2	2				14	
NW	18	12	4	2			1		37	11	5	1						17	5	8	2	1				16	
NNW	20	14	6	3	1				44	14	2	1	4					21	3	3	4	1				11	
Zbroj	253	153	27	11	4	1	1	1	450	327	91	23	11	3				455	76	262	78	34	7	2		459	

	Z i m a								Zbroj	Z i m a								Zbroj								
	a	b	c	d	e	f	g	h		a	b	c	d	e	f	g	h									
H	15	4	1	1					21	2	2	1	1	1				6	7	4						11
NE	17	6	4	2					29	2	2	5	1	1	1			9	10	4	4					18
ENE	23	24	11	6		1			65	9	11	10	5	2	1			38	29	20	18	4				71
E	35	18	4	1	1				59	14	15	11	3					43	38	14	6	2	1			61
ESE	17	7	2						26	18	8							26	24	9	2					37
SE	8								8	5	8	1						14	14	2						16
SSE	13	3							16	19	10							29	9	1						10
S	5	1							6	23	16							39	2	2						4
SSW	8								9	19	8							27	13							13
SW	8	1							9	18	13							31	8	1		1				10
WSW	16	3	2	5					26	21	29	4	2	3	2			61	7	4	2	1				14
W	8	9	3	3	1				24	10	11	8	7	2	4	1	2	45	8	11	2	4				25
WNW	19	19	13	4	2				57	8	11	6	3	1	2			31	21	9	10	3				43
NW	15	10	7	2	2				36	4	6	5	2	2				19	17	11	4	6	1			39
NNW	11	7	1	2	2		2		23	2	2	1	1	1				7	9	1	4	1				15
Zbroj	8	7							16	1								1	5	1						6

Tablica 10. Srednjaci skalarne brzine i komponentata vjetra (m/s) i varijance tih veličina (m^2/s^2), Zagreb–Grič, 1956–60.

Table 10. Mean values for scalar wind velocity, wind components (m/s) its variances (m^2/s^2) and maximum values, Zagreb–Grič, 1956–60.

		v		n		v		p		u		v _{max}
		Sred.	σ^2	Sred.	σ^2	Sred.	σ^2	Sred.	σ^2	Sred.	σ^2	
PR	1956	2.63	2.85	- 0.36	3.00	- 0.59	3.71	- 0.47	6.44	- 0.08	5.72	17.5
	1957	2.32	1.98	- 0.35	2.62	- 0.76	3.37	- 0.73	4.09	- 0.27	3.34	17.8
	1958	2.56	2.28	- 0.16	2.39	- 0.34	3.62	- 0.31	6.34	- 0.10	5.11	18.2
	1959	2.48	2.53	- 0.27	2.53	- 0.37	3.34	- 0.34	5.95	- 0.06	4.97	18.8
	1960	2.27	1.61	- 0.16	1.88	- 0.72	2.83	- 0.86	4.12	- 0.50	3.17	18.0
LJE	1956	2.07	1.50	- 0.10	2.31	- 0.13	2.91	- 0.08	3.44	0.01	2.84	17.9
	1957	2.08	1.51	- 0.13	2.18	- 0.17	3.27	- 0.12	3.64	0.00	2.55	23.5
	1958	2.01	1.61	- 0.13	1.94	- 0.14	2.60	- 0.07	3.67	0.04	3.00	20.8
	1959	1.77	1.24	- 0.12	1.78	- 0.34	2.45	- 0.37	2.45	- 0.18	1.79	23.2
	1960	2.01	1.28	- 0.22	2.11	0.00	2.58	- 0.23	3.09	0.32	2.63	17.2
JE	1956	1.89	1.65	- 0.12	1.64	- 0.55	2.10	- 0.65	3.13	- 0.37	2.68	19.2
	1957	1.76	1.93	- 0.09	1.38	- 0.44	2.82	- 0.53	3.37	- 0.31	1.93	24.9
	1958	1.63	1.35	- 0.01	0.99	- 0.44	1.61	- 0.60	2.64	- 0.42	2.03	18.0
	1959	1.86	1.44	- 0.04	1.47	- 0.47	2.44	- 0.63	3.03	- 0.42	2.06	17.1
	1960	1.84	1.29	- 0.21	1.45	- 0.16	2.00	- 0.01	3.16	0.14	2.61	14.6
ZI	1956	1.91	2.35	- 0.23	2.14	- 0.28	1.48	- 0.16	3.80	0.06	4.46	18.8
	1957	1.67	2.30	- 0.23	1.81	- 0.32	1.96	- 0.23	3.17	0.00	3.01	20.0
	1958	2.03	2.87	- 0.38	1.96	- 0.12	2.27	0.22	4.83	0.43	4.52	20.3
	1959	1.83	1.83	- 0.33	2.03	- 0.27	1.64	- 0.05	3.05	0.20	3.43	20.9
	1960	1.66	1.38	- 0.03	1.26	- 0.11	1.56	- 0.12	2.86	- 0.06	2.56	18.2
GOD	1956	2.13	2.18	- 0.21	2.29	- 0.39	2.59	- 0.34	4.26	- 0.09	3.96	19.2
	1957	1.96	2.00	- 0.20	2.01	- 0.42	2.91	- 0.40	3.63	- 0.14	2.73	24.9
	1958	2.06	2.14	- 0.17	1.84	- 0.26	2.55	- 0.19	4.46	- 0.10	3.76	20.8
	1959	1.99	1.84	- 0.19	1.97	- 0.38	2.45	- 0.35	3.67	- 0.11	3.18	23.2
	1960	1.95	1.44	- 0.16	1.69	- 0.25	2.33	- 0.19	3.48	- 0.03	2.84	18.2
1956-1960	Prolj.	2.45	2.25	- 0.26	2.48	- 0.56	3.37	- 0.54	5.39	- 0.20	4.46	18.8
	Ljeto	1.99	1.43	- 0.14	2.06	- 0.15	2.76	- 0.08	3.26	0.04	2.56	23.5
	Jesen	1.80	1.53	- 0.09	1.39	- 0.41	2.19	- 0.48	3.07	- 0.28	2.26	24.9
	Zima	1.82	2.15	- 0.24	1.84	- 0.22	1.78	- 0.07	3.54	0.13	3.59	20.9
	Godina	2.02	1.92	- 0.19	1.96	- 0.34	2.57	- 0.29	3.90	- 0.08	3.29	24.9

Tablica 11. *Parcijalne varijance i standardne devijacije u pojedinim dijelovima spektara energije skalarne brzine i komponentata vjetra, u ukupnom intervalu perioda 2 sata do 12 dana, izračunate iz satnih vrijednosti i izražene u % i u m^2/s^2 te u m/s, Zagreb–Grič, 1956–60.*

Table 11. *Partial variances and standard deviations for different parts of surface wind energy spectra. The spectra are calculated from hourly values of scalar wind velocities and wind components in natural and geographical coordinate system. The spectral period range is 2 hrs to 12 days, Zagreb–Grič, 1956–60.*

Spektralna područja SP sati :	$\sigma^2 \%$				$\sigma^2 m^2/s^2$				$\pm \sigma m/s$				
	SI	24	12	ost.	SI	24	12	ost.	Sve	SI	24	12	ost.
Širina intervala perioda sati :	258 - 31	30-21	20-11	10- 2	258 - 31	30-21	20-11	10- 2	287 - 2	258 - 31	30-21	20-11	10- 2
v	53	19	14	14	1.01	0.37	0.27	0.27	1.39	1.01	0.61	0.52	0.52
v {	PR 53	19	14	14	1.19	0.43	0.32	0.31	1.50	1.09	0.66	0.57	0.56
	LJE 32	34	15	19	0.46	0.49	0.22	0.26	1.50	0.68	0.70	0.47	0.51
	JE 55	16	13	16	0.84	0.24	0.20	0.25	1.24	0.92	0.49	0.45	0.50
	ZI 63	11	13	13	1.35	1.24	0.28	0.28	1.47	1.16	1.49	0.53	0.53
n	37	22	16	25	0.73	0.43	0.32	0.48	1.40	0.85	0.66	0.57	0.69
v	42	23	14	21	1.08	0.59	0.36	0.54	1.60	1.04	0.77	0.60	0.73
p	60	15	12	13	2.33	0.59	0.47	0.51	1.98	1.53	0.77	0.69	0.71
u	62	12	12	14	2.04	0.40	0.39	0.46	1.81	1.43	0.63	0.62	0.68
n {	PR 40	23	15	22	0.99	0.57	0.37	0.55	1.58	1.00	0.79	0.61	0.74
	LJE 28	27	17	18	0.57	0.56	0.35	0.58	1.44	0.76	0.75	0.59	0.76
	JE 32	26	16	26	0.45	0.36	0.22	0.36	1.18	0.67	0.60	0.47	0.60
	ZI 51	13	14	22	0.94	0.24	0.25	0.41	1.36	0.97	0.49	0.50	0.64
v {	PR 46	23	13	18	1.55	0.77	0.44	0.61	1.84	1.25	0.88	0.66	0.78
	LJE 30	30	16	24	0.83	0.83	0.44	0.66	1.66	0.91	0.91	0.66	0.81
	JE 46	21	15	18	1.01	0.46	0.33	0.39	1.48	1.01	0.68	0.57	0.62
	ZI 47	15	15	23	0.83	0.27	0.27	0.41	1.33	0.91	0.52	0.52	0.64
p {	PR 65	14	11	10	3.50	0.77	0.59	0.53	2.11	1.87	0.88	0.77	0.73
	LJE 46	22	16	16	1.50	0.72	0.52	0.52	1.81	1.23	0.85	0.72	0.72
	JE 63	12	13	12	1.94	0.37	0.40	0.36	1.75	1.39	0.61	0.63	0.60
	ZI 66	11	11	12	2.34	0.39	0.39	0.42	1.88	1.53	0.62	0.62	0.65
u {	PR 66	12	10	12	2.95	0.54	0.44	0.53	1.36	1.72	0.74	0.66	0.73
	LJE 49	17	15	19	1.26	0.43	0.39	0.48	1.60	1.12	0.66	0.62	0.69
	JE 61	11	14	14	1.38	0.25	0.32	0.31	1.50	1.18	0.50	0.57	0.56
	ZI 67	10	11	12	2.41	0.36	0.40	0.42	1.50	1.18	0.50	0.57	0.56