

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET  
GEOFIZIČKI ODSJEK

IVANA HAVRLE KOZARIĆ

UTJECAJ VREMENSKIH ČIMBENIKA NA  
POGORŠANJE KRONIČNOG BRONHITISA

DIPLOMSKI RAD

Voditelj: dr. sc. Antun Marki

Suvoditeljica: dr. sc. Ksenija Zaninović

ZAGREB, 2012.

# 1. UVOD

---

## 1.1 BIOMETEOROLOGIJA

Biometeorologija je grana meteorologije koja proučava djelovanje vremena na ljude, životinje i biljke, a humana biometeorologija (u nekim izvorima medicinska meteorologija) se bavi atmosferskim utjecajem samo na ljude. Taj utjecaj je raznolik i kompleksan, no može se sažeti na tri glavna čimbenika: ponajprije su to složeni uvjeti razmjene topline sastavljeni od meteoroloških elemenata (temperatura, tlak, vlaga, strujanje,...) i njihovih naglih promjena, zatim direktni biološki efekti Sunčevog zračenja te onečišćenje zraka (Jendritzky, 1993).

Već nekoliko tisuća godina ljudi uočavaju i proučavaju vezu između vremena i zdravlja kako ljudi tako i životinja. Car Huangdi je već oko 2650. g. p. K. u svom „Kanonu medicine“ istaknuo, između ostalog, utjecaj hladnoće na pluća. Hipokrat je oko 430. g. p. K., u svom djelu „Zrak, voda i tlo“ napisao da bi svaki uspješan liječnik trebao znati što može očekivati od vremena. Poznato je da vrijeme i klima utječu na ponašanje stanovnika Zemlje, pa zašto ne bi utjecali i na njihovo zdravlje (Collier i Hardaker, 1995)?

Upravo je Hipokrat pronašao vezu između prevladavajućih vjetrova i astme, dok je Van Helmont u 17. stoljeću zaključio da su prašina, klima i vrijeme mogući pokretači respiratornih bolesti (Beggs i Curson, 1997).

Krajem 19., a osobito u prvoj polovini 20. stoljeća započeo je značajan razvoj biometeorologije, ponajprije zbog interesa pojedinih liječnika koji su skupljali podatke o bolestima te meteorologa koji su na temelju tih podataka i redovnih mjerenja mnogobrojnih meteoroloških elemenata mogli kvalitetnim statističkim analizama tražiti ovisnost bolesti o vremenu (Pleško, 1996).

U Hrvatskoj su biometeorološka istraživanja započela prije više od 50 godina. Primarna svrha im je bila izrada biometeorološke prognoze, koja se izdaje već desetak godina, te stvaranje podloga za turističke ili zdravstvene organizacije zbog liječenja, rekreacije ili planiranja odmora (Zaninović, 1998).

Živa bića su prilagođena područjima na kojima žive i lokalnoj klimi. Zdravi organizam normalno i bez većih poteškoća reagira na nagle vremenske promjene ili promjene klime uzrokovane putovanjem ili preseljenjem na drugo klimatsko područje. No, iako se ljudski organizam i kod velikih promjena u uvjetima okoliša i/ili atmosfere trenutno prilagođava, postoje osobe s oštećenim ili disfunkcionalnim mehanizmom prilagodbe, tzv. meteoropati (od grčkih riječi *meteoros* - visoko u zraku i *pathos* - bolest) kod kojih je prilagodba usporena ili onemogućena.

Meteoropati su osobe koje su zbog urođenih ili stečenih čimbenika jako osjetljive na vrijeme i promjene vremena. Statistike pokazuju da je gotovo svaka treća osoba na svijetu sklona meteoropatiji, što je izraženije u djece, starijih osoba te osobito u kroničnih bolesnika koji mogu osjećati dodatne zdravstvene tegobe ili pogoršanje trenutnog stanja.

Posljednjih godina se bilježi velik porast broja meteoropata za što znanstvenici koji se bave proučavanjem meteoropatije imaju objašnjenje. Razlog je, prema njihovu mišljenju, taj što moderni čovjek sve manje ima izravni dodir s prirodom, i previše vremena provodi u zatvorenom prostoru, ljeti rashlađenom klima-uređajima, a zimi pregrijanom. Stoga je ljudski prirodni sustav termoregulacije tijela, zaslužan za prilagođavanje promjenama iz okoliša, postupno postao manje učinkovit i usporen (Žagar-Petrović, 2009).

Osim na zdravlje, vrijeme utječe i na raspoloženje, ponašanje i opće dobro osjećanje. Obično se tegobe javljaju kod naglih promjena temperature zraka, naglog pada atmosferskog tlaka ili prilikom naglog porasta vlažnosti zraka. Dodatni čimbenici koji utječu na zdravlje su razina peludi u zraku i strujanje zraka (Žagar-Petrović, 2009).

U današnje vrijeme poznato je da ljudsko tijelo meteorološke podražaje najviše osjeća preko kože, dišnog sustava i nosa, očiju te živčanog sustava, no za prilagodbu na promjene u atmosferskim uvjetima najvažniji su srce i krvne žile. Zato se u svijetu najčešće provode istraživanja utjecaja vremena baš na bolesti srca i krvnih žila, te na plućnu emboliju, no sve je veći niz bolesti kojima se „pokretači“ traže u atmosferi. To su alergije, bolesti dišnog sustava poput astme i bronhitisa, kožne, reumatske i duševne bolesti, rak.

Važno je naglasiti da se rezultati istraživanja međusobno razlikuju, čemu su najvažniji razlozi različita klima i kvaliteta zraka raznih područja, no vjerojatno i korištenje različitih postupaka obrade podataka i analize (Pleško, 1996).

## 1.2 KRONIČNI BRONHITIS

Bronhitis je upala dišnih putova (bronhija) koji povezuju dušnik (traheju) sa sitnim zračnim mjehurićima (alveole) u plućima. U zračnim mjehurićima tijelo apsorbira kisik koji se udiše. Pri upali bronhija stijenke bronhija su natečene i napunjene vrlo ljepljivom sluzi, pa je protok zraka u pluća i iz pluća djelomično onemogućen.

Dvije su vrste bronhitisa:

1. akutni - bolesnik nakon određenog vremena potpuno ozdravi;
2. kronični - bolesnik boluje dugo vremena i bolest ne prestaje.

U ovoj radnji se analiziraju podaci o hitnom prijemu bolesnika s kroničnim bronhitisom, pa je naglasak na opisu kroničnog oblika bolesti, odnosno njegovog akutnog pogoršanja.

Kronični bronhitis je dugotrajna upala dišnih putova pri čemu se proizvode velike količine sluzi, a javlja se u odrasloj, obično srednjoj i starijoj dobi. Glavne osobine kroničnog bronhitisa su kašalj koji se javlja svakodnevno kroz tri mjeseca godišnje, najmanje dvije godine zaredom. Kašalj je jači ujutro, a iskašljava se sluzavi sadržaj uz moguće hripanje i piskanje u prsima te otežano disanje. Najčešće boluju pušači (gotovo svaki dugogodišnji pušač) te djelatnici u specifičnim granama industrije kao što su rudari, zidari, građevinari,... (Pleško i sur., 1994).

Kronični bronhitis nema iznenadni i nagli napadaj odnosno početak. Često nastaje nakon što se preboli „obična prehlada“, no još nekoliko tjedana uz kašalj i proizvodnju velikih količina sluzi. Budući da su najčešći bolesnici pušači (90% svih bolesnika s kroničnim bronhitisom), kašalj se obično smatra samo „pušačkim kašljem“. Kako vrijeme prolazi, prehlade su sve češće i teže, uz dugotrajniji kašalj i iskašljavanje sluzavog sadržaja. Općenito je kašalj jači ujutro i pri vlažnom, hladnom vremenu.

Ljudi često zanemaruju simptome kroničnog bronhitisa dok nije uznapredovao, budući da ga smatraju bolešću koja ne ugrožava život. Bolesniku koji se ne obrati liječniku na vrijeme kako bi dobio odgovarajuće liječenje, pluća mogu biti jako oštećena što dovodi do ozbiljnih problema s disanjem ili do prestanka rada srca.

S druge strane, kronični bronhitis se lako može otkriti na vrijeme pa se uz odgovarajuću terapiju može mnogo učiniti za suzbijanje i olakšanje ove respiratorne bolesti (<http://www.lungusa.org/lung-disease/bronchitis-chronic/understanding-chronic-bronchitis.html>).

Dijagnoza se postavlja pomoću niza testova:

- spirometrija (spirometar mjeri koliko dugo bolesniku treba da ispuše sav zrak iz pluća - što su dišni putovi više ispunjeni sa sluzi, to je vrijeme ispuhivanja zraka duže);
- rendgensko snimanje pluća (na snimci se vidi jesu li pluća oštećena);
- laboratorijsko uzimanje uzorka sluzi
- krvni test (mjeri količinu kisika i ugljik-dioksida u krvi);
- kompjuterizirana tomografija visoke rezolucije, HRCT (*High Resolution Computed Tomography*)...

Budući da je samo 5-10% slučajeva bronhitisa uzrokovano bakterijskom infekcijom, u liječenju se rijetko koriste antibiotici. Najviše je slučajeva uzrokovano virusnom infekcijom koja se bez lijekova, "sama po sebi", izliječi unutar nekoliko tjedana. Mogu se koristiti inhalatorni lijekovi za olakšanje disanja, tzv. bronhodilatori, a u težim slučajevima, kod poremećene izmjene plinova u krvi, liječenje kisikom.

Kronični bronhitis se ne može potpuno izliječiti, ali se može tretirati. Najdjelotvornija terapija za bolesnike je prestanak pušenja, a zatim uzimanje lijekova za prevenciju ili ublažavanje simptoma, promjena životnog stila uz borbu protiv mikroba kako se bolest ne bi pogoršavala, te pridruživanje programu rehabilitacije zbog pravilnog disanja i izvođenja tjelovježbe.

Akutno pogoršanje kroničnog bronhitisa je epizoda otežanog disanja zbog daljnjeg sužavanja dišnih putova. Prati ga češći i jači kašalj i povećano izlučivanje sluzi, gušćeg no inače pa se teže iskašljava te tako omogućuje bakterijama zadržavanje u donjim dišnim putovima i izazivanje teže upale

([http://www.medbroadcast.com/condition/info/details.asp?disease\\_id=285#Facts](http://www.medbroadcast.com/condition/info/details.asp?disease_id=285#Facts)).

Prevenција akutnog pogoršanja kroničnog bronhitisa provodi se:

- prestankom pušenja i izbjegavanjem sekundarnog pušenja, prašine i sličnih inhaliranih iritanata;
- cijepljenjem protiv gripe i upale pluća;
- redovitom tjelovježbom, primjerenim odmorom i zdravom prehranom;
- izbjegavanjem kontakata s pacijentima koji boluju od prehlade, gripe ili upale pluća;
- velikim unosom tekućine i ovlaživanjem zraka kako bi se smanjio problem gustog iskašljaja i gušenja u prsima.

Preporučuje se da bolesnik ima plan za buduća nagla pogoršanja: može paziti na pojavu simptoma kao što je promjena u osobinama ili količini sluzi i ostajanje bez daha, te početi s terapijom prema prijašnjem dogovoru s liječnikom. To omogućava trenutni početak liječenja ([http://www.lung.ca/diseases-maladies/a-z/bronchitis-bronchite/index\\_e.php#chronic](http://www.lung.ca/diseases-maladies/a-z/bronchitis-bronchite/index_e.php#chronic)).

### **1.3 DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA UTJECAJA VREMENA NA KRONIČNI BRONHITIS**

Kronične respiratorne bolesti poput kroničnog bronhitisa, emfizema i astme još uvijek su važni problemi javnog zdravstva u mnogim državama. Stope smrtnosti su u mnogim područjima ne samo visoke nego posljednjih godina i značajno rastu. Rasprostranjenost i učestalost ovih bolesti su usko povezane s ljudskom aktivnošću i biofizičkom okolinom, osobito klimom. Iz tog razloga se istraživanjima pokušavaju naći i izdvojiti glavni pokretači tih bolesti, te objasniti njihov nastanak, kako bi se bolesnici mogli pravodobno upozoriti na opasne situacije (Beggs i Curson, 1997).

Do 1970-tih godina malo je istraživanja napravljeno o vezi kroničnog bronhitisa s meteorološkim parametrima, jer se do tada smatralo da je najvažniji čimbenik pogoršanja te bolesti onečišćenje zraka. Najviše su se proučavale korelacije respiratornih infekcija, odnosno pogoršanja kroničnog bronhitisa, s vremenskim situacijama u kojima prevladava dugotrajna magla, onečišćena dimom i/ili sumpornim-dioksidom.

S tim u vezi, ako se gledaju najzloglasnije epizode onečišćenja zraka prošlog stoljeća, vidljivo je da su temperaturne inverzije usko povezane s mnogim pojavama kroničnih respiratornih bolesti (Beggs i Curson, 1997). Najpoznatija epizoda je londonska „magla smrti“ iz prosinca 1952. g., kad se zbog temperaturne inverzije u uvjetima s niskom temperaturom zraka i bez vjetrova, danima pri tlu zadržavala magla pomiješana s čađom i sumpornim dioksidom iz dimnjaka i dizel-vozila. Posljedice su bile: smanjena vidljivost, nepodnošljiv smrad i tisuće mrtvih, među kojima je najviše bilo respiratornih bolesnika (umrlih od bronhitisa je bilo 10 puta više u usporedbi s uobičajenom stopom smrtnosti).

Ovaj je događaj imao veliko značenje i u smislu istraživanja utjecaja na okolinu te je doprinio podizanju svijesti javnosti o vezi onečišćenja zraka i zdravlja ljudi. Došlo je i do izmjene zakonskih regulativa tako da je 1956. g. usvojen „Akt o čistom zraku“.

Zanimljivo je istraživanje među poštarima u Londonu koji su išli u prijevremenu mirovinu zbog bronhitisa i upale pluća (Reid, 1958, preuzeo Gregory, 1970). Rezultati su pokazali da je stopa odlazaka takvih bolesnika u mirovinu najveća u velikim gradovima i industrijskim

područjima i da ona nije povezana s klimatskim varijacijama i temperaturom zraka kao ni sa socijalnim ili s razlikama u zanimanju. Veza visoke stope prijevremenih mirovina i onečišćenja zraka pojačana je i činjenicom da je broj bolovanja među poštarama rastao u sjeveroistočnom dijelu Londona gdje je onečišćenje zraka bilo najveće. Također je dokazano i da je jako pogoršanje bolesti, koje završava nesposobnošću za rad, a u nekim slučajevima i smrću, zbog navedenih vanjskih utjecaja češće kod poštara nego kod uredskih službenika koji rade samo u zatvorenim prostorima (Gregory, 1970).

Kronične respiratorne bolesti su češće među pripadnicima najnižih klasa industrijskog društva. Tako je McMichael (1985) u svom radu o stopi smrtnosti u različitim klasama društva u Australiji objavio da muškarci iz najniže socioekonomske kategorije imaju čak 2.8 puta češće kronične respiratorne bolesti u usporedbi s onima iz najviše kategorije (Beggs i Curson, 1997).

Kotaniemi (2002) u zaključku iznosi da je najveća učestalost kroničnog bronhitisa pronađena među radnicima na otvorenom prostoru, najčešće pušačima, a pogoršanja su tijekom zime češća u sjevernim nego u južnim područjima Finske, jer su ljudi izloženi većoj hladnoći.

Na temelju tjednih prosjeka bolovanja radnika iz čeličane u Sheffieldu, Velika Britanija, zimi, Gregory (1970) je utvrdio da je temperatura zraka negativno, a razina zagađenja dimom pozitivno korelirana s učestalošću pogoršanja kroničnog bronhitisa narednog tjedna. Iako je to istraživanje pokazalo da niti temperatura, niti vlažnost zraka ne utječu na pojavu pogoršanja kroničnog bronhitisa, za temperaturu zraka je nađena veza s trajanjem bolesti te je pretpostavljeno da niske temperature zraka „produljuju bolovanje i odgađaju povratak na posao“.

U istraživačkim radovima se često može uočiti da je vrijeme samo jedan u nizu kumulativnih čimbenika koji su pokretači bolesti, a drugi uobičajeni element tog niza je kvaliteta zraka.

Općenito se u takvim radovima uzima jednostavni vremenski niz npr. temperature zraka, brzine vjetrova ili čak količine oborine. Iako se može proučavati korelacija između tih jednostavnih mjerenja i zdravstvenog stanja, ona ne mora uvijek objasniti razloge proučavanih veza meteoroloških parametara i zdravlja te može prikrivati pravu sliku stanja.

Stoga se rade detaljnija istraživanja kojima se procjenjuju i utjecaji okoline uključujući velik broj čimbenika kao što su zdravstveno stanje i socio-ekonomski status pojedinca te osobine

vremena na sinoptičkoj i lokalnoj, mikro-skali. Tako se može bolje objasniti utjecaj vremena na zdravlje (Collier i Hardaker, 1995).

Istraživanja o utjecaju vremena na ljudsko zdravlje nerijetko su praćena poteškoćama. U stvarnosti, vrijeme utječe na kvalitetu zraka što pak ima velik te istovremeno i kompleksan utjecaj na ljudsko zdravlje. Stoga je teško proučavati utjecaj vremena odvojeno od utjecaja kvalitete zraka na zdravlje. Usprkos tome, u mnogim se istraživanjima, pa tako i u ovom radu, pokušava istaknuti utjecaj vremena iako se zna da on ne mora i neće najviše doprinosti određenim utjecajima na zdravlje (Collier i Hardaker, 1995).

U priručniku za bolesnike "Astma i kronični bronhitis" (Pleško i sur., 1994) navodi se da istraživanja mnogih istraživača u svijetu i u Hrvatskoj pokazuju statistički značajan porast učestalosti akutizacije bolesti pri promjenama vremena koje nastaju zbog prolaska atmosferskih fronti, a naročito pri zahladnjenju uz maglu i visoke koncentracije sumpor-dioksida.

Istraživanja naših znanstvenika pokazala su razlike između nepovoljnih vremenskih prilika u hladnom (X-III) i toplom dijelu godine (IV-IX). U hladnom dijelu godine značajnija su višednevna razdoblja s prolaskom tople fronte i zatopljenjem, a u toplom razdoblja s prolaskom hladne fronte i višednevnim zahladnjenjem.

## **1.4 CILJ DIPLOMSKOG RADA**

Cilj ovog istraživanja je pronaći vezu između vremenskih situacija i pogoršanja kroničnog bronhitisa. Postoje kvalitetni eksperimentalni i epidemiološki dokazi da kronični plućni bolesnici mogu doživjeti pogoršanje simptoma bolesti tijekom određenih meteoroloških situacija i/ili onečišćenja zraka (McGregor i sur., 1999), a meteorološki se čimbenici detaljno istražuju radi mogućeg uzrokovanja pogoršanja plućnih bolesti (Ferrari i sur., 2012).

Na ljudsko zdravlje mogu utjecati pojedini meteorološki elementi, ali i kompleksno djelovanje atmosfere. Stoga se za traženje utjecaja vremena na učestalost pojave bolesti u ovom radu proučava utjecaj pojedinih meteoroloških parametara te vremenskih tipova i prolazaka fronti.

U ovom radu će se pokušati izdvojiti i objasniti određene vremenske situacije koje bi mogle biti rizične za bolesnike s kroničnim bronhitisom.

## 2. PODACI

---

### 2.1 MEDICINSKI PODACI

Ulazni podaci za istraživanje u ovom diplomskom radu su dnevni broj hitnih prijema bolesnika s kroničnim bronhitisom (u daljnjem tekstu BKB) u četverogodišnjem razdoblju od 1. siječnja 1994. do 31. prosinca 1997. godine u tri specijalizirane zagrebačke bolnice: Klinici za plućne bolesti „Jordanovac“, Specijalnoj bolnici za plućne bolesti i Kliničkoj bolnici „Sestre Milosrdnice“. U nizu dnevnog broja prijema nema podataka o spolu niti o starosti pacijenta.

Hitan prijem u bolnicama radi svakoga dana od 0 do 24 h i pacijenti dolaze u bilo koje doba dana kad im se zdravstveno stanje pogorša.

U radu je uzorak dnevnih hitnih prijema BKB tretiran kao slučajaj, te su podaci o broju prijema u cijelom uzorku međusobno nezavisni.

Poznato je iz medicinske literature da kod bolesnika s kroničnim bronhitisom postoji više čimbenika rizika koji na organizam djeluju u dužem razdoblju, među kojima su: pušenje, oslabljeni imunitet, alergeni i polutanti u zraku, opetovane respiratorne infekcije, vlaga u prostoru gdje bolesnik boravi najveći dio dana, pretilost bolesnika, itd. (<http://www.handsonhealth-sc.org/page.php?id=1344>). Uz ove nemeteorološke čimbenike rizika, pretpostavlja se i da vrijeme ima značajan utjecaj na pogoršanje kroničnog bronhitisa. Stoga će u ovom radu biti analizirani vremenski čimbenici koji direktno ili indirektno mogu utjecati na povećanje broja prijema bolesnika s kroničnim bronhitisom.

## 2.2 METEOROLOŠKI PODACI

Meteorološki podaci korišteni za potrebe ovog istraživanja izmjereni su na Meteorološko-aerološkom opservatoriju Zagreb-Maksimir u četverogodišnjem razdoblju 1994.-1997. godine. Opservatorij se nalazi na 123 m nadmorske visine, s geografskom širinom i dužinom:  $\varphi = 45^{\circ}49' \text{ N}$ ,  $\lambda = 16^{\circ}01' \text{ E}$ . Postaja je u sastavu redovne mreže meteoroloških postaja Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ) koje svakodnevno obavljaju mjerenja i motrenja po standardima Svjetske meteorološke organizacije (WMO).

U ovom radu proučavana je ovisnost broja hitnih dnevnih prijema BKB o sljedećim meteorološkim elementima:

1.  $T_s$  - srednja dnevna temperatura zraka, ( $^{\circ}\text{C}$ );
2.  $T_{max}$  - maksimalna dnevna temperatura zraka, ( $^{\circ}\text{C}$ );
3.  $T_{min}$  - minimalna dnevna temperatura zraka, ( $^{\circ}\text{C}$ );
4.  $T_m$  - srednja dnevna temperatura mokrog termometra, ( $^{\circ}\text{C}$ );
5.  $A$  - dnevna amplituda temperature, ( $^{\circ}\text{C}$ );
6.  $p$  - srednji dnevni tlak zraka, (hPa);
7.  $vp$  - srednji dnevni tlak vodene pare, (hPa);
8.  $U$  - srednja dnevna relativna vlažnost, (%);
9.  $R$  - dnevna količina oborine, (mm);
10.  $N$  - srednja dnevna naoblaka, (desetine);
11.  $v$  - srednja dnevna brzina vjetra, (m/s);
12. - 14.  $IP$  - interdiurne (međudnevne) promjene veličina  $T_s$ ,  $p$  i  $U$ ;
- 15.-17.  $|IP|$  - apsolutne interdiurne (međudnevne) promjene veličina  $T_s$ ,  $p$  i  $U$ .

Interdiurne ili međudnevne promjene neke veličine su razlike dnevnih srednjaka između tekućeg i prethodnog dana, a u ovom radu koriste se i apsolutne interdiurne promjene veličina  $T_s$ ,  $p$  i  $U$ . U analizi se računa koeficijent korelacije broja prijema s interdiurnom promjenom,  $r(BP, IP)$ , i koeficijent korelacije broja prijema s apsolutnom interdiurnom promjenom meteorološkog elementa,  $r(BP, |IP|)$ . Na temelju njihovih predznaka može se zaključiti kakav je oblik interdiurne promjene elementa o kojem ovisi broj prijema (tablica 1) (Škarić, 1998).

Tablica 1: Oblik promjene meteorološkog elementa, temeljen na usporedbi predznaka koeficijenata korelacije broja prijema BKB s interdiurnom odnosno apsolutnom interdiurnom promjenom meteorološkog elementa.

|                 | $r(BP,  IP ) < 0$ | $r(BP,  IP ) > 0$ |
|-----------------|-------------------|-------------------|
| $r(BP, IP) < 0$ | malo smanjenje    | veliko smanjenje  |
| $r(BP, IP) > 0$ | malo povećanje    | veliko povećanje  |

Utjecaj vremena na broj prijema BKB analiziran je i pomoću tipova vremena te prolaska hladne i tople fronte.

Tipovi vremena određeni su klasifikacijom prema Poje (1965) na osnovi prizemne razdiobe tlaka zraka u jednom od sinoptičkih termina (00, 06, 12 ili 18 UTC) uz pomoć vremenski najbliže visinske situacije prikazane na karti 850 hPa (00 ili 12 UTC).

Tipizacija prema Poje opisuje 29 različitih tipova vremena za relativno mala i raznolika područja poput Hrvatske i primjenjuje se svakodnevno za redovito ocjenjivanje tipova vremena u nas (Lončar i Vučetić, 2003).

Prolaz fronti nad Zagrebom određen je u DHMZ-u prema kartama njemačke meteorološke službe (*Europäischer Wetterbericht, Berliner Wetterkarte*) i na temelju analiza prizemnih i visinskih podataka postaje Zagreb-Maksimir.

## 3. METODE

---

### 3.1 DANI S VELIKIM BROJEM PRIJEMA ( $n$ )

Iz brojnih istraživanja može se zaključiti da vrijeme utječe na bolesnike, posebice na akutnu pojavu bolesti ili pogoršanje kroničnih stanja bolesti. No, na razvoj i pojavu određene bolesti osim vremena utječu i drugi čimbenici čiji se efekti ne mogu razlučiti na temelju osnovnih podataka o dnevnoj čestini broja prijema.

U slučaju kroničnog bronhitisa među bitne čimbenike ubrajaju se ponajprije alergeni i polutanti u zraku te genetska predispozicija, no u ovom radu oni se ne razmatraju.

Pretpostavlja se da meteorološki čimbenici imaju dominantan utjecaj u danima kada je dnevni broj hitnih prijema BKB veći od srednjaka uvećanog za jednu standardnu devijaciju ( $> \bar{x} + \sigma$ ). U radu su ti dani s velikim brojem prijema označeni s  $n$  (Pleško i Zaninović, 1986).

Utjecaj vremena ne mora biti trenutačan jer organizmu treba određeno vrijeme da reagira na vanjske podražaje, no bolesnim osobama, kao i osobama osjetljivim na vrijeme, organizam možda reagira i na vrijeme koje tek dolazi. Sukladno tome, uvriježeno je da se analizira korelacijska veza između učestalosti pojave bolesti i meteoroloških parametara u sedmodnevnom razdoblju oko dana  $n$  kad je zabilježen velik broj hitnih prijema: od trećeg dana prije, pa do trećeg dana nakon dana  $n$ , ( $n \pm 3$ ).

Na taj se način može ustanoviti koji meteorološki čimbenici predstavljaju povećanu opasnost za bolesnike ne samo u danu napadaja, nego i nekoliko dana prije i nakon dana  $n$ , te se može odrediti razvoj vremenskih prilika u situacijama s povećanom učestalošću pojave kroničnog bronhitisa (Zaninović, 1999).

U ovom radu analizira se utjecaj pojedinih meteoroloških elemenata, fronti i tipova vremena na čestinu prijema bolesnika s kroničnim bronhitisom po danima, a na kraju i vremenske prilike u sedmodnevnim razdobljima s velikim brojem prijema BKB.

### 3.2 METEOROLOŠKI ELEMENTI

Povezanost meteoroloških elemenata i čestine broja prijema BKB određena je pomoću linearne korelacije izračunom koeficijenata korelacije između:

1. čestine dnevnog broja prijema u sedmodnevnim nepreklapajućim razdobljima i sedmodnevnih srednjaka dnevnih vrijednosti pojedinačnih meteoroloških elemenata;
2. čestine dnevnog broja prijema u danu  $n$  i dnevnih vrijednosti meteoroloških elemenata u svakom danu sedmodnevnog razdoblja 3 dana prije i 3 dana poslije dana  $n$  ( $n \pm 3$ ).

Koeficijenti korelacije računaju se za godinu u cjelini, odvojeno za hladni (X-III) i topli dio godine (IV-IX) te za svako godišnje doba.

Sedmodnevne nepreklapajuće sume koriste se da se ispita reagira li organizam na vremenski podražaj trenutno, tj. u danu događaja značajnijeg vremenskog podražaja, koji dan unaprijed ili sa zakašnjenjem. Stoga se za računanje koeficijenata korelacije ne koriste dnevne vrijednosti meteoroloških elemenata već njihovi sedmodnevni srednjaci (Pleško i Zaninović, 1986).

Pretpostavlja se da ako je prijem BKB povećan u određenim vremenskim prilikama, onda povećani prijem postoji i u sedmodnevnim razdobljima s nepovoljnim vremenskim prilikama, što bi trebali pokazati koeficijenti korelacije.

Budući da postoji i tjedni hod broja prijema, poželjno je utjecaj dnevnih suma pojedinih dana eliminirati korištenjem sedmodnevnih suma, jer nizovi sedmodnevnih suma podataka osiguravaju važan statistički uvjet za računanje pouzdanih korelacija, a to je da su podaci u nizu međusobno nezavisni (Pleško i sur., 1983).

Sedmodnevna razdoblja se ne preklapaju, pa je prvo razdoblje od 1. do 7. siječnja 1994., drugo od 8. do 14. siječnja 1994., i tako dalje do posljednjeg, 208. razdoblja, od 20. do 26. prosinca 1997. Zadnjih pet dana promatranog četverogodišnjeg razdoblja ne uzima se u račun sedmodnevnih suma.

### 3.3 FRONTE

Atmosferske fronte su granična područja između zračnih masa. Prolazak fronte može utjecati na psihofizičko stanje čovjeka, osobito bolesnog, jer fronta donosi zračnu masu drugačijih osobina od one koja prevladava na nekom području zbog čega se pogoršavaju vremenski uvjeti. Povećava se naoblaka, često praćena oborinama, tlak zraka pada, naglo se mijenjaju temperatura i relativna vlažnost zraka, brzina i smjer vjetra,...

**Topla fronta** nastaje kad topli zrak dolazi nad područje hladnog zbog čega se diže iznad hladnog, jer je lakši pa je granica tople i hladne zračne mase nagnuta prema hladnom zraku. Kako se topli zrak diže, vodena para se kondenzira, razvija se slojevita naoblaka, a u području hladnog zraka ispred fronte nastaje oborina.

Približavanjem tople fronte tlak pada, a nakon njenog prolaska, naoblaka se naglo smanjuje te dolazi do zatopljenja.

**Hladna fronta** nastaje kad hladni, gušći zrak dolazi nad područje toplog i rjeđeg, a zbog njegove veće težine podvlači se ispod toplog zraka koji se potom podiže te se u njemu kondenzira vodena para. Tako se razvijaju konvektivni oblaci i nastaje oborina.

Nailazak hladne fronte obilježen je padom temperature i naglim porastom tlaka te povećanjem relativne vlažnosti, a njenim odmicanjem dolazi do razvedravanja i slabljenja vjetra.

Iza hladne fronte je usko područje „vedrine“ u kojem se ponovno počinju stvarati slojeviti oblaci s oborinama što se naziva sekundarnom hladnom frontom.

**Fronta okluzije** je fronta koja dijeli dvije hladne zračne mase u završnom stadiju ciklone. Tada je topla zračna masa potisnuta uvis, a pri tlu su dvije hladne zračne mase koje se međusobno ipak razlikuju u temperaturi zraka.

Utjecaj prolaska fronti na pogoršanje kroničnog bronhitisa analiziran je za sedmodnevno razdoblje u čijoj je sredini dan s prolaskom fronte, i to posebno za godišnja doba te za godinu u cjelini.

U analizi broja prijema BKB oko dana s frontom ispituje se učestalost broja prijema oko dana s prolaskom hladne odnosno tople fronte, a zatim se  $\chi^2$  - testom provjerava da li je broj prijema oko dana s prolaskom hladne ( $h \pm 3$ ) ili tople ( $t \pm 3$ ) fronte signifikantno različit od sezonskog i godišnjeg srednjaka. Nul-hipoteza (razlike između srednjaka i broja prijema nisu značajne) prihvaća se u slučaju da su razlike u pojedinim danima male.

### 3.4 TIPOVI VREMENA

Postoji 29 tipova vremena koji se prema prizemnoj razdiobi tlaka (Poje, 1965) dijele u četiri osnovne grupe baričkih konfiguracija (Lončar i Vučetić, 2003):

1. tipovi vremena visokog tlaka: anticiklona ( $V_c, V_1, V_2, V_3, V_4$ ), greben ( $g$ ) i most visokog tlaka ( $mv$ );
2. tipovi vremena niskog tlaka: ciklona ( $N_c, N_1, N_2, N_3, N_4$ ), doline ( $Dol_1, Dol_2, Dol_3$ ), zonalne doline ( $zodol_1, zodol_2, zodol_3$ ) i dolina niskog tlaka ( $Dol$ );
3. bezgradijentna polja (polja s malim gradijentom tlaka uz tišinu ili slabo strujanje): bezgradijentno anticiklonalno polje ( $B_a$ ) i bezgradijentno ciklonalno polje ( $B_c$ );
4. prijelazna stanja s advekcijom (uz pravocrtnu izobare): obilježavaju se prema smjeru strujanja (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW).

Utjecaj tipova vremena na pogoršanje kroničnog bronhitisa provodi se analizom:

1. čestina i srednjeg broja prijema BKB u pojedinom tipu vremena;
2. uvjetne vjerojatnosti prijema BKB za pojedini tip vremena.

U prvom dijelu analize za različite tipove vremena proučavaju se čestine i srednjaci broja prijema za cijelu godinu te za pojedina godišnja doba. U drugom dijelu analize pomoću uvjetne vjerojatnosti istražuje se u kojim se tipovima vremena javljaju dani  $n$  s velikim brojem prijema, a ta uvjetna vjerojatnost označava udio dana  $n$  u ukupnom broju dana s određenim tipom vremena.

### 3.5 RAZDOBLJA S VELIKIM BROJEM PRIJEMA PACIJENATA

Povezanost vremena i broja prijema BKB ispituje se analizom meteoroloških prilika u sedmodnevnim razdobljima s velikim brojem prijema pacijenata, jer se pretpostavlja da vrijeme utječe na pogoršanje stanja bolesnika. Velik broj prijema određuje se kao odstupanje “znatno iznad normale” za koje je prema Chapmanovom kriteriju broj slučajeva veći od sume srednjaka i dvije standardne devijacije ( $> \bar{x} + 2\sigma$ ) (Penzar i Makjanić, 1980).

## 4. ANALIZA I REZULTATI

---

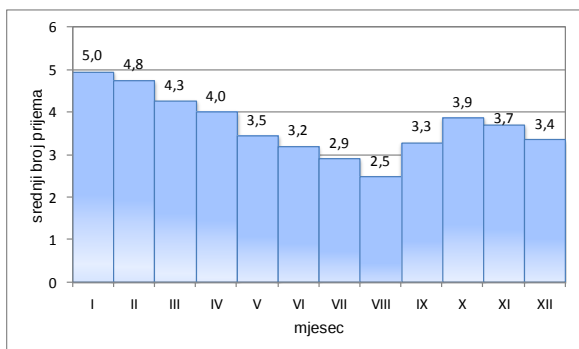
### 4.1 OSOBINE NIZA MEDICINSKIH PODATAKA

U obrađivanom četverogodišnjem razdoblju bilo je ukupno 5379 slučajeva, tj. prijema bolesnika s kroničnim bronhitisom (BKB) u 1461 danu, što je u prosjeku 3,7 primljenih pacijenata dnevno (tablica 2).

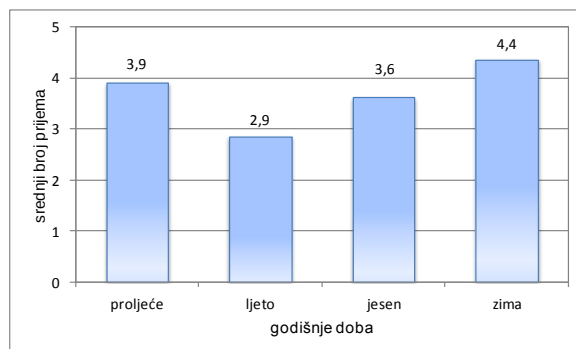
Tablica 2: Broj prijema bolesnika s kroničnim bronhitisom (BKB) u godini (razdoblje 1994.-1997.).

|                  | I          | II         | III        | IV         | V          | VI         | VII        | VIII       | IX         | X          | XI         | XII        | suma        |
|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| <b>1994.</b>     | <b>197</b> | 125        | 120        | 123        | 117        | 111        | 99         | 93         | 116        | 169        | 118        | 112        | 1500        |
| <b>1995.</b>     | 175        | 135        | 148        | 107        | 102        | 68         | 49         | <b>47</b>  | 98         | 86         | 138        | 134        | 1287        |
| <b>1996.</b>     | 131        | 151        | 118        | 106        | 91         | 78         | 114        | 82         | 81         | 108        | 96         | 82         | 1238        |
| <b>1997.</b>     | 112        | 127        | 142        | 145        | 118        | 127        | 99         | 86         | 100        | 117        | 93         | 88         | 1354        |
| <b>suma</b>      | 615        | 538        | 528        | 481        | 428        | 384        | 361        | 308        | 395        | 480        | 445        | 416        | <b>5379</b> |
| <b>broj dana</b> | 124        | 113        | 124        | 120        | 124        | 120        | 124        | 124        | 120        | 124        | 120        | 124        | <b>1461</b> |
| <b>srednjak</b>  | <b>5,0</b> | <b>4,8</b> | <b>4,3</b> | <b>4,0</b> | <b>3,5</b> | <b>3,2</b> | <b>2,9</b> | <b>2,5</b> | <b>3,3</b> | <b>3,9</b> | <b>3,7</b> | <b>3,4</b> | <b>3,7</b>  |
| <b>st. dev.</b>  | 3,2        | 2,8        | 2,7        | 2,4        | 2,2        | 2,4        | 2,2        | 2,1        | 2,6        | 2,7        | 2,5        | 2,4        | <b>2,5</b>  |

U godišnjem hodu (tablica 2, slika 1) maksimum broja prijema BKB javlja se u siječnju s 5 prijema, a minimum u kolovozu s 2,5 prijema dnevno. U skladu s tim, analiza po godišnjim dobima (slika 2) pokazuje najveći broj prijema BKB zimi, a najmanji ljeti. To se moglo i očekivati iz same prirode bolesti, jer respiratorne bolesti ponajprije ovise o temperaturi zraka (Gregory, 1970).

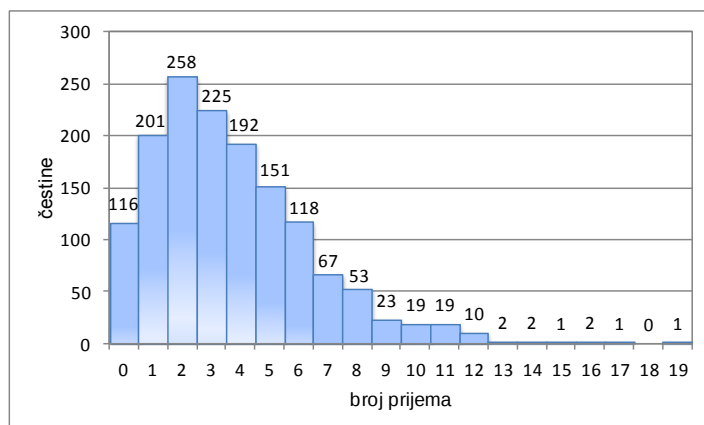


Slika 1: Razdioba broja prijema bolesnika s kroničnim bronhitisom (BKB) u razdoblju 1994.-1997. po mjesecima.



Slika 2: Razdioba broja prijema BKB u razdoblju 1994.-1997. po godišnjim dobima (proljeće: III, IV, V mj.; ljeto: VI, VII, VIII mj.; jesen: IX, X, XI mj.; zima: XII, I, II mj.).

Ljeti su temperature zraka visoke i vremenske prilike su povoljnije za plućne bolesnike, no manji zabilježeni broj hitnih prijema može se dovesti u vezu i s godišnjim odmorima. Velik postotak ljudi koji žive u Zagrebu ljeti odlazi van grada, pa je stoga u zagrebačkim bolnicama manji broj bolesnika.



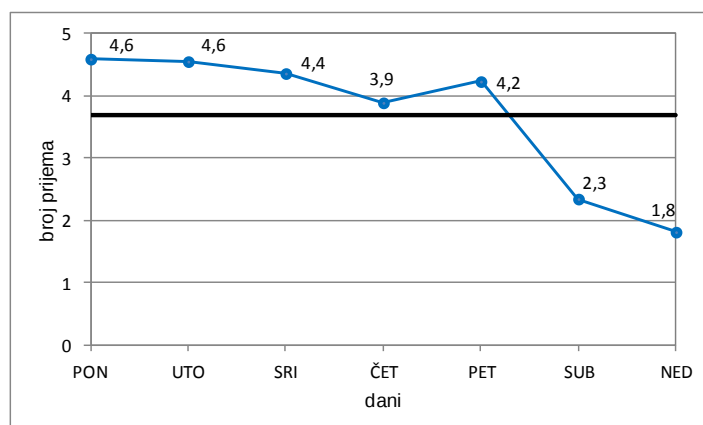
Slika 3: Razdioba apsolutnih čestina broja prijema BKB u razdoblju 1994.-1997.

Broj dnevnih prijema BKB razdijeljen je od 0 do maksimalno 19, s najvećom učestalošću od 2 prijema dnevno (slika 3). Histogram razdiobe čestina broja prijema pokazuje pozitivnu asimetriju jer vrijednosti čestine rastu od 0 do 2 slučaja, a zatim postepeno padaju.

Srednjaci broja prijema po danima u tjednu pokazuju veliku razliku između radnih dana i vikenda (tablica 3). Uočava se hod s maksimumom u ponedjeljak koji je više od 2,5 puta veći od minimuma u nedjelju (slika 4).

Tablica 3: Srednji broj prijema BKB i pripadajuće standardne devijacije po danima u tjednu u razdoblju 1994.-1997.

| razdoblje | dan      | PON | UTO | SRI | ČET | PET | SUB | NED | godina |
|-----------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
| 1994.     | srednjak | 5,5 | 4,8 | 5,7 | 4,5 | 4,3 | 2,3 | 1,8 | 4,1    |
|           | st. dev. | 3,2 | 2,9 | 3,5 | 2,4 | 2,7 | 1,8 | 1,5 | 3,0    |
| 1995.     | srednjak | 4,3 | 4,6 | 3,6 | 3,8 | 4,2 | 2,6 | 1,7 | 3,5    |
|           | st. dev. | 3,0 | 3,3 | 2,8 | 2,4 | 2,5 | 1,9 | 1,7 | 2,7    |
| 1996.     | srednjak | 4,0 | 4,3 | 4,0 | 3,4 | 3,9 | 2,2 | 1,8 | 3,4    |
|           | st. dev. | 2,3 | 2,8 | 2,6 | 1,9 | 2,6 | 2,1 | 1,7 | 2,5    |
| 1997.     | srednjak | 4,6 | 4,6 | 4,2 | 3,8 | 4,5 | 2,3 | 2,0 | 3,7    |
|           | st. dev. | 2,9 | 3,0 | 2,6 | 2,0 | 2,6 | 1,9 | 1,7 | 2,6    |
| GODINA    | srednjak | 4,6 | 4,6 | 4,4 | 3,9 | 4,2 | 2,3 | 1,8 | 3,7    |
|           | st. dev. | 2,9 | 3,0 | 2,9 | 2,2 | 2,6 | 1,9 | 1,7 | 2,4    |



Slika 4: Tjedni hod srednjeg broja prijema BKB po danima u tjednu u razdoblju 1994.-1997.; crnom punom linijom prikazan je godišnji srednjak broja prijema bolesnika.

Uzrok ovako velike razlike najvjerojatnije je u naravi same bolesti, jer se pogoršanje kroničnog bronhitisa razvija relativno sporo u odnosu na druge proučavane bolesti i stanja (npr. infarkt miokarda, cerebrovaskularni inzult, pokušaj samoubojstva, prometna nesreća) koji su trenutni i zahtijevaju hitnu liječničku pomoć zbog smrtne opasnosti.

Nasuprot tome, pri pogoršanju bolesti kod bolesnika s kroničnim bronhitisom nema potrebe za hitnom liječničkom intervencijom, osobito tijekom vikenda, već se bolesnik javlja svom liječniku opće prakse koji ga tek nakon pregleda kojim se ustanovi jako pogoršanje bolesti upućuje u specijalističku bolnicu.

Već je Gregory (1970) uočio da postoji kašnjenje utjecaja meteoroloških čimbenika ili čimbenika onečišćenja zraka na pogoršanje kroničnog bronhitisa što je objasnio činjenicom da bolesnici odgađaju odlazak liječniku koliko god je moguće. Kod zaposlenih ljudi je slučaj da odgađaju odlazak liječniku do kraja radnog tjedna te otvaraju bolovanje tek u ponedjeljak kada je i zabilježen najveći broj novih slučajeva pogoršanja kroničnog bronhitisa. Iz toga slijedi da štetni čimbenici u jednom tjednu mogu uzrokovati povećanje učestalosti prijema bolesnika na liječenje u sljedećem tjednu (Gregory, 1970).

Povećani prijem bolesnika u petak u usporedbi s ostalim radnim danima (slika 4), može se objasniti odgađanjem liječničkog pregleda ili odlaska u bolnicu do kraja radnog tjedna.

## 4.2 KRONIČNI BRONHITIS I METEOROLOŠKI ELEMENTI

Vrijeme se sastoji od mnogo promjenjivih meteoroloških elemenata koji se pojavljuju i u različitim kombinacijama, pa se za početnu analizu u ovom radu koristi linearna korelacija pojedinačnih meteoroloških elemenata s brojem prijema bolesnika s kroničnim bronhitisom, kao temelj za istraživanje ovisnosti pogoršanja kroničnog bronhitisa o vremenu.

Tablica 4: Koeficijenti korelacije između dnevnog broja prijema BKB i dnevnih srednjaka meteoroloških elemenata za godinu (razdoblje 1994.-1997.); osjenčane vrijednosti su signifikantne na nivou  $\alpha = 0,05$ , odnosno apsolutna vrijednost im je veća od  $r_{krit} = 0,062$ .

|          | $T_s$         | $T_{min}$     | $T_{max}$     | $A$    | $T_m$         | $p$   | $vp$          | $U$   | $R$    |
|----------|---------------|---------------|---------------|--------|---------------|-------|---------------|-------|--------|
| <b>r</b> | <b>-0,181</b> | <b>-0,187</b> | <b>-0,168</b> | -0,052 | <b>-0,187</b> | 0,015 | <b>-0,195</b> | 0,008 | -0,040 |

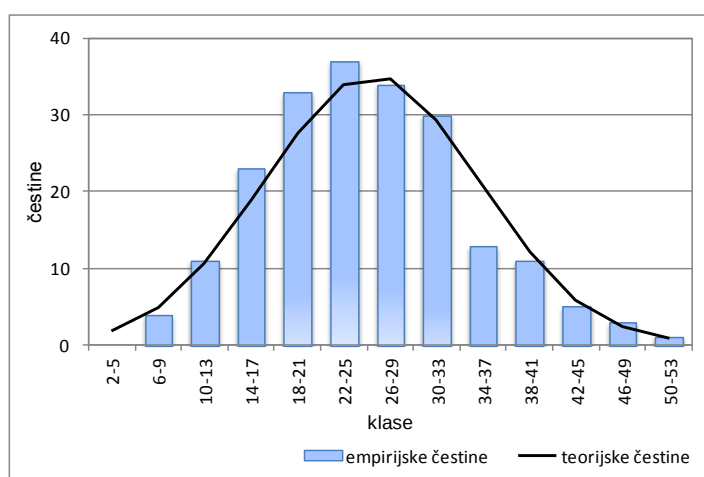
|          | $v$   | $N$   | $IPT_s$ | $IPp$  | $IPU$ | $ IPT_s $ | $ IPp $      | $ IPU $ |
|----------|-------|-------|---------|--------|-------|-----------|--------------|---------|
| <b>r</b> | 0,047 | 0,048 | 0,006   | -0,035 | 0,031 | 0,057     | <b>0,092</b> | 0,055   |

Koeficijenti korelacije pokazuju da je broj prijema BKB signifikantno veći (na nivou  $\alpha = 0,05$ ) s nižom temperaturom zraka i manjim tlakom vodene pare te s većom interdiurnom promjenom tlaka zraka (tablica 4). Iz toga se može zaključiti da je temperatura najvažniji meteorološki element koji utječe na pogoršanje stanja bolesnika s kroničnim bronhitisom. Naime, manje vrijednosti tlaka vodene pare posljedica su niže temperature zraka. Signifikantna veza s apsolutnom vrijednošću interdiurne promjene tlaka zraka pokazuje utjecaj većih promjena tlaka, a negativni koeficijent korelacije između broja prijema i interdiurne promjene tlaka, iako nesignifikantan na nivou  $\alpha = 0,05$ , upućuje na pogoršanje stanja uz pad tlaka (tablica 1).

U statističkoj obradi je bitno ustanoviti postoje li pred i post efekti odnosno kumulativni efekti vremena na bolesnike s kroničnim bronhitisom koji uzrokuju povećani broj prijema BKB u pojedinim danima. Stoga se analizira korelacija meteoroloških elemenata i broja prijema u sedmodnevnim razdobljima. Iako se formiranjem nizova sedmodnevnih suma smanjuje uzorak, uklanja se neželjena varijabilnost srednjeg dnevnog broja prijema po danima u tjednu. Osim toga, lakše se uočavaju vremenska razdoblja s mnogo prijema.

„Unatoč činjenici da pojedinačni meteorološki elementi ne djeluju direktno na organizam, mogu doprinijeti rasvjetljavanju karakteristične slike atmosfere značajne za razvoj bolesti.” (Pleško i Zaninović, 1986)

U **prvoj analizi** se proučavaju koeficijenti linearne korelacije između dnevnog broja prijema u sedmodnevnim razdobljima i niza sedmodnevnih srednjaka dnevnih vrijednosti pojedinog meteorološkog elementa. Nepreklapajuća sedmodnevlja su redom: 1.-7. siječnja, zatim 8.-14. siječnja 1994. i tako redom do posljednjeg, 20.-26. prosinca 1997., a zadnjih 5 dana ne ulazi u analizu. Tako se dobiva 208 sedmodnevnih razdoblja s pripadajućim srednjacima. Treba primijetiti da je sedmodnevna suma interdiurnih promjena ustvari razlika između vrijednosti u posljednjem i prvom danu tog sedmodnevlja.



Slika 5: Razdioba sedmodnevnih suma broja prijema BKB po klasama i njoj prilagođena teorijska razdioba.

Čestina prijema u sedmodnevljima kreće se od 6 do 56 slučajeva, a pomoću Brooksovog pravila da najveći broj klasa može biti  $5 \cdot \log(208)$  uzorak se dijeli u 12 klasa širine 4. Njihova razdioba ima oblik normalne razdiobe što potvrđuje testiranje  $\chi^2$  - testom na nivou signifikantnosti  $\alpha = 0,05$  hipoteze  $H_0$  kojom se pretpostavlja da odstupanja teorijskih čestina od empiričkih nisu značajna, odnosno da njihove razlike imaju slučajan karakter (slika 5).

Dokazano je da je uzorak slučajan i ima oblik normalne razdiobe, pa se određuju koeficijenti korelacije između sedmodnevnih srednjaka meteoroloških elemenata i sedmodnevnih suma broja prijema (tablica 5), posebno za godinu te za hladni (X-III) i topli dio godine (IV-IX).

Postavlja se nul-hipoteza  $H_0$  da ne postoji korelacija između meteorološkog elementa i čestine prijema, tj.  $\rho = 0$ , pa se za koeficijente korelacije koji su po apsolutnoj vrijednosti manji od kritične vrijednosti ( $|r| < r_{krit}$ ), prihvaća nul-hipoteza  $H_0$ , a za  $|r| \geq r_{krit}$  nul-hipoteza se odbacuje te se donosi zaključak da postoji signifikantna veza između čestine prijema i meteorološkog elementa na nivou signifikantnosti  $\alpha = 0,05$ .

Najjače veze broja prijema su one s temperaturnim parametrima, a pokazuju da što su sedmodnevlja hladnija to je broj prijema BKB veći, osobito za godinu i topli dio godine kad su koeficijenti korelacije signifikantni (tablica 5). Takav rezultat za topli dio godine slaže se s rezultatom koji su Pleško i suradnici (1994) dobili za kronične bolesnike sa sino-bronhalnim sindromom.

Povezanost povećanja broja prijema s meteorološkim elementima jača je u toplom nego u hladnom dijelu godine što se može zaključiti iz većeg broja značajnih koeficijenata korelacije ( $\alpha = 0,05$ ), a tako je i kod kroničnih bolesnika sa sino-bronhalnim sindromom (Pleško i sur., 1994).

Analiza koeficijenata korelacije s interdiurnim promjenama temperature ukazuje da broj prijema nije signifikantno povezan s razlikom temperature na kraju i na početku sedmodnevlja<sup>1</sup>. No, za godinu i topli dio godine signifikantno ( $\alpha = 0,05$ ) je povezan sa sumom apsolutnih međudnevnih promjena temperature, odnosno prijem bolesnika je to veći što su apsolutne promjene temperature zraka veće (tablica 5).

Koeficijenti korelacije pokazuju da veza broja prijema s tlakom zraka nije signifikantna, ali s njegovim apsolutnim interdiurnim promjenama jest ( $\alpha = 0,05$ ), na isti način kao i kod temperature zraka. Varijacije u tlaku zraka mogu ukazivati na prolazak fronte ili baričkog sustava unutar sedmodnevlja.

---

<sup>1</sup> Sedmodnevna suma interdiurnih promjena nekog meteorološkog elementa je razlika između vrijednosti elementa u posljednjem i prvom danu tog sedmodnevlja.

Tablica 5: Koeficijenti korelacije sedmodnevnih suma broja prijema BKB i sedmodnevnih srednjaka meteoroloških elemenata; osjenčane vrijednosti koeficijenata su signifikantne na nivou  $\alpha = 0,05$ .

| METEOROLOŠKI ELEMENTI                             | GODINA<br>208 slučajaja<br>$r_{krit} = 0,14$ | HLADNI DIO<br>103 slučajaja<br>$r_{krit} = 0,19$ | TOPLI DIO<br>105 slučajaja<br>$r_{krit} = 0,19$ |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| srednja dnevna temperatura zraka, $T_s$           | <b>-0,40</b>                                 | -0,14                                            | <b>-0,29</b>                                    |
| minimalna dnevna temperatura zraka, $T_{min}$     | <b>-0,41</b>                                 | <b>-0,19</b>                                     | <b>-0,28</b>                                    |
| maksimalna dnevna temperatura zraka, $T_{max}$    | <b>-0,38</b>                                 | -0,08                                            | <b>-0,31</b>                                    |
| srednja dnevna temp. mokrog termometra, $T_m$     | <b>-0,42</b>                                 | -0,18                                            | <b>-0,31</b>                                    |
| dnevna amplituda temperature, $A$                 | <b>-0,19</b>                                 | 0,11                                             | -0,16                                           |
| interdiurna promjena $T_s$ , $IP T_s$             | 0,01                                         | -0,06                                            | 0,14                                            |
| apsolutna interdiurna promjena $T_s$ , $ IP T_s $ | <b>0,16</b>                                  | 0,03                                             | <b>0,27</b>                                     |
| srednji dnevni tlak zraka, $p$                    | 0,06                                         | -0,03                                            | -0,14                                           |
| srednji dnevni tlak vodene pare, $vp$             | <b>-0,44</b>                                 | <b>-0,25</b>                                     | <b>-0,32</b>                                    |
| interdiurna promjena $p$ , $IP p$                 | 0,08                                         | 0,15                                             | -0,03                                           |
| apsolutna interdiurna promjena $p$ , $ IP p $     | <b>0,32</b>                                  | 0,07                                             | <b>0,36</b>                                     |
| srednja dnevna relativna vlažnost, $U$            | 0,03                                         | <b>-0,26</b>                                     | -0,09                                           |
| interdiurna promjena $U$ , $IP U$                 | -0,11                                        | -0,13                                            | -0,02                                           |
| apsolutna interdiurna promjena $U$ , $ IP U $     | <b>0,21</b>                                  | <b>0,25</b>                                      | <b>0,26</b>                                     |
| dnevna količina oborine, $R$                      | -0,13                                        | -0,05                                            | -0,06                                           |
| srednja dnevna naoblaka, $N$                      | <b>0,17</b>                                  | -0,11                                            | <b>0,24</b>                                     |
| srednja dnevna brzina vjetra, $v$                 | <b>0,29</b>                                  | <b>0,27</b>                                      | <b>0,37</b>                                     |

Za godinu te za hladni i topli dio godine signifikantna ( $\alpha = 0,05$ ) je veza s tlakom vodene pare koji je negativno koreliran s brojem prijema. To odgovara negativnoj korelaciji temperature zraka jer je u uvjetima hladnog zraka s malo vodene pare broj prijema povećan.

Relativna vlažnost je signifikantno ( $\alpha = 0,05$ ) povezana samo u hladnom dijelu godine, a njene apsolutne interdiurne promjene u godini kao cjelini, ali i u hladnom i toplom dijelu godine. Takav rezultat korelacije pokazuje da niske vrijednosti odnosno smanjenje relativne vlažnosti pogoduju povećanju broja prijema BKB, osobito zimi (tablica 1).

Naoblaka je s brojem prijema signifikantno povezana ( $\alpha = 0,05$ ) za godinu i topli dio godine, a pokazuje da je broj prijema veći što je i ona veća. Osobito se uočava veza naoblake s temperaturom zraka koja je uglavnom niža pri većoj naoblaci.

Brzina vjetra je signifikantno pozitivno korelirana s brojem prijema za godinu te za hladni i topli dio godine. Pri vjetrovitom vremenu očekuje se povećan broj prijema BKB jer vjetar, između ostalog, može povećati koncentraciju prašine i peludi u zraku, koji su također pokretači pogoršanja kroničnog bronhitisa (poglavlje 1.3).

Na temelju signifikantnih koeficijenata korelacije (tablica 5) mogu se izdvojiti osobine sedmodnevnih razdoblja za godinu u cjelini te u toplom dijelu godine, nepovoljnih za BKB: niske temperature, velike brzine vjetra, povećanje naoblake, te znatne međudnevne varijacije  $T$ ,  $p$  i  $U$  unutar sedmodnevnih razdoblja. U hladnom dijelu godine nema toliko signifikantnih koeficijenata korelacije, no općenito se može zaključiti da bi za BKB nepovoljna mogla biti hladna razdoblja smanjene vlažnosti u zraku i pojačanog vjetra.

Već je korelacija s dnevnim vrijednostima (tablica 4) pokazala da su na nivou  $\alpha = 0,05$  signifikantni temperaturni parametri, tlak vodene pare te apsolutna interdiurna promjena tlaka zraka, a takav se rezultat slaže s rezultatima sedmodnevnih suma i srednjaka za topli dio godine. Ostali koeficijenti korelacije u sedmodnevljima, iako nesignifikantni, mogu ukazati na potencijalno rizične meteorološke elemente.

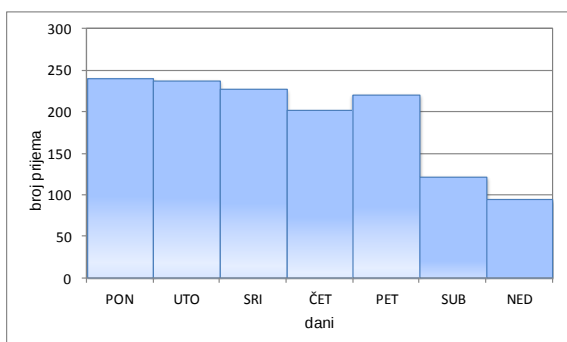
U **drugo**j analizi se za računanje koeficijenata korelacije koristi niz s velikim brojem prijema (dani  $n$ ) definiranim u poglavlju 3.1. i niz dnevnih srednjaka meteoroloških elemenata u sedmodnevlju oko dana  $n$  s povećanim brojem prijema,  $n \pm 3$ .

Zbog tjednog hoda broja prijema BKB po danima (tablica 3 i slika 6) potrebno je uvesti dodatno filtriranje podataka po danima u tjednu. Dan  $n$ , kao dan s velikim brojem hitnih prijema BKB, definiran je s dva kriterija (Jajetić, 2006):

$$n > \bar{x}_{mj} + \sigma_{mj} \quad \text{ i } \quad n > \bar{x}_{dn} + \sigma_{dn}$$

gdje su  $\bar{x}_{mj}$  i  $\sigma_{mj}$  srednjak i standardna devijacija za odgovarajući mjesec u godini, a

$\bar{x}_{dn}$  i  $\sigma_{dn}$  srednjak i standardna devijacija za odgovarajući dan u tjednu.



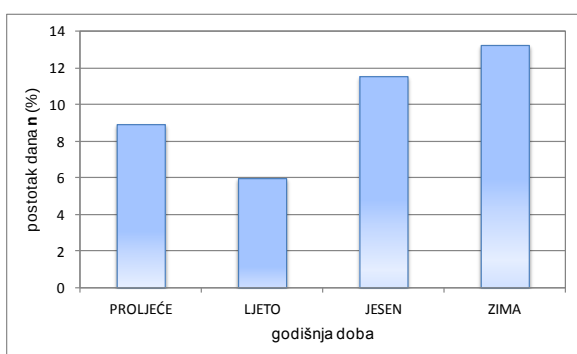
Slika 6: Tjedni hod broja prijema BKB po danima u tjednu (razdoblje 1994.-1997.).

Prema tome, dani  $n$  su odabrani tako da broj prijema premašuje zbroj srednjaka i standardne devijacije za dan u tjednu (tablica 4) i za mjesec (tablica 3).

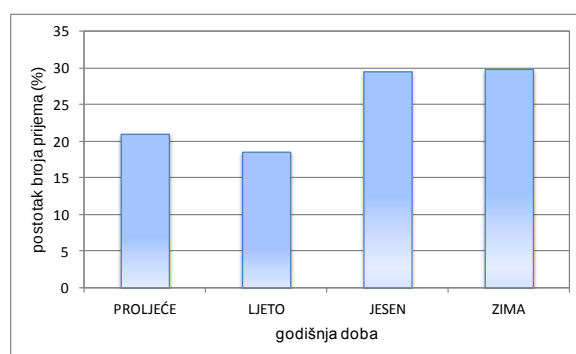
U cijelom analiziranom razdoblju ove kriterije zadovoljava 145 dana: zimi 48, ujesen 42, u proljeće 33, a ljeti 22 dana imaju velik broj prijema.

Od ukupno 5379 prijema, u danima  $n$  se dogodilo čak 1357 prijema, odnosno 25,2%. To znači da se u samo 10% dana cijelog perioda dogodila čak četvrtina svih prijema.

Najviše dana s velikim brojem prijema bilo je u veljači sa 17,7%, nešto manje u listopadu (16,1%), a najmanje u kolovozu s 4,0%. Najveći postoci od ukupne mjesečne čestine prijema zabilježeni su u danima  $n$  u listopadu (38,1%) i veljači (34,4%).



Slika 7: Postotak dana  $n$  u odnosu na ukupni broj dana (%) za pojedino godišnje doba (razdoblje 1994.-1997.).



Slika 8: Postotak broja prijema BKB u danima  $n$  (%) za pojedino godišnje doba (razdoblje 1994.-1997.).

Najviše dana  $n$  je bilo zimi, nešto manje ujesen, te najmanje ljeti (slika 7), a vrlo sličan hod ima i čestina prijema u danima  $n$  po godišnjim dobima (slika 8).

Tablica 6: Koeficijenti korelacije učestalosti dnevnog broja prijema BKB u danu  $n$  i dnevnih srednjaka meteoroloških elemenata u razdoblju  $n \pm 3$ , za godinu u cjelini; osjenčane vrijednosti koeficijenata su signifikantne na nivou  $\alpha = 0,05$ .

| GODINA 145 dana $n$ $r_{krit} = 0,161$ |         |         |         |               |              |         |         |
|----------------------------------------|---------|---------|---------|---------------|--------------|---------|---------|
| met. elem.                             | $n - 3$ | $n - 2$ | $n - 1$ | $n$           | $n + 1$      | $n + 2$ | $n + 3$ |
| $T_s$                                  | -0,142  | -0,130  | -0,127  | -0,128        | -0,126       | -0,133  | -0,131  |
| $T_{min}$                              | -0,131  | -0,137  | -0,129  | -0,138        | -0,138       | -0,114  | -0,123  |
| $T_{max}$                              | -0,108  | -0,119  | -0,123  | -0,113        | -0,110       | -0,127  | -0,122  |
| $T_m$                                  | -0,145  | -0,131  | -0,139  | -0,137        | -0,135       | -0,121  | -0,132  |
| $A$                                    | -0,004  | -0,020  | -0,030  | 0,005         | 0,003        | -0,074  | -0,055  |
| $IPT_s$                                | -0,082  | 0,057   | 0,015   | -0,008        | -0,002       | -0,010  | 0,013   |
| $ IPT_s $                              | -0,018  | -0,014  | -0,095  | 0,045         | 0,046        | -0,039  | 0,049   |
| $p$                                    | 0,096   | 0,120   | 0,150   | 0,134         | 0,125        | 0,086   | 0,064   |
| $vp$                                   | -0,112  | -0,123  | -0,129  | -0,126        | -0,124       | -0,111  | -0,137  |
| $IPp$                                  | 0,057   | 0,085   | 0,044   | -0,026        | -0,009       | -0,077  | -0,036  |
| $ IPp $                                | 0,097   | 0,020   | -0,133  | 0,030         | -0,100       | -0,064  | 0,071   |
| $U$                                    | 0,022   | 0,010   | -0,045  | -0,035        | -0,057       | 0,063   | 0,006   |
| $IPU$                                  | 0,004   | -0,027  | -0,059  | 0,009         | -0,023       | 0,117   | -0,036  |
| $ IPU $                                | -0,007  | -0,058  | -0,023  | <b>0,202</b>  | -0,059       | 0,018   | -0,015  |
| $R$                                    | 0,058   | 0,019   | -0,048  | <b>-0,188</b> | -0,082       | -0,078  | -0,016  |
| $N$                                    | 0,044   | -0,017  | -0,143  | -0,140        | 0,008        | 0,015   | -0,014  |
| $v$                                    | 0,084   | 0,030   | -0,021  | 0,031         | <b>0,211</b> | 0,012   | 0,110   |

Koeficijenti korelacije između čestine prijema u danu s velikim brojem prijema  $n$  i meteoroloških elemenata u sedmodnevlju oko tog dana  $n$ , signifikantni na nivou  $\alpha = 0,05$ , za godinu su veći od  $r_{krit} = 0,161$ , a ukazuju na elemente bitne za pogoršanje kroničnog bronhitisa u danu  $n$ .

Temperatura, tlak i vlažnost zraka, iako imaju nesignifikantne korelacije s brojem prijema, pokazuju da je u razdoblju oko dana  $n$  s velikim brojem prijema prevladavalo hladno i suho vrijeme, s povišenim tlakom zraka (tablica 6).

Signifikantna negativna veza ( $\alpha = 0,05$ ) čestine prijema s količinom oborine u danu  $n$  pokazuje da u danima s povećanim brojem prijema nije bilo mnogo oborine.

Signifikantan pozitivni koeficijent korelacije za brzinu vjetra u danu nakon povećanog broja prijema razlog bi mogao imati u jačanju vjetra oko dana  $n$  (tablica 6).

Rezultati analize za godišnja doba prikazani su u tablicama 7 i 8.

Tablica 7: Koeficijenti korelacije učestalosti dnevnog broja prijema BKB u danu  $n$  i dnevnih srednjaka meteoroloških elemenata u razdoblju  $n \pm 3$ , za proljeće i ljeto; osjenčane vrijednosti su signifikantne na nivou  $\alpha = 0,05$ .

| PROLJEĆE 33 dana $n$ $r_{krit} = 0,34$ |         |         |         |       |         |         |         |
|----------------------------------------|---------|---------|---------|-------|---------|---------|---------|
| met. elem.                             | $n - 3$ | $n - 2$ | $n - 1$ | $n$   | $n + 1$ | $n + 2$ | $n + 3$ |
| $T_s$                                  | -0,16   | -0,13   | -0,07   | -0,18 | -0,18   | -0,39   | -0,30   |
| $T_{min}$                              | -0,17   | -0,22   | -0,14   | -0,15 | -0,21   | -0,26   | -0,46   |
| $T_{max}$                              | -0,13   | -0,05   | -0,05   | -0,06 | -0,15   | -0,30   | -0,22   |
| $T_m$                                  | -0,22   | -0,15   | -0,13   | -0,19 | -0,17   | -0,33   | -0,31   |
| $A$                                    | -0,01   | 0,16    | 0,13    | 0,11  | 0,08    | -0,12   | 0,12    |
| $IPT_s$                                | 0,21    | 0,04    | 0,19    | -0,20 | 0,00    | -0,32   | 0,17    |
| $ IPT_s $                              | -0,03   | -0,21   | 0,22    | 0,32  | 0,16    | -0,07   | 0,25    |
| $p$                                    | 0,22    | 0,28    | 0,28    | 0,28  | 0,05    | 0,04    | -0,12   |
| $vp$                                   | -0,28   | -0,19   | -0,20   | -0,23 | -0,18   | -0,27   | -0,32   |
| $IPp$                                  | 0,09    | 0,07    | 0,00    | -0,06 | -0,33   | -0,03   | -0,20   |
| $ IPp $                                | 0,35    | 0,01    | -0,23   | -0,13 | -0,11   | 0,09    | 0,21    |
| $U$                                    | -0,23   | -0,05   | -0,15   | 0,00  | 0,11    | 0,31    | 0,05    |
| $IPU$                                  | -0,30   | 0,14    | -0,10   | 0,16  | 0,11    | 0,14    | -0,28   |
| $ IPU $                                | 0,04    | -0,29   | 0,08    | 0,40  | -0,27   | 0,13    | -0,16   |
| $R$                                    | -0,15   | -0,04   | -0,09   | -0,03 | 0,10    | -0,09   | 0,11    |
| $N$                                    | -0,13   | -0,30   | -0,14   | -0,12 | 0,16    | -0,11   | -0,17   |
| $v$                                    | 0,12    | -0,04   | 0,19    | -0,01 | 0,02    | -0,09   | 0,26    |
| LJETO 22 dana $n$ $r_{krit} = 0,42$    |         |         |         |       |         |         |         |
| met. elem.                             | $n - 3$ | $n - 2$ | $n - 1$ | $n$   | $n + 1$ | $n + 2$ | $n + 3$ |
| $T_s$                                  | -0,07   | -0,20   | 0,12    | 0,27  | 0,30    | -0,06   | -0,41   |
| $T_{min}$                              | 0,04    | -0,11   | 0,00    | 0,14  | 0,13    | 0,30    | 0,17    |
| $T_{max}$                              | -0,06   | -0,22   | 0,18    | 0,12  | 0,23    | -0,08   | -0,14   |
| $T_m$                                  | -0,01   | -0,07   | 0,20    | 0,25  | 0,25    | 0,08    | -0,48   |
| $A$                                    | -0,13   | -0,16   | 0,22    | 0,02  | 0,13    | -0,33   | -0,24   |
| $IPT_s$                                | -0,06   | -0,14   | 0,35    | 0,13  | 0,05    | -0,39   | -0,22   |
| $ IPT_s $                              | -0,16   | -0,18   | -0,05   | 0,03  | -0,26   | 0,06    | -0,05   |
| $p$                                    | -0,23   | 0,06    | 0,34    | 0,27  | -0,04   | -0,13   | -0,30   |
| $vp$                                   | 0,03    | 0,03    | 0,24    | 0,25  | 0,16    | 0,19    | -0,30   |
| $IPp$                                  | 0,24    | 0,31    | 0,33    | -0,20 | -0,33   | -0,16   | -0,25   |
| $ IPp $                                | -0,11   | -0,02   | -0,49   | 0,24  | 0,16    | -0,26   | 0,15    |
| $U$                                    | 0,14    | 0,28    | 0,09    | 0,03  | -0,26   | 0,19    | -0,02   |
| $IPU$                                  | -0,23   | 0,15    | -0,25   | -0,05 | -0,23   | 0,37    | -0,17   |
| $ IPU $                                | -0,27   | -0,25   | -0,32   | -0,12 | -0,03   | 0,01    | 0,17    |
| $R$                                    | -0,10   | 0,07    | -0,24   | -0,32 | -0,17   | -0,11   | 0,02    |
| $N$                                    | 0,19    | 0,22    | -0,32   | -0,23 | 0,02    | 0,24    | 0,09    |
| $v$                                    | 0,17    | -0,06   | -0,22   | -0,18 | 0,10    | -0,32   | 0,20    |

U proljeće je oko dana  $s$  velikim brojem prijema prevladavalo hladno i suho vrijeme uz povišeni tlak, no i uz značajnu varijabilnost meteoroloških elemenata u pojedinačnim danima (tablica 7).

Signifikantni koeficijenti korelacije za temperaturu, apsolutnu interdiurnu promjenu tlaka i relativnu vlažnost oko dana  $n$  s velikim brojem prijema mogu ukazivati na prolazak hladne fronte, jer je došlo do porasta tlaka i relativne vlažnosti, a krajem razdoblja je i jače zahladilo (tablica 7).

Na premalom uzorku za ljeto (22 slučaja) i zbog nedovoljno signifikantnih koeficijenata korelacije (temperature mokrog termometra u danu  $n + 3$  i interdiurne promjene tlaka u danu  $n - 1$ ) teško se može donijeti zaključak o prevladavajućem vremenu ili izdvojiti vremenske prilike nepovoljne za bolesnike (tablica 7).

Ujesen je u sedmodnevlju oko dana  $n$  s velikim brojem prijema prevladavalo toplo i suho vrijeme uz povišeni tlak zraka. Signifikantni pozitivni koeficijenti korelacije parametara tlaka zraka i njegovih promjena u danima od  $n - 1$  do  $n + 2$  pokazuju da je tlak naglo porastao te da postoji značajna promjenjivost unutar sedmodnevlja (tablica 8).

Iako većinom nesignifikantni, koeficijenti korelacije za interdiurne promjene temperature i relativne vlažnosti zraka pokazuju da je došlo i do blagog zahladnjenja u inače toplom razdoblju, što može nepovoljno djelovati na BKB.

Svjetska istraživanja su pokazala da „u okviru promjena koje se zbivaju u atmosferi, tlak nema patološko djelovanje na organizam” (Burch i Giles, 1977, iz Pleško i Zaninović, 1986).

Pokusi s tlakom zraka u klima-komorama dokazali su da tlak ili njegove promjene uzrokuju zdravstvene tegobe jer promjene tlaka kakve se događaju u vremenskim procesima u atmosferi nemaju učinak na čovjeka, kako zdravog tako i bolesnog. Veliki i/ili signifikantni koeficijenti korelacije između tlaka zraka i pojave nekih bolesti, dobiveni u mnogim studijama, a i u ovom radu, ukazuju na atmosferske procese (ciklona ili anticiklona, prolazak fronte) s mogućim nepovoljnim vremenskim utjecajem na zdravlje čovjeka (Pleško, 1996).

Tablica 8: Koeficijenti korelacije učestalosti dnevnog broja prijema BKB u danu  $n$  i dnevnih srednjaka meteoroloških elemenata u razdoblju  $n \pm 3$ , za jesen i zimu; osjenčane vrijednosti koeficijenata su signifikantne na nivou  $\alpha = 0,05$ .

| JESEN 42 dana $n$ $r_{krit} = 0,30$ |              |             |              |             |             |              |         |
|-------------------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|---------|
| met. elem.                          | $n - 3$      | $n - 2$     | $n - 1$      | $n$         | $n + 1$     | $n + 2$      | $n + 3$ |
| $T_s$                               | 0,17         | 0,16        | 0,09         | 0,04        | 0,07        | 0,15         | 0,12    |
| $T_{min}$                           | 0,13         | 0,16        | 0,18         | 0,08        | 0,07        | 0,09         | 0,13    |
| $T_{max}$                           | 0,16         | 0,15        | 0,06         | 0,02        | 0,06        | 0,13         | 0,14    |
| $T_m$                               | 0,16         | 0,14        | 0,05         | 0,01        | 0,05        | 0,11         | 0,12    |
| $A$                                 | 0,09         | 0,03        | -0,16        | -0,09       | 0,00        | 0,08         | 0,07    |
| $IPT_s$                             | -0,06        | -0,03       | -0,18        | -0,14       | 0,07        | 0,19         | -0,08   |
| $ IPT_s $                           | 0,01         | <b>0,37</b> | -0,11        | -0,01       | -0,21       | -0,29        | -0,06   |
| $p$                                 | -0,07        | 0,02        | 0,21         | <b>0,35</b> | <b>0,39</b> | <b>0,33</b>  | 0,26    |
| $vp$                                | 0,18         | 0,12        | 0,03         | 0,01        | 0,06        | 0,07         | 0,13    |
| $IPp$                               | 0,00         | 0,13        | <b>0,30</b>  | <b>0,32</b> | 0,03        | -0,20        | -0,19   |
| $ IPp $                             | 0,02         | 0,13        | -0,02        | -0,03       | -0,24       | <b>-0,41</b> | -0,04   |
| $U$                                 | -0,03        | -0,09       | -0,24        | -0,19       | -0,15       | <b>-0,31</b> | -0,04   |
| $IPU$                               | 0,21         | -0,06       | -0,14        | 0,04        | 0,05        | -0,09        | 0,24    |
| $ IPU $                             | -0,15        | 0,15        | 0,15         | 0,15        | 0,08        | -0,17        | -0,09   |
| $R$                                 | 0,13         | 0,00        | -0,08        | -0,23       | -0,16       | -0,15        | -0,15   |
| $N$                                 | 0,03         | 0,12        | 0,01         | -0,11       | -0,08       | -0,25        | -0,18   |
| $v$                                 | 0,07         | 0,26        | 0,20         | 0,08        | -0,07       | 0,03         | -0,03   |
| ZIMA 48 dana $n$ $r_{krit} = 0,28$  |              |             |              |             |             |              |         |
| met. elem.                          | $n - 3$      | $n - 2$     | $n - 1$      | $n$         | $n + 1$     | $n + 2$      | $n + 3$ |
| $T_s$                               | <b>-0,34</b> | -0,16       | -0,17        | -0,06       | -0,09       | 0,03         | 0,05    |
| $T_{min}$                           | -0,24        | -0,18       | -0,21        | -0,17       | -0,11       | -0,02        | 0,09    |
| $T_{max}$                           | -0,15        | -0,15       | -0,16        | -0,03       | -0,03       | -0,01        | -0,03   |
| $T_m$                               | <b>-0,34</b> | -0,19       | -0,17        | -0,08       | -0,12       | 0,04         | 0,04    |
| $A$                                 | 0,05         | -0,02       | -0,01        | 0,14        | 0,08        | 0,01         | -0,11   |
| $IPT_s$                             | -0,24        | 0,19        | -0,02        | 0,13        | -0,04       | 0,19         | 0,02    |
| $ IPT_s $                           | -0,04        | -0,13       | -0,21        | -0,10       | 0,21        | 0,07         | 0,00    |
| $p$                                 | 0,14         | 0,08        | -0,01        | -0,11       | -0,02       | -0,03        | 0,06    |
| $vp$                                | <b>-0,31</b> | -0,21       | -0,17        | -0,10       | -0,15       | 0,04         | 0,00    |
| $IPp$                               | 0,05         | 0,01        | -0,14        | -0,12       | 0,11        | -0,02        | 0,13    |
| $ IPp $                             | 0,00         | -0,07       | -0,19        | 0,02        | -0,18       | -0,07        | -0,02   |
| $U$                                 | 0,05         | -0,06       | 0,02         | -0,09       | -0,17       | -0,01        | -0,07   |
| $IPU$                               | 0,17         | -0,17       | 0,08         | -0,11       | -0,09       | 0,16         | -0,06   |
| $ IPU $                             | 0,15         | 0,05        | -0,14        | <b>0,31</b> | -0,02       | 0,07         | 0,05    |
| $R$                                 | <b>0,37</b>  | 0,15        | 0,06         | -0,19       | -0,06       | 0,14         | 0,14    |
| $N$                                 | 0,05         | -0,05       | -0,24        | -0,21       | -0,05       | 0,13         | 0,09    |
| $v$                                 | 0,08         | -0,03       | <b>-0,31</b> | 0,05        | <b>0,46</b> | 0,13         | 0,09    |

Zimi je oko dana  $s$  velikim brojem prijema prevladavalo hladno vrijeme uz niži tlak i promjenjivu vlažnost zraka, no općenito i uz značajnu promjenjivost većine meteoroloških elemenata (tablica 8). Krajem sedmodnevlja su dani sve topliji uz jačanje vjetera te porast tlaka i vlage u zraku.

Budući da je najviše signifikantnih koeficijenata tri dana prije dana s velikim brojem prijema  $n$ , to bi moglo značiti da bolesnici na nepovoljne vremenske prilike reagiraju kasnije ili kumuliraju nepovoljne učinke vremena. Pozitivna korelacija prijema bolesnika s količinom oborine tri dana prije dana  $n$ , te negativna korelacija srednje dnevne temperature, temperature mokrog termometra i tlaka vodene pare mogli bi ukazivati na povećani prijem BKB nekoliko dana nakon prolaska hladne fronte.

Općenito, iako većina koeficijenata korelacije u ovoj analizi nije signifikantna ( $\alpha = 0,05$ ), dobiveni rezultati mogu ukazivati na nepovoljni utjecaj niskih temperatura zraka i naglog zahladnjenja na bolesnike s kroničnim bronhitisom.

Može se pretpostaviti da će analiza povezanosti kroničnog bronhitisa s kombinacijom tih elemenata u vremenskim situacijama kao što su prolazak fronte i tip vremena nad promatranim područjem donijeti značajnije rezultate.

### 4.3 KRONIČNI BRONHITIS I FRONTE

Pretpostavlja se da prolazak fronti može utjecati na pogoršanje bronhitisa kod kroničnih bolesnika pa je analiziran i taj utjecaj za godinu i sva godišnja doba (tablica 9). Mnogi znanstvenici su u svojim biometeorološkim istraživanjima pronašli da postoji veza između čestine pojave raznih bolesti i prolaska fronti (Penzar i sur., 1996).

Tablica 9: Broj dana s frontama (*f*) i relativne čestine fronti u odnosu na ukupni broj dana, za godišnja doba, za hladni i topli dio godine te za godinu u cjelini (razdoblje 1994.-1997.). Oznake H, T, O, F označavaju redom: hladne, tople, fronte okluzije odnosno sve fronte zajedno.

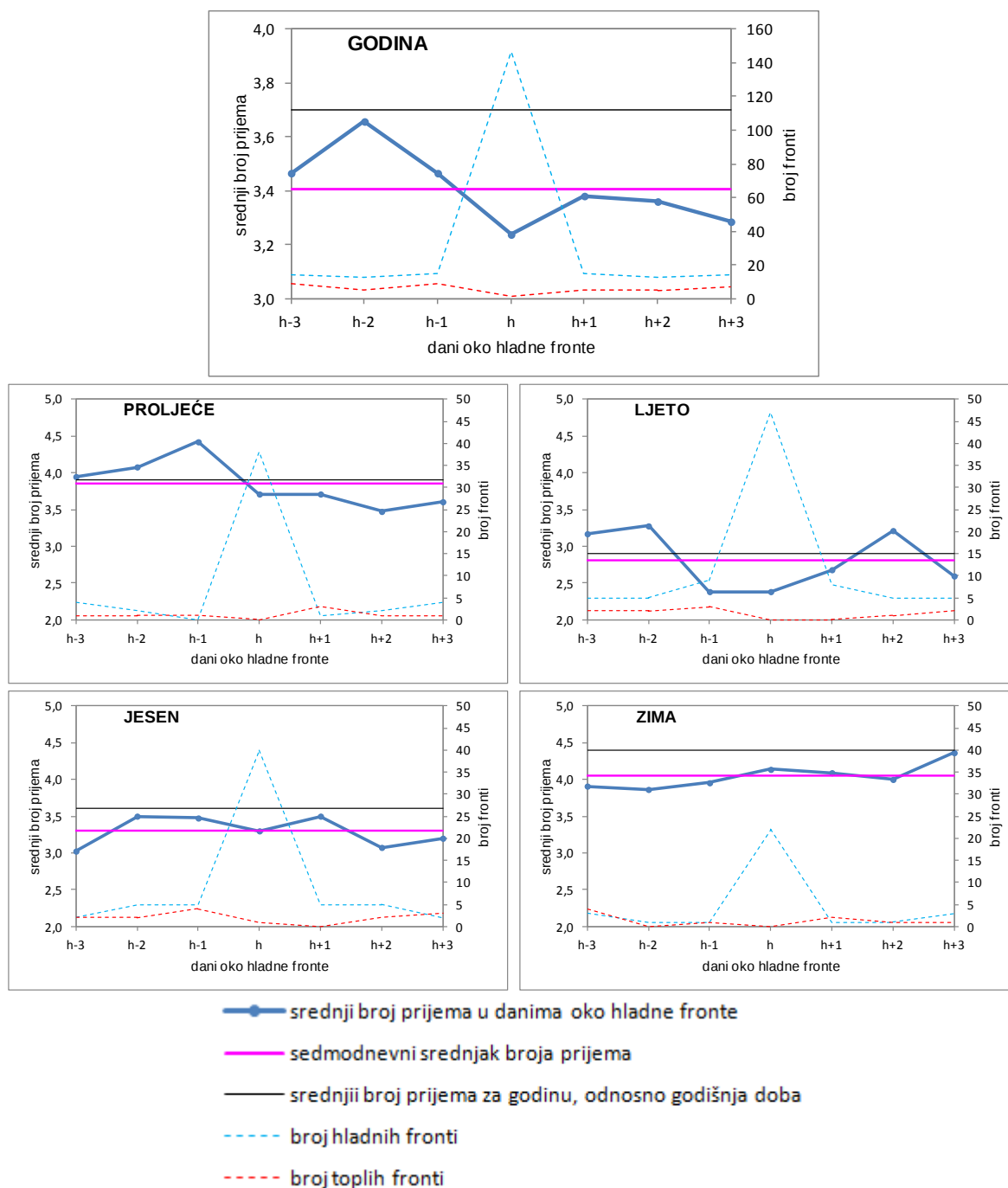
|          | PROLJEĆE  |             | LJETO     |             | JESEN     |             | ZIMA      |             | HLADNI DIO |             | TOPLI DIO  |             | GODINA     |             |
|----------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
|          | <i>f</i>  | %           | <i>f</i>  | %           | <i>f</i>  | %           | <i>f</i>  | %           | <i>f</i>   | %           | <i>f</i>   | %           | <i>f</i>   | %           |
| <b>H</b> | 38        | 10,3        | 47        | 12,8        | 40        | 11,0        | 22        | 6,1         | 51         | 7,0         | 96         | 13,1        | <b>147</b> | <b>10,1</b> |
| <b>T</b> | 12        | 3,3         | 9         | 2,4         | 23        | 6,3         | 32        | 8,9         | 53         | 7,3         | 23         | 3,1         | <b>76</b>  | <b>5,2</b>  |
| <b>O</b> | 8         | 2,2         | 6         | 1,6         | 6         | 1,6         | 6         | 1,7         | 14         | 1,9         | 12         | 1,6         | <b>26</b>  | <b>1,8</b>  |
| <b>F</b> | <b>58</b> | <b>15,8</b> | <b>62</b> | <b>16,8</b> | <b>69</b> | <b>19,0</b> | <b>60</b> | <b>16,6</b> | <b>118</b> | <b>16,2</b> | <b>131</b> | <b>17,9</b> | <b>249</b> | <b>17,0</b> |

U analiziranom četverogodišnjem razdoblju zabilježeno je 249 prolazaka fronti nad Zagrebom, od kojih je najviše bilo hladnih (147), gotovo upola manje toplih (76), a okluzija tek 10% svih fronti zajedno (26). Hladne fronte su preko naših krajeva češće prelazile u toplom dijelu godine, odnosno ljeti, a tople fronte u hladnom dijelu, odnosno zimi (tablica 9). Općenito se fronte češće javljaju u toplom dijelu godine (IV-IX), dok ih je po godišnjim dobima najviše ujesen, a najmanje u proljeće.

U svrhu traženja veze broja prijema BKB s prolaskom fronte za svaku hladnu i toplu frontu analizira se razdioba srednjeg broja prijema u sedmodnevnom razdoblju oko dana s frontom.

Bitno je napomenuti da je u sedmodnevljima oko prolaska fronte bilo i drugih hladnih odnosno toplih frontalnih poremećenja, što je na slikama 9 i 10 prikazano brojem fronti u danima oko hladne odnosno tople fronte. Stoga se rezultati ne smatraju posljedicom djelovanja isključivo jedne izolirane hladne odnosno tople fronte.

## HLADNE FRONTE



Slika 9: Učestalost prijema BKB i hladnih fronti u razdoblju  $h \pm 3$  dana oko dana s hladnom frontom, za godinu i po godišnjim dobima (razdoblje 1994.-1997.).

Srednji broj prijema BKB u sedmodnevnom razdoblju oko hladne fronte, na slikama označen kao sedmodnevni srednjak, **manji** je od godišnjeg srednjaka odnosno srednjaka za godišnja

doba (slika 9). Već iz toga se može pretpostaviti da pogoršanje kroničnog bronhitisa nije povezano s prolaskom hladne fronte.

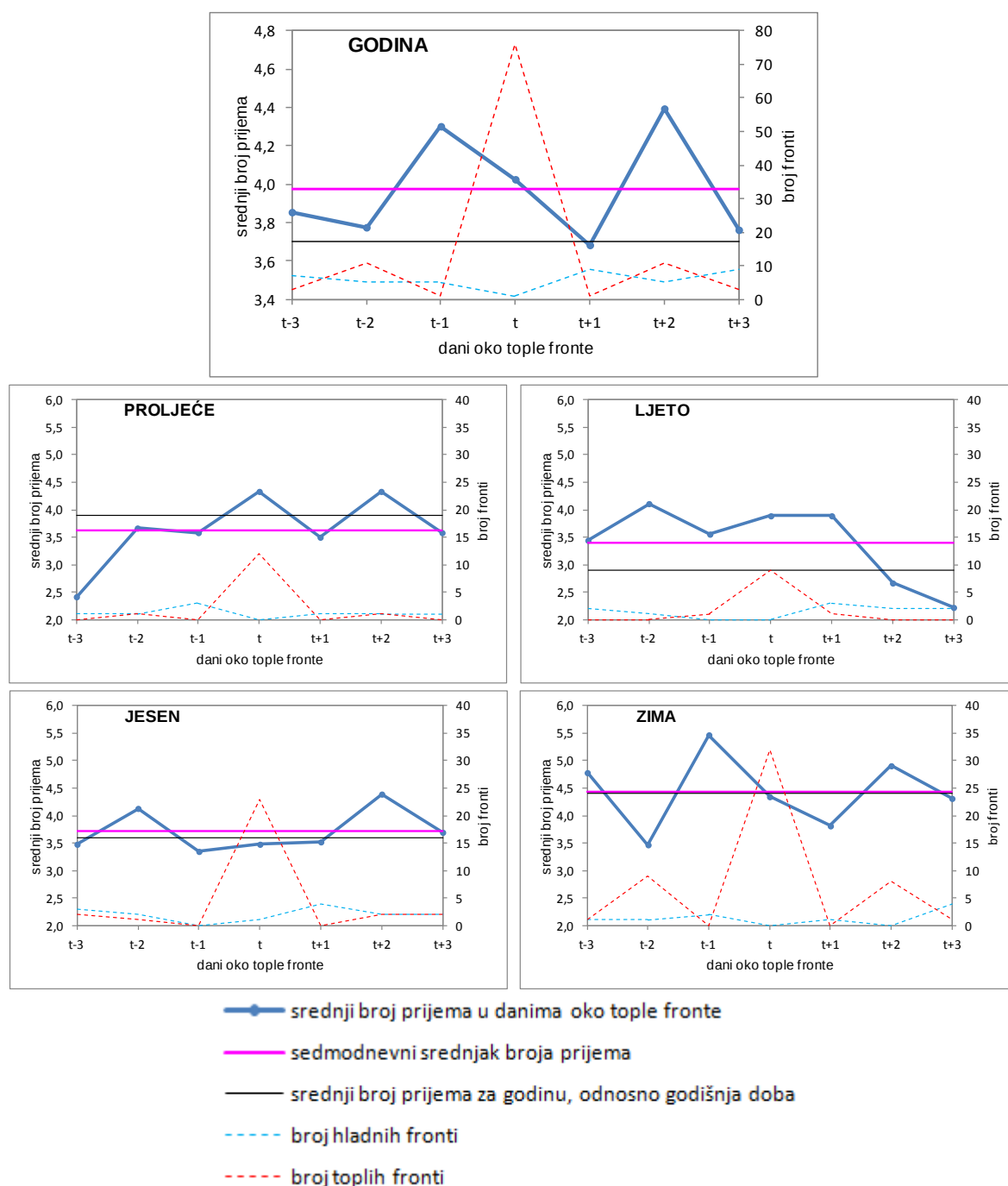
Iz razdiobe za godinu (slika 9), uočava se da je prijem bolesnika veći prije prolaska fronte, a najveći dva dana prije, u  $h - 2$ . Nakon toga, broj prijema se smanjuje, u danu s prolaskom hladne fronte  $h$  je najmanji i u sva tri dana nakon njega broj prijema ostaje manji od sedmodnevnog srednjaka.

Razdioba po godišnjim dobima pokazuje da je u svim godišnjim dobima osim zime broj prijema povećan prije prolaska fronte, te da se nakon toga smanjuje. Pritom je najveći broj primljenih bolesnika u proljeće, jedan dan prije prolaska hladne fronte, a ljeti i u jesen dva dana prije. Zimi su oscilacije broja prijema oko dana s frontom vrlo male.

No, prema  $\chi^2$  - testu, na nivou signifikantnosti  $\alpha = 0,05$ , odstupanja srednjeg broja prijema od sedmodnevnog srednjaka nisu značajna niti za godinu, niti za godišnja doba.

U danima oko hladne fronte nema značajnog povećanja broja prijema pa se može zaključiti da prolazak hladne fronte nema utjecaj na pogoršanje kroničnog bronhitisa, najvjerojatnije zbog prekratkog djelovanja na organizam. Važan razlog je i činjenica da se hladne fronte češće javljaju u toplom dijelu godine kad su i vremenski uvjeti većinom povoljni za bolesnike s kroničnim bronhitisom.

## TOPLE FRONTE



Slika 10: Učestalost prijema BKB i toplih fronti u razdoblju  $t \pm 3$  dana oko dana s toplom frontom, za godinu i po godišnjim dobima (razdoblje 1994.-1997.).

Za razliku od hladnih fronti, srednji broj prijema BKB u sedmodnevnom razdoblju oko tople fronte **veći** je ili približno jednak godišnjem i sezonskom srednjaku, osim za proljeće (slika 10). Ovakav odnos srednjaka posljedica je većeg broja toplih fronti u hladnom dijelu godine

kada je općenito i veći broj prijema pa se iz toga može pretpostaviti da pogoršanje kroničnog bronhitisa nije povezano niti s prolaskom tople fronte.

U razdiobi za godinu uočava se da broj primljenih bolesnika znatno varira oko sedmodnevnog srednjaka, pa je najmanji broj jedan dan nakon prolaska tople fronte,  $t + 1$ , a najveći dva dana nakon prolaska tople fronte,  $t + 2$ . Sekundarni maksimum zabilježen je jedan dan prije tople fronte.

Razdiobi za godinu najbližnja je razdioba prijema zimi.

Razdioba po godišnjim dobima također pokazuje znatne oscilacije broja prijema oko sedmodnevnog srednjaka, a najveći broj primljenih bolesnika uočava se zimi, jedan dan prije prolaska tople fronte. Te oscilacije u srednjem broju prijema najvjerojatnije su posljedica premalog uzorka, a ne djelovanja toplih fronti na prijem BKB.

Prema  $\chi^2$  - testu, na nivou  $\alpha = 0,05$ , nema signifikantnog odstupanja srednjeg broja prijema od sedmodnevnog srednjaka za godinu i za godišnja doba.

Općenito, oko prolaska fronti nema značajnog povećanja broja prijema što se najprije uočava za hladne fronte. Naime, frontalni poremećaji nemaju dovoljno dugo djelovanje da bi došlo do pogoršanja zdravstvenog stanja bolesnika s kroničnim bronhitisom za koje bi bila potrebna liječnička pomoć. Stoga eventualnom pogoršanju uzrok mogu biti zračne mase koje se nad istim područjem dulje zadržavaju, posebice zimi ispred tople fronte.

Takav se zaključak slaže i s analizom veze broja prijema i meteoroloških elemenata gdje su upravo temperaturni parametri izdvojeni kao najvažniji čimbenici za pogoršanje kroničnog bronhitisa, ponajprije razdoblje hladnoće i naglo zahladnjenje.

## 4.4 KRONIČNI BRONHITIS I TIPOVI VREMENA

Za istraživanje utjecaja i djelovanja atmosferskih prilika na pogoršanje bronhitisa kod kroničnih bolesnika analizirana je i veza tipova vremena s brojem prijema BKB.

Definirano je 29 tipova vremena (Poje, 1965) koji se prema sličnosti strujanja i osobinama vremena mogu svrstati u 13 grupa kako bi se smanjio broj klasa te lakše i preglednije napravila analiza s brojem prijema BKB.

*Doline niskog tlaka* Dol<sub>1</sub>, Dol<sub>2</sub>, Dol<sub>3</sub> (prednja strana, os i stražnja strana doline) su svrstane u grupu **DOL**, a *zonalne doline* zodal<sub>1</sub>, zodal<sub>2</sub>, zodal<sub>3</sub> (gornja strana, os i donja strana zonalne doline) u grupu **zodal**. Termička dolina Dol nije uvrštena niti u jednu grupu jer je stacionarna i javlja se nad vodenom podlogom Jadrana, te je slabo izražena i vrlo rijetko se pojavljuje (Lončar i Vučetić, 2003), pa se ne koristi u ovom istraživanju za Zagreb.

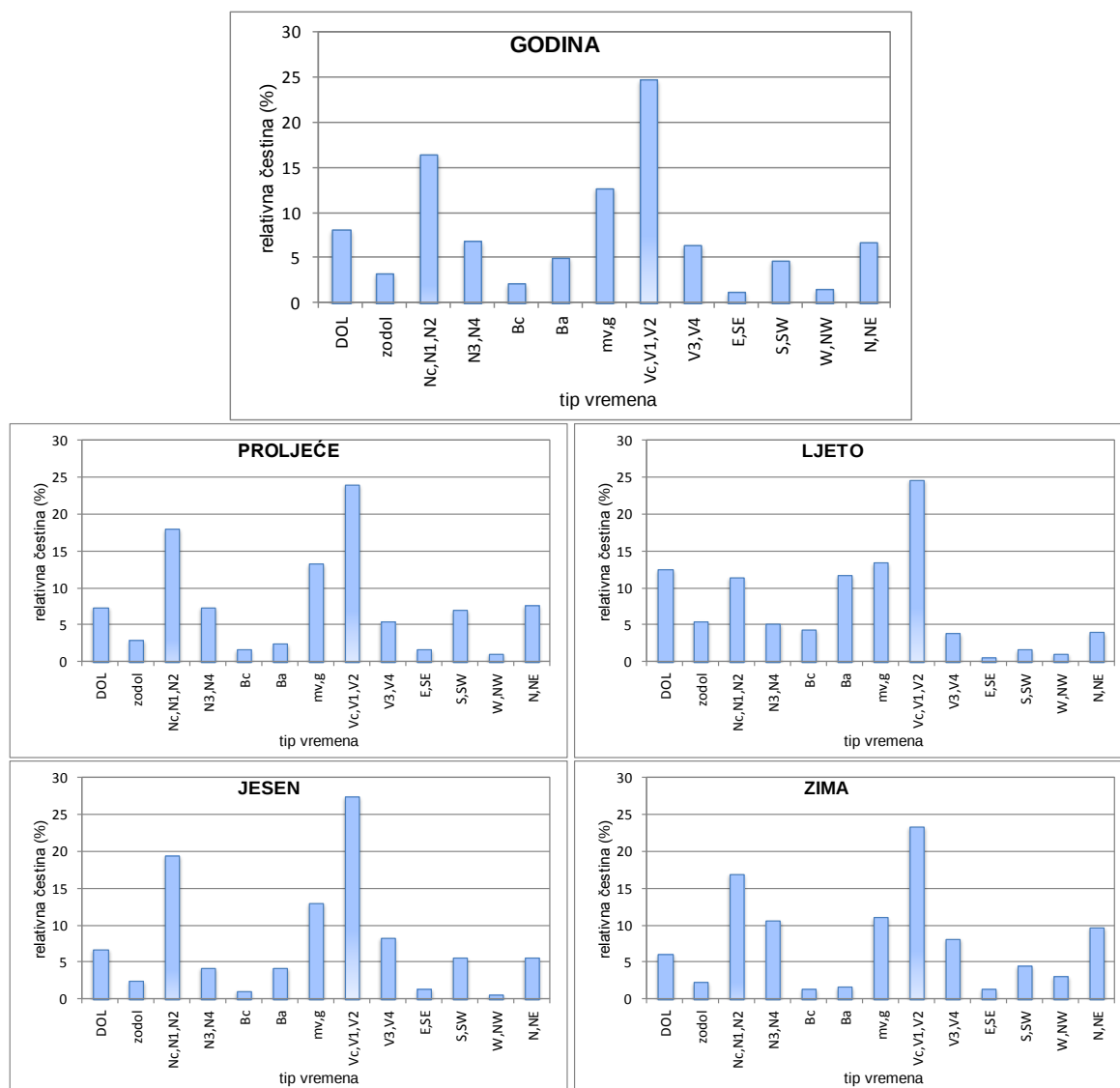
Ostali tipovi niskog tlaka svrstani su u još dvije grupe: **N<sub>c</sub>,N<sub>1</sub>,N<sub>2</sub>** koja sadrži *središte, prednju i donju stranu ciklone*, te grupa **N<sub>3</sub>,N<sub>4</sub>** sa *stražnjom i gornjom stranom ciklone*.

Tipovi vremena visokog tlaka razdvojeni su u tri grupe: **V<sub>c</sub>,V<sub>1</sub>,V<sub>2</sub>** sa *središtem, prednjom i donjom stranom anticiklone*, **V<sub>3</sub>,V<sub>4</sub>** sa *stražnjom i gornjom stranom anticiklone*, te **mv,g** koja sadrži *most visokog tlaka i greben*.

Bezgradijentna polja se zbog svoje posebnosti ne svrstavaju u grupe pa tako postoje tipovi *bezgradijentno anticiklonalno polje*, **B<sub>a</sub>** i *bezgradijentno ciklonalno polje*, **B<sub>c</sub>**.

Prijelazna stanja s advekcijom čine četiri grupe: *sjeverno i sjeveroistočno stanje* **N,NE**, *istočno i jugoistočno stanje* **E,SE**, *južno i jugozapadno stanje* **S,SW** te *zapadno i sjeverozapadno stanje* **W,NW**.

Slično je napravljeno u radu Zaninović i Pleško (1987) s jednom razlikom: u tom su radu *zonalne doline* zodal<sub>1</sub>, zodal<sub>2</sub> i zodal<sub>3</sub> priključene grupi s dolinama Dol<sub>1</sub>, Dol<sub>2</sub> i Dol<sub>3</sub> tvoreći tako samo jednu grupu.



Slika 14: Relativne čestine tipova vremena za godinu i za godišnja doba (razdoblje 1994.-1997.).

U radu "Tipovi vremena u Hrvatskoj" (Lončar i Bajić, 1994) statistička analiza je pokazala da je u godišnjem hodu relativnih čestina grupiranih tipova vremena tijekom cijele godine najčešći radijacijski režim<sup>2</sup> tipova vremena, s najvećom čestinom ljeti (slika 14). Tipovi vremena u vjetrovnom režimu<sup>3</sup> najčešći su u hladnom dijelu godine kad je vrlo česta advekcija hladnoga zraka nakon prolaska frontalnih sustava iz smjera NE.

<sup>2</sup> Tipovi vremena u radijacijskom režimu (slabo strujanje promjenjiva smjera s maksimalnim utjecajem čimbenika podloge i reljefa): **V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, g, mv, B<sub>a</sub>, B<sub>c</sub>**

<sup>3</sup> Tipovi vremena u vjetrovnom režimu (advekcija hladnog zraka, često s velikim brzinama zbog čega su horizontalna i vertikalna razmjena zraka vrlo velike): **N<sub>4</sub>, NES, ES**

S druge strane, advekcija hladnog zraka iz smjera NW<sup>4</sup> je kratkotrajna jer najčešće prati brz prolazak frontalnih sustava.

Za godinu i sva godišnja doba izdvojene su čestine pojave određenog tipa vremena (slika 14), zatim je određen srednji broj prijema u njima i na kraju su izračunate uvjetne vjerojatnosti da se dogodi dan  $n$  s velikim brojem prijema ako se dogodio određeni tip vremena. Tako se može ustanoviti za koji tip vremena je najveća vjerojatnost pojave velikog broja prijema BKB.

Proučavanjem relativne čestine 13 grupa tipova vremena (slika 14), najprije se može uočiti da je najčešća grupa sa *središtem, prednjim (istočnim) i donjim (južnim) sektorom anticiklone* (Poje, 1965), **V<sub>c</sub>, V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>**, jer ima najveću čestinu u godini i za svako godišnje doba. Tip *središte anticiklone*, **V<sub>c</sub>**, općenito ima malu čestinu jer područje Hrvatske nije pogodno za stvaranje niti za održavanje središta velikih anticiklonalnih sustava. Stoga ovdje najveći postotak pojavljivanja imaju tipovi *prednji i donji sektor* koji se javljaju cijele godine, no najčešće ljeti odnosno u jesen (Lončar i Vučetić, 2003).

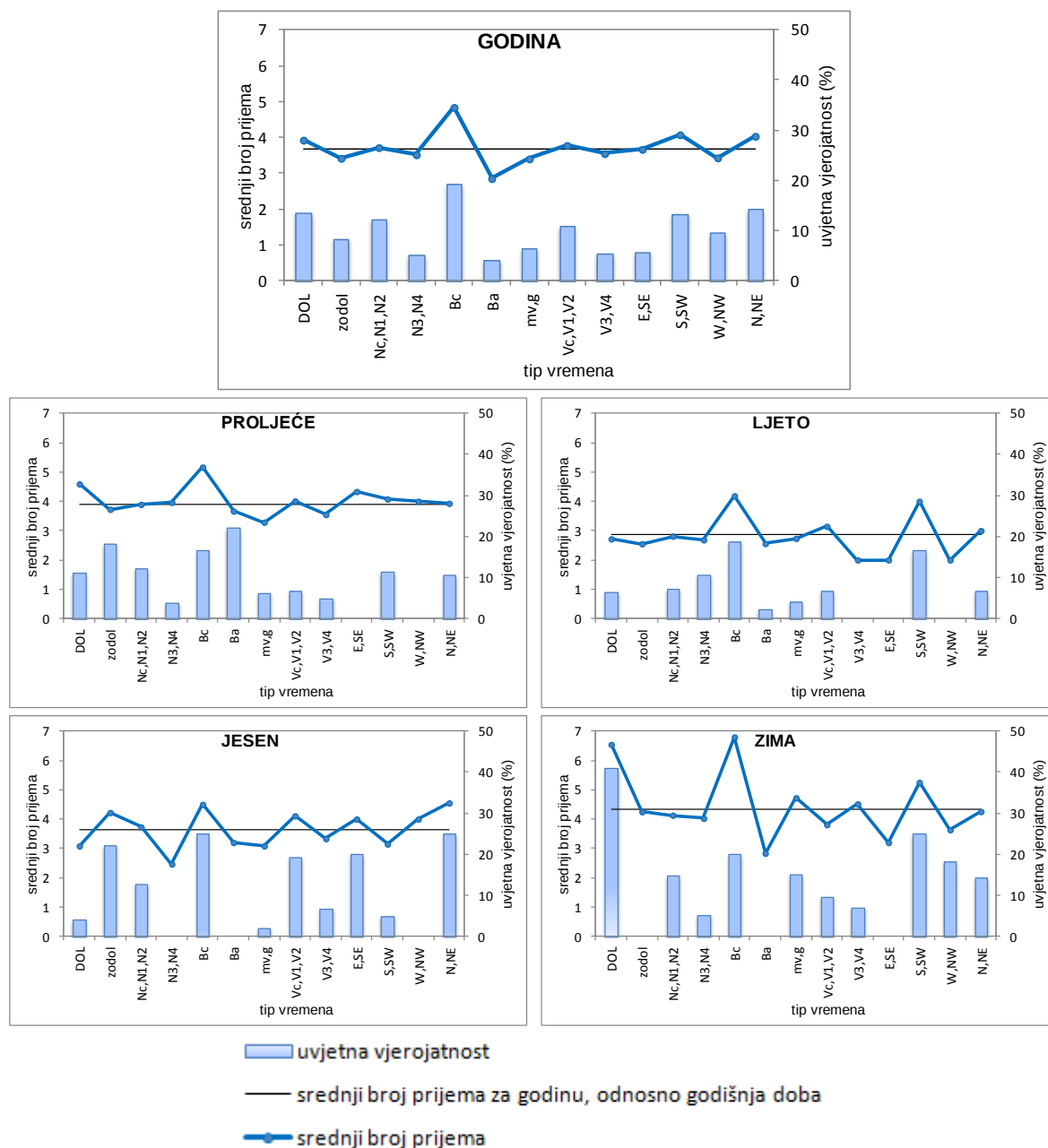
Druga najčešća grupa tipova vremena je **N<sub>c</sub>, N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>** koja sadrži *središte, prednji (istočni) i donji (južni) sektor ciklone*, a podjednako se javlja cijele godine s iznimkom ljeta. Ljeti je druga po učestalosti grupa tipova **mv, g** koja predstavlja *most visokog tlaka i greben*.

Analiza srednjeg broja prijema i uvjetne vjerojatnosti da se dogodio dan  $n$  s velikim brojem prijema ako se dogodio određeni tip vremena također je napravljena za godinu i sva godišnja doba.

Sedam grupa tipova vremena ima srednji broj prijema jednak ili veći od godišnjeg srednjaka (slika 15): **B<sub>c</sub>** (*bezgradijentno ciklonalno polje*), **S, SW** (*južno i jugozapadno strujanje*), **N, NE** (*sjeverno i sjeveroistočno strujanje*), **DOL** (*doline niskog tlaka*), **V<sub>c</sub>, V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>** (*središte, prednji (istočni) i donji (južni) sektor anticiklone*), **N<sub>c</sub>, N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>** (*središte, prednji i donji sektor ciklone*) te prijelazno stanje **E, SE** (*istočno i jugoistočno strujanje*).

---

<sup>4</sup> Tipovi vremena u advekciji iz NW Europe (hladna advekcija u toplom dijelu godine koja pogoduje stvaranju konvektivne naoblake): **NWS, Dol<sub>3</sub>**



Slika 15: Srednji broj prijema i razdioba uvjetne vjerojatnosti za pojavu dana  $n$ , po tipovima vremena za godinu i godišnja doba (razdoblje 1994.-1997.).

Velikim brojem prijema BKB najviše se ističe *bezgradijentno ciklonalno polje*,  $B_c$ , za godinu i sva godišnja doba, no učestalost mu je razmjerno mala. Tip  $B_c$  je dugotrajni tip vremena koji pripada radijacijskom režimu, a ovisno o dobu godine ima i različite osobine. U ljetnim mjesecima taj tip omogućuje maksimalnu turbulentnu razmjenu i mogućnost konvekcije dok u zimskim djeluje potpuno suprotno: stvaraju se i dugo održavaju stabilna inverzijska stanja

koja smanjuju turbulenciju, pa je tada hladno, a nerijetko i maglovito, što može nepovoljno utjecati na bolesnike s kroničnim bronhitisom (slika 15).

Najmanja vjerojatnost da se dogodi mnogo prijema bolesnika je u situacijama s *bezgradijentnim anticiklonalnim poljem*, tip **B<sub>a</sub>**, no samo za godinu.

Takve rezultate potvrđuje i uvjetna vjerojatnost da se dogodi dan *n* s velikim brojem prijema, ukoliko se pojavio određeni tip vremena (slika 15).

Vjerojatnost da će se pojaviti mnogo slučajeva pogoršanja kroničnog bronhitisa za godinu je najveća (19%) uz *bezgradijentno ciklonalno polje*, tip **B<sub>c</sub>**, a najmanja (4%) uz *bezgradijentno anticiklonalno polje*, tip **B<sub>a</sub>**.

U proljeće se osim dominantnog *bezgradijentnog ciklonalnog polja*, **B<sub>c</sub>**, srednjim brojem prijema većim od sezonskog srednjaka izdvajaju *doline niskog tlaka*, grupa **DOL**, te nakon njega *istočno i jugoistočno strujanje*, grupa **E,SE**<sup>5</sup>. No, u odnosu na druge tipove, u proljeće ove dvije grupe nemaju niti veliku relativnu čestinu, a ni uvjetnu vjerojatnost da se u njima dogodi dan *n* s velikim brojem prijema.

Ljeti, odmah iza *bezgradijentnog ciklonalnog polja*, **B<sub>c</sub>**, najveći srednji broj prijema ima grupa s advektivnim tipovima *južno i jugozapadno strujanje*, **S,SW**, koji pripadaju oborinskom režimu<sup>6</sup>, a isto takvu razdiobu ima i uvjetna vjerojatnost. Obje grupe tipova tijekom ljetnih mjeseci imaju malu učestalost.

U jesen, slično kao i ljeti, razdiobe srednjeg broja prijema i uvjetne vjerojatnosti dijele iste osobine. Najveće vrijednosti imaju grupa advektivnog *sjevernog i sjeveroistočnog strujanja*, **N,NE** (vjetrovni režim), *bezgradijentno ciklonalno polje*, **B<sub>c</sub>**, te grupa **zodol** koja sadrži *zonalne doline niskog tlaka*.

Značajni za pogoršanje kroničnog bronhitisa još mogu biti i grupa s advektivnim istočnim i jugoistočnim strujanjem, **E,SE**, te *središte, prednja i donja strana anticiklone*, **V<sub>c</sub>,V<sub>1</sub>,V<sub>2</sub>**. No, od svih ovih pet grupa tipova samo **V<sub>c</sub>,V<sub>1</sub>,V<sub>2</sub>** može značajno utjecati na kronične bolesnike s bronhitisom jer tijekom jeseni ima i veliku učestalost.

---

<sup>5</sup> Tipovi vremena u advekciji iz SE Europe (hladna advekcija u zimskom razdoblju; u uvjetima slaba strujanja pogoduje održavanju stabilnih inverzijskih prilika duljeg trajanja.): **V<sub>3</sub>, SES**

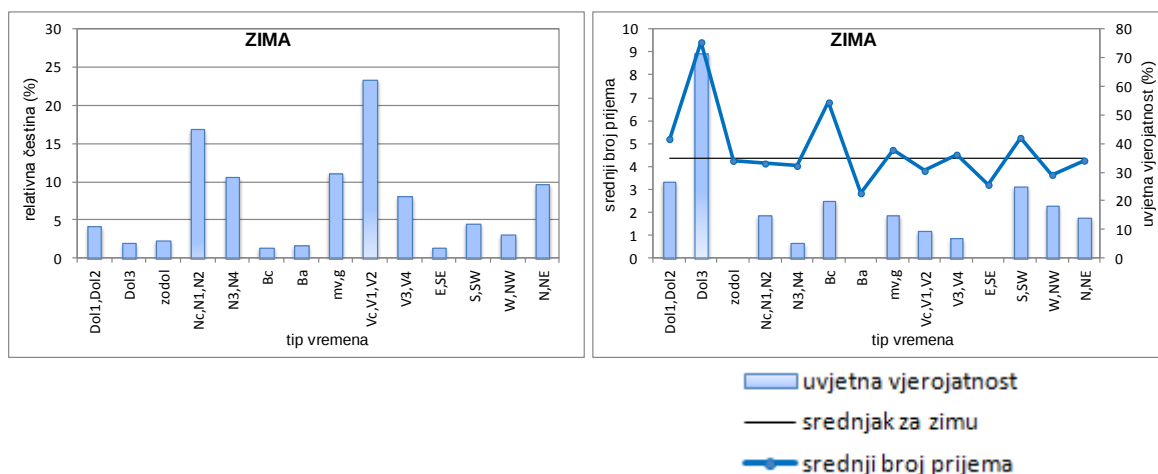
<sup>6</sup> Tipovi vremena u oborinskom režimu (advekcija toplog i vlažnog zraka uz dizanje zraka te stvaranje naoblake i oborine na planinskim preprekama, potencirani prisilnim dizanjem zraka): **N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, Dol<sub>1</sub>, Dol<sub>2</sub>, WS, SWS, SS**

Jesenska razdioba relativnih čestina je vrlo slična onoj u proljeće i za godinu: ističu se tri maksimuma, najprije za grupu tipova  $V_c, V_1, V_2$  koji ovdje ima najveću vrijednost od svih razdoblja, zatim za grupu  $N_c, N_1, N_2$ , a odmah iza slijedi i onaj za grupu s *mostom visokog tlaka* i *grebenom*,  $mv, g$ .

Zimi, kao i u proljeće, srednjim brojem prijema većim od sezonskog srednjaka uz *bezgradijentno ciklonalno polje*,  $B_c$  izdvaja se grupa s *dolinama niskog tlaka*, **DOL**, a uvjetna joj je vjerojatnost najveća (41%) od svih vjerojatnosti i za godinu i za godišnja doba. Zimi su pak te doline niskog tlaka rijetke (slika 14). Kao potencijalno rizičan tip zimi se ističe i *južno i jugozapadno strujanje*, grupa advektivnih tipova  $S, SW$ , kako povećanim srednjakom broja prijema tako i velikom uvjetnom vjerojatnošću da se u njemu dogodi dan  $n$  s velikim brojem prijema, no učestalost mu je mala u svim godišnjim dobima.

Najčešći tipovi vremena u svim godišnjim dobima su oni s radijacijskim režimom, a ujedno imaju najveći srednji broj prijema i najveću uvjetnu vjerojatnost za pojavu velikog broja prijema. No, zima se ističe s daleko najvećom uvjetnom vjerojatnošću u grupi tipova dolina niskog tlaka. Budući da su u toj grupi doline koje pripadaju režimima s različitim vremenskim karakteristikama, stvorila se potreba za detaljniju analizu podataka za zimu.

Razdvajanjem grupe DOL na tipove  $Dol_1$  i  $Dol_2$  (oborinski režim s toplom advekcijom) te  $Dol_3$  (hladna advekcija iz NW Europe) pokazalo se da tip  $Dol_3$  ima vrlo veliko odstupanje srednjeg broja prijema od srednjaka za zimu te, još važnije, jako veliku uvjetnu vjerojatnost (71%) za pojavu velikog broja prijema u tom tipu vremena (slika 16).



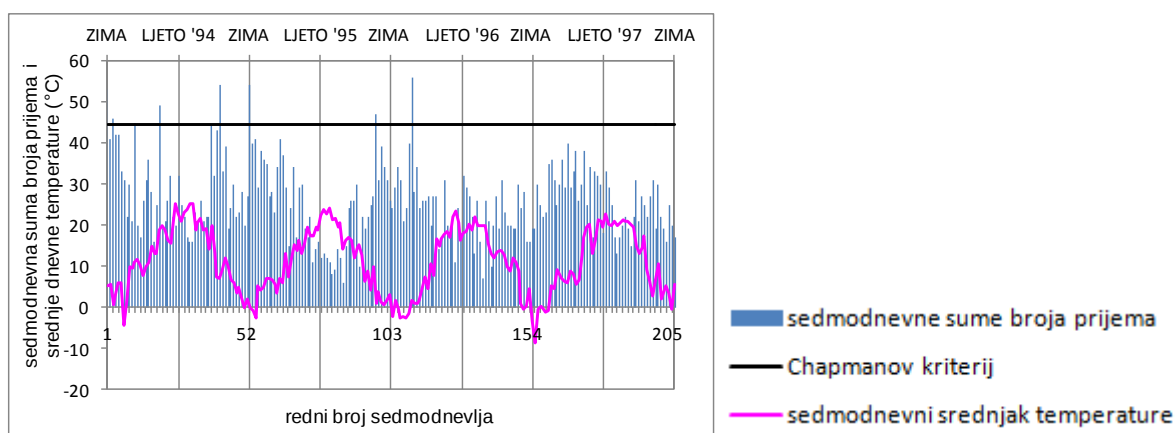
Slika 16: Relativne čestine tipova vremena te srednji broj prijema i razdioba uvjetne vjerojatnosti za pojavu dana  $n$ , po tipovima vremena za zimu (razdoblje 1994.-1997.).

U analizi tipova vremena pokazalo se da su za kronični bronhitis nepovoljni tipovi vremena radijacijskog režima koji u hladnom dijelu godine, kad ima više prijema BKB, predstavljaju dugotrajne i stabilne vremenske situacije, praćene hladnim vremenom, ponekad i maglom. No, zimi je za povećani prijem BKB dominantan tip hladne advekcije (stražnja strana doline niskog tlaka) koji, iako kratkotrajan jer prati brz prolaz frontalnih sustava, može izazvati natprosječan broj prijema bolesnika s kroničnim bronhitisom. S druge strane, taj tip vremena se vrlo rijetko pojavljuje.

## 4.5 RAZDOBLJA S VELIKIM BROJEM PRIJEMA PACIJENATA

U ovom poglavlju će biti opisane vremenske situacije u razdobljima u kojima je zabilježen velik broj prijema BKB, kako bi se uočile meteorološke prilike nepovoljne za bolesnike s kroničnim bronhitisom.

Normalna razdioba je dobro pridieljena sedmodnevnim sumama broja prijema na nivou signifikantnosti  $\alpha = 0,05$  i tako je dokazano da teorijske čestine ne odstupaju značajno od empirijskih (poglavlje 4.2).



Slika 17: Sedmodnevne sume broja prijema BKB i sedmodnevni srednjak temperature uz Chapmanov kriterij za odstupanje podataka od srednjaka normalne razdiobe; na sekundarnoj horizontalnoj osi okvirno su, radi zornijeg prikaza, označene sredine zime odnosno ljeta u razdoblju 1994.-1997.

U praksi se za definiranje “normalnih” odnosno “izvanrednih” meteoroloških pojava često koristi Chapmanov kriterij koji se za podatke s oblikom normalne razdiobe određuje pomoću srednjaka i standardne devijacije. Taj kriterij za odstupanje od srednjaka normalne razdiobe ovdje se koristi za izdvajanje sedmodnevnih razdoblja s velikim brojem prijema (slika 17). Za podatke u intervalu  $> \bar{x} + 2\sigma$ , smatra se da su znatno iznad normale s vjerojatnošću pojave oko 2% ( $P = 0,0215$ ) i pokazuju jedan oblik abnormalnosti (Penzar i Makjanić, 1980).

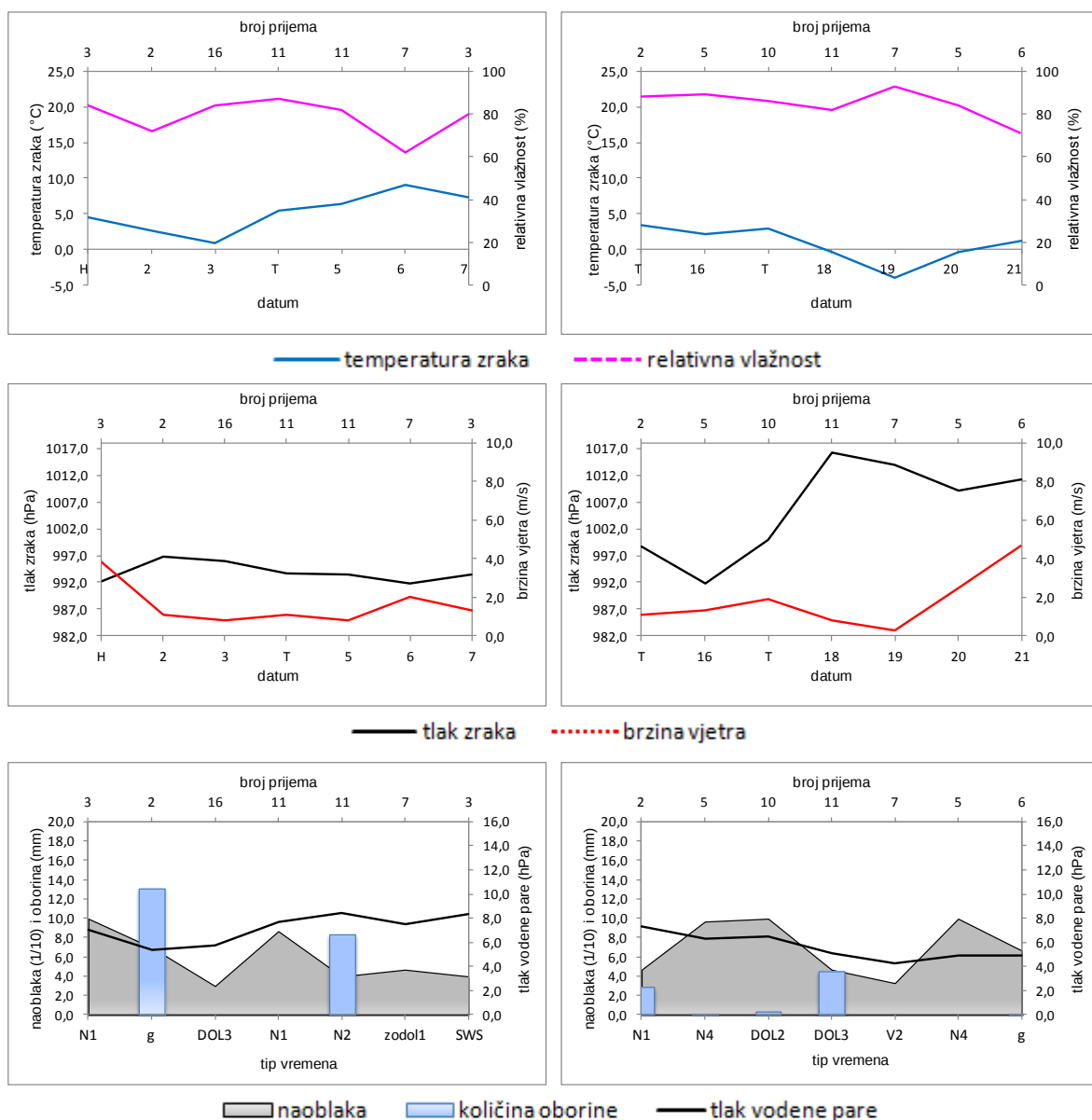
Ovaj se kriterij koristi jer se pretpostavlja da u takvim slučajevima vremenske prilike imaju bitan, a možda i presudan utjecaj na povećan broj prijema bolesnika.

Broj prijema ima godišnji hod vrlo sličan temperaturi zraka no suprotnog predznaka: što je hladnije (niža temperatura zraka) to je veći broj prijema (slika 17). Prema Chapmanovom kriteriju za prijem bolesnika znatno iznad normale, jako se ističe nekoliko slučajeva sedmodnevlja s vrlo mnogo prijema.

## ZIMA

I) 01.-07.01.1994.

II) 15.-21.01.1994.



Slika 18: Razdoblja s velikom učestalošću prijema zimi (razdoblje 1994.-1997.); na svim grafovima su na sekundarnoj (gornjoj) horizontalnoj osi prikazani brojevi prijema za svaki dan sedmodnevlja.

Zanimljivo je i bitno napomenuti da podaci sadrže i socijalne aspekte koji nisu ni u kakvoj vezi s vremenom. Tako se npr. ovdje uočava jače izražen ljetni minimum u sedmodnevnim sumama broja prijema koji se, osim zbog dugotrajnijeg razdoblja s povoljnim vremenskim prilikama za BKB, može objasniti i odlaskom velikog broja ljudi na ljetovanje izvan Zagreba.

U cijelom četverogodišnjem nizu ima 8 sedmodnevlja u kojima je prema Chapmanovom kriteriju broj prijema veći od  $\bar{x} + 2\sigma$ , i to po 2 u proljeće i u jesen te 4 zimi.

U prvom zimskom razdoblju (01.-07.01.1994.) vrijeme je bilo promjenjivo te za ovaj dio godine razmjerno toplo (slika 18). Srednja dnevna temperatura je bila iznad nule, a u drugom dijelu sedmodnevlja zabilježen je mjesečni maksimum od 9°C. Oblačno vrijeme s oborinom u ovom razdoblju povezano je s prolascima hladne i tople fronte u ciklonalnom tipu vremena s niskim tlakom. Taj tip vremena kratkotrajno je prekinuo greben, ali tlak nije značajno varirao. U danima s povećanim brojem prijema (03.-06.01.) vidljiv je pad temperature zraka uz povećanu relativnu vlažnost što je u vezi s približavanjem tople fronte i formiranjem ciklone.

Prvi dio razdoblja 15.-21.01.1994. obilježen je prolascima toplih fronti (**T**) uz razmjerno toplo i oblačno vrijeme (slika 18). U drugom dijelu, u tipu hladne advekcije, tlak zraka je povišen, oblaka ima manje, a zrak je hladniji uz srednju dnevnu temperaturu zraka oko ili ispod nule. Krajem razdoblja je naglo jačao vjetar.

Dani s velikim brojem prijema (17.-19.01.) su dani nakon tople fronte kad su zabilježeni porast tlaka i pad temperature zraka koja je 19.01. dosegla mjesečni minimum od - 3,9°C.

Treće zimsko sedmodnevlje (31.12.1994.-06.01.1995.) u svom prvom dijelu je obilježeno prolaskom duboke ciklone i pripadnih fronti te vlažnim vremenom s mnogo oborine i temperaturom oko nule (slika 19). Nakon toga je s izraženim sjeveroistočnim vjetrom pritjecao hladniji i suhi zrak, tlak je porastao, no zadržalo se oblačno vrijeme, a tada su zabilježena i dva dana (03.-04.01.) s velikim brojem prijema.

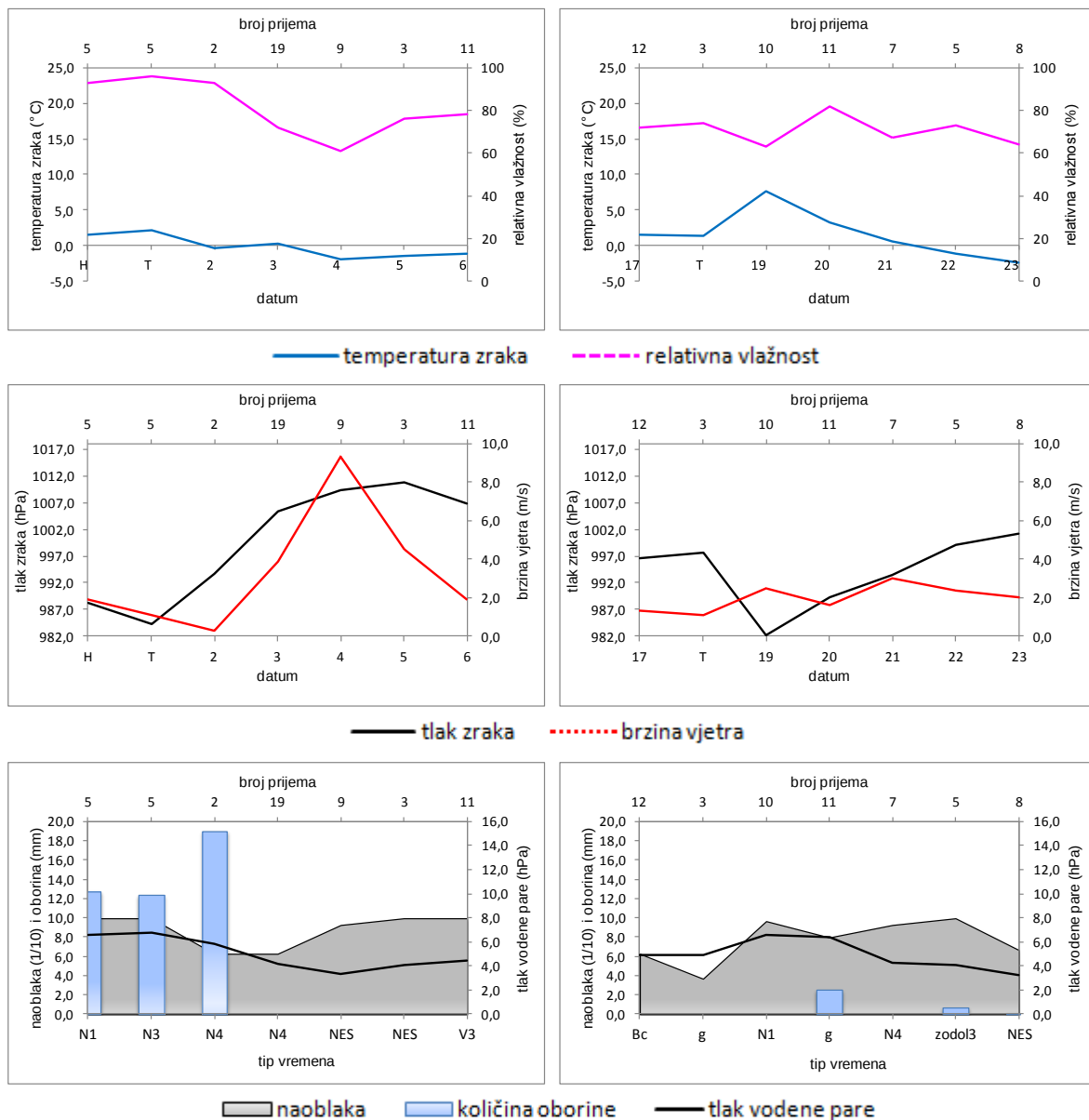
U sedmodnevnom razdoblju 17.-23.02.1996. bilo je razmjerno toplo jer je temperatura zraka bila pozitivna, a trećeg dana zabilježen je mjesečni maksimum od 7,6°C. Krajem ovog sedmodnevlja zabilježen je pad temperature (slika 19). Prevladavalo je oblačno, no uglavnom suho vrijeme bez ili s malo oborina. Tlak se nije mnogo mijenjao, no dan nakon

prolaska tople fronte imao je nagli pad.

U danima s povećanim brojem prijema bolesnika (19.-21.02.) tlak je porastao te je zahladilo.

III) 31.12.1994-06.01.1995.

IV) 17.-23.02.1996.



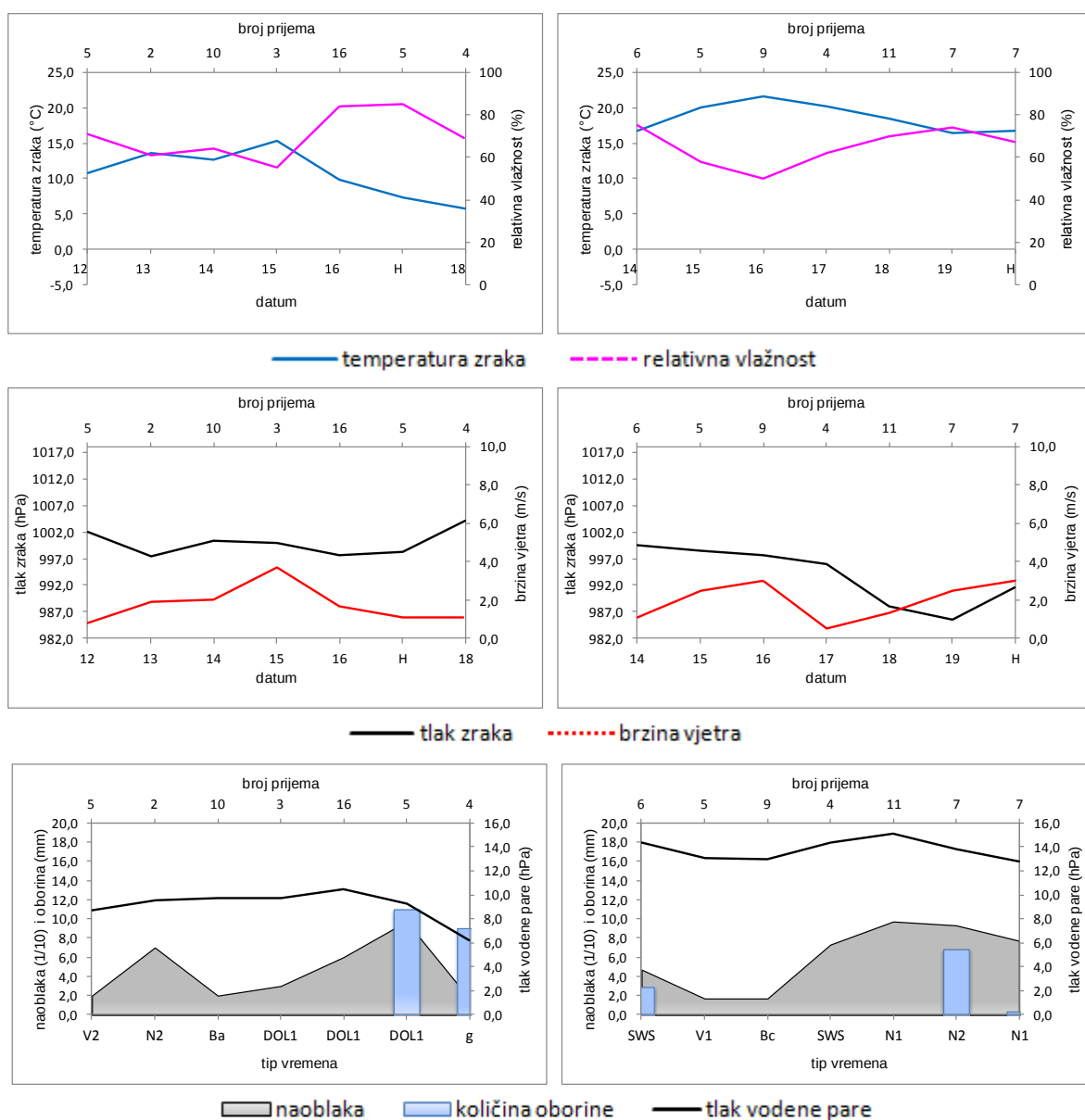
Slika 19: Razdoblja s velikom učestalošću prijema zimi (razdoblje 1994.-1997.); na svim grafovima su na sekundarnoj horizontalnoj osi prikazani brojevi prijema za svaki dan sedmodnevlja. (nastavak)

## PROLJEĆE

U proljetnom sedmodnevlju 12.-18.03.1994. tlak zraka se nije mnogo mijenjao, a sredinom razdoblja ojačao je jugozapadni vjetar i temperatura se počela snižavati. U drugom dijelu razdoblja bila je izražena dolina, pa se temperatura zraka postupno snižavala, a završilo je prolaskom hladne fronte, naoblačenjem i kišom (slika 20).

V) 12.-18.03.1994.

VI) 14.-20.05.1994.



Slika 20: Razdoblja s velikom učestalošću prijema u proljeće (razdoblje 1994.-1997.); na svim grafovima su na sekundarnoj horizontalnoj osi prikazani brojevi prijema za svaki dan sedmodnevlja.

Povećani broj prijema bolesnika 14.03. dogodio se u situaciji s bezgradijentnim anticiklonalnim poljem uz pretežno vedro i razmjerno toplo vrijeme, dok se velik broj prijema 16.03. može povezati s dotokom hladnijeg i vlažnog zraka i dolinom pred hladnu frontu.

Razdoblje 14.-20.05.1994. karakterizira izmjena različitih tipova vremena. U prvom dijelu prevladavao je radijacijski režim uz razmjerno toplo, pretežno vedro i suho vrijeme. No, u drugom dijelu je bilo povećane naoblake povremeno praćene kišom uz pad tlaka i zahladnjenje (slika 20). Broj prijema je u cijelom sedmodnevlju razmjerno velik, a posebno povećan prilikom dolaska ciklone uz pad temperature i tlaka zraka.

## **JESEN**

U jesenskom razdoblju 15.-21.10.1994. prevladavala je anticiklona s osobinama stabilnog i mirnog vremena. Prisutna je temperaturna inverzija u kojoj dominira oblačno, maglovito i prohladno vrijeme s uglavnom visokom relativnom vlagom zraka (slika 21).

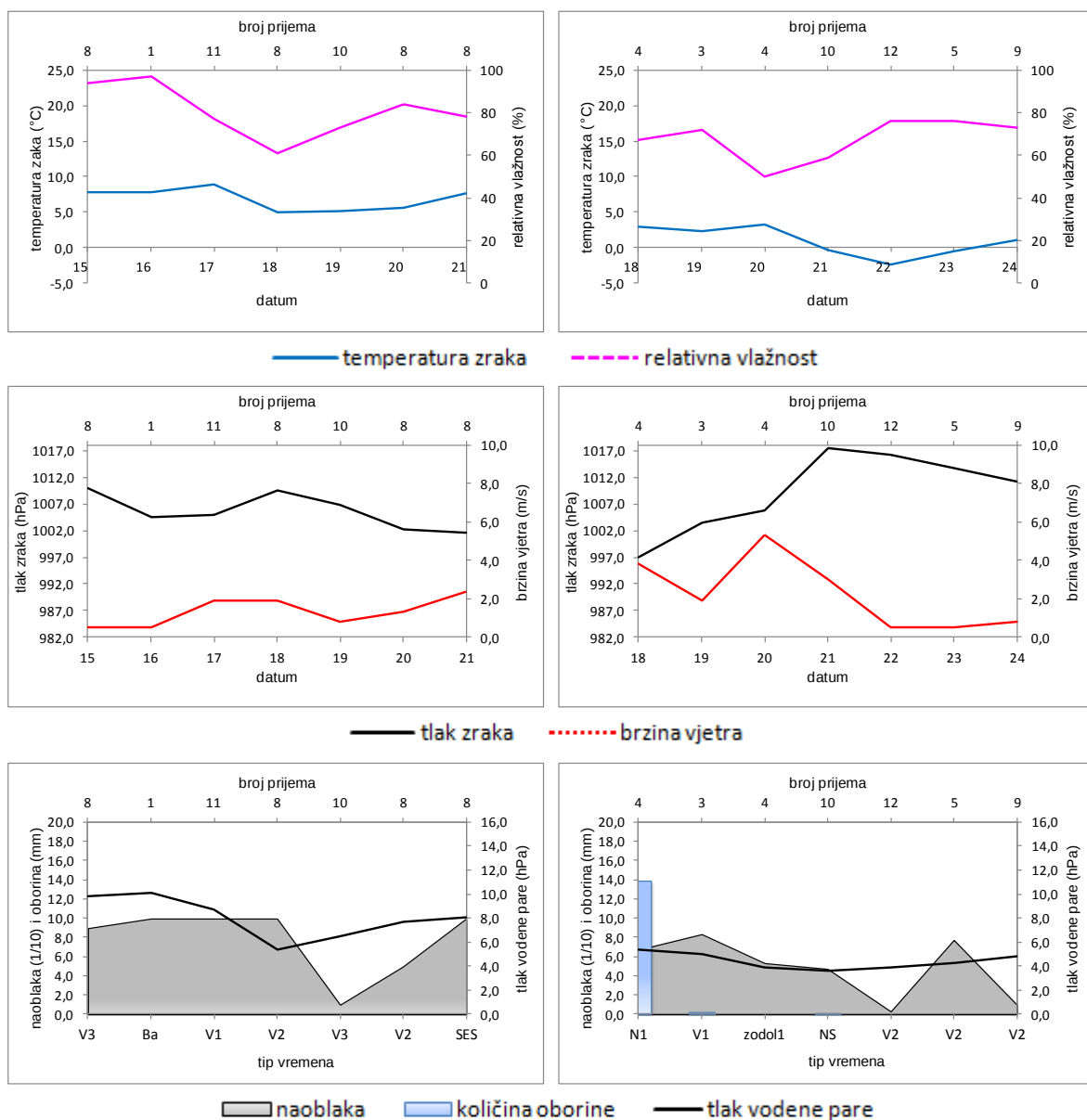
U gotovo svim danima je broj prijema značajno velik (više od 7 slučajeva), a ističe se dan sa samo jednim prijemom iako se vrijeme nije mijenjalo. To je bila nedjelja što potvrđuje pretpostavku da je bronhitis bolest takve naravi da svako pogoršanje ne mora nužno rezultirati trenutnim hitnim prijemom u bolnicu.

Nakon prolaska ciklone i kiše početkom jesenskog sedmodnevlja 18.-24.11.1995. uslijedila je dominacija anticiklone (slika 21). Tlak je postupno rastao, a u prvom dijelu razdoblja je bilo i vjetrovito. U drugom dijelu sedmodnevlja, kad je zabilježen velik broj prijema bolesnika (21., 22. i 24.10.), prevladavao je radijacijski režim uz pad temperature zraka i razvedranje.

Zanimljivo je naglasiti da se ovo sedmodnevlje nalazi točno između zabilježenog maksimuma 17.11. (13,5°C) i minimuma 25.11. (- 2,5°C) što potvrđuje da je pad temperature unutar ovog sedmodnevlja značajan, a možda i presudan za pogoršanje kroničnog bronhitisa.

VII) 15.-21.10.1994.

VIII) 18.-24.11.1995.



Slika 21: Razdoblja s velikom učestalošću prijema ujesen (razdoblje 1994.-1997.); na svim grafovima su na sekundarnoj (gornjoj) horizontalnoj osi prikazani brojevi prijema za svaki dan sedmodnevlja.

Ovih osam vremenskih situacija poslužilo je za izdvajanje meteoroloških prilika nepovoljnih za bolesnike s kroničnim bronhitisom.

Zimi se u razdobljima s vrlo mnogo prijema može izdvojiti češći prolazak fronti te izražena ciklona uz zahladnjenje, a u proljeće naoblačenje s kišom i također zahladnjenje. Ljeti nije zabilježeno niti jedno sedmodnevno razdoblje s vrlo mnogo prijema, dok se ujesen kao zajednička osobina tim razdobljima može izdvojiti anticiklonalna situacija s mirnim, stabilnim vremenom.

Velik broj prijema BKB može se povezati s padom temperature zraka, neovisno o srednjoj temperaturi zraka. U nekim razdobljima se može uočiti i nagla promjena tlaka zraka: pad uz približavanje tople fronte i stvaranje ciklone, a porast uz prolazak hladne fronte. Zajedničko je i jačanje vjetra, osobito izraženo u jesenskom razdoblju 18.-24.11.1995. dva dana prije dana sa zabilježenim velikim brojem prijema.

Dakle, zajednička osobina ovih razdoblja s velikim brojem prijema BKB je zahladnjenje, što se slaže s rezultatom analize sedmodnevnih suma kojom je ustanovljena negativna korelacija između broja prijema i srednje dnevne temperature zraka. Tome u prilog ide i činjenica da ljeti ne postoje razdoblja s brojem prijema znatno iznad normale. Općenito, rezultati pokazuju da je broj prijema BKB veći što su sedmodnevlja hladnija.

Ostali meteorološki elementi uglavnom nemaju velike oscilacije unutar razdoblja s vrlo mnogo prijema, a njihovu nesignifikantnost potvrđuje i analiza koeficijenata korelacije sedmodnevnih suma.

## 5. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

---

Rezultati analize povezanosti broja prijema bolesnika s kroničnim bronhitisom i meteoroloških čimbenika pokazuju da najjače veze postoje s temperaturnim parametrima, pri čemu je broj prijema veći što su razdoblja hladnija. Također se kao rizični čimbenik pokazalo zahladnjenje. Povezanost povećanja broja prijema s meteorološkim elementima jača je u toplom nego u hladnom dijelu godine.

Signifikantna veza temperaturnih parametara i dana s velikim brojem prijema BKB pokazuje odgođen utjecaj temperature na pogoršanje bolesti, odnosno bolesnici na nepovoljne vremenske prilike reagiraju i do tri dana kasnije ili kumuliraju nepovoljne učinke vremena.

Od meteoroloških elemenata sa signifikantnim korelacijama s brojem prijema, uz temperaturu zraka mogu se izdvojiti još naoblaka i brzina vjetra, jer je broj prijema veći u razdobljima povećane naoblake i jačanja vjetra. U hladnom dijelu godine niska relativna vlaga u zraku pogoduje povećanju broja prijema BKB, a zimi su to situacije s izrazito hladnim i suhim vremenom.

Prolazak fronti ne utječe na povećanje broja prijema, niti se dani s brojem prijema poklapaju s danima prolaska fronte. Razlog tome vjerojatno je u prekratkom djelovanju fronte na pogoršanje zdravstvenog stanja bolesnika s kroničnim bronhitisom. Stoga se uzrok eventualnog pogoršanja može tražiti u zračnim masama koje se nad istim područjem dulje zadržavaju, posebice zimi u hladnoj zračnoj masi ispred tople fronte.

Analiza broja prijema s tipovima vremena pokazala je najveći prijem BKB u radijacijskom tipu, *bezgradijentnom ciklonalnom polju* koji ljeti omogućuje konvekciju i nestabilnosti, a u hladnom dijelu godine stvaranje i dugo trajanje stabilnih inverzijskih stanja. Zimi se velikom uvjetnom vjerojatnošću za pojavu povećanog broja prijema ističe hladna advekcija na stražnjoj strani doline, no pojavljuje se rijetko. Dominacija tih tipova pri povećanom broju BKB potvrđuje nepovoljan utjecaj hladnog vremena na bolesnike s kroničnim bronhitisom.

Iz razdoblja s povećanim brojem prijema BKB može se izdvojiti da je zimi karakteristično hladno vrijeme nakon prolaska hladne fronte ili izražene ciklone, u proljeće dani s padom

temperature, a ujesen anticiklonalna situacija s mirnim, stabilnim vremenom (uglavnom hladnim s mogućnošću pojave magle). Slične rezultate pokazalo je istraživanje McGregora i suradnika (1999) o vezi broja prijema respiratornih bolesnika i tipova zimskih zračnih masa, gdje je nađeno da se povećan broj prijema javlja u kontinentalnoj anticiklonalnoj zračnoj masi koja donosi hladno i vedro vrijeme ili u onoj koja donosi trajnu maglu.

Zaključno se može reći da su analize provedene u ovom radu pokazale da na pogoršanje stanja kod bolesnika s kroničnim bronhitisom nepovoljno utječe niska temperatura zraka u dugotrajnim hladnim razdobljima, naglo zahladnjenje neovisno o srednjoj temperaturi zraka te pojava višednevnih tipova vremena radijacijskog režima ili hladne advekcije.

Kronični bronhitis je takva bolest da akutno pogoršanje često ne završava hitnim prijemom. Stoga se u danima s velikom i naglom promjenom vremena ne uočava uvijek i povećan broj prijema, a nalaženje veze broja prijema i vremenskih čimbenika je otežano, posebice ako postoji još i ljudski faktor odgađanja.

U istraživanju povezanosti niskih temperatura s odlascima starijih respiratornih bolesnika liječniku (Hajat i Haines, 2002) pokazano je da postoji odgođen utjecaj zahladnjenja, slično kao i u ovom radu. Naime, pronađena je jaka veza povećanja broja liječničkih pregleda i temperature zraka u razdoblju do čak 15 dana ranije, osobito ako se spuštala ispod 5°C. Diaz i suradnici (2003) su također pokazali da je smrtnost zbog respiratornih problema povećana četvrti i peti dan, pa opet jedanaesti dan nakon ekstremno niske temperature zraka. Iz toga se može zaključiti da je zimi ta odgoda dulja zbog sporijeg djelovanja na ljude koji većinom borave u zatvorenim i grijanim prostorima, a boravak na otvorenom je rjeđi i kratkotrajan.

Korelacija između meteoroloških elemenata i kroničnog bronhitisa ne može uvijek objasniti razloge povezanosti s pogoršanjem bolesti na koju mogu djelovati i brojni drugi čimbenici. Zbog toga se provode kompleksna istraživanja u kojima se osim utjecaja vremena na sinoptičkoj i lokalnoj skali procjenjuju i drugi utjecaji okoline uključujući zdravstveno stanje, socioekonomski status pojedinca te kvaliteta zraka koja ima velik i složen utjecaj na čovjeka.

Za potpunije i sigurnije rezultate utjecaja vremena na pogoršanje kroničnog bronhitisa potreban je duži niz podataka, a u istraživanje bi bilo vrijedno uključiti i podatke o kvaliteti zraka. Obzirom na rezultate nekih autora koji ukazuju na utjecaj vremena na bolesnike s respiratornim bolestima nakon dulje izloženosti, trebalo bi modificirati metodu obrade produljenjem vremenskih razdoblja u kojima se traži veza te uvođenjem drugih metoda istraživanja, što može biti motivacija za daljnji rad.

## 6. LITERATURA

---

- AMERICAN LUNG ASSOCIATION internetski portal, članak „Chronic bronchitis“, <http://www.lungusa.org/lung-disease/bronchitis-chronic/understanding-chronic-bronchitis.html>
- BEGGS P., CURSON P., 1997: Chapter 14. Climate and Chronic Respiratory Disease, 329-354 iz knjige: Cheremisinoff P. N. i Cheremisinoff N. P.: Health and Toxicology, *Gulf Publishing Company*, Houston, Texas, 508 str.
- CANADIAN LUNG ASSOCIATION, internetski članak „Bronchitis“, [http://www.lung.ca/diseases-maladies/a-z/bronchitis-bronchite/index\\_e.php#chronic](http://www.lung.ca/diseases-maladies/a-z/bronchitis-bronchite/index_e.php#chronic)
- COLLIER C. G., HARDAKER P. J., 1995: Weather, air quality and health, *Meteorological Applications*, **2**, 313-322
- DÍAZ J., GARCÍA R., LÓPEZ C., LINARES C., TOBÍAS A., PRIETO L., 2005: Mortality impact of extreme winter temperatures, *International Journal of Biometeorology*, **49**, 179-183
- FERRARI U., EXNER T., WANKA E.R., BERGEMANN C., MEYER-ARNEK J., HILDENBRAND B., TUFMAN A., HEUMANN C., HUBER R.M., BITTNER M., FISCHER R., 2012: Influence of air pressure, humidity, solar radiation, temperature and wind speed on ambulatory visits due to chronic obstructive pulmonary disease in Bavaria, Germany, *International Journal of Biometeorology*, **56**, 137-143
- GREGORY J., 1970: The influence of climate and atmospheric pollution on exacerbations of chronic bronchitis, *Atmospheric Environment*, **4**, Pergamon Press, 453-468
- HAJAT S., HAINES A., 2002: Associations of cold temperatures with GP consultations for respiratory and cardiovascular disease amongst the elderly in London, *International Journal of Epidemiology*, **31**, 825-830
- JAJETIĆ A., 2006: Utjecaj vremena na bolnički prijem psihičkih bolesnika, *Diplomski rad na Sveučilištu u Zagrebu*, 14-15
- JENDRITZKY G., 1993: Human biometeorology, Part I (The atmospheric environment – an introduction), *Experientia*, **49**, Birkhäuser Verlag, 733-740

- KOTANIEMI J. T., PALLASAHO P., SOVIJÄRVI A.R.A., LAITINEN L.A., LUNDBÄCK B., 2002: Respiratory symptoms and asthma in relation to cold climate, inhaled allergens and irritants: A comparison between Northern and Southern Finland, *Journal of Asthma*, **39**, 649-658
- LONČAR E., BAJIĆ A., 1994: Tipovi vremena u Hrvatskoj, *Hrvatski meteorološki časopis*, **29**, 31-41
- LONČAR E., VUČETIĆ V., 2003: Tipovi vremena i njihova primjena na sjeverni Jadran, *Hrvatski meteorološki časopis*, **38**, 57-81
- McGREGOR G. R., WALTERS S., WORDLEY J., 1999: Daily hospital respiratory admissions and winter air mass types, Birmingham, UK, *International Journal of Biometeorology*, **43**, 21-30
- MEDBROADCAST internetski portal, članak „Acute Exacerbations of Chronic Bronchitis“, [http://www.medbroadcast.com/condition\\_info\\_details.asp?disease\\_id=285#Facts](http://www.medbroadcast.com/condition_info_details.asp?disease_id=285#Facts)
- PAVLIĆ I., 1988: Statistička teorija i primjena, *Tehnička knjiga*, Zagreb, 343 str.
- PENZAR B., MAKJANIĆ B., 1980: Osnovna statistička obrada podataka u klimatologiji, *Sveučilišna naklada Liber*, Zagreb, 163 str.
- PLEŠKO N., 1996: Utjecaj atmosfere na život i ljudske aktivnosti, 53-66 iz knjige: Penzar B. i suradnici: Meteorologija za korisnike, *Školska knjiga*, Zagreb, 275 str.
- PLEŠKO N., ZANINOVIĆ K., 1986: Meteorološki parametri kao faktor rizika cerebrovaskularnog infarkta, *Rasprave*, **21**, Zagreb, 21-28
- PLEŠKO N., GOLDNER V., REZAKOVIĆ DŽ., ZANINOVIĆ K., ZEČEVIĆ D., 1983: Karakteristike vremenskih prilika u sedmodnevnim razdobljima s velikim brojem infarkta miokarda u Zagrebu, *Acta Med. Iug.*, **37(1)**, 3-17
- PLEŠKO N., REZAKOVIĆ DŽ., GOLDNER V., ZANINOVIĆ K., CERIĆ R., VULETIĆ J., BATINIĆ Z., ZEČEVIĆ D., BUNAREVIĆ A., DOMINIS M., VIŠNJIĆ I., 1983: Korelacija vremenskih nizova meteoroloških parametara s incidencijom infarkta miokarda, *Liječnički vjesnik*, **105(4)**, 133-136
- PLEŠKO N., DODIG S., EHRlich-LIPEJ S., JANEKOVIĆ R., KONCUL I., MEDAR-LASIĆ M., NARANČIK LJ., RAOS M., ZIMIĆ L., ZORIČIĆ-LETOJA I., LEPČIN D., VRBANIĆ V., BAŠIĆ-GRBAC M., BOGIĆ B., BUKOVŠAK D., KRSTIĆ-BURIĆ M., 1994: Astma i kronični bronhitis, priručnik za bolesnike, *znanstveni projekt „Utjecaj vremena i klime na zdravlje ljudi“*, Ministarstvo znanosti, Zagreb, 98 str.

- PLEŠKO N., KRSTIĆ-BURIĆ M., MEDAR-LASIĆ M., MILKOVIĆ Đ., BAŠIĆ-GRBAC M., PLEŠKO S., 1994: Weather conditions and the sino-bronchial syndrome in children in Zagreb, *Hrvatski meteorološki časopis*, **29**, 1-10
- ŠKARIĆ Z., 1998: Utjecaj meteoroloških faktora na povećanu incidenciju cerebrovaskularnog infarkta, *Diplomski rad na Sveučilištu u Zagrebu*, 15-16
- TRETTIN L., 2009: „What are the major risk factors for chronic bronchitis?“, *internetski članak*, <http://www.handsonhealth-sc.org/page.php?id=1344>
- TROMP S. W., 1963: Medical biometeorology: Weather, climate and the living organism, *Elsevier*, Amsterdam, London, New York, 991 str.
- ZANINOVIĆ K., 1998: Biometeorološka istraživanja u Hrvatskoj, *Zbornik radova, Znanstveni skup „Andrija Mohorovičić“ - 140. obljetnica rođenja*, 10.-12. ožujka 1998., Zagreb, 393-403
- ZANINOVIĆ K., 1999: Utjecaj vremena na astme, *Zbornik radova, Drugi znanstveno-stručni skup „Zaštita zraka '99“*, 22.-25. rujna 1999., Šibenik, 393-398
- ZANINOVIĆ K., PLEŠKO N., 1987: Pojava cerebrovaskularnog infarkta u ovisnosti o tipovima vremena i frontama, *Rasprave*, **22**, Zagreb, 19-23
- ŽAGAR-PETROVIĆ M., 2009: Meteoropatija - bolest vremena, *internetski članak s portala „Zdravobudi“*, <http://www.zdravobudi.hr/Default.aspx?sid=7010>