

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOFIZIČKI ODSJEK

SUZANA MARETIĆ

Diplomski rad

**KLIMATSKE PROMJENE
BIOMETEOROLOŠKOG INDEKSA UGODNOSTI
NA HRVATSKOM JADRANU
U RAZDOBLJU OD 1949. DO 2008. GODINE**



Zagreb, 2010.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOFIZIČKI ODSJEK

SMJER: Meteorologija i fizička oceanografija

SUZANA MARETIĆ

Diplomski rad

**KLIMATSKE PROMJENE
BIOMETEOROLOŠKOG INDEKSA UGODNOSTI
NA HRVATSKOM JADRANU
U RAZDOBLJU OD 1949. DO 2008. GODINE**

Voditelj: dr. sc. Antun Marki
Suvoditelj: mr. sc. Ksenija Zaninović

Ocjena diplomskog rada: _____

Povjerenstvo: 1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

Datum polaganja: _____

Zagreb, 2010.

Zahvaljujem mentoru dr. sc. Antunu Markiju na prijedlogu teme. Posebno zahvaljujem mr. sc. Kseniji Zaninović za upoznavanje s biometeorologijom, na literaturi koju mi je preporučila te na svesrdnoj pomoći pri obradi teme i korisnim sugestijama.

Također, jedno veliko hvala mojoj obitelji i svim prijateljima koji su bili uz mene.

SADRŽAJ

Uvod	2
1. Model toplinske ravnoteže	3
1.1. Razvoj.....	3
1.2. MEMI model (<i>Münich Energy-Balance Model for Individuals</i>).....	6
2. Podatci i metoda	11
3. Rezultati i diskusija	14
3.1. Godišnji hod osjeta ugodnosti	14
3.2. Vjerojatnost pojavljivanja različitih osjeta ugodnosti	16
3.3. Klimatske promjene i analiza trenda	21
3.3.1. Rijeka.....	21
3.3.2. Senj	26
3.3.3. Šibenik	30
3.3.4. Split.....	34
3.3.5. Hvar	38
3.3.6. Lastovo	42
4. Zaključak	46
5. Literatura	48

Uvod

Razmišljanje o vremenu postalo je čovjekova svakodnevnica. Uz jednostavne zahtjeve poput što sutra obući kako nam ne bi bilo previše vruće ili previše hladno, čovjek je počeo razmišljati i o vlastitom osjećaju ugodnosti i kako ga ostvariti. Na osjet ugodnosti utječe stupanj toplinskog opterećenja koji ovisi o više meteoroloških i nemeteoroloških faktora. U pravilu čovjek se osjeća ugodno ako su proizvodnja i gubitak topline jednaki. Ako je proizvodnja energije veća od gubitka, čovjeku će biti pretoplo, a ako gubi više energije nego što je tijelo može proizvesti, bit će mu hladno.

Meteorološki parametri koji utječu na osjet ugodnosti su: temperatura, strujanje zraka, vlaga zraka i zračenje. Ukoliko obuhvatimo sve ove parametre i indeks osjeta ugodnosti te prezentiramo na jednostavan i razumljiv način, dobivamo vrlo moćan alat za promociju turizma. U današnje vrijeme turizam je jedna od glavnih privrednih grana te ga više nije dovoljno promovirati samo frazama „ugodna i blaga klima s puno sunca“ i slično, već je potrebno to i dokumentirati detaljnim i preglednim analizama meteoroloških prilika.

U ovom radu obrađen je biometeorološki osjet ugodnosti preko fiziološke ekvivalentne temperature za postaje: Rijeka, Senj, Šibenik, Split, Hvar i Lastovo. Dobivena je vremenska i prostorna raspodjela osjeta ugodnosti koja se može iskoristiti za promociju ljetnog (kupališnog), sportskog ili zdravstvenog turizma no ne samo u turističkoj sezoni već i izvan nje. Osobe osjetljivog zdravlja, koje teško podnose ljetne vrućine, mogu odabrati razdoblja ugodnijeg vremena, a sportaši i osobe koje provode aktivan odmor svježija razdoblja. U svakom slučaju fiziološka ekvivalentna temperatura daje koristan podatak o tome kakvo toplinsko opterećenje, u pojedinom mjestu, možemo očekivati.

Godišnji hod fiziološke ekvivalentne temperature prikazat će prosječno stanje na promatranim postajama dok će razdioba vjerojatnosti pojavljivanja fiziološke ekvivalentne temperature po dekadama (desetodnevni periodima) pokazati i neke realnije (ekstremnije) situacije.

Na kraju će se analizirati trendovi srednje fiziološke ekvivalentne temperature i meteoroloških parametara koji na nju utječu kako bi se uvidjelo da li je u razdoblju (1949.-2008.) došlo do klimatskih promjena i u kojem razmjeru.

1. Model toplinske ravnoteže

1.1. Razvoj

Biometeorologija je dio meteorologije koji proučava utjecaj vremena i klime na žive organizme. Veliki dio biometeoroloških istraživanja usmjeren je na ljude i njihovo zdravlje. U vremenskim prognozama sve češće susrećemo prognoze peludi u zraku, razine UV zračenja ili pak očekivane simptome vezane uz vrijeme kao što su glavobolje ili problemi srca i krvožilnog sustava. S druge strane, predmet biometeoroloških istraživanja je i osjet ugodnosti, kao kombinirani utjecaj više meteoroloških parametara na čovjekov osjet. Istraživanja osjeta ugodnosti imaju osobitu važnost u zdravstvenom i rekreativnom turizmu. Osjet ugone odnosno savjet koju odjeću odabrati da bi se postigla udobnost može biti i dio prognoze vremena. Takva prognoza može se naći i na internetskoj stranici Državnog hidrometeorološkog zavoda (<http://meteo.hr>).

Ljudsko tijelo može se prilagoditi različitim vremenskim uvjetima i postići toplinsku ravnotežu s okolinom čak i u slučajevima kad objektivno ne postoje uvjeti za osjet ugodnosti. Osjet ugodnosti se postiže ukoliko su proizvodnja i gubitak topline jednaki. Ako je gubitak topline veći od primitka, čovjeku će biti hladno, a ako dobiva više topline nego što predaje okolini, bit će mu toplo. Načini kojima se čovjek prilagođava izmjenama topline su oblačenje dodatnih komada odjeće ili svlačenje suvišnih, povećanje aktivnosti za hladnija vremena odnosno mirovanje za toplija vremena te primjerena prehrana koja je zimi obilnija i kaloričnija, a ljeti lakša. Za razliku od ovih navedenih parametara koje čovjek može mijenjati prema potrebi, na meteorološke parametre ne može utjecati već im se može samo prilagođavati. Na čovjekov osjet ugone, osim temperature, utječu strujanje i vlažnost zraka te zračenje. Zračenje Sunca i okolnih predmeta u znatnoj mjeri utječu na osjet topline te je vrlo bitno je li čovjek izložen direktnom Sunčevom zračenju ili je u sjeni. Strujanje zraka pospješuje odvođenje topline s površine tijela, pa kod niskih temperatura pospješuje osjećaj hladnoće, a kod visokih smanjuje osjećaj topline. Međutim, što je temperatura zraka viša i bliža tjelesnoj temperaturi, ohlađujući utjecaj vjetera se smanjuje, a kad temperatura zraka premaši temperaturu tijela, strujanje zraka čak i povećava osjet topline. Utjecaj vlažnosti zraka veći je u toplom dijelu skale nego kod niskih temperatura. Isparavanje znoja s površine tijela troši energiju i smanjuje osjet topline. Kad zrak sadrži više vodene pare, isparavanje

znoja s površine tijela otežano je, što doprinosi osjetu topline i sparine kod visokih temperatura (Zaninović i sur., 2008.).

Godine 1938. Büttner uočava da ukoliko želimo ocijeniti toplinski učinak okoline na ljudsko tijelo moramo uzeti u obzir sve integrirane učinke svih toplinskih parametara. Tada i objavljuje svoju hipotezu: „Ukoliko se želi otkriti utjecaj klime na ljudski organizam u najširem smislu, potrebno je procijeniti ne samo utjecaj jednog parametra, već svih toplinskih komponenti. To nas dovodi do nužnosti modeliranja ljudske toplinske ravnoteže.“ (Höppe, 1999.)

U tom pogledu je i došlo do definiranja različitih empirijskih indeksa koji su se uvelike upotrebljavali iako su koristili samo dio ključnih meteoroloških parametara te nisu uzimali u obzir toplinsku fiziologiju. U specifičnim slučajevima empirijski toplinski indeksi su bili korisni jer ih se moglo prilično jednostavno izračunati no imali su svoja ograničenja. Zbog toga je bilo sve važnije kreirati model toplinske ravnoteže koji bi uključio sve toplinske parametre.

Svi modeli baziraju se na jednadžbi toplinske ravnoteže za ljudsko tijelo:

$$M+W+R+C+E_d+E_{re}+E_{sw}+S=0 \quad (W) \quad (1)$$

gdje su: M metabolizam (unutarnja energija proizvedena oksidacijom hrane)

W fizički rad

R toplina oslobođena zračenjem tijela

C tok topline zbog konvekcije

E_d latentni tok topline zbog difuzije vodene pare kroz kožu

E_{re} zbroj tokova topline zbog zagrijavanja i vlaženja udahnutog zraka

E_{sw} tok topline zbog isparavanja znoja

S tok topline ovisan o zagrijavanju ili hlađenju tijela

Pojedini izrazi u ovoj jednadžbi imaju pozitivne predznake ukoliko predaju toplinu tijelu (M) ili negativne predznake ukoliko odvede toplinu od tijela (W , E_d i E_{sw}) te su direktno pod utjecajem sljedećih meteoroloških parametara:

temperatura zraka: C, E_{re}

vlažnost zraka: E_d, E_{re}, E_{sw}

brzina zraka: C, E_{sw}

srednja temperatura zračenja: R

Jedan od prvih i još uvijek vrlo popularnih modela toplinske ravnoteže jest jednadžba za osjet ugodnosti koju je definirao Fanger (1972.). Razvijena je za unutarnje uvjete, a osjet ugone izražava se pomoću tzv. indeksa PMV (*Predicted Mean Vote* - srednjeg procijenjenog osjeta) i PPD (*Predicted Percentage Dissatisfied*, tj. pretpostavljenog dijela onih koji će osjećati neugodu). Ovaj su model koristili inženjeri za projektiranje klimatizacijskih uređaja.

Jendritzky (1979., 1990.) u model ubacuje vrlo složene izračune vanjskog zračenja i adekvatne parametre te na taj način nastaje Klima Michel model koji se koristi za izračun toplinske ravnoteže u vanjskim uvjetima. No, i ovaj je model, kao i Fangerov, stvoren kako bi izračunao indeks za toplinsku komponentu klime, a ne da bi prikazao realno stanje uvjeta za toplinsku ravnotežu ljudskog tijela. Npr. u Fangerovom modelu su temperatura kože i znojenje označeni kao „vrijednosti“ pomoću kojih se dolazi do osjeta ugodnosti, ali ovisni samo o tjelesnoj aktivnosti no ne i o drugim meteorološkim uvjetima (Höppe, 1999.).

Kako bi modeli bili za općenitu upotrebu, moraju istraživačima omogućiti predviđanje „stvarnih vrijednosti“ mjerljivih toplinskih veličina kao što su temperatura kože, unutarnja tjelesna temperatura, razina znojenja ili vlažnost kože. Stoga je vrlo bitno uzeti u obzir sve osnovne sustave za održavanje stalne tjelesne temperature kao što su širenje i sužavanje perifernih krvnih žila te fiziološki stupanj znojenja (Höppe, 1993.). Takav toplinsko fiziološki model toplinske ravnoteže jest *Münich Energy-balance Model for Individuals* (Höppe, 1984.,1994.) koji je baza za izračun fiziološke ekvivalentne temperature (PET - *Physiological Equivalent Temperature*).

1.2. MEMI model (*Münich Energy-Balance Model for Individuals*)

Model toplinske ravnoteže MEMI baziran je na jednadžbi energetske ravnoteže ljudskog tijela i nekih parametara iz Gaggeovog dvočvornog modela (Gagge i sur., 1971.). U jednadžbi energetske ravnoteže pojedini članovi ovise o srednjoj površinskoj temperaturi odjeće, srednjoj temperaturi kože ili stupnju znojenja, a ti parametri su pod utjecajem vanjskih čimbenika. Npr. fiziološki stupanj znojenja (baza za izračun E_{sw}) ovisi o tjelesnoj temperaturi na koju utječu i vanjski čimbenici i tjelesna aktivnost. Stoga, da bi se jednadžba energetske ravnoteže riješila, prvo treba odrediti tri nepoznanice tj. srednju površinsku temperaturu odjeće (T_{cl}), srednju temperaturu kože (T_{sk}) i unutarnju tjelesnu temperaturu (T_c). Uz jednadžbu (1) potrebne su još dvije jednadžbe koje opisuju tok topline iz unutrašnjosti tijela do površine kože (F_{CS}) i tok topline od površine kože, kroz odjeću, do površine odjeće (F_{SC}) (Höppe, 1999.).

$$F_{CS} = v_b \cdot \rho_b \cdot c_b \cdot (T_c - T_{sk}) \quad (\text{W/m}^2) \quad (2)$$

gdje je v_b krvni tok od unutrašnjosti tijela prema koži ((l/s)/ m²)

ρ_b gustoća krvi (kg/l)

c_b specifična toplina ((W·s)/(kg·K))

$$F_{SC} = \frac{1}{I_{cl}} \cdot (T_{sk} - T_{cl}) \quad (\text{W/m}^2) \quad (3)$$

gdje je I_{cl} toplinska otpornost odjeće (K·m²/W)

Pomoću ovog sustava od tri jednadžbe i određenih termo-fizioloških okolnosti (detalji u Höppe, 1984.) moguće je izračunati, za bilo koju kombinaciju meteoroloških parametara, aktivnosti i tipa odjeće, toplinsko stanje tijela određeno tokovima topline, tjelesnim temperaturama i stupnjem znojenja. Najvažnija razlika u odnosu na Gaggeov dvočvorni model jest način računanja fiziološkog stupnja znojenja (ovisnost o T_{sk} i T_c) i odvojeno računanje tokova topline kroz dijelove površine kože koja je gola ili pokrivena odjećom.

Mayer i Höppe (1987.) za ocjenu osjeta ugone uvode fiziološku ekvivalentnu temperaturu (PET). PET je definirana kao fiziološka ekvivalentna temperatura na bilo kojem mjestu (zatvorenom ili otvorenom prostoru) te je ekvivalentna temperaturi zraka u zatvorenom prostoru, pri kojoj bi toplinska ravnoteža ljudskog tijela (radni metabolizam 80W lagane aktivnosti dodan baznom metabolizmu što odgovara *laganom radu uz stajanje*; toplinska otpornost odjeće 0,9 clo - *lagana sportska odjeća: pamučna majica, hlače, majica kratkih rukava, donje rublje, čarape, cipele i lagana pamučna jakna*) bila održana jednakom unutarnjom temperaturom i temperaturom kože kao da se nalazi pod promatranim uvjetima (Höppe, 1999.). To znači da je fiziološka ekvivalentna temperatura ona temperatura u zatvorenom prostoru pri kojoj bi se čovjek osjećao jednako kao u stvarnim uvjetima.

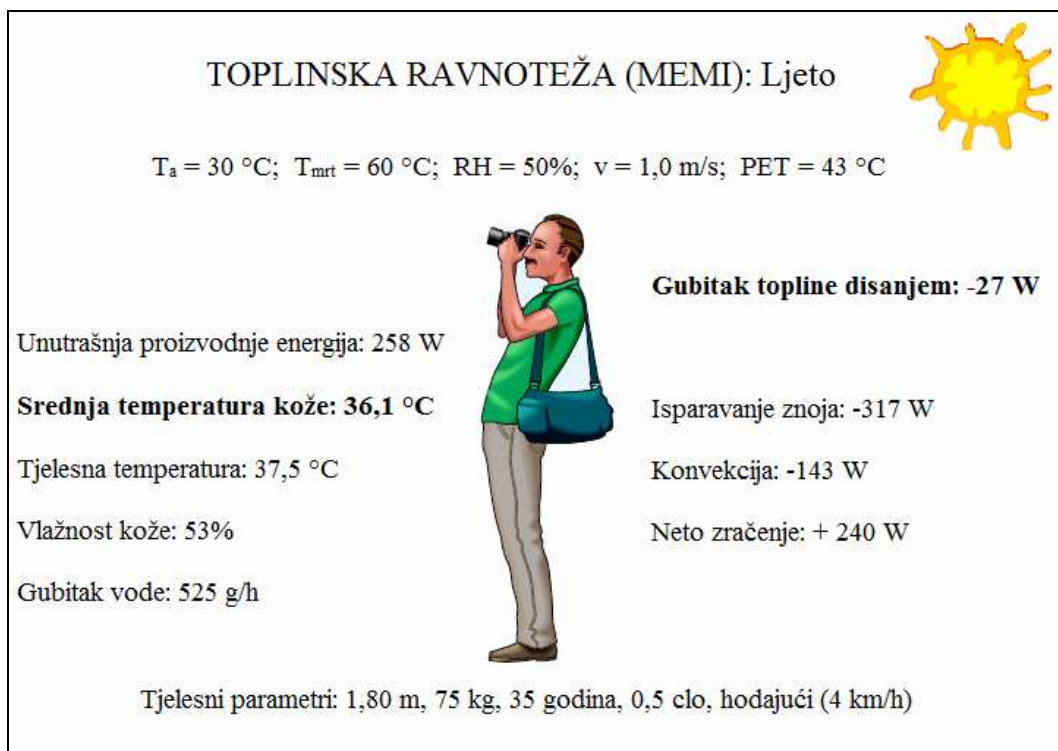
Za zatvoreni prostor uzete su sljedeće pretpostavke:

- srednja temperatura zračenja jednaka temperaturi zraka ($T_{mrt} = T_a$)
- brzina zraka 0,1 m/s
- tlak vodene pare podešen na 12 hPa (približno ekvivalentno relativnoj vlažnosti od 50% pri $T_a = 20$ °C)

Proces izračuna fiziološke ekvivalentne temperature:

- izračun toplinskih uvjeta ljudskog tijela (T_{sk} i T_c) pomoću MEMI modela za danu kombinaciju meteoroloških parametara
- ubacivanje izračunatih vrijednosti za srednju temperaturu kože i unutarnju temperaturu u model MEMI te rješavanje sustava jednadžbi za temperaturu zraka T_a (uz $v = 0,1$ m/s, $VP = 12$ hPa, $T_{mrt} = T_a$)
- dobivena temperatura zraka je fiziološka ekvivalentna temperatura (PET)

Za osobe koje nisu upoznate s pojmovima očuvanja topline i biometeorologije, fiziološka ekvivalentna temperatura je vrlo bliska jer na temelju vlastitog iskustva u zatvorenom prostoru mogu procijeniti kakvo će stanje biti na otvorenom.



Slika 1. Primjer izračuna toplinske ravnoteže pomoću MEMI modela toplinske ravnoteže za tople i sunčane uvjete (Höppe, 1999.)

U slučaju toplog i sunčanog dana na otvorenom, (Slika 1.), PET bi iznosio 43 °C. Konkretno, to bi značilo da osoba koja se nalazi u zatvorenoj prostoriji temperature zraka 43 °C doseže jednako toplinsko stanje kao da se nalazi na toplom i osunčanom otvorenom prostoru. Ukoliko bi se osoba pomaknula s osunčanog područja u hlad, PET bi se s 43 °C smanjio na 29 °C. Iz priložene tablice (Tablica 1.) može se primijetiti da, uz jednake vanjske temperature zraka, toplinsko opterećenje može biti različito što se vrlo jasno može predočiti fiziološkom ekvivalentnom temperaturom.

Tablica 1. Primjeri fiziološke ekvivalentne temperature (PET) za različite uvjete. T_a - temperatura zraka, T_{mrt} - srednja temperatura zračenja, v - brzina zraka, VP - tlak vodene pare (Höppe, 1999.)

Scenarij	T_a (°C)	T_{mrt} (°C)	v (m/s)	VP (hPa)	PET (°C)
Zatvoren prostor	21	21	0,1	12	21
Zima, sunčano	-5	40	0,5	2	10
Zima, hlad	-5	-5	5,0	2	-13
Ljeto, sunčano	30	60	1,0	21	43
Ljeto, hlad	30	30	1,0	21	29

Vrijednosti za aktivnost i odjevenost, pri izračunu fiziološke ekvivalentne temperature, uzete se konstantnima kako bi se definirao indeks neovisan o individualnom ponašanju. To ne smanjuje mogućnost upotrebe ovog modela jer varijacije aktivnosti i odjeće, ukoliko se mijenjaju na jednaki način u zatvorenom i otvorenom prostoru, ne pridonose signifikantnoj promjeni PET vrijednosti.

Ukoliko se za definiranje biometeorološkog indeksa pretpostave različiti tipovi odjevenosti i stvarni vanjski uvjeti, takav indeks ima bihevioralnu komponentu (čovjek može utjecati na gubitak topline različitom odjećom) te više nije jednostavni klimatski indeks (ovisan samo o meteorološkim parametrima). PET je, međutim, pravi klimatski indeks koji opisuje toplinsku okolinu prema toplinsko-fiziološkim uvjetima.

Upotreba fiziološke ekvivalentne temperature omogućuje čovjeku da doživi toplinsku komponentu vremena na vlastitom primjeru. Puno je lakše zamisliti što toplinski znači temperatura zraka prostorije od 30 °C nego da samo, iz vremenske prognoze, saznamo da se očekuje vedro nebo, umjeren vjetar i temperatura zraka od 20 °C. Tada si čovjek može, iz vlastita iskustva, sam predočiti koji bi tip odjeće bio prikladan za određenu aktivnost; drugim riječima pomoću vrijednosti fiziološke ekvivalentne temperature čovjek dobiva informaciju potrebnu da prilagodi svoje ponašanje (Höppe, 1999.).

U usporedbi s ostalim indeksima, također dobivenim iz modela energetske ravnoteže između tijela i okoline, prednost fiziološke ekvivalentne temperature je općepoznata mjerna jedinica (°C), što rezultate čini vrlo pristupačnim i osobama koje nisu upoznate s terminologijom moderne biometeorologije (Matzarakis i sur., 1999.).

Osjet ugone prema fiziološkoj ekvivalentnoj temperaturi određuje se prema Tablici 2.

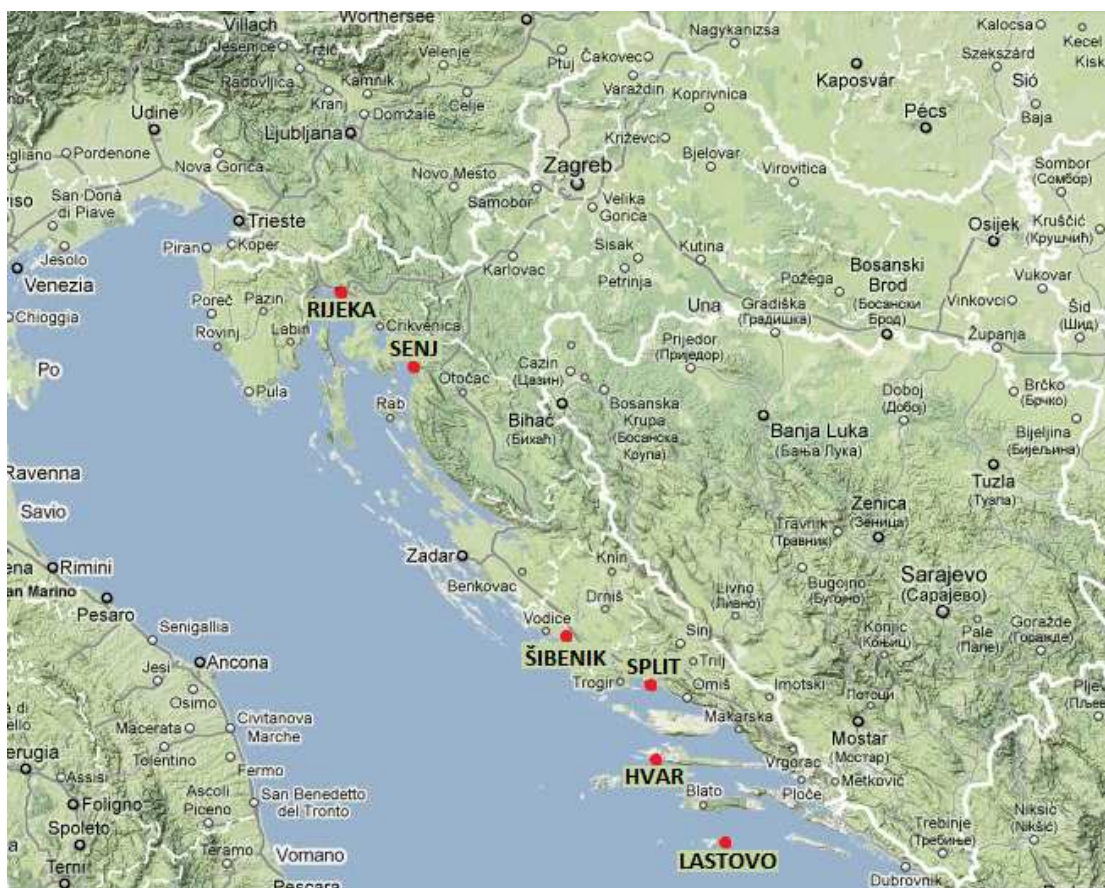
Tablica 2. Klasifikacija osjeta ugone prema fiziološkoj ekvivalentnoj temperaturi (PET) (Matzarakis i sur., 1999.)

PET (°C)	Osjet ugone
< 4	vrlo hladno
4 - 8	hladno
8 - 13	svježe
13 - 18	ugodno svježe
18 - 23	ugodno
23 - 29	ugodno toplo
29 - 35	toplo
35 - 41	vruće
> 41	vrlo vruće

2. Podatci i metoda

Cilj ovog rada jest odrediti biometeorološke karakteristike Jadranske obale tj. prikazati vremensku i prostornu raspodjelu osjeta ugodnosti. U drugom dijelu analizirat će se i vremenski niz srednje fiziološke ekvivalentne temperature kako bi se ustanovilo da li je došlo do klimatskih promjena tj. izračunat će se i testirati trend te odrediti njegov početak.

U tu svrhu, analizirani su podatci sa šest meteoroloških postaja smještenih duž hrvatskog dijela Jadrana koje su imale kontinuirana mjerenja u razdoblju od 1949. do 2008. godine. Postaje su odabrane tako da mogu razmjerno dobro prezentirati različita klimatska područja duž obale, uključujući i dvije otočne postaje. Prikaz položaja postaja može se vidjeti na Slici 2.



Slika 2. Položaj promatranih postaja: Rijeka, Senj, Šibenik, Split, Hvar i Lastovo

Za procjenu osjeta ugodnosti korištena je fiziološka ekvivalentna temperatura (PET) dobivena iz MEMI modela (Höppe, 1999.; Matzarakis i sur. 1999.). Rezultati prijašnjih studija (Matzarakis i sur., 1999.) omogućuju analizu procesa u obliku regresije između fiziološke ekvivalentne temperature kao toplinskog indeksa i ulaznih meteoroloških parametara kao što su pojedinačni tokovi zračenja, srednja temperatura zračenja, temperatura zraka ili vodena para. Za računanje srednje temperature zračenja, Matzarakis i sur. (2000.) razvili su model Rayman (Matzarakis, 2009.; Matzarakis i Rutz, 2007.) čije su izlazne veličine toplinski indeksi poput PMV (*Predicted Mean Vote*), PET (*Physiological Equivalent Temperature*) i SET* (*Standard Effective Temperature*).

Za upoznavanje biometeoroloških prilika na odabranim postajama analiziran je godišnji hod srednjih vrijednosti fiziološke ekvivalentne temperature u standardnim terminima motrenja 7 h, 14 h i 21 h. Detaljniji prikaz biometeoroloških uvjeta daje razdioba vjerojatnosti pojavljivanja osjeta ugodnosti po dekadama tijekom godine (Zaninović i Matzarakis, 2009.).

Za analizu vremenskih promjena analizirane su fluktuacije i trendovi godišnjih i sezonskih vrijednosti indeksa osjeta ugodnosti tj. fiziološke ekvivalentne temperature i meteoroloških elemenata koji utječu na osjet ugodnosti: temperature zraka, vodene pare, relativne vlažnosti, brzine vjetra i naoblake. Trendovi su napravljeni za odstupanja pojedinog meteorološkog elementa od njegova srednjaka u referentom razdoblju (1961.-1990.) kako bi se dobiveni rezultati mogli uspoređivati s rezultatima u različitim klimatskim područjima.

Kratkoperiodične fluktuacije uklonjene su glaćanjem 11-godišnjim binomnim kliznim srednjakom.

Otežani klizni srednjak može se iskazati izrazom:

$$\bar{x}_t = \sum_{i=-n}^{+n} w_i \cdot x_{t+i} \quad (4)$$

gdje je \bar{x}_t filtrirana vrijednost niza koja odgovara t-tom članu dok je w_i težina kojom je (i-t)-ti član niza pomnožen. Duljina ovako definiranog kliznog srednjaka iznosi 2n+1 vremenskih jedinica. U našem slučaju n je 5, a težina binomni koeficijent:

$$c_k = \frac{m!}{k!(m-k)!}; \quad m = 12; \quad 1 \leq k \leq m \quad (5)$$

Signifikantnost linearnog trenda testirana je pomoću Mann-Kendallovog t rang testa (Mitchell i sur., 1966.; Sneyers, 1990.). Za svaki element x_i ili za svaki rang y_i potrebno je izračunati n_i koji se dobije prebrojavanjem svih prethodnih elemenata y_j ($i > j$) za koje vrijedi $y_i > y_j$. Varijabla t je definirana jednadžbom:

$$t = \sum_i n_i \quad (6)$$

U slučajevima sa značajnim trendovima početak značajne promjene utvrđen je pomoću progresivnog testa prema Sneyersu (Sneyers, 1990.). Varijable t_i imaju normalnu raspodjelu za duge nizove te su im srednjak i varijanca:

$$E(t) = \frac{n \cdot (n-1)}{4} \quad (7)$$

$$\text{var}(t) = \frac{n \cdot (n-1) \cdot (2n+5)}{72} \quad (8)$$

pomoću kojih se određuje standardizirana varijabla

$$u(t) = \frac{t - E(t)}{\sqrt{\text{var}(t)}} \quad (9)$$

U svrhu pronalaska početka mogućeg trenda, treba izračunati $u(t)$ za svaki i , od prvog do zadnjeg datuma tvoreći tako progresivni niz prema naprijed. Niz prema unatrag, $u'(t)$, formira se na isti način, samo od zadnjeg prema prvom datumu. Pozitivne vrijednosti varijable $u(t)$ upućuju na rastući, a negativne na padajući trend. Sjecište krivulja $u(t)$ i $u'(t)$ označava početak trenda, a trend postaje značajan ako vrijednost varijable $u(t)$ premaši nivo značajnosti od 1,96.

3. Rezultati i diskusija

3.1. Godišnji hod osjeta ugodnosti

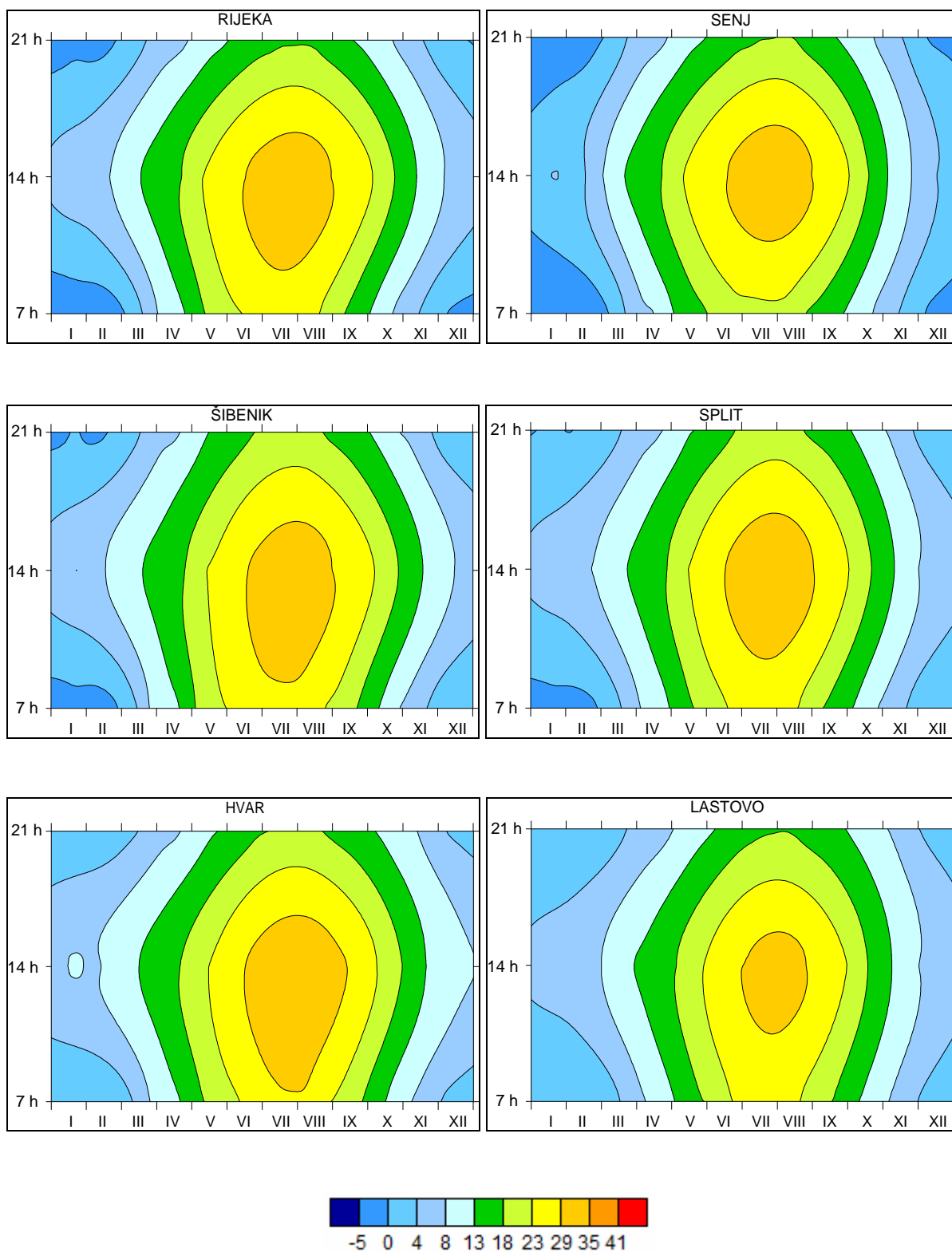
Slika 3. prikazuje prosječnu razdiobu osjeta ugodnosti tijekom godine određenu na temelju dekadskih vrijednosti fiziološke ekvivalentne temperature u terminima motrenja 7 h, 14 h i 21 h za tridesetogodišnje razdoblje (1961.-1990.). Treba napomenuti da su zbog detaljnije analize osjeta u hladnom dijelu skale (osjet *vrlo hladno*, Tablica 2.) dodane vrijednosti PET od 0 °C i -5 °C.

Prema srednjim godišnjim vrijednostima fiziološke ekvivalentne temperature (PET), na svim postajama zime su *vrlo hladne* samo u jutarnjim i večernjim terminima dok su popodneva *hladna*. Srednje jutarnje i večernje vrijednosti PET ne padaju ispod -5 °C, a na dvjema otočnim postajama, Hvaru i Lastovu, ne spuštaju se niti ispod 0 °C. Za Hvar je zanimljivo da se u popodnevnim satima u prosincu fiziološka ekvivalentna temperatura popodneva ne spušta ispod 8 °C što je oznaka za osjet *svježe*.

Na svim promatranim postajama proljetna jutra i večeri ostaju *vrlo hladna* do polovine ožujka, dok su popodneva u ožujku *svježa* pa čak i *ugodno svježa* u posljednjoj dekadi. *Svježa* i *ugodno svježa* proljeća završavaju u svibnju čija su jutra i popodneva *ugodna* i *ugodno topla*, osim u Senju i Lastovu gdje se osjet *ugodno svježe* tijekom jutra zadržava do kraja svibnja. Svibanjske večeri su još uvijek svuda *svježe* ili *ugodno svježe*.

Ljeta su *ugodno topla* i *topla* na svim postajama dok večeri ostaju *ugodno svježe* u lipnju, a *ugodne* tijekom srpnja i kolovoza. Osjet *toplo* prema srednjim vrijednostima fiziološke ekvivalentne temperature ne prelazi u *vruće* ni na jednoj postaji, a zbog osvježavajućeg utjecaja mora zadržava se najkraće na Lastovu i to samo oko najtoplijeg doba dana u srpnju i kolovožu.

Zbog maritimnog utjecaja, jeseni su toplije od proljeća. Poslijepodneva su *topla* do kraja rujna na svim postajama, a na Hvaru čak i u prvoj desetini listopada. *Ugodno svježe* i *svježe* zadržava se do polovine studenog u poslijepodnevnim satima dok su jutra i večeri, na nekim postajama, u prvoj polovini mjeseca studenog već *hladna* odnosno pred kraj mjeseca i *vrlo hladna*.



Slika 3. Godišnji hod fiziološke ekvivalentne temperature (PET u °C) u terminima motrenja za razdoblje (1961.-1990.)

3.2. Vjerojatnost pojavljivanja različitih osjeta ugodnosti

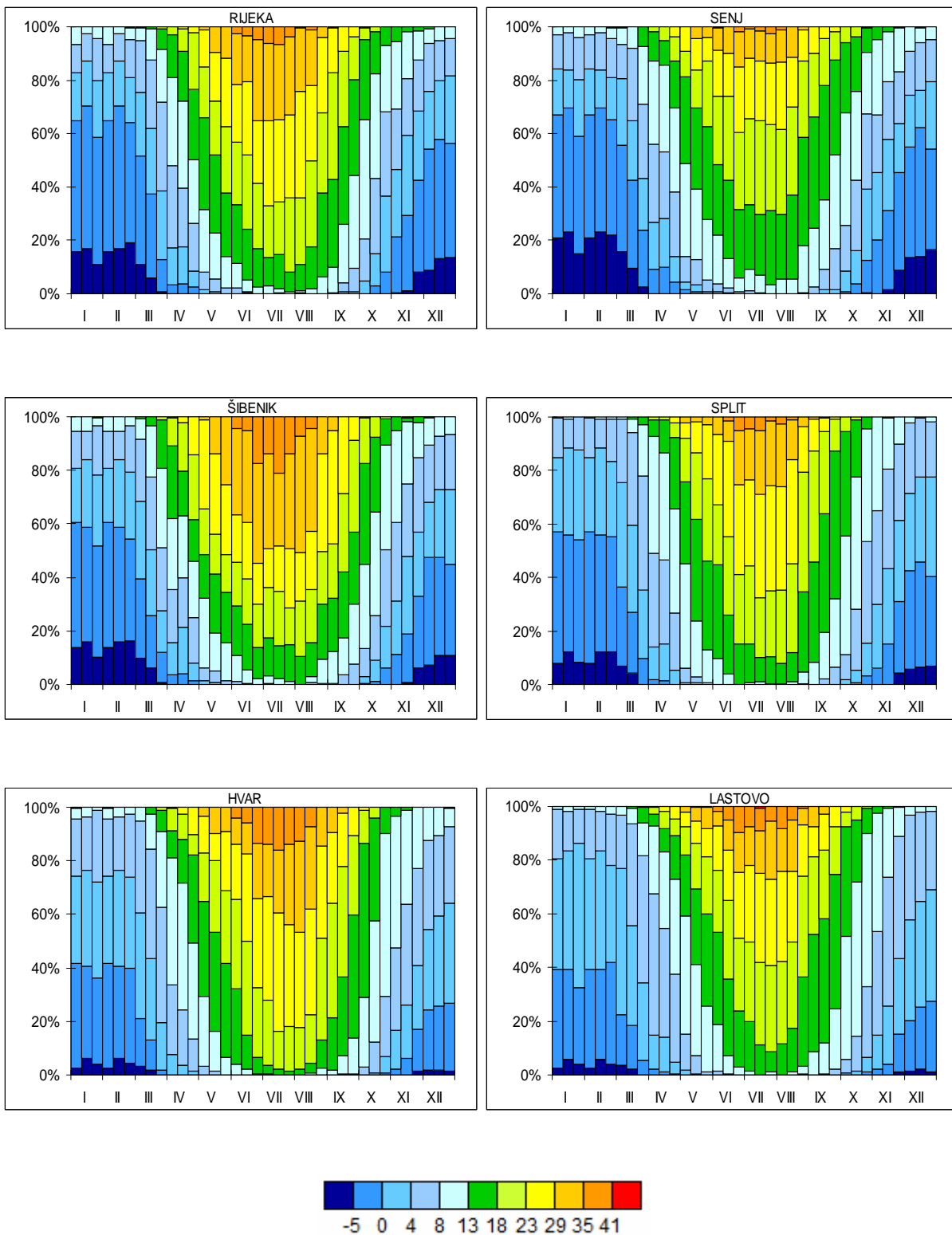
Analiza vjerojatnosti pojavljivanja različitih osjeta ugodnosti prema fiziološkoj ekvivalentnoj temperaturi za pojedine termine motrenja u 7 h, 14 h i 21 h daje potpuniju sliku biometeoroloških prilika od godišnjeg hoda, jer omogućuje uvid u ekstremne prilike koje se gube usrednjavanjem.

Iako se temperature ispod $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ne pojavljuju u srednjim vrijednostima u godišnjem hodu, u razdiobi vjerojatnosti zastupljene su čak do 20% u jutarnjim satima zimskih mjeseci. Jedino Hvar i Lastovo imaju maksimalno oko 5% takvih dana u siječnju i veljači dok ih u prosincu ima još i manje. Do kraja ožujka, jutro su u 60 do 80% slučajeva na svim postajama *vrlo hladna* ili *hladna*. Nakon toga povećava se vjerojatnost *svježeg* i *ugodno svježeg*, a u svibnju se u jutarnjim satima mogu pojaviti i osjeti *ugodno*, *ugodno toplo* i *toplo*. U ljetnim mjesecima u 7 sati ujutro najviše su zastupljeni osjeti *ugodno toplo* i *toplo*. Osjet *vruće* u jutarnjem terminu na većini se postaja pojavljuje do 10% dana baš kao i osjet *ugodno svježe*, dok se u Šibeniku i Hvaru osjet *vruće* pojavljuje čak u 20% slučajeva. Jesenja jutra su *ugodna* i *ugodno svježa* u rujnu i u početku listopada, na nekim postajama u manjim postotcima još uvijek *topla* u rujnu, no krajem listopada postaju *svježa* i *hladna*. Krajem studenog jutro postaju *vrlo hladna* i ostaju takva većinu dana u prosincu, s tim da se dani s temperaturama od $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ pojavljuju do 40%. Idući od sjevera prema jugu učestalost osjeta *vrlo hladno* s fiziološkom ekvivalentnom temperaturom ispod $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ u zimskim mjesecima sve je rjeđa te je najmanje dana s takvom fiziološkom ekvivalentnom temperaturom na Hvaru i Lastovu (Slika 4.).

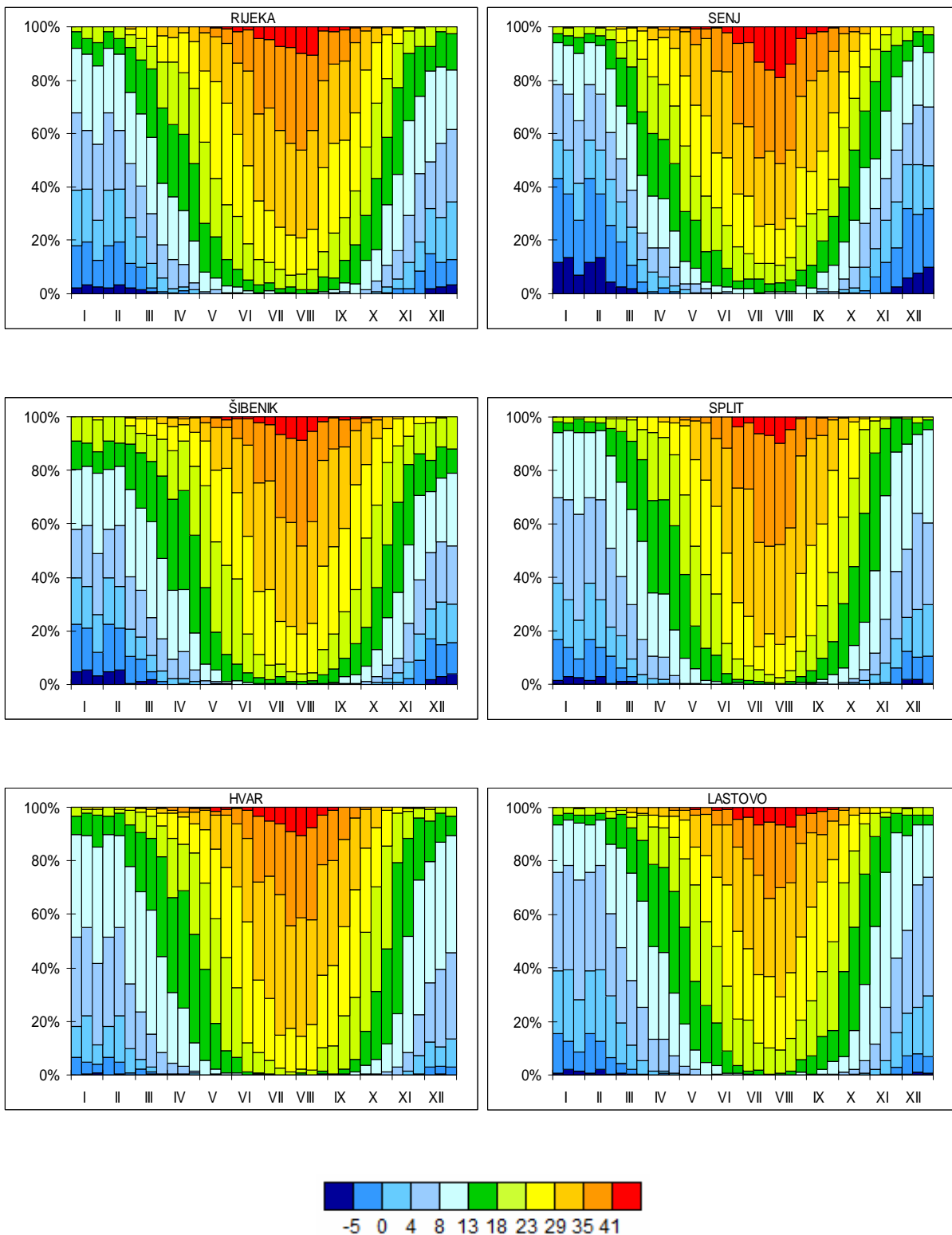
Na Slici 5. prikazana je razdioba vjerojatnosti u najtoplijem dijelu dana. Fiziološka ekvivalentna temperature niža od $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ u 14 sati pojavljuje se vrlo rijetko, a najviše na postajama Senj i Šibenik i to zbog utjecaja vjetera tj. bure. Tako niske vrijednosti PET mogu se uočiti i u Rijeci, Splitu i Lastovu, ali u vrlo malim postotcima. Tijekom zime najviše prevladava osjet *hladno* tj. fiziološka ekvivalentna temperatura između $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $8\text{ }^{\circ}\text{C}$, a na Hvaru se primjećuje i veliki postotak (oko 40%) osjeta *svježe* (PET između $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $13\text{ }^{\circ}\text{C}$) tijekom cijele zime te početkom proljeća. Na svim postajama u proljetnim mjesecima osjet *svježe* prelazi u osjete *ugodno svježe* i *ugodno*. Sredinom svibnja se u većim postotcima počinju pojavljivati osjeti *ugodno toplo*, *toplo* pa čak i *vruće* te *vrlo vruće* u zadnjoj dekadi

mjeseca. Od lipnja pa sve do kraja rujna vrijednosti PET gotovo se i ne spuštaju ispod 13 °C, a prevladava *toplo* i *vruće*. Osjet *vrlo vruće* kojega nema u srednjim vrijednostima prethodnog poglavlja, na većini se postaja pojavljuje već sredinom svibnja, a najviše u srpnju i kolovozu. Najviše dana s fiziološkom ekvivalentnom temperaturom iznad 41 °C javlja se u Senju (i do 20%). Na ostalim postajama *vrlo vruće* javlja se u 10% slučajeva tijekom svih dekada ljetnih mjeseci, a u 2 do 3% slučajeva i u rujnu. Rujan i listopad su topliji od proljetnih mjeseci zbog zagrijavajućeg utjecaja mora, a idući od sjevera prema jugu fiziološka ekvivalentna temperatura viša od 13 °C zadržava se sve duže pa čak i do sredine studenog. Tada u Splitu i Hvaru počinje prevladavati osjet *svježe* sve do kraja prosinca. Na svim postajama u prosincu, osjet *hladno* i *vrlo hladno* pojavljuje se oko 20%, a u 5 do 20% slučajeva pojavljuju se osjeti *svježe* i *ugodno svježe*.

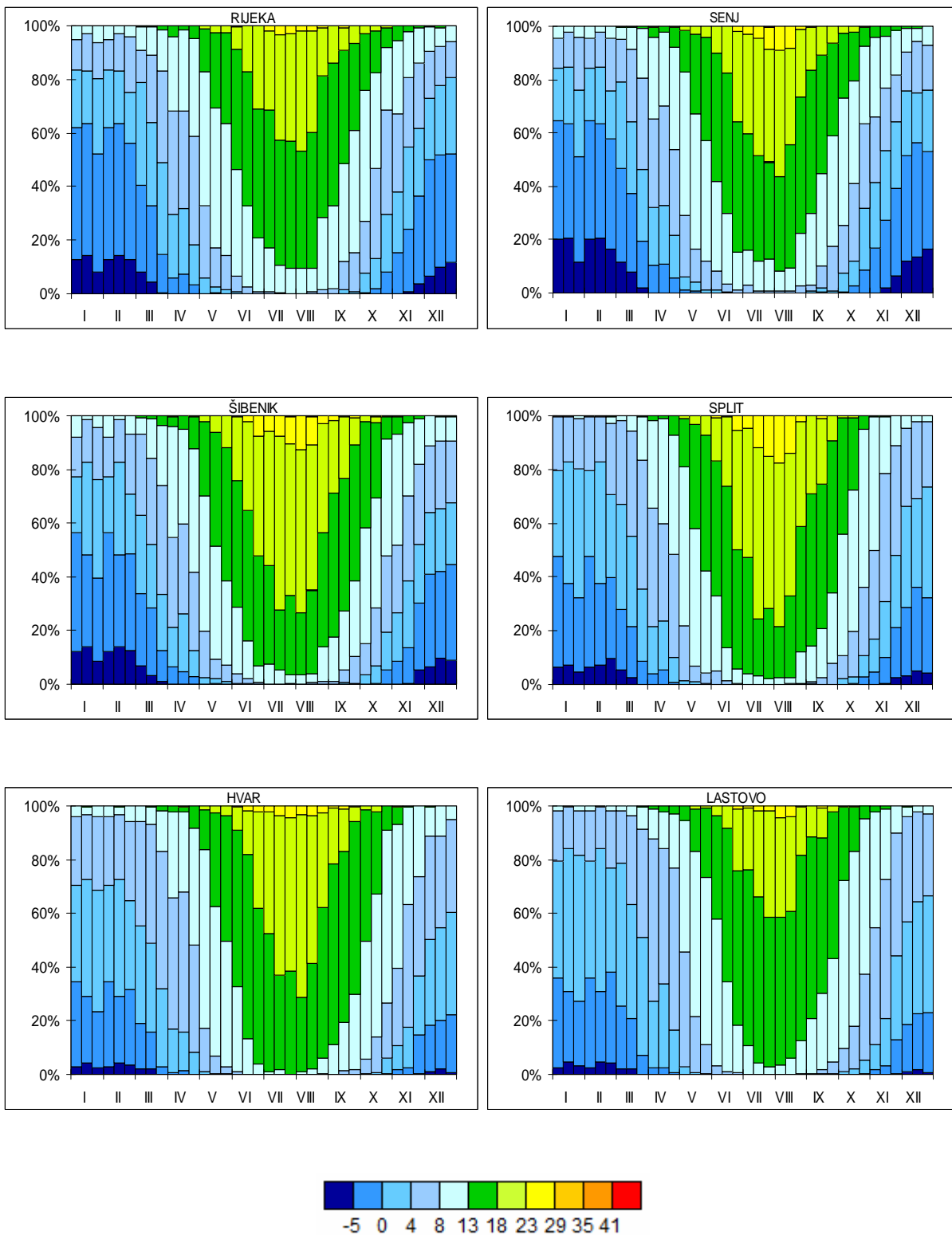
Večernje fiziološke ekvivalentne temperature (Slika 6.) puno su niže od jutarnjih tijekom cijele godine, jer nema sunca. Zimi prevladava osjet *vrlo hladno* i zadržava se sve do kraja ožujka. Fiziološke ekvivalentne temperature niže od -5 °C ponovno se javljaju u većem postotku na priobalnim postajama nego na otočnim što je posljedica zagrijavajućeg utjecaja mora. U proljeće su večeri posvuda *hladne* ili *svježe* sve do kraja svibnja kad počinju biti i *ugodno svježe*. U zadnjoj dekadi svibnja večeri postaju *ugodne* i ostaju *ugodne* i *ugodno svježe* tijekom ljeta. U srpnju i kolovozu, te početkom rujna večeri znaju biti i *ugodno tople*. Jeseni su opet toplije od proljeća, a prevladavajući osjet je *ugodno svježe* i *svježe* sve do kraja listopada. Studeni i prosinac su *hladni* i *vrlo hladni* u svim dekadama dok se fiziološka ekvivalentna temperatura niža od -5 °C zimi pojavljuje sve rjeđe gledajući od sjevera prema jugu. Usporedbom postaja primjećuje se da je osjet *ugodno svježe* tijekom ljetnih večeri češći na sjevernom dijelu Jadrana, ali i na otočnim postajama pa je na njima rjeđi osjet *ugodno toplog*.



Slika 4. Vjerojatnost pojavljivanja srednje fiziološke temperature (PET u °C) u 7 h po dekadama tijekom godine za razdoblje (1961.-1990.)



Slika 5. Vjerojatnost pojavljivanja srednje fiziološke temperature (PET u °C) u 14 h po dekadama tijekom godine za razdoblje (1961.-1990.)



Slika 6. Vjerojatnost pojavljivanja srednje fiziološke temperature (PET u °C) u 21 h po dekadama tijekom godine za razdoblje (1961.-1990.)

3.3. Klimatske promjene i analiza trenda

U današnje vrijeme mnogo se govori o globalnom zatopljenju i klimatskim promjenama. U Hrvatskoj su se dosad klimatske promjene najčešće istraživale za maksimalnu i minimalnu temperaturu, dnevni raspon temperature i oborinu nizinskih kopnenih postaja te onih na obali. Rezultati su ukazali na smanjenje maksimalnih temperatura i povećanje minimalnih što je dovelo do signifikantnog smanjenja dnevnog raspona temperature (Zaninović i Čapka, 1995.). Zaninović i Matzarakis (2004., 2005., 2007.) proučavali su klimatske promjene osjeta ugodnosti pomoću PET na Jadranu (2004. i 2007.), a Zaninović i sur. (2006.) na hrvatskim i slovenskim planinama.

U ovom radu analizirani su trendovi srednjih vrijednosti fiziološke ekvivalentne temperature i parametara koji na nju utječu u razdoblju od 1949. do 2008. godine na hrvatskoj istočnoj obali Jadrana. Za sve postaje trendovi su analizirani posebno i kod svih je uočeno postojanje dva razdoblja s različitim trendovima. U prvom tridesetogodišnjem razdoblju od 1949. do 1978. godine trend srednje fiziološke ekvivalentne temperature pada, a u drugom razdoblju, od 1979. do 2008. godine, raste. Godina u kojoj je došlo do promjene trenda uočena je na krivulji 11-godišnjeg binomnog kliznog srednjaka, a poklopila se sa sredinom promatranog niza te je zbog toga i odlučeno da se šezdesetogodišnje razdoblje podijeli na dva jednaka dijela. Razdoblja su za svaku postaju analizirana odvojeno obzirom da su uočena na cijelom analiziranom području.

3.3.1. Rijeka

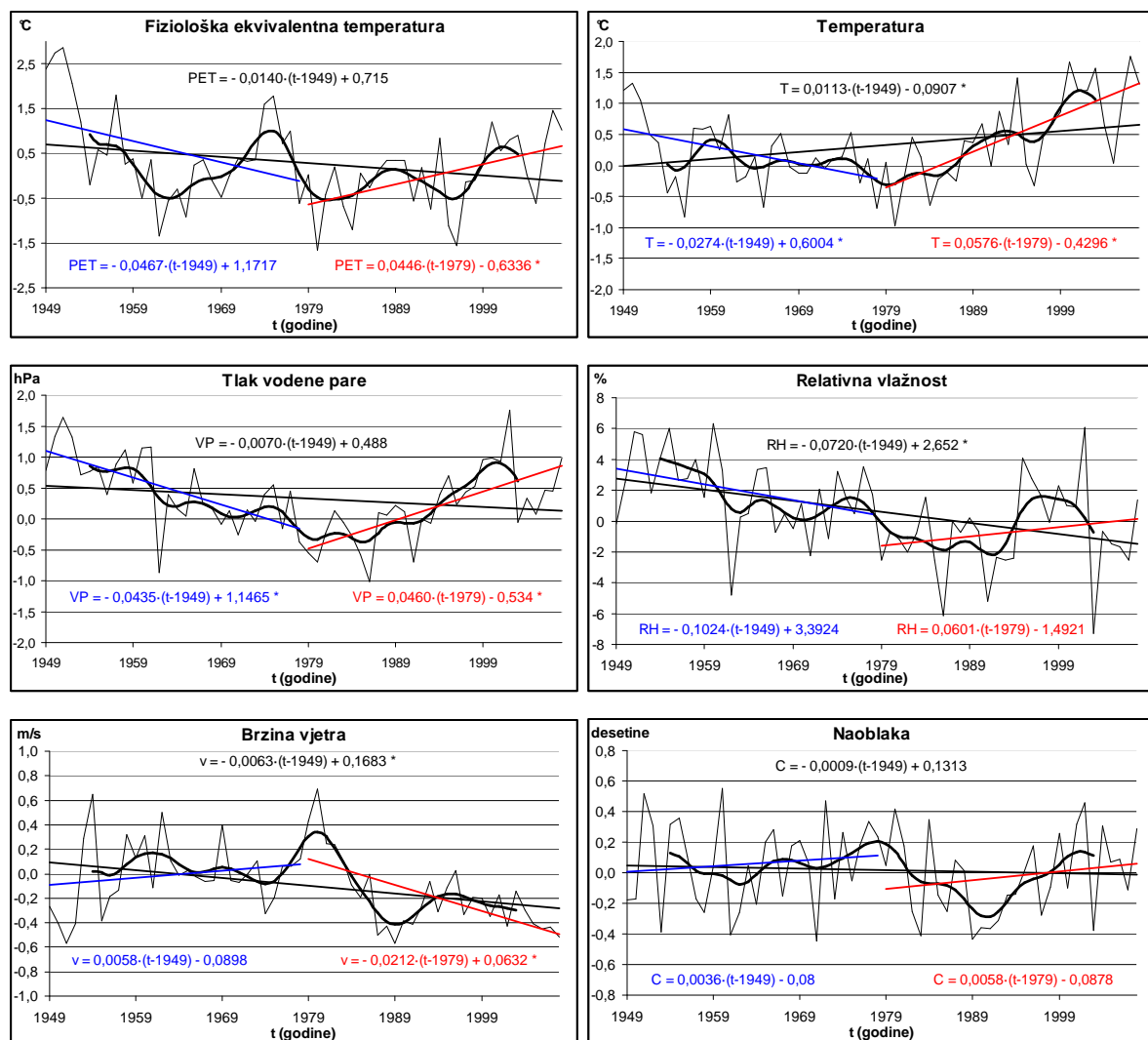
Fluktuacije fiziološke ekvivalentne temperature za postaju Rijeka pokazuju pad od početka razdoblja do sredine šezdesetih, porast do sredine sedamdesetih, i nakon kraćeg pada do početka osamdesetih uglavnom porast krajem promatranog razdoblja (Slika 7., Tablica 3.). Zbog visokih vrijednosti početkom razdoblja te zahlađenja koje je nastupilo do početka osamdesetih, trend je za čitavo razdoblje negativan, a posljedica je negativnih trendova u svim godišnjim dobima (signifikantan samo za jesen, $-0,221$ °C/10 godina). Analiza trendova pojedinih meteoroloških parametara koji utječu na osjet ugodnosti pokazuje da bi promjene temperature (koja raste u godini i u svim godišnjim dobima osim u jesen) i vjetra (negativan

trend i godišnje i u svim sezonama osim ljeti) trebale dovesti do porasta fiziološke ekvivalentne temperature zraka. Prethodno spomenuto upućuje na zaključak da je na smanjenje fiziološke ekvivalentne temperature utjecao neki drugi meteorološki faktor ili kombinacija faktora. Obzirom da je promjena naoblake zanemariva, to bi mogla biti posljedica signifikantnog smanjenja vlažnosti. Signifikantnom smanjenju PET u jesen doprinijeli su pad temperature, smanjenje vlažnosti te povećanje naoblake.

Negativan trend fiziološke ekvivalentne temperature u razdoblju (1949.-1978.) posljedica je negativnog trenda u svim sezonama, a signifikantan je samo trend u jesen (-0,526 °C/10 godina). Smanjenju srednje godišnje vrijednosti fiziološke ekvivalentne temperature pridonose pad temperature zraka (signifikantan ljeti i na godišnjoj razini), smanjenje tlaka vodene pare i povećanje brzine vjetra.

U drugom tridesetogodišnjem razdoblju (1979.-2008.) trend fiziološke ekvivalentne temperature pozitivan je na godišnjoj razini i u svim godišnjim dobima, a signifikantni su godišnji i ljetni trend. Uočeno zatopljenje posljedica je prvenstveno porasta temperature, smanjenja brzine strujanja i povećanja tlaka vodene pare.

Progresivni test za trend prema Sneyersu (1990.), koji je analiziran samo za drugo razdoblje (1979.-2008.) u kojem je godišnji trend PET signifikantan, pokazuje da pozitivan trend PET započinje 1999. godine, te da postaje signifikantan 2002. godine (Slika 8.). Slične karakteristike pokazuje i trend temperature zraka s početkom trenda dvije godine ranije (1997.), te tlaka vodene pare čiji pozitivan trend počinje 1994. godine.



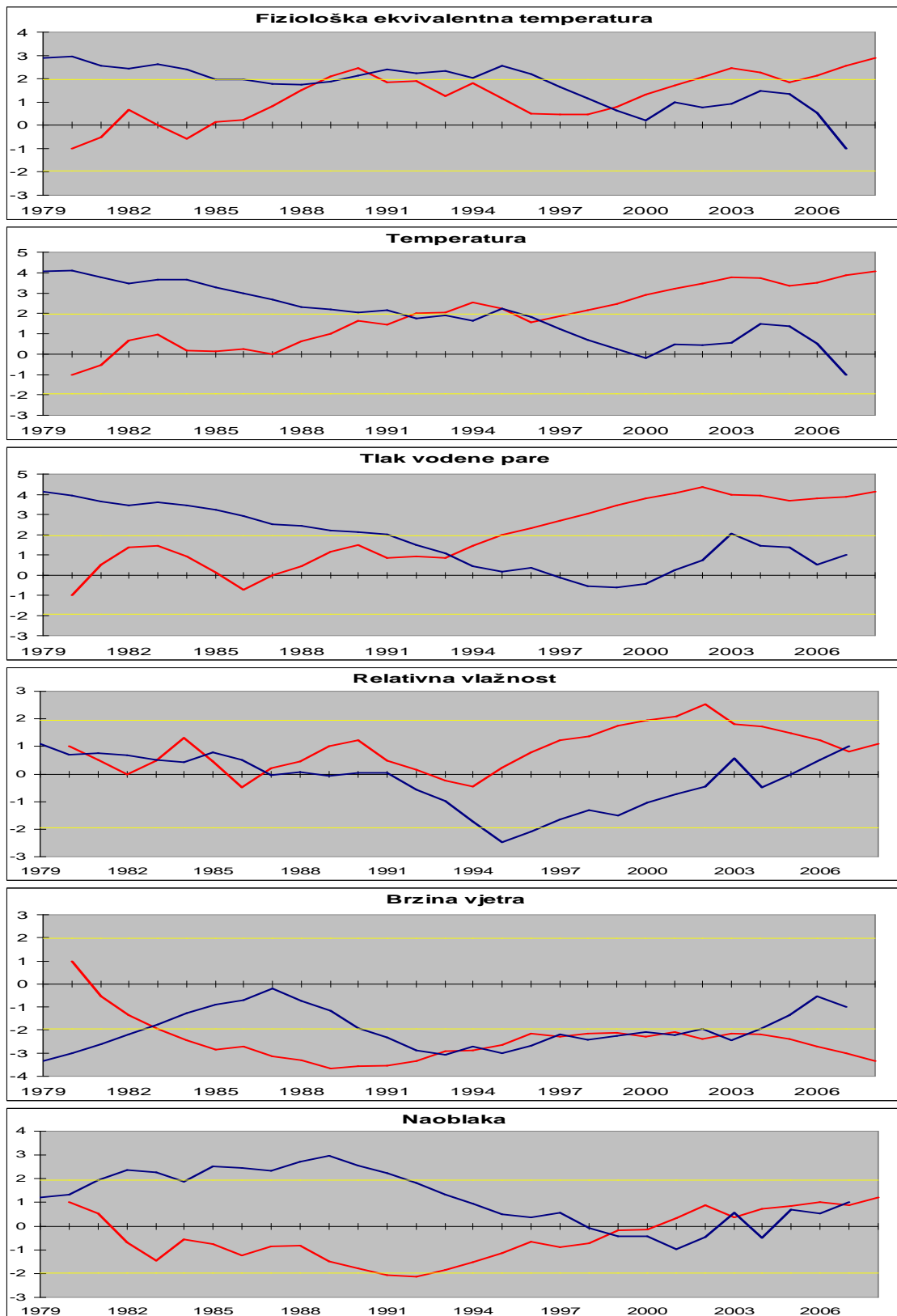
Slika 7. Vremenski nizovi odstupanja srednjih godišnjih vrijednosti od srednjaka (1961.-1990.) fiziološke ekvivalentne temperature (PET u °C), temperature zraka (t u °C), tlaka vodene pare (VP u hPa), relativne vlažnosti (RH u %), brzine vjetra (v u m/s) i naoblake (C u desetinama), njihov 11-godišnji binomni klizni srednjak te linearni trendovi za razdoblja (1949.-2008.) (crno), (1949.-1978.) (plavo), (1979.-2008.) (crveno) u Rijeci. Zvezdicom su označeni trendovi signifikantni na razini 5%.

Tablica 3. Rijeka: Trendovi fiziološke ekvivalentne temperature ($^{\circ}\text{C}/10$ godina), temperature zraka ($^{\circ}\text{C}/10$ godina), tlaka vodene pare (hPa/10 godina), relativne vlažnosti (%/10 godina), brzine vjetra (m/s/10 godina) i naoblake (desetine/10 godina) dobiveni Sneyersovom metodom (podebljano); Godina početka trenda; Početak signifikantnosti. Crvena boja označava trendove signifikantne na razini od 5%.

1949.-2008.	PET	Ta	VP	RH	V	C
Godina	-0,140	0,113	-0,070	-0,720	-0,063	-0,009
Početak trenda	-	2006.	-	1967.	2004.	-
Početak signifikantnosti	-	2008.	-	1979.	2004.	-
Zima	-0,121	0,079	-0,068	-0,896	-0,142	-0,112
Početak trenda	-	-	-	1959.	2005.	1961.
Početak signifikantnosti	-	-	-	1980.	2000.	1990.
Proljeće	-0,134	0,155	-0,035	-0,631	-0,059	-0,003
Početak trenda	-	-	-	1962.	1999.	-
Početak signifikantnosti	-	-	-	2003.	2006.	-
Ljeto	-0,044	0,252	-0,132	-1,224	0,036	0,007
Početak trenda	-	1998.	1958.	1981.	-	-
Početak signifikantnosti	-	2003.	1962.	1983.	-	-
Jesen	-0,221	-0,008	-0,042	-0,214	-0,101	0,054
Početak trenda	1955.	-	-	-	1994.	-
Početak signifikantnosti	1977.	-	-	-	1996.	-

1949.-1978.	PET	Ta	VP	RH	V	C
Godina	-0,467	-0,274	-0,435	-1,024	0,058	0,036
Početak trenda	-	1952.	1962.	-	-	-
Početak signifikantnosti	-	1978.	1965.	-	-	-
Zima	-0,026	0,113	-0,182	-1,675	-0,043	-0,191
Početak trenda	-	-	-	-	-	-
Početak signifikantnosti	-	-	-	-	-	-
Proljeće	-0,454	-0,195	-0,381	-1,207	0,116	0,155
Početak trenda	-	-	1961.	-	-	-
Početak signifikantnosti	-	-	1969.	-	-	-
Ljeto	-0,705	-0,530	-0,651	-0,400	0,090	0,188
Početak trenda	-	1976.	1961.	-	-	-
Početak signifikantnosti	-	1977.	1962.	-	-	-
Jesen	-0,526	-0,355	-0,542	-1,435	0,037	-0,105
Početak trenda	1952.	-	1968.	-	-	-
Početak signifikantnosti	1977.	-	1971.	-	-	-

1979.-2008.	PET	Ta	VP	RH	V	C
Godina	0,446	0,576	0,460	0,601	-0,212	0,058
Početak trenda	1999.	1997.	1994.	-	2004.	-
Početak signifikantnosti	2006.	1998.	1995.	-	2004.	-
Zima	0,393	0,413	0,325	1,579	-0,345	0,033
Početak trenda	-	-	-	-	2006.	-
Početak signifikantnosti	-	-	-	-	2007.	-
Proljeće	0,555	0,713	0,456	-0,053	-0,214	-0,121
Početak trenda	-	1997.	2007.	-	1997.	-
Početak signifikantnosti	-	2001.	2008.	-	2008.	-
Ljeto	0,653	0,900	0,614	-0,775	-0,064	0,020
Početak trenda	2000.	1991.	1992.	-	-	-
Početak signifikantnosti	2003.	1998.	1997.	-	-	-
Jesen	0,159	0,278	0,422	1,417	-0,227	0,268
Početak trenda	-	-	1992.	-	2000.	1995.
Početak signifikantnosti	-	-	2004.	-	2007.	2002.



Slika 8. *Progressivni test (crvena linija - niz prema naprijed, plava linija - niz prema natrag) trenda srednjih godišnjih vrijednosti fiziološke ekvivalentne temperature, temperature zraka, tlaka vodene pare, relativne vlažnosti, brzine vjetra i naoblake za razdoblje (1979.-2008.) u Rijeci. Žuta linija označava nivo signifikantnosti $\pm 1,96$.*

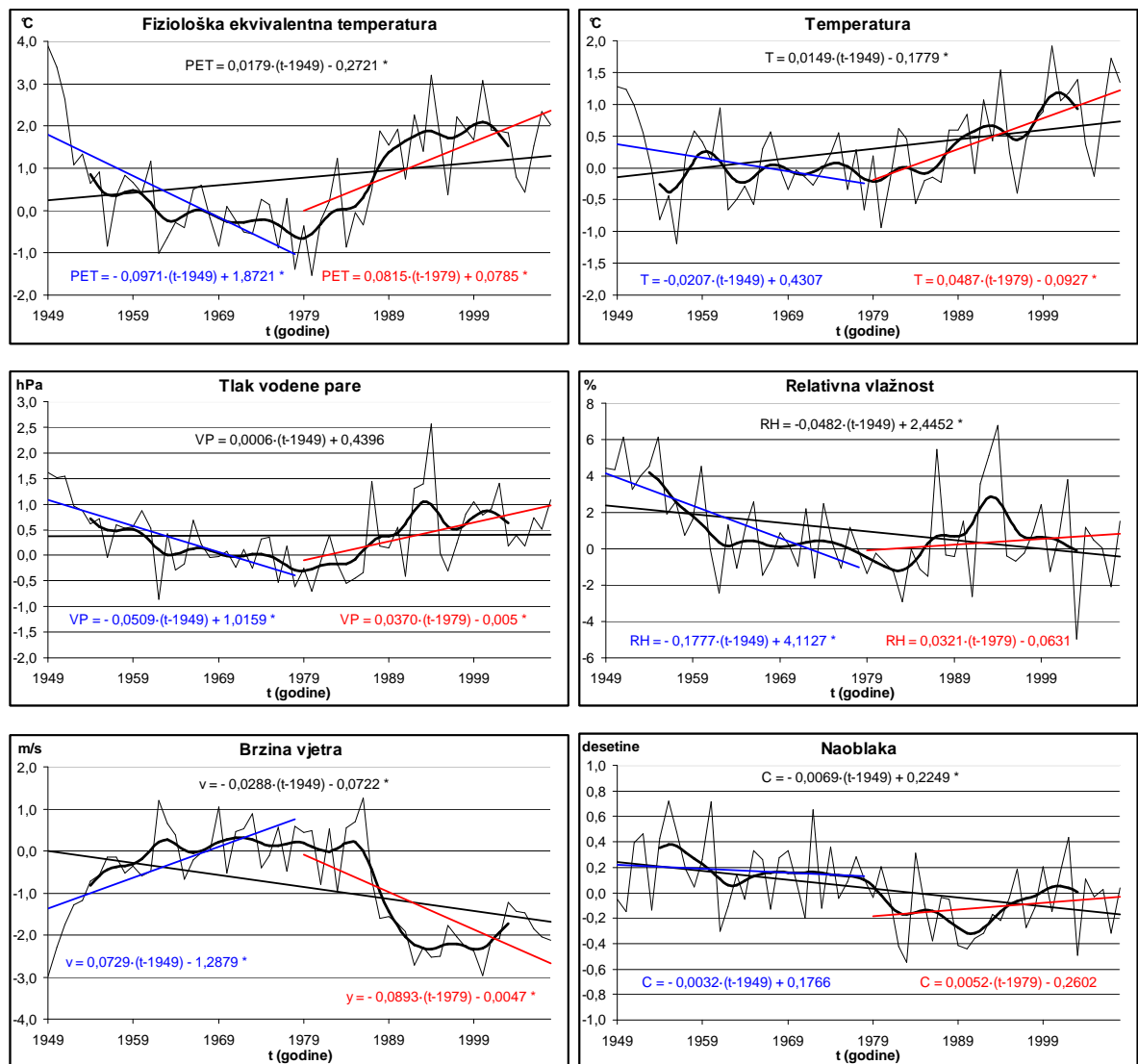
3.3.2. Senj

U Senju srednja fiziološka ekvivalentna temperatura ima pozitivan trend u cijelom analiziranom razdoblju od 1949. do 2008. godine na godišnjoj razini i u svim godišnjim dobima (Slika 9., Tablica 4.). Najveća promjena zabilježena je u ljetnoj vrijednosti (0,277 °C/10 godina), dok su signifikantne promjene u proljeće, ljeti i u godini. Porast vrijednosti indeksa osjeta ugodnosti rezultat je velikog porasta temperature u promatranom razdoblju signifikantnog u proljeće, ljeti i u godini. Najveći trend temperature je ljeti i iznosi 0,248 °C/10 godina. Porastu fiziološke ekvivalentne temperature pridonosi i signifikantno smanjenje brzine vjetra u svim sezonama. U isto vrijeme i naoblaka ima negativni trend u svim razdobljima osim u jesen te na taj način pridonosi povećanju srednje fiziološke ekvivalentne temperature.

U prvom tridesetogodišnjem razdoblju (1949.-1978.) negativni trend fiziološke ekvivalentne temperature (u svim sezonama, nije signifikantan samo zimi) posljedica je smanjenja temperature i povećanja brzine vjetra. Najveća promjena zabilježena je ljeti (-1,481 °C/ 10 godina) popraćena najvećim padom temperature i najvećim povećanjem brzine vjetra.

Na pozitivni trend srednje fiziološke ekvivalentne temperature u drugom razdoblju najviše utječu porast temperature i signifikantno smanjenje brzine vjetra u svim sezonama. Trendovi PET signifikantni su u proljeće, ljeti i na godišnjoj razini, a najveća promjena je opet zabilježena ljeti (1,249 °C/ 10 godina).

Sneyersov progresivni test za PET i parametre koji utječu na njega u razdoblju (1949.-2008.) (Slika 10.) pokazuje kako trend fiziološke ekvivalentne temperature prati ostale trendove. Trend PET započinje 1996. godine, dvije godine prije početka trenda temperature, možda kao posljedica negativnog trenda naoblake već od 1975. godine.



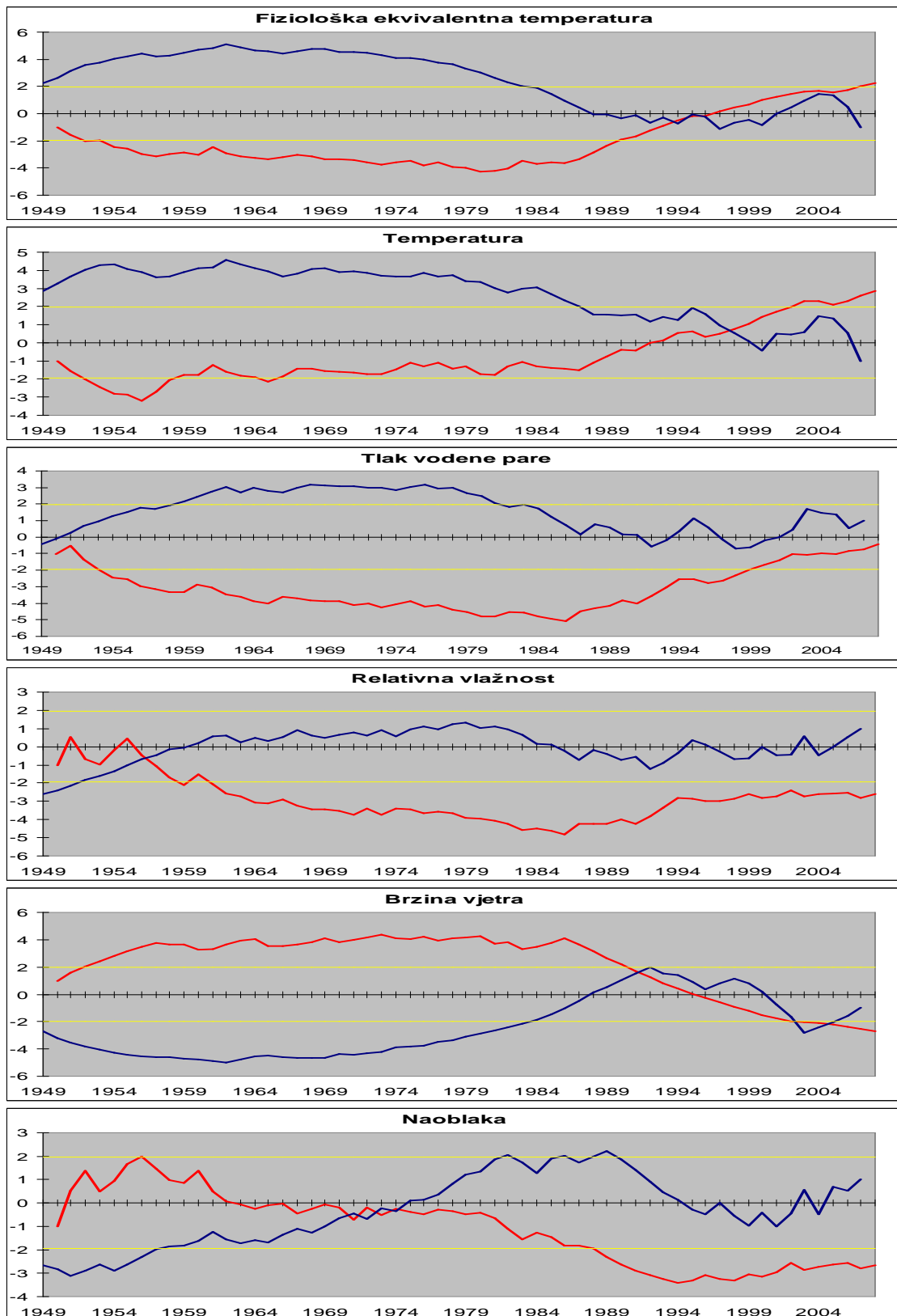
Slika 9. Vremenski nizovi odstupanja srednjih godišnjih vrijednosti od srednjaka (1961.-1990.) fiziološke ekvivalentne temperature (PET u °C), temperature zraka (t u °C), tlaka vodene pare (VP u hPa), relativne vlažnosti (RH u %), brzine vjetra (v u m/s) i naoblake (C u desetinama), njihov 11-godišnji binomni klizni srednjak te linearni trendovi za razdoblja (1949.-2008.) (crno), (1949.-1978.) (plavo), (1979.-2008.) (crveno) u Senju. Zvezdicom su označeni trendovi signifikantni na razini 5%.

Tablica 4. Senj: Trendovi fiziološke ekvivalentne temperature ($^{\circ}\text{C}/10$ godina), temperature zraka ($^{\circ}\text{C}/10$ godina), tlaka vodene pare ($\text{hPa}/10$ godina), relativne vlažnosti ($\%/10$ godina), brzine vjetra ($\text{m/s}/10$ godina) i naoblake (desetine/10 godina) dobiveni Sneyersovom metodom (podebljano); Godina početka trenda; Početak signifikantnosti. Crvena boja označava trendove signifikantne na razini od 5%.

1949.-2008.	PET	Ta	VP	RH	v	C
Godina	0,179	0,149	0,006	-0,482	-0,288	-0,069
Početak trenda	1996.	1998.	-	1957.	2005.	1975.
Početak signifikantnosti	2007.	2002.	-	1961.	2005.	1989.
Zima	0,165	0,128	-0,014	-0,530	-0,415	-0,177
Početak trenda	-	-	-	-	1994.	1971.
Početak signifikantnosti	-	-	-	-	2007.	1981.
Proljeće	0,245	0,223	-0,008	-0,711	-0,302	-0,070
Početak trenda	1996.	1996	-	1955.	1990.	-
Početak signifikantnosti	2007.	2001.	-	1957.	1999.	-
Ljeto	0,277	0,248	0,030	-0,691	-0,159	-0,047
Početak trenda	1997.	1997.	-	1993.	1994.	-
Početak signifikantnosti	2008.	2002.	-	2000.	2007.	-
Jesen	0,086	0,030	0,023	-0,046	-0,325	0,001
Početak trenda	-	-	-	-	1992.	-
Početak signifikantnosti	-	-	-	-	2002.	-

1949.-1978.	PET	Ta	VP	RH	v	C
Godina	-0,971	-0,207	-0,509	-1,777	0,729	-0,032
Početak trenda	1953.	-	1955.	1958.	1954.	-
Početak signifikantnosti	1971.	-	1955.	1961.	1954.	-
Zima	-0,486	0,101	-0,254	-2,285	0,756	-0,219
Početak trenda	-	-	-	1956.	-	-
Početak signifikantnosti	-	-	-	1958.	-	-
Proljeće	-0,946	-0,081	-0,582	-2,693	0,585	0,071
Početak trenda	1953.	-	1952.	1957.	1954.	-
Početak signifikantnosti	1954.	-	1952.	1957.	1955.	-
Ljeto	-1,481	-0,476	-0,645	-0,620	0,760	0,101
Početak trenda	1956.	1976.	1960.	-	1958.	-
Početak signifikantnosti	1956.	1978.	1964.	-	1958.	-
Jesen	-0,807	-0,236	-0,554	-1,963	0,717	-0,182
Početak trenda	1976.	-	1968.	1955.	1953.	-
Početak signifikantnosti	1976.	-	1972.	1967.	1971.	-

1979.-2008.	PET	Ta	VP	RH	v	C
Godina	0,815	0,487	0,370	0,321	-0,893	0,052
Početak trenda	1987.	1997.	1987.	-	1989.	-
Početak signifikantnosti	1989.	1999.	1998.	-	1992.	-
Zima	0,690	0,372	0,266	1,253	-1,200	0,031
Početak trenda	-	-	-	-	1990.	-
Početak signifikantnosti	-	-	-	-	1994.	-
Proljeće	0,921	0,597	0,450	0,231	-0,720	-0,123
Početak trenda	1988.	1997.	2007.	-	1987.	-
Početak signifikantnosti	1994.	2007.	2008.	-	1993.	-
Ljeto	1,249	0,746	0,620	-0,427	-0,623	0,036
Početak trenda	1987.	1992.	1989.	-	1987.	-
Početak signifikantnosti	1991.	1999.	1994.	-	1991.	-
Jesen	0,401	0,219	0,121	0,068	-1,055	0,242
Početak trenda	-	-	-	-	1988.	-
Početak signifikantnosti	-	-	-	-	1991.	-



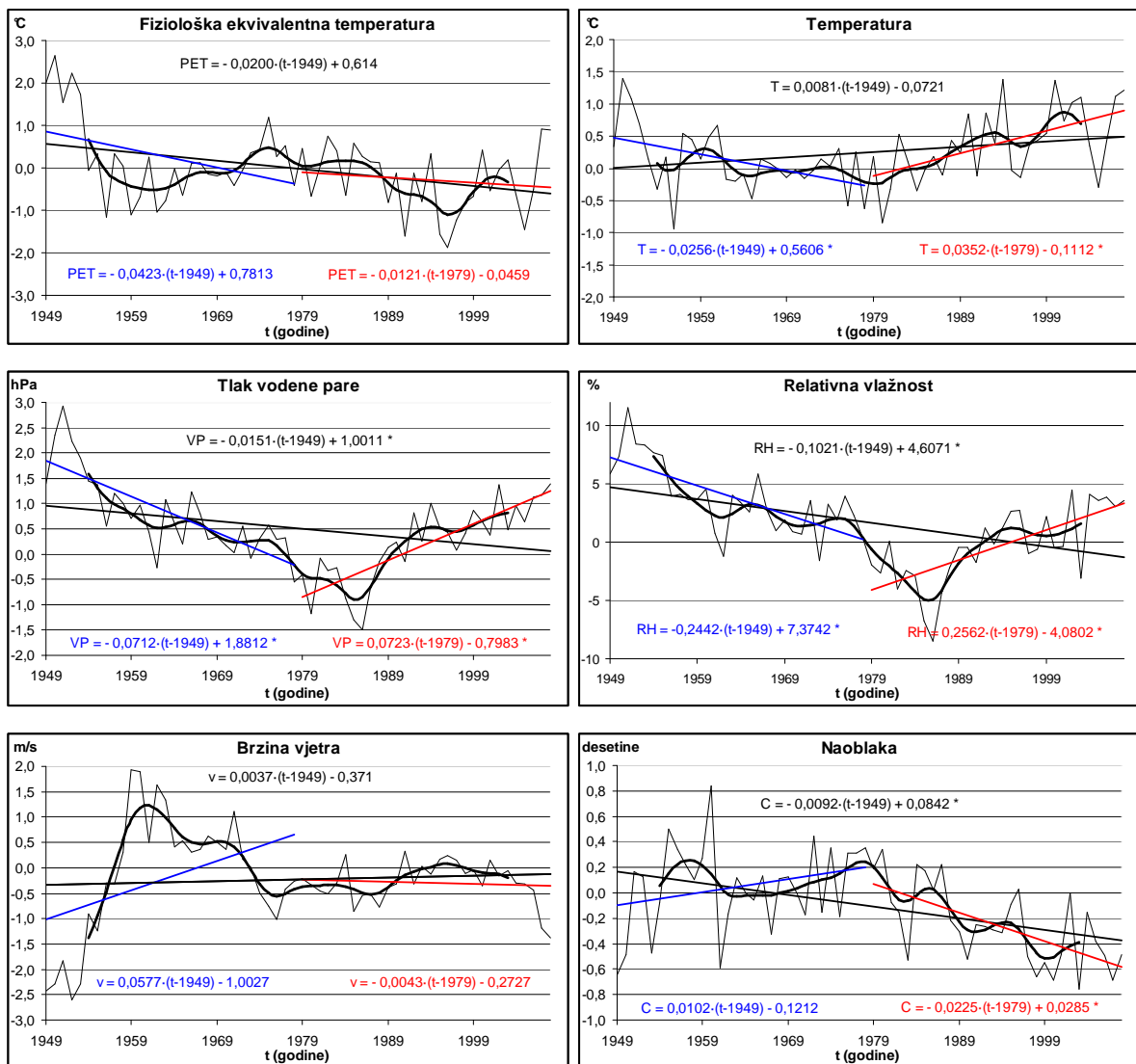
Slika 10. Progressivni test (crvena linija - niz prema naprijed, plava linija - niz prema natrag) srednjih godišnjih vrijednosti fiziološke ekvivalentne temperature, temperature zraka, tlaka vodene pare, relativne vlažnosti, brzine vjetra i naoblake za razdoblje (1949.-2008.) u Senju. Žuta linija označava nivo signifikantnosti $\pm 1,96$.

3.3.3. Šibenik

Za promatranu postaju Šibenik specifično je da, iako u razdobljima od šezdesetih do sredine sedamdesetih i od srednjih devedesetih do kraja 2008. godine postoji lagani porast srednje fiziološke ekvivalentne temperature (Slika 11., Tablica 5.), njezin je trend u cijelom analiziranom razdoblju negativan. Signifikantna negativna promjena je zabilježena u jesen (-0,297 °C/10 godina). Obzirom da temperatura zraka raste tijekom cijelog razdoblja, premda signifikantno samo ljeti, negativan trend PET posljedica je kombiniranog djelovanja ostalih meteoroloških parametara, kao primjerice porasta brzine vjetra i naoblake početkom razdoblja.

Pad fiziološke ekvivalentne temperature izraženiji je u prvom tridesetogodišnjem razdoblju (signifikantni trend ljeti -0,884 °C/10 godina) što je posljedica pada temperature (u svim godišnjim dobima osim zimi) te povećanja brzine vjetra i naoblake.

Za razliku od ostalih analiziranih postaja u Šibeniku fiziološka ekvivalentna temperatura opada i u drugom tridesetogodišnjem razdoblju, a porast se prema kliznom srednjaku može uočiti tek od sredine devedesetih godina. Na pad u cijelom razdoblju vjerojatno je utjecao porast brzine vjetra početkom tog razdoblja. Postojanje pozitivnog trenda brzine vjetra u većem dijelu tog razdoblja potvrđuje i progresivni test za trend (Slika 12.).



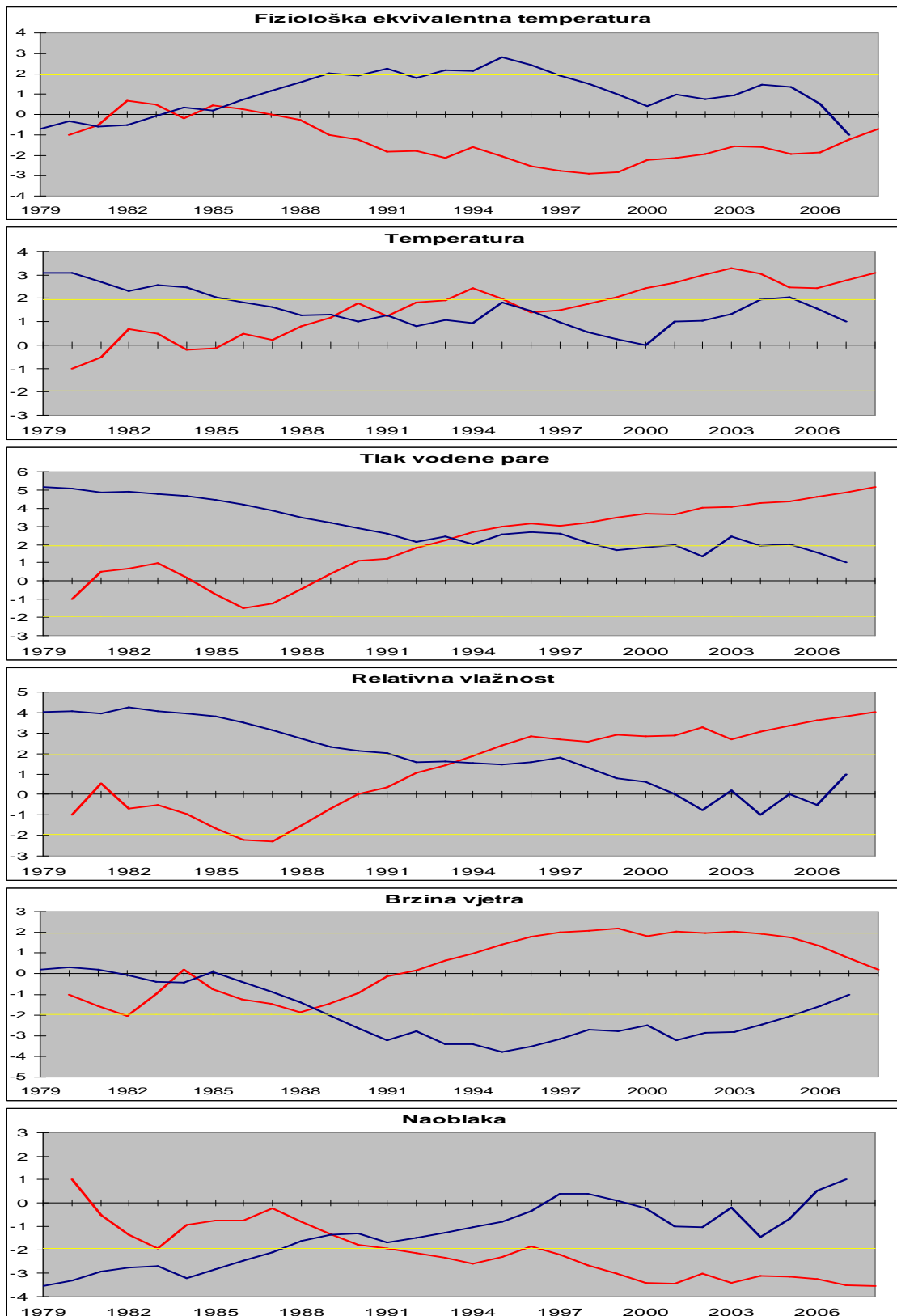
Slika 11. Vremenski nizovi odstupanja srednjih godišnjih vrijednosti od srednjaka (1961.-1990.) fiziološke ekvivalentne temperature (PET u °C), temperature zraka (t u °C), tlaka vodene pare (VP u hPa), relativne vlažnosti (RH u %), brzine vjetra (v u m/s) i naoblake (C u desetinama), njihov 11-godišnji binomni klizni srednjak te linearni trendovi za razdoblja (1949.-2008.) (crno), (1949.-1978.) (plavo), (1979.-2008.) (crveno) u Šibeniku. Zvezdicom su označeni trendovi signifikantni na razini 5%.

Tablica 5. Šibenik: Trendovi fiziološke ekvivalentne temperature ($^{\circ}\text{C}/10$ godina), temperature zraka ($^{\circ}\text{C}/10$ godina), tlaka vodene pare ($\text{hPa}/10$ godina), relativne vlažnosti ($\%/10$ godina), brzine vjetra ($\text{m/s}/10$ godina) i naoblake (desetine/10 godina) dobiveni Sneyersovom metodom (podebljano; Godina početka trenda; Početak signifikantnosti. Crvena boja označava trendove signifikantne na razini od 5%.

1949.-2008.	PET	Ta	VP	RH	v	C
Godina	-0,200	0,081	-0,151	-1,021	0,037	-0,092
Početak trenda	-	-	1954.	1958.	-	1994.
Početak signifikantnosti	-	-	1956.	1959.	-	1999.
Zima	-0,190	0,043	-0,129	-1,224	-0,092	-0,206
Početak trenda	-	-	1956.	1956.	-	1981.
Početak signifikantnosti	-	-	1980.	1958.	-	1992.
Proljeće	-0,171	0,139	-0,103	-0,972	0,032	-0,069
Početak trenda	-	-	-	1960.	-	1997.
Početak signifikantnosti	-	-	-	1962.	-	2008.
Ljeto	-0,124	0,176	-0,210	-1,174	0,148	-0,062
Početak trenda	-	1997.	-	1964.	1954.	-
Početak signifikantnosti	-	2001.	-	1973.	1995.	-
Jesen	-0,297	-0,024	-0,170	-0,799	0,033	-0,051
Početak trenda	1986.	-	-	1955.	-	-
Početak signifikantnosti	1996.	-	-	1969.*	-	-

1949.-1978.	PET	Ta	VP	RH	v	C
Godina	-0,423	-0,256	-0,712	-2,442	0,577	0,102
Početak trenda	-	1958.	1958.	1958.	-	-
Početak signifikantnosti	-	1965.	1958.	1959.	-	-
Zima	0,101	0,107	-0,387	-3,424	0,760	-0,109
Početak trenda	-	-	-	1956.	-	-
Početak signifikantnosti	-	-	-	1958.	-	-
Proljeće	-0,399	-0,153	-0,605	-2,490	0,717	0,243
Početak trenda	-	-	1960.	1960.	-	-
Početak signifikantnosti	-	-	1962.	1962.	-	-
Ljeto	-0,884	-0,590	-1,087	-1,544	0,399	0,279
Početak trenda	1955.	1974.	1958.	1957.	-	1965.
Početak signifikantnosti	1959.	1976.	1959.	1973.	-	1972.
Jesen	-0,437	-0,358	-0,818	-2,803	0,385	-0,097
Početak trenda	-	-	1968.	1955.	-	-
Početak signifikantnosti	-	-	1970.	1969.	-	-

1979.-2008.	PET	Ta	VP	RH	v	C
Godina	-0,121	0,352	0,723	2,562	-0,043	-0,225
Početak trenda	-	1997.	1994.	1994.	-	1990.
Početak signifikantnosti	-	1999.	1994.	1995.	-	1997.
Zima	-0,211	0,216	0,438	3,255	-0,243	-0,285
Početak trenda	-	-	1994.	1994.	-	-
Početak signifikantnosti	-	-	2007.	1997.	-	-
Proljeće	-0,055	0,490	0,687	2,054	-0,033	-0,347
Početak trenda	-	-	2004.	2004.	-	1992.
Početak signifikantnosti	-	-	2004.	2006.	-	1997.
Ljeto	0,250	0,641	1,151	1,842	0,149	-0,259
Početak trenda	-	1990.	1991.	2004.	-	1990.
Početak signifikantnosti	-	1992.	1992.	2006.	-	1998.
Jesen	-0,543	0,024	0,578	2,924	-0,011	-0,041
Početak trenda	-	-	1991.	1990.	-	-
Početak signifikantnosti	-	-	1999.	1993.	-	-



Slika 12. *Progresivni test (crvena linija - niz prema naprijed, plava linija - niz prema natrag) trenda srednjih godišnjih vrijednosti fiziološke ekvivalentne temperature, temperature zraka, tlaka vodene pare, relativne vlažnosti, brzine vjetra i naoblake za razdoblje (1979.-2008.) u Šibeniku. Žutom bojom su označeni signifikantni nivoi $\pm 1,96$.*

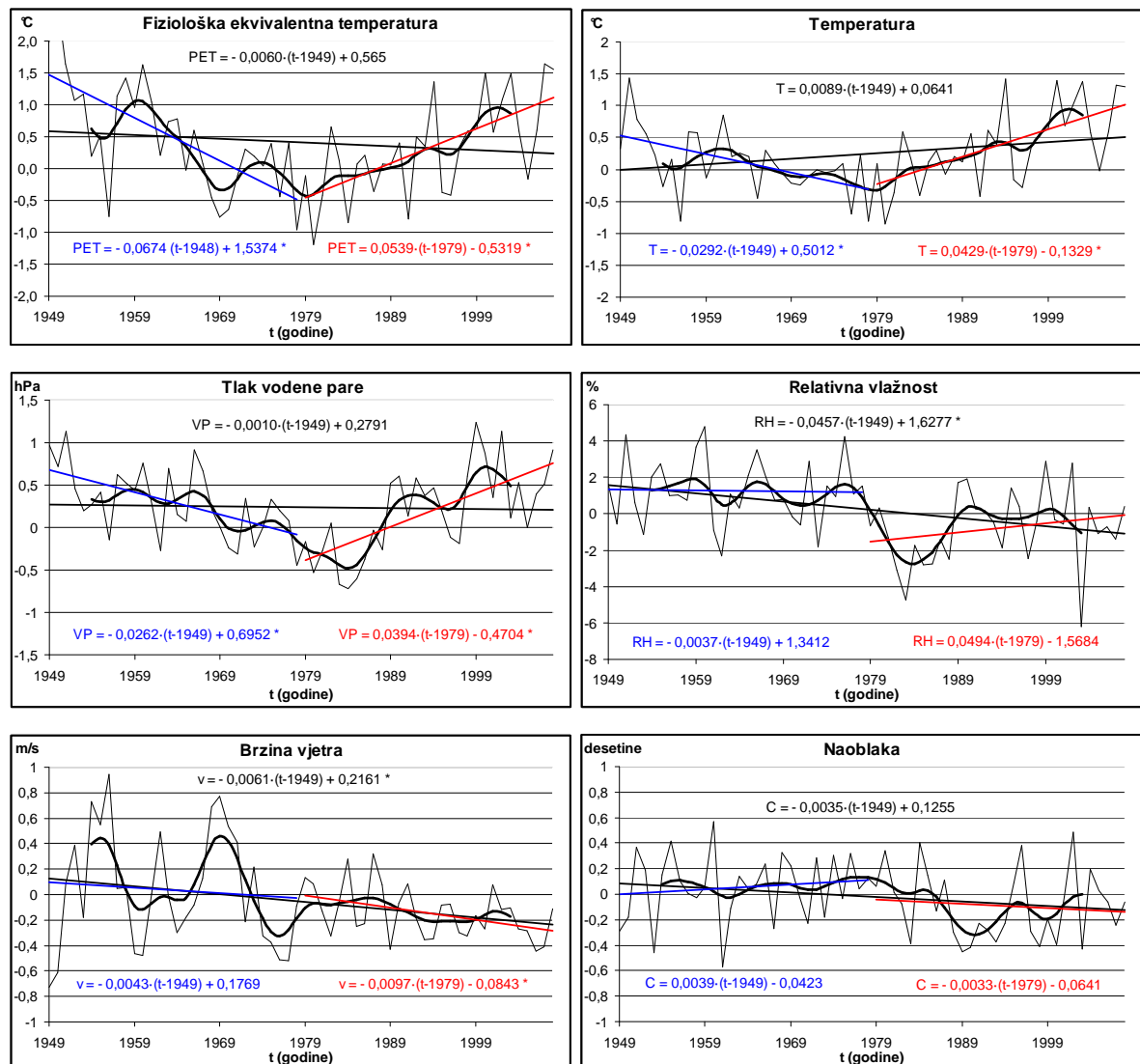
3.3.4. Split

Slabi negativni trend fiziološke ekvivalentne temperature u Splitu u cijelom analiziranom razdoblju od 1949. do 2008. godine usprkos porastu temperature i smanjenju brzine vjetra, posljedica je većeg negativnog trenda u prvom razdoblju u odnosu na porast u drugom razdoblju (Slika 13., Tablica 6.). Samo se signifikantna vrijednost negativnog trenda fiziološke ekvivalentne temperature u jesen ($-0,193$ °C/10 godina) može djelomično povezati s negativnim trendom temperature.

U prvom razdoblju od 1949. godine do 1978. godine, negativni trend fiziološke ekvivalente temperature je rezultat pada temperature i tlaka vodene pare. Negativni trendovi PET signifikantni su u svim sezonama osim zimi, a ljeti su još izraženiji ($-1,030$ °C/10 godina) zbog signifikantnog smanjenja temperature zraka i povećanja naoblake.

U drugom razdoblju trendovi fiziološke ekvivalentne temperature su pozitivni u svim sezonama, a u proljeće i ljeti, kao i za cijelu godinu, su i signifikantni (najveća promjena je ljeti, $1,019$ °C/10 godina). Na povećanje PET utjecali su svi meteorološki elementi: povećanje temperature zraka i tlaka vodene pare te smanjenje brzine vjetra i naoblake.

Sneyersov progresivni test na signifikantnim trendovima i u prvom i u drugom razdoblju pokazuje da trendovi PET postaju signifikantni istovremeno s trendovima temperature i tlaka vodene pare. Najbolje se to može vidjeti u zadnjem klimatskom razdoblju (Slika 14.) kad trend PET postaje signifikantan 2000. godine dok je povećanje temperature postalo signifikantno godinu ranije, a tlak vodene pare još 1992. godine.



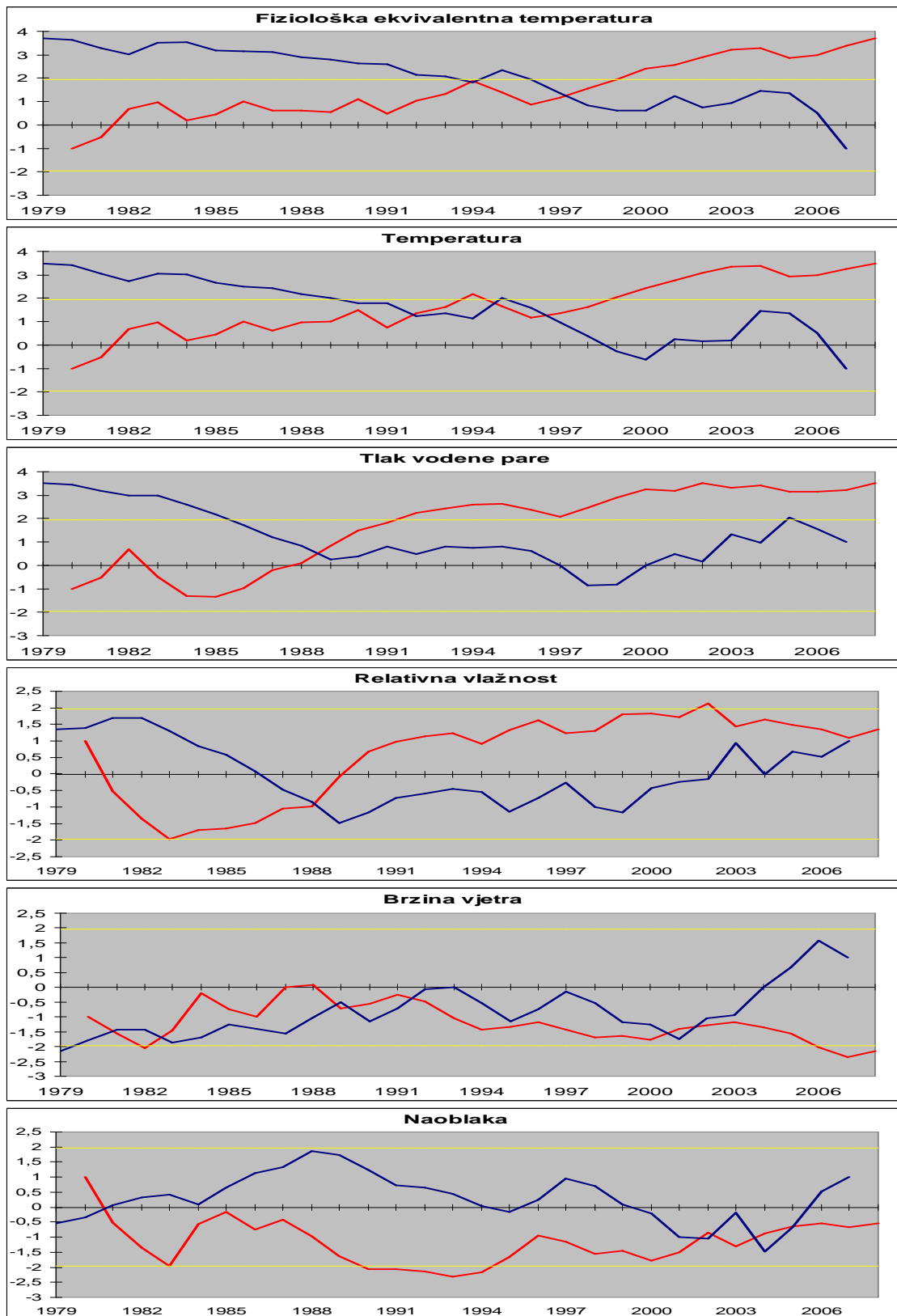
Slika 13. Vremenski nizovi odstupanja srednjih godišnjih vrijednosti od srednjaka (1961.-1990.) fiziološke ekvivalentne temperature (PET u °C), temperature zraka (t u °C), tlaka vodene pare (VP u hPa), relativne vlažnosti (RH u %), brzine vjetrova (v u m/s) i naoblake (C u desetinama), njihov 11-godišnji binomni klizni srednjak te linearni trendovi za razdoblja (1949.-2008.) (crno), (1949.-1978.) (plavo), (1979.-2008.) (crveno) u Splitu. Zvezdicom su označeni trendovi signifikantni na razini 5%.

Tablica 6. Split: Trendovi fiziološke ekvivalentne temperature ($^{\circ}\text{C}/10$ godina), temperature zraka ($^{\circ}\text{C}/10$ godina), tlaka vodene pare ($\text{hPa}/10$ godina), relativne vlažnosti ($\%/10$ godina), brzine vjetra ($\text{m/s}/10$ godina) i naoblake (desetine/10 godina) dobiveni Sneyersovom metodom (podebljano); Godina početka trenda; Početak signifikantnosti. Crvena boja označava trendove signifikantne na razini od 5%.

1949.-2008.	PET	Ta	VP	RH	V	C
Godina	-0,060	0,089	-0,010	-0,457	-0,061	-0,035
Početak trenda	-	-	-	1973.	2002.	-
Početak signifikantnosti	-	-	-	1984.	2006.	-
Zima	-0,062	0,030	-0,087	-0,892	-0,199	-0,179
Početak trenda	-	-	-	1962.	1985.	1980.
Početak signifikantnosti	-	-	-	1982.	1990.	1992.
Proljeće	-0,029	0,143	0,026	-0,268	-0,067	-0,008
Početak trenda	-	2005.	-	-	-	-
Početak signifikantnosti	-	2008.	-	-	-	-
Ljeto	0,060	0,206	0,068	-0,436	0,021	0,022
Početak trenda	-	1997.	-	1979.	-	-
Početak signifikantnosti	-	2002.	-	2003.	-	-
Jesen	-0,193	-0,019	-0,060	-0,358	-0,013	0,001
Početak trenda	1964.	-	-	-	-	-
Početak signifikantnosti	1972.	-	-	-	-	-

1949.-1978.	PET	Ta	VP	RH	V	C
Godina	-0,674	-0,292	-0,262	-0,037	-0,043	0,039
Početak trenda	1962.	1964.	1968.	-	-	-
Početak signifikantnosti	1965.	1969.	1970.	-	-	-
Zima	-0,245	-0,034	-0,170	-0,882	-0,204	-0,168
Početak trenda	-	-	-	-	-	-
Početak signifikantnosti	-	-	-	-	-	-
Proljeće	-0,585	-0,161	-0,096	0,421	0,013	0,174
Početak trenda	1962.	-	-	-	-	-
Početak signifikantnosti	1970.	-	-	-	-	-
Ljeto	-1,030	-0,529	-0,423	0,344	0,073	0,241
Početak trenda	1972.	1974.	1973.	-	-	1965.
Početak signifikantnosti	1972.	1977.	1973.	-	-	1974.
Jesen	-0,793	-0,423	-0,428	-0,638	-0,065	-0,164
Početak trenda	1968.	1976.	-	-	-	-
Početak signifikantnosti	1972.	1978.	-	-	-	-

1979.-2008.	PET	Ta	VP	RH	V	C
Godina	0,539	0,429	0,394	0,494	-0,097	-0,033
Početak trenda	1998.	1997.	1989.	-	2002.	-
Početak signifikantnosti	2000.	1999.	1992.	-	2006.	-
Zima	0,375	0,295	0,225	0,881	-0,224	-0,150
Početak trenda	-	-	-	-	-	-
Početak signifikantnosti	-	-	-	-	-	-
Proljeće	0,690	0,585	0,410	0,112	-0,070	-0,153
Početak trenda	1999.	1999.	2006.	-	-	-
Početak signifikantnosti	2008.	2007.	2008.	-	-	-
Ljeto	1,019	0,750	0,687	-0,115	-0,125	-0,039
Početak trenda	1993.	1993.	1988.	-	2007.	-
Početak signifikantnosti	1998.	1998.	1991.	-	2008.	-
Jesen	0,023	0,045	0,217	0,935	0,024	0,177
Početak trenda	-	-	-	-	-	-
Početak signifikantnosti	-	-	-	-	-	-



Slika 14. *Progresivni test (crvena linija - niz prema naprijed, plava linija - niz prema natrag) trenda srednjih godišnjih vrijednosti fiziološke ekvivalentne temperature, temperature zraka, tlaka vodene pare, relativne vlažnosti, brzine vjetra i naoblake za razdoblje (1979.-2008.) u Splitu. Žuta linija označava nivo signifikantnosti $\pm 1,96$.*

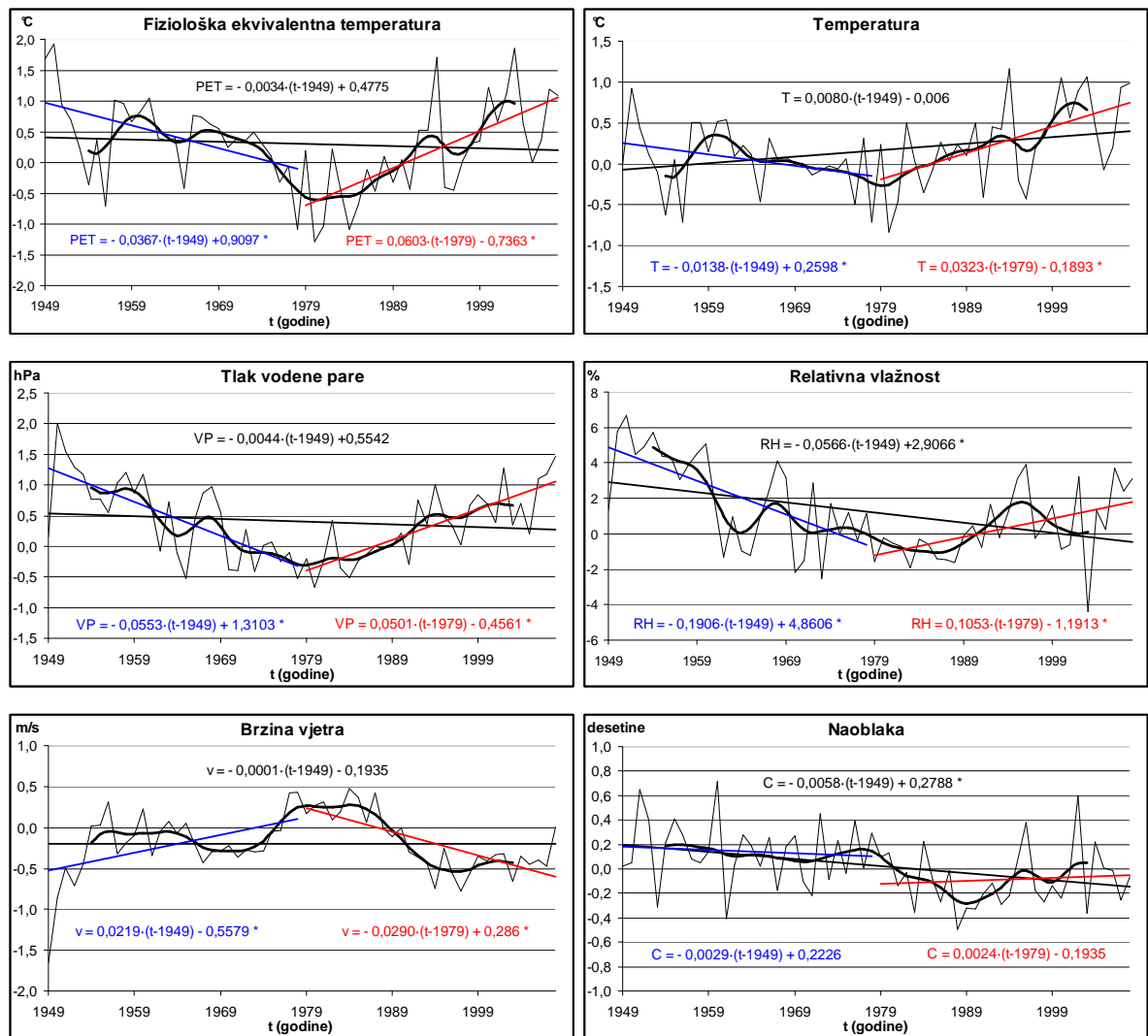
3.3.5. Hvar

Za Hvar je karakteristično da je u svim sezonama osim ljeti od 1949. godine do 2008. godine došlo do smanjenja fiziološke ekvivalentne temperature (Slika 15., Tablica 7.). Smanjenje PET dobila je i Zaninović (2007.), ali za razdoblje od 1901. do 2000. godine. Trend nije signifikantan ni u jednom godišnjem dobu, a najvjerojatnije je rezultat smanjenja tlaka vodene pare pošto temperatura raste u godini, u proljeće i ljeti. Brzina vjetra se smanjila, kao i naoblaka, u svim sezonama, za razliku od njihovih trendova u cijelom 20. stoljeću (Zaninović, 2007.).

Prvo razdoblje od 1949. do 1978. godine okarakterizirano je smanjenjem fiziološke ekvivalentne temperature u svim sezonama. Na negativni trend PET signifikantan u godini, ljeti i u jesen utjecao je negativni trend temperature, tlaka vodene pare, relativne vlažnosti te pozitivni trend brzine vjetra.

Pozitivnom godišnjem trendu PET ($0,603\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ godina}$) u drugom razdoblju najveći doprinos je dao porast ljetne vrijednosti fiziološke ekvivalentne temperature ($1,058\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ godina}$), a rezultat je porasta temperature, tlaka vodene pare te smanjenja brzine vjetra.

Progresivni test meteoroloških parametara u drugom razdoblju (Slika 16.) pokazuje da su godišnji trendovi postali signifikantni gotovo istovremeno. Prvo je 1989. godine započeo negativan trend brzine vjetra koji postaje signifikantan 1992. godine. U istoj godini (1992.) započinje pozitivan trend tlaka vodene pare, a pozitivni trendovi temperature zraka i fiziološke ekvivalentne temperature započinju 1997. godine, a signifikantni postaju 2000. odnosno 1999. godine.



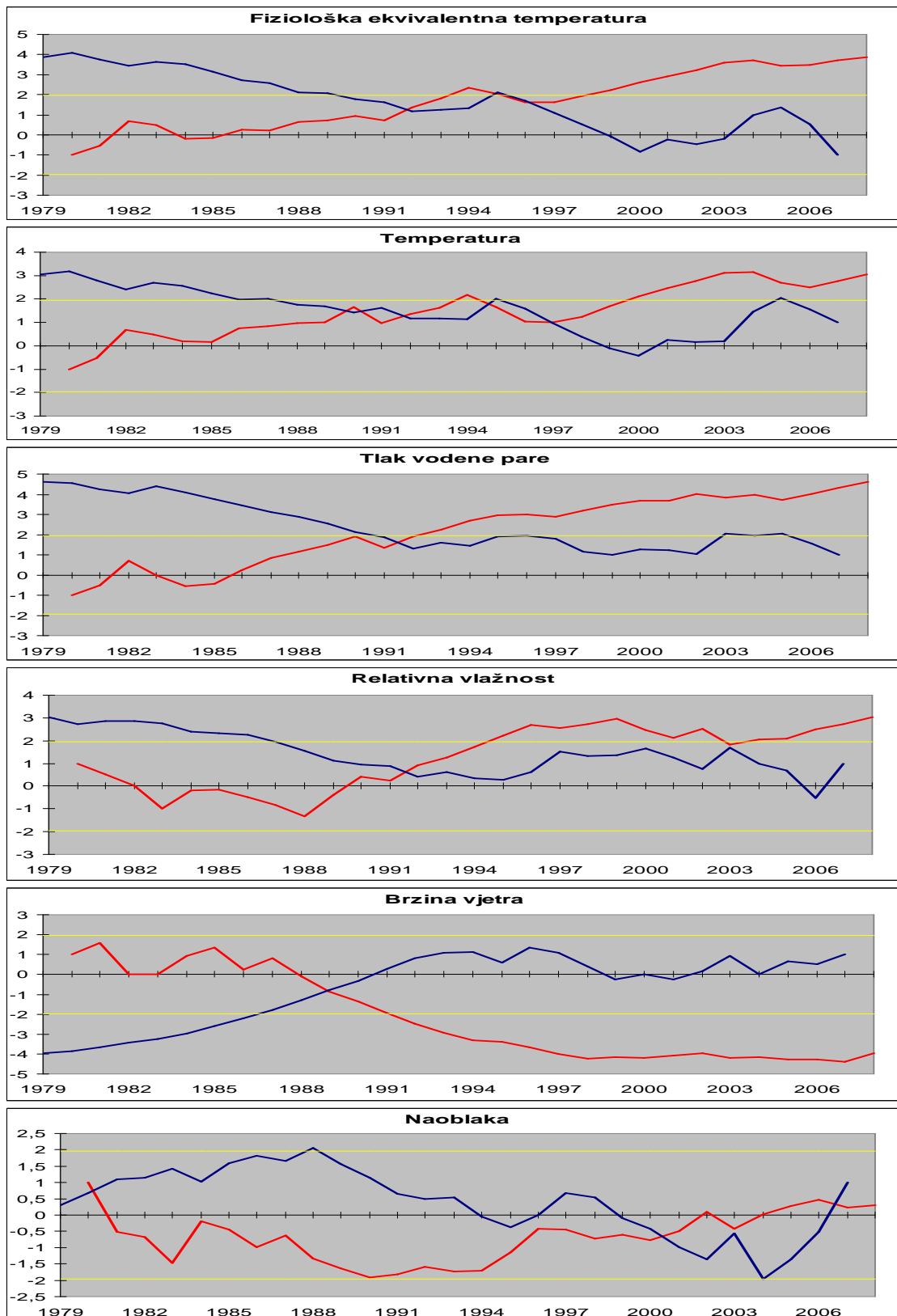
Slika 15. Vremenski nizovi odstupanja srednjih godišnjih vrijednosti od srednjaka (1961.-1990.) fiziološke ekvivalentne temperature (PET u °C), temperature zraka (t u °C), tlaka vodene pare (VP u hPa), relativne vlažnosti (RH u %), brzine vjetra (v u m/s) i naoblake (C u desetinama), njihov 11-godišnji binomni klizni srednjak te linearni trendovi za razdoblja (1949.-2008.) (crno), (1949.-1978.) (plavo), (1979.-2008.) (crveno) u Hvaru. Zvezdicom su označeni trendovi signifikantni na razini 5%.

Tablica 7. Hvar: Trendovi fiziološke ekvivalentne temperature ($^{\circ}\text{C}/10$ godina), temperature zraka ($^{\circ}\text{C}/10$ godina), tlaka vodene pare (hPa/10 godina), relativne vlažnosti (%/10 godina), brzine vjetra (m/s/10 godina) i naoblake (desetine/10 godina) dobiveni Sneyersovom metodom (podebljano); Godina početka trenda; Početak signifikantnosti. Crvena boja označava trendove signifikantne na razini od 5%.

1949.-2008.	PET	Ta	VP	RH	V	C
Godina	-0,034	0,080	-0,044	-0,566	-0,001	-0,058
Početak trenda	-	-	-	1956.	-	1977.
Početak signifikantnosti	-	-	-	1963.	-	1988.
Zima	-0,093	-0,025	-0,093	-0,558	-0,094	-0,199
Početak trenda	-	-	-	-	1992.	1980.
Početak signifikantnosti	-	-	-	-	2003.	1989.
Proljeće	-0,025	0,144	-0,010	-0,591	0,052	-0,019
Početak trenda	-	1999.	-	-	-	-
Početak signifikantnosti	-	2007.	-	-	-	-
Ljeto	0,111	0,210	0,019	-0,700	0,013	-0,011
Početak trenda	-	1996.	-	1960.	-	-
Početak signifikantnosti	-	2000.	-	1974.	-	-
Jesen	-0,114	-0,012	-0,101	-0,462	-0,011	-0,024
Početak trenda	-	-	-	-	-	-
Početak signifikantnosti	-	-	-	-	-	-

1949.-1978.	PET	Ta	VP	RH	V	C
Godina	-0,367	-0,138	-0,553	-1,906	0,219	-0,029
Početak trenda	1974.	1970.	1962.	1961.	1977.	-
Početak signifikantnosti	1974.	1978.	1964.	1963.	1978.	-
Zima	-0,114	0,058	-0,313	-2,415	0,215	-0,211
Početak trenda	-	-	-	1958.	-	-
Početak signifikantnosti	-	-	-	1963.	-	-
Proljeće	-0,267	0,029	-0,421	-2,255	0,343	0,127
Početak trenda	-	-	1970.	1962.	1970.	-
Početak signifikantnosti	-	-	1976.	1966.	1977.	-
Ljeto	-0,466	-0,344	-0,877	-1,461	0,083	0,121
Početak trenda	1977.	-	1971.	1960.	-	-
Početak signifikantnosti	1978.	-	1971.	1974.	-	-
Jesen	-0,555	-0,296	-0,666	-1,944	0,141	-0,236
Početak trenda	1976.	-	1968.	1961.	-	-
Početak signifikantnosti	1978.	-	1971.	1970.	-	-

1979.-2008.	PET	Ta	VP	RH	V	C
Godina	0,603	0,323	0,501	1,053	-0,290	0,024
Početak trenda	1997.	1997.	1992.	1992.	1989.	-
Početak signifikantnosti	1999.	2000.	1993.	2004.	1992.	-
Zima	0,400	0,176	0,248	1,374	-0,475	-0,137
Početak trenda	-	-	-	-	1988.	-
Početak signifikantnosti	-	-	-	-	1990.	-
Proljeće	0,744	0,459	0,543	0,926	-0,217	-0,073
Početak trenda	1999.	1999.	2004.	-	-	-
Početak signifikantnosti	2002.	2008.	2006.	-	-	-
Ljeto	1,058	0,610	0,953	0,808	-0,302	0,051
Početak trenda	1992.	1992.	1994.	-	1993.	-
Početak signifikantnosti	1999.	1999.	1994.	-	1994.	-
Jesen	0,165	0,007	0,232	1,069	-0,205	0,216
Početak trenda	-	-	-	-	1991.	-
Početak signifikantnosti	-	-	-	-	2005.	-



Slika 16. Progresivni test (crvena linija - niz prema naprijed, plava linija - niz prema natrag) trenda srednjih godišnjih vrijednosti fiziološke ekvivalentne temperature, temperature zraka, tlaka vodene pare, relativne vlažnosti, brzine vjetra i naoblake za razdoblje (1979.-2008.) u Hvaru. Žuta linija označava nivo signifikantnosti $\pm 1,96$.

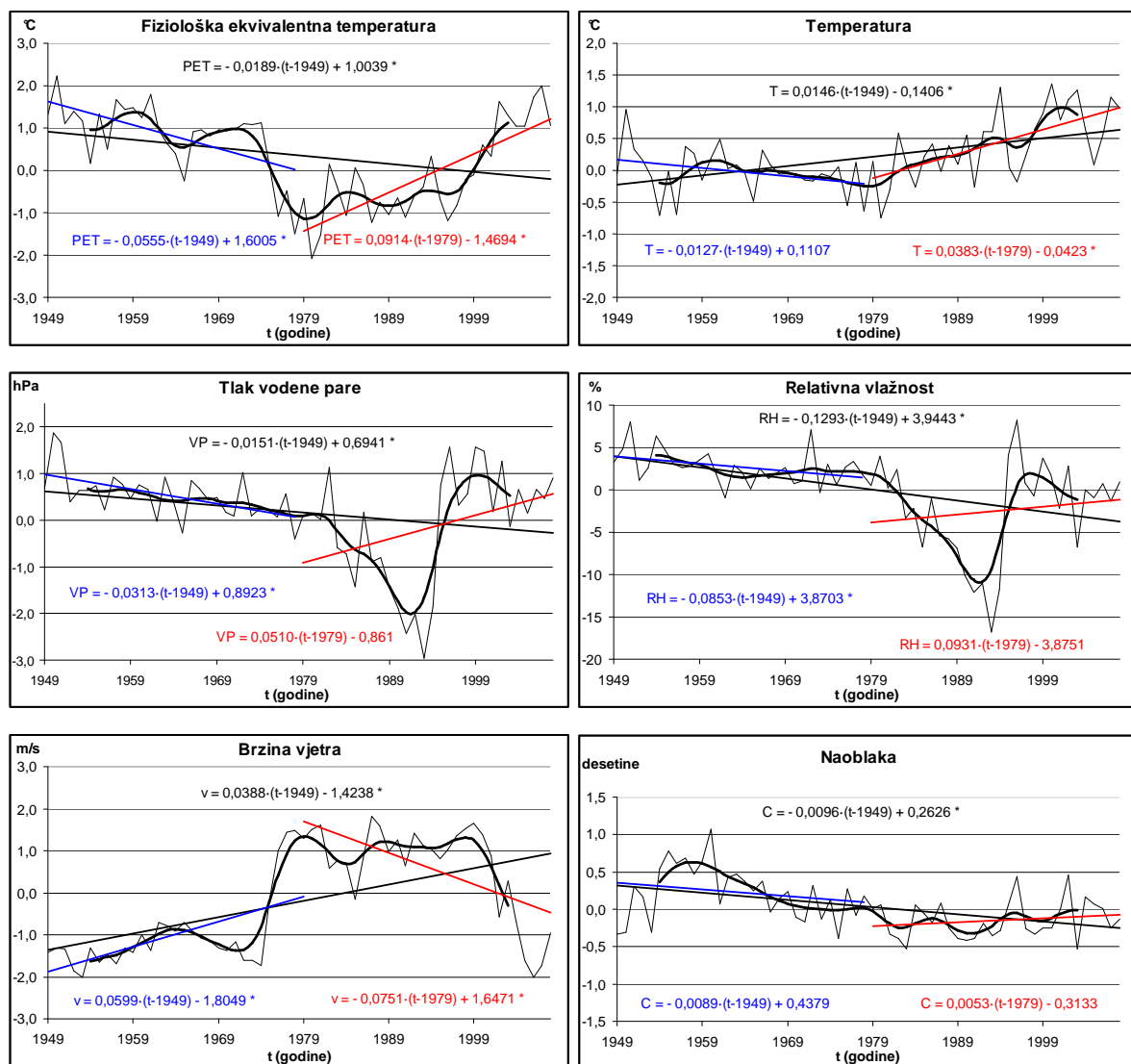
3.3.6. Lastovo

Od svih promatranih postaja, jedino se kod Lastova može primijetiti da su sve godišnje vrijednosti trendova u razdoblju (1949.-2008.) signifikantne. Fiziološka ekvivalentna temperatura ima negativni trend ($-0,189\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ godina}$) u godini zahvaljujući negativnom trendu u svim sezonama (signifikantan u svim godišnjim dobima osim ljeti). Obzirom na porast temperature zraka u svim sezonama i u godišnjoj vrijednosti te smanjenju naoblake, na smanjenje srednje fiziološke ekvivalente temperature najviše je utjecalo smanjenje tlaka vodene pare te povećanje brzine vjetra (Slika 17., Tablica 8.).

Kao i na ostalim postajama, za prvo tridesetogodišnje razdoblje karakterističan je negativan trend fiziološke ekvivalentne temperature koji je signifikantan u godini, ljeti i u jesen. Na pad PET utjecali su pad temperature zraka u svim sezonama osim zimi, pad tlaka vodene pare te pozitivan trend brzine vjetra u svim sezonama. Iako pozitivan trend temperature zraka ne podupire negativan trend PET, klizni srednjak pokazuje da je u razdoblju od početka šezdesetih do osamdesetih, i temperatura zraka imala pad čime je pridonijela padu fiziološke ekvivalentne temperature.

Fiziološka ekvivalentna temperatura u drugom razdoblju ima pozitivan trend koji je signifikantan u svim sezonama osim u jesen (najveća promjena od $1,573\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ godina}$ zabilježena ljeti), a posljedica je porasta temperature zraka i tlaka vodene pare te smanjenja brzine vjetra u svim sezonama (nije signifikantan samo u jesen).

Progresivna analiza prema Sneyersu (1990.) (Slika 18.) pokazuje da su svi trendovi u razdoblju od 1949. do 2008. godine započeli gotovo istovremeno. Negativan trend PET započeo je 1962. te se poklapa s početkom negativnog trenda tlaka vodene pare 1962. i pozitivnog trenda brzine vjetra 1963. Usprkos porastu PET u posljednjih 15-tak godina, prema progresivnom testu za trend, još se ne može odrediti njegov početak.



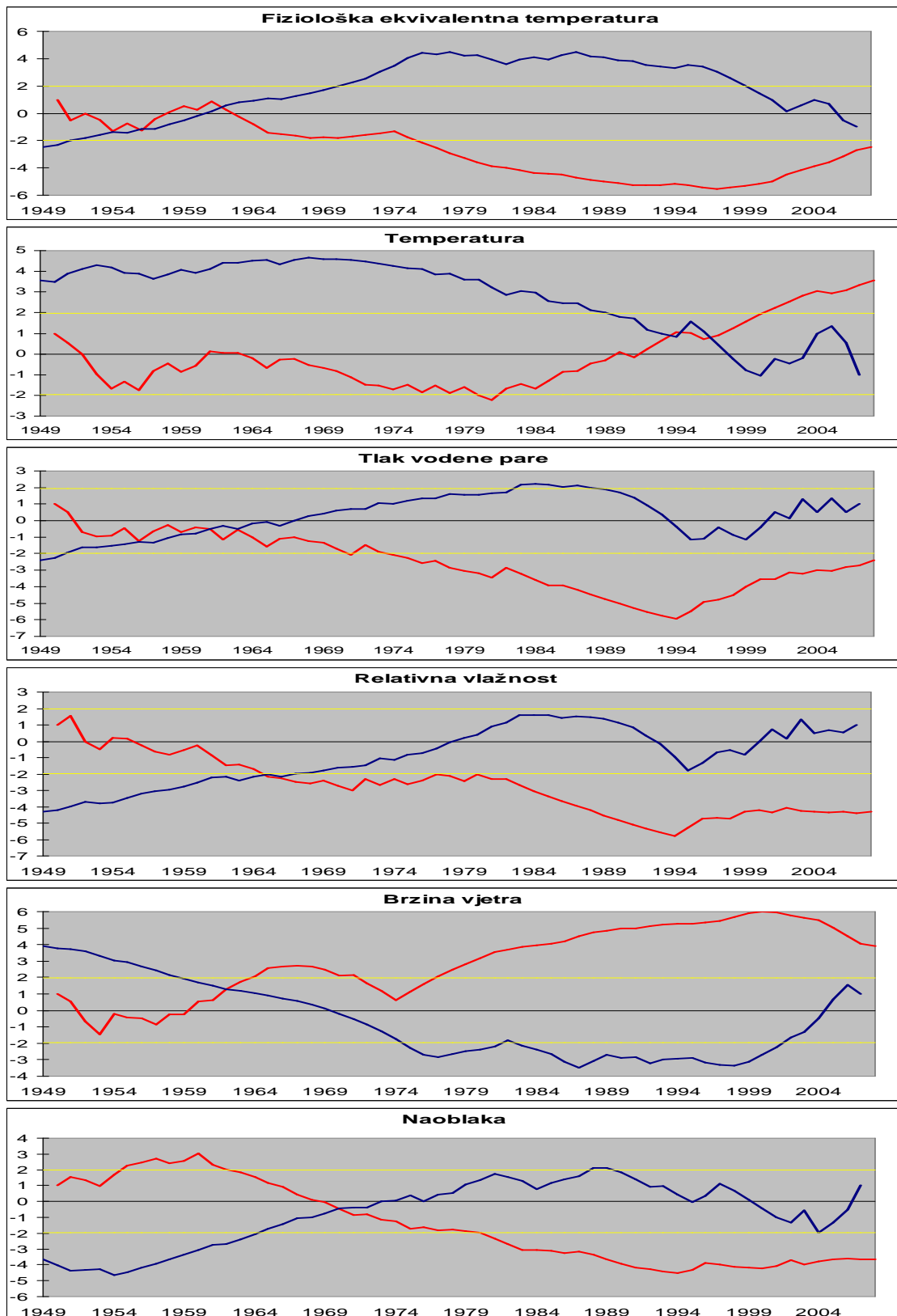
Slika 17. Vremenski nizovi odstupanja srednjih godišnjih vrijednosti od srednjaka (1961.-1990.) fiziološke ekvivalentne temperature (PET u °C), temperature zraka (t u °C), tlaka vodene pare (VP u hPa), relativne vlažnosti (RH u %), brzine vjetrova (v u m/s) i naoblake (C u desetinama), njihov 11-godišnji binomni klizni srednjak te linearni trendovi za razdoblja (1949.-2008.) (crno), (1949.-1978.) (plavo), (1979.-2008.) (crveno) u Lastovu. Zvezdicom su označeni trendovi signifikantni na razini 5%.

Tablica 8. Lastovo: Trendovi fiziološke ekvivalentne temperature ($^{\circ}\text{C}/10$ godina), temperature zraka ($^{\circ}\text{C}/10$ godina), tlaka vodene pare (hPa/10 godina), relativne vlažnosti (%/10 godina), brzine vjetra (m/s/10 godina) i naoblake (desetine/10 godina) dobiveni Sneyersovom metodom (podebljano); Godina početka trenda; Početak signifikantnosti. Crvena boja označava trendove signifikantne na razini od 5%.

1949.-2008.	PET	Ta	VP	RH	v	C
Godina	-0,189	0,146	-0,151	-1,293	0,388	-0,096
Početak trenda	1962.	1997.	1962.	1965.	1963.	1970.
Početak signifikantnosti	1976.	2001.	1974.	1965.	1977.	1980.
Zima	-0,209	0,037	-0,125	-1,238	0,350	-0,221
Početak trenda	1963.	-	1963.	1962.	1960.	1978.
Početak signifikantnosti	1981.	-	1985.	1983.	1979.	1981.
Proljeće	-0,179	0,201	-0,061	-1,061	0,436	-0,075
Početak trenda	1963.	1997.	-	1973.	1963.	-
Početak signifikantnosti	1979.	2001.	-	1988.	1964.	-
Ljeto	-0,076	0,302	-0,236	-1,747	0,370	-0,041
Početak trenda	-	1992.	-	1974.	1964.	-
Početak signifikantnosti	-	1995.	-	1984.	1978.	-
Jesen	-0,286	0,047	-0,187	-1,173	0,395	-0,066
Početak trenda	1968.	-	1952.	1962.	1964.	-
Početak signifikantnosti	1978.	-	1983.	1983.	1979.	-

1949.-1978.	PET	Ta	VP	RH	v	C
Godina	-0,555	-0,127	-0,313	-0,853	0,599	-0,089
Početak trenda	1975.	-	1969.	1957.	1976.	-
Početak signifikantnosti	1976.	-	1974.	1965.	1977.	-
Zima	-0,173	0,043	-0,142	-1,103	0,609	-0,227
Početak trenda	-	-	-	-	-	-
Početak signifikantnosti	-	-	-	-	-	-
Proljeće	-0,400	-0,024	-0,184	-0,674	0,649	0,015
Početak trenda	-	-	-	-	1975.	-
Početak signifikantnosti	-	-	-	-	1975.	-
Ljeto	-0,916	-0,261	-0,522	-0,707	0,564	0,116
Početak trenda	1975.	-	1973.	-	1975.	-
Početak signifikantnosti	1978.	-	1976.	-	1978.	-
Jesen	-0,699	-0,260	-0,443	-1,253	0,543	-0,346
Početak trenda	1976.	-	1976.	-	-	1966.
Početak signifikantnosti	1978.	-	1977.	-	-	1971.

1979.-2008.	PET	Ta	VP	RH	v	C
Godina	0,914	0,383	0,510	0,931	-0,751	0,053
Početak trenda	2000.	1992.	-	-	2004.	-
Početak signifikantnosti	2001.	1998.	-	-	2007.	-
Zima	0,584	0,227	0,252	1,217	-0,958	-0,107
Početak trenda	2004.	-	-	-	2002.	-
Početak signifikantnosti	2007.	-	-	-	2002.	-
Proljeće	1,135	0,550	0,447	0,162	-0,706	-0,021
Početak trenda	2001.	1998.	-	-	2005.	-
Početak signifikantnosti	2005.	2007.	-	-	2008.	-
Ljeto	1,573	0,701	0,971	0,635	-0,751	0,067
Početak trenda	2000.	1991.	-	-	2003.	-
Početak signifikantnosti	2000.	1998.	-	-	2006.	-
Jesen	0,327	0,018	0,329	1,531	-0,604	0,254
Početak trenda	-	-	-	-	-	1992.
Početak signifikantnosti	-	-	-	-	-	2002.



Slika 18. *Progresivni test (crvena linija - niz prema naprijed, plava linija - niz prema natrag) trenda srednjih godišnjih vrijednosti fiziološke ekvivalentne temperature, temperature zraka, tlaka vodene pare, relativne vlažnosti, brzine vjetra i naoblake za razdoblje (1949.-2008.) u Lastovu. Žuta linija označava nivo signifikantnosti $\pm 1,96$.*

4. Zaključak

Fiziološka ekvivalentna temperatura odabrana kao pravi biometeorološki indeks, neovisna o ponašanju subjekta i njegovom pokušaju da odjećom utječe na izmjenu topline, pokazala se kao jednostavan alat za prikaz osjeta ugodnosti. Vrlo je prihvatljiva zbog općeprihvaćene mjerne jedinice (°C) i mogućnosti da ljudi prema vlastitom iskustvu i doživljaju odlučuju o željenim aktivnostima.

Biometeorološka situacija na hrvatskom Jadranu vrlo je povoljna za turizam. Godišnji hod fiziološke ekvivalentne temperature za sve postaje pokazuje da se osjet *vrlo hladno* pojavljuje samo u jutarnjim i večernjim satima zimskih mjeseci dok su proljeća i jeseni većinom *ugodno svježi*, *ugodni* i *ugodno topli*. Jesen je toplija od proljeća, a ljeta su svuda *ugodno topla* i *topla s ugodno svježim* večerima. Razdioba vjerojatnosti fiziološke ekvivalentne temperature po dekadama (desetodnevnim periodima) dala je detaljniju sliku osjeta ugodnosti te korisniku omogućila da provjeri situaciju u točno određenom periodu što se vrlo dobro može iskoristiti u promociji turizma.

Prilikom proučavanja klimatskih promjena, dobiveni su zanimljivi rezultati. Iako su analizirani podatci sa svih postaja pokazali da je kod svih meteoroloških postaja došlo do povećanja temperature zraka, ista zakonitost za fiziološku ekvivalentnu temperaturu nije dobivena. Od obrađenih šest meteoroloških postaja (Rijeka, Senj, Šibenik, Split, Hvar i Lastovo), samo je kod Senja zabilježeno povećanje fiziološke ekvivalentne temperature u razdoblju od 1949. do 2008. godine. Još značajnije, povećanje kod Senja bilo je signifikantno što se za negativne trendove PET kod ostalih postaja, osim Lastova, ne može reći.

Obzirom da je trend temperature uglavnom bio suprotnog predznaka od trenda PET, osim u slučaju Senja, najveći doprinos negativnom trendu fiziološke ekvivalentne temperature uzrokovalo je smanjenje vlažnosti uočeno na svim postajama, te djelomično povećanje brzine vjetra u Šibeniku i Lastovu.

Razlog takvih rezultata stoji i u činjenici da su promatrani podatci obuhvatili dva klimatološka razdoblja sa suprotnim značajkama. Prvo klimatološko razdoblje, od 1949. do 1978. godine, kod svih promatranih postaja okarakterizirano je smanjenjem temperature zraka

što je dovelo do smanjenja fiziološke ekvivalentne temperature, a drugo klimatološko razdoblje, od 1979. do 2008. godine, povećanjem temperature zraka i povećanjem fiziološke ekvivalentne temperature (osim na postaji Šibenik gdje ni u drugom razdoblju nije došlo do povećanja fiziološke ekvivalentne temperature). Negativni trend PET u prvom razdoblju koji je bio veći od pozitivnog trenda PET u drugom razdoblju rezultirao je i negativnim trendom fiziološke ekvivalentne temperature u cijelom razdoblju.

Zanimljivo je napomenuti da su trendovi srednje fiziološke ekvivalentne temperature i ostalih meteoroloških elemenata u drugom razdoblju postali signifikantni tek zadnjih desetak godina (točne godine dobivene Sneyersovom progresivnom metodom) te bi bilo dobro, za nekoliko godina, ponoviti analizu kako bi se uvidjelo je li ovaj pozitivan trend vezan samo za jedno klimatsko razdoblje ili je početak velikog zatopljenja.

5. Literatura

1. Büttner, K. (1938.): Physikalische Bioklimatologie, Akademische Verlagsgesellschaft Leipzig (citirano prema Höpfe, P. (1999.))
2. Fanger, P.O. (1972.): Thermal Comfort, McGraw-Hill Company
3. Gagge, AP., Stolwijk, J.A.J., Nishi, Y. (1971.): An effective temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response, ASHRAE Trans, 77 : 247–257 (citirano prema Höpfe, P. (1999.))
4. Höpfe, P. (1984.): Die Energiebilanz des Menschen (dissertation), Wiss Mitt Meteorol Inst Univ München, 49 (citirano prema Höpfe, P. (1999.))
5. Höpfe, P. (1993.): Heat balance modelling, Experientia, 49 : 741 – 746 (citirano prema Höpfe, P. (1999.))
6. Höpfe, P. (1994.): Die Wärmebilanzmodelle MEMI und IMEM zur Bewertung der thermischen Beanspruchung am Arbeitsplatz, Verh Dtsch Ges Arbeitsmed Umweltmed, 34 : 153 – 158 (citirano prema Höpfe, P. (1999.))
7. Höpfe, P. (1999.): The physiological equivalent temperature - a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment, Int J Biometeorol, 43 : 71 - 75
8. Jendritzky, G., Sönning, W., Swantes, H.J. (1979.): Ein objektives Bewertungsverfahren zur Beschreibung des thermischen Milieus in der Stadt- und Landschaftsplanung (Klima-Michel-Modell), Beiträge der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, 28. Hermann Schroedel, Hannover (citirano prema Höpfe, P. (1999.))
9. Jendritzky, G., Menz, G., Schmidt-Kessen, W., Schirmer, H. (1990.): Methodik zur räumlichen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen. Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Hannover (citirano prema Höpfe, P. (1999.))
10. Matzarakis, A. (2009.): Additional features of the RayMan model, The seventh International Conference on Urban Climate, ICUC7, June 29 to July 3 2009, Yokohama, Japan. P2.32, 1-4
11. Matzarakis, A., Mayer, H., Iziomon, M.G. (1999.): Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature , Int J Biometeorol, 43 : 76 - 84
12. Matzarakis, A., Rutz, F., Mayer, H. (2000.): Estimation and calculation of the mean radiant temperature within urban structures, Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millenium, 273 - 278

13. Matzarakis, A., Rutz, F. (2007.): RayMan: A tool for tourism and applied climatology, *Developments in Tourism Climatology, Developments in Tourism Climatology, International Society of Biometeorology*, 129 - 137
14. Matzarakis, A., Zaninović, K. 2009: The Biometeorological Leaflet as a means conveying climatological information to tourists and the tourism industry, *International Journal of Biometeorology* 53 : 369 - 374
15. Mayer, H., Höppe, P. (1987.) Thermal comfort of man in different urban environments, *Theor Appl Clim* 38 : 43 – 49 (citirano prema Höppe, P. (1999.))
16. Mitchell, J.M. Jr. i sur. (1966.) : Climatic Change, Technical note No 79, Secretariat of the World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland
17. Sneyers, R. (1990.): On the statistical analysis of series of observations, Technical note No 143, Secretariat of the World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 10 - 14
18. Zaninović, K., Gajić-Čapka, M. (1995.): Observed trends in temperature extremes and daily range in Croatia, *Climate Variability and Climate Change Vulnerability and Adaptation*, 108 - 111
19. Zaninović, K., Matzarakis, A. (2004.): Variations and trends of thermal comfort at the Adriatic coast, *Advances in Tourism Climatology, Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg*, No.12, 74 - 81
20. Zaninović, K., Matzarakis, A. (2005.): Long term Analysis of thermal bioclimate at the Adriatic Coast, *Annalen der Meteorologie*, 41 : 247 - 250
21. Zaninović, K., Matzarakis, A. (2007.): Climatic changes in thermal comfort at the Adriatic coast, *Climate Change and Tourism: Assessment and Coping Strategies*, 155-164
22. Zaninović, K., Matzarakis, A., Cegnar, T. (2006.): Thermal comfort trends and variability in the Croatian and Slovenian mountains, *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 15, 243-251
23. Zaninović, K., Gajić-Čapka, M., Perčec Tadić, M. i sur. (2008.): Klimatski atlas Hrvatske, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb