



**UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA GEOGRAFIJU, TURIZAM
I HOTELIJERSTVO**



mr Slavica Malinović Milićević

**MONITORING NEJONIZUJUĆEG
ZRAČENJA, ZAGAĐUJUĆIH
MATERIJA I TOPLOTNIH INDEKSA
U REGIONU VOJVODINE**

-doktorska disertacija-

Novi Sad, 2012.

SADRŽAJ

Skraćenice.....	i
1 UVOD.....	4
<i>1.1 Atmosfera i čovek.....</i>	<i>4</i>
<i>1.2 Geografske karakteristike istraživanog područja.....</i>	<i>3</i>
1.2.1 Prirodne karakteristike.....	3
1.2.2. Društvene karakteristike.....	5
2 ZRAČENJE.....	7
<i>2.1 Elektromagnetno zračenje.....</i>	<i>7</i>
2.1.1 Priroda i spektar zračenja.....	7
2.1.2 Sunce kao izvor zračenja.....	9
2.1.3 Globalno zračenje.....	10
<i>2.2 Ultraljubičasto zračenje.....</i>	<i>12</i>
2.2.1 Definicija i podela UV zračenja.....	12
2.2.2 UV indeks i eritemalna doza.....	12
2.2.3 Faktori koji utiču na intenzitet UV zračenja na Zemlji.....	15
2.2.4 Atmosferski ozon.....	16
2.2.5 Merenje intenziteta UV zračenja.....	21
2.2.6 Model NEOPLANTA.....	23
2.2.7 Dejstvo UV zračenja na ljudski organizam.....	27
<i>2.3 Materijal i metode rada.....</i>	<i>29</i>
2.3.1 Opis mernih mesta i upotrebljenih podataka.....	30
2.3.2 Izračunavanje dnevnih suma globalnog zračenja.....	32
2.3.3 Izračunavanje dnevnih suma UV-B zračenja.....	34
2.3.4 Konstruisanje empirijske formule za procenu dnevnih suma UV-B zračenja... 37	
2.3.5 Verifikacija empirijske formule za procenu dnevnih suma UV-B zračenja..... 38	
2.3.6 Metode obrade podataka.....	41
<i>2.4 Analiza rezultata.....</i>	<i>42</i>
2.4.1 UV indeks.....	42
2.4.2 Osmotrene dnevne sume UV-B zračenja u Novom Sadu.....	45
2.4.3 Rekonstruisane dnevne sume UV-B zračenja u Vojvodini.....	48
3 KVALITET VAZDUHA.....	56
<i>3.1 Praćenje kvaliteta vazduha.....</i>	<i>56</i>
<i>3.2 Izvori zagađenja vazduha.....</i>	<i>58</i>
<i>3.3 Zagađujuće materije atmosfere.....</i>	<i>59</i>
3.3.1 Čestice.....	59
3.3.2 Sumpor dioksid.....	61
3.3.3 Azot dioksid.....	62
3.3.4 Prizemni ozon.....	62
<i>3.4 Uticaj zagađenja vazduha na zdravlje ljudi.....</i>	<i>63</i>
<i>3.5 Monitoring kvaliteta vazduha u Vojvodini i zakonska regulativa.....</i>	<i>65</i>

3.6 Materijal i metode rada.....	68
3.6.1 Opis mernih mesta i upotrebljenih podataka.....	68
3.6.2 Uzorkovanje i postupak analize.....	75
3.6.3 Metode obrade podataka.....	77
3.7 Analiza rezultata.....	87
3.7.1 Ukupne taložne materije.....	88
3.7.2 Čađ.....	91
3.7.3 Sumpor dioksid.....	96
3.7.4 Azot dioksid.....	100
3.7.5 Prizemni ozon.....	104
3.7.6 Kvalitet vazduha na teritoriji grada Novog Sada.....	107
4 TOPLOTNI INDEKSI.....	114
4.1 Toplotno okruženje.....	114
4.1.1 Reagovanje tela na toplotu i hladnoću.....	114
4.1.2 Toplotni bilans.....	115
4.1.3 Toplotna udobnost.....	115
4.2 Uticaj toplotnog okruženja na zdravlje ljudi.....	116
4.2.1 Toplotni napor u veoma toplom okruženju.....	116
4.2.2 Toplotni napor u veoma hladnom okruženju.....	117
4.3 Toplotni indeksi.....	118
4.3.1 Univerzalna prividna temperatura.....	119
4.3.2 Indeks toplote.....	119
4.3.3 Indeks hladnoće.....	121
4.3.4 Čista efektivna temperatura.....	123
4.3.5 Indeks vlažne temperature.....	123
4.3.6 Indeks vlage.....	124
4.4 Materijal i metode rada.....	125
4.4.1 Opis mernih mesta i upotrebljenih podataka.....	125
4.4.2 Odabir toplotnog indeksa.....	125
4.4.3 Metode obrade podataka.....	126
4.5 Analiza rezultata.....	126
4.5.1 Temperature vazduha, vlažnost vazduha i brzine vetra.....	126
4.5.2 Prosečne mesečne i godišnje vrednosti toplotnih indeksa.....	130
4.5.3 Terminski toplotni indeksi.....	136
4.5.4 Učestalost pojave dana sa određenim kategorijama toplotnih indeksa.....	138
5 KORELACIONA SNAGA IZMEĐU POSMATRANIH PARAMETARA.....	142
6 ORGANIZACIJA PODATAKA.....	146
7 ZAKLJUČAK.....	149
8 LITERATURA.....	152

Skraćenice

ACIMSI	Asocijacija centara za interdisciplinarne i multidisciplinarne studije i istraživanja
AMS	Automatska meteorološka stanica
APV	Autonoma Pokrajina Vojvodina
AQI_S_07	Privremeni indeks kvaliteta vazduha (<i>Air Quality Index</i>)
AQG	WHO Priručnik za kvalitet vazduha (<i>WHO Air Quality Guidelines</i>)
ASHRAE	Američko udruženje inženjera za grejanje, rashlađivanje i rashladne uređaje (<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i>)
<i>BC</i>	Crni ugljenik (<i>Black Carbon</i>)
<i>BCFC</i>	Bromhlorofluorougljenici
<i>BS</i>	Crni dim (<i>Black Smoke</i>)
<i>CFC</i>	Hlorofluorougljenici
<i>CH₄</i>	Metan
CIE	Međunarodna komisija za osvetljenje (<i>Commision Internationale de l'Eclairage</i>)
CMEP	Centar za meteorologiju i modeliranje životne sredine (<i>Center for Meteorology and Environmental Predictions</i>)
<i>CMF</i>	<i>Cloud Modification Factor</i>
<i>CO</i>	Ugljen monoksid
<i>CO₂</i>	Ugljen dioksid
COST	Evropski program za saradnju u domenu naučnih i tehnoloških istraživanja (<i>European Cooperation in Science and Technology</i>)
DEH	Australijski sektor za životnu sredinu i kulturno nasleđe (<i>The Department of the Environment and Heritage</i>)
DNK	Dezoksiribonukleinska kiselina
DU	Dobsonova jedinica (<i>Dobson Unit</i>)
EEA	Evropska agencija za zaštitu životne sredine (<i>European Environment Agency</i>)
EIONET	Evropska informaciona osmatračka mreža za životnu sredinu (<i>European Environment Information and Observation Network</i>)
EPA	Agencija za zaštitu životne sredine SAD (<i>Environmental Protection Agency</i>)
EU	Evropska unija (<i>European Union</i>)
EuroAirnet	Evropska osmatračka mreža za monitoring kvaliteta vazduha
GAW	Program WMO za globalno praćenje atmosfere (<i>Global Atmosphere Watch</i>)
<i>G_d</i>	Dnevna suma globalnog zračenja
GHG	Gasovi staklene bašte (<i>Green House Gasses</i>)

GMS	Glavna meteorološka stanica
GMT	Srednje griničko vreme (<i>Greenwich Mean Time</i>)
GOME	<i>Global Ozone Monitoring Experiment</i>
GOOS	Globalni sistem za posmatranje ozona (<i>Global Ozone Observing System</i>)
GVI	Granična Vrednost Imisije
<i>HI</i>	Indeks toplote (<i>Heat Index</i>)
HIP	Hemijsko industrijsko preduzeće
<i>HMI</i>	Indeks vlage (<i>Humidity Index</i>)
<i>HNO₃</i>	Azotna kiselina
IAAF	Međunarodno udruženje atletskih federacija (<i>International Association of Athletics Federations</i>)
ICNIRP	Međunarodna komisija za zaštitu od nejonizujućeg zračenja (<i>International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection</i>)
i.g.d.	Istočna geografska dužina
LIDAR	<i>Light Detection And Ranging</i>
MSC	Kanadski meteorološki servis (<i>The Meteorological Service of Canada</i>)
NASA	Nacionalno ministarstvo za vazduhoplovstvo i svemir SAD (<i>National Aeronautics and Space Administration</i>)
<i>NET</i>	Čista efektivna temperatura (<i>Net Effective Temperature</i>)
<i>NO</i>	Azot monoksid
<i>NO_x</i>	Azotni oksidi
<i>NO₂</i>	Azot dioksid
NWS	Nacionalna meteorološka služba SAD (<i>National Weather Service</i>)
<i>O₃</i>	Ozon
<i>ODS</i>	Supstance koje uništavaju ozon (<i>Ozone Depleting Substances</i>)
OMI	Instrument za monitoring ozona (<i>Ozone Monitoring Instrument</i>)
OPAC	<i>Optical Propertis of Aerosols and Clouds</i>
PKV	Privredna Komora Vojvodine
<i>PM</i>	Čestice (<i>Particulate Matter</i>)
<i>PM_{2.5}</i>	Čestice prečnika manjeg od 2,5 µm
<i>PM₁₀</i>	Čestice prečnika manjeg od 10 µm
<i>RH</i>	Relativna vlažnost vazduha (<i>Relative Humidity</i>)
RHMZ	Republički hidrometeorološki zavod
SAD	Sjedinjene Američke Države
SAG	Naučna savetodavna grupa (<i>Scientific Advisory Group</i>)

SCIAMACHY	<i>Scanning Imaging Absorption SpectroMeter for Atmospheric ChartographY</i>
SEPA	Agencija za zaštitu životne sredine (<i>Serbian Environmental Protection Agency</i>)
SG RS	Službeni glasnik Republike Srbije
s.g.š.	Severna geografska širina
SO_2	Sumpor dioksid
SO_3	Sumpor trioksid
SPF	Faktor zaštite od Sunca (<i>Sun Protection Factor</i>)
SZA	Sunčev zenitni ugao (<i>Sun Zenith Angle</i>)
T	Temperatura vazduha
TI	Toplotni indeks
TOMS	<i>Total Ozone Mapping Spectrometer</i>
TSP	Ukupne suspendovane čestice (<i>Total Suspended Particles</i>)
UAT	Univerzalna prividna temperatura (<i>Universal Apparent Temperature</i>)
UN	Ujedinjene Nacije (<i>United Nations</i>)
UNEP	Program Ujedinjenih Nacija za zaštitu životne sredine (<i>The United Nations Environment Programme</i>)
UT	Univerzalno vreme (<i>Universal Time</i>)
UTM	Ukupne taložne materije
UV	Ultraljubičasto (<i>Ultraviolet</i>)
UVB_d	Dnevna suma UV-B zračenja
UVI	UV indeks
v	Brzina vetra
$WBGT$	Indeks vlažne temperature (<i>Wet Bulb Globe Temperature</i>)
VDI	Udruženje nemačkih inženjera (<i>Verein Deutscher Ingenieure</i>)
$WCET$	Ekvivalentna temperatura hladnoće (<i>Wind Chill Equivalent Temperature</i>)
WCI	Indeks hladnoće (<i>Wind Chill Index</i>)
WHO	Svetska zdravstvena organizacija (<i>World Health Organization</i>)
WMO	Svetska meteorološka organizacija (<i>World Meteorological Organization</i>)
WOUDC	Svetski centar podataka o ozonu i UV zračenju (<i>World Ozone and Ultraviolet Radiation Data Centre</i>)

1 UVOD

U ovom istraživanju analizirana je veza između atmosferskog okruženja sa jedne strane i kvaliteta životne sredine i života ljudi u Vojvodini sa druge strane pomoću (i) neposrednog biološkog efekta sunčevog UV zračenja; (ii) zagađenja vazduha i (iii) meteoroloških elemenata koji imaju toplotno dejstvo na čovekov organizam. Ovakvo istraživanje je po prvi put urađeno za teritoriju Vojvodine sa ciljem da se dođe do što optimalnijih saznanja o stanju kvaliteta životne sredine kao i o promenama i ponašanju pomenutih indikatora u prostoru i vremenu. Za potrebe ovog istraživanja, kao i za potrebe budućih istraživanja, po prvi put su svi raspoloživi podaci o ispitivanim parametrima za teritoriju Vojvodine prikupljeni na jedno mesto i organizovani u sređen sistem. Rad je podeljen na 8 glava.

U prvoj glavi kratko je prikazan uticaj čovekovih aktivnosti na atmosferu i date su osnovne karakteristike istraživanog područja. U drugoj glavi je sveobuhvatno sagledana oblast UV zračenja, ispitan je odnos između sunčevog globalnog i UV zračenja, izvedena i verifikovana empirijska formula za procenu UV-B zračenja i analizirane osmotrene vrednosti UV indeksa u Novom Sadu i sume UV-B zračenja u Vojvodini. U trećoj glavi sagledan je način praćenja kvaliteta vazduha i zakonska regulativa u Vojvodini, opisani su postojeći skupovi merenih podataka i napravljena prostorna i vremenska analiza pojedinih zagađujućih materija u Vojvodini, sa posebnim osvrtom na zagađenje na teritoriji Novog Sada. Četvrta glava sadrži prikaz uticaja toplotnog okruženja na čoveka, osnovne karakteristike i analizu *TT* u Vojvodini. U petoj glavi analizirana je korelaciona snaga između svih posmatranih parametara, dok je u šestoj opisana struktura baze podataka. Sedma glava sadrži osnovne zaključke iz sve tri posmatrane oblasti dok je u osmoj navedena korišćena literatura.

1.1 Atmosfera i čovek

Atmosfera je gasoviti omotač koji okružuje Zemlju. Ona rotira zajedno sa Zemljom i oko njene ose i oko Sunca. Atmosfera ima višestruku funkciju i mnoga veoma važna svojstva. Ovaj vazdušni omotač omogućava život na Zemlji zaštitom njene površine od kosmičkog i drugog zračenja iz vasiona. Atmosfera omogućava prenos sunčeve energije koja dovodi do kretanja vazdušnih slojeva uz nastanak vetra, do isparavanja vode sa tla i njenog kruženja u prirodi. Glavni sastojci atmosfere su azot i kiseonik koji zauzimaju gotovo 99% od cele zapremine vazduha (tabela 1.1). Azot je veoma bitan sastojak svih jedinjenja koja sačinjavaju organizam živih bića. Veoma je značajan za sintezu proteina u biljkama. Kiseonik u atmosferi nastaje fotosintezom i disocijacijom vode i najvažniji je sastojak vazduha jer omogućava opstanak svim živim bićima. Ugljen dioksid je, iako procentualno veoma malo zastupljen, neophodan za proces fotosinteze i slabi direktno sunčevo zračenje. Smanjenjem zelenih površina i povećanjem upotrebe fosilnih goriva smanjuje se količina kiseonika u vazduhu, a povećava količina ugljen dioksida.

Tabela 1.1 Sastav Zemljine atmosfere ispod 100 km (CMEP, 2011).

Sastojak i hemijski simbol	Molekularna težina	Zapreminski udeo	Udeo po masi
Azot (N_2)	28,016	0,7808	(75,51%)
Kiseonik (O_2)	32,00	0,2095	(23,14%)
Argon (Ar)	39,94	0,0093	(1,28%)
Vodena para (H_2O)	18,02	0-0,04	
Ugljen dioksid (CO_2)	44,01	325 delova na milion	
Neon (Ne)	20,18	18 delova na milion	
Helijum (He)	4,00	5 delova na milion	
Kripton (Kr)	83,70	1 deo na milion	
Vodonik (H)	2,02	0,5 delova na milion	
Ozon (O_3)	48,00	0-12 delova na milion	

Atmosfera u vertikalnom pravcu može da se podeli na troposferu, stratosferu, mezosferu i termosferu. Na vrhu svakog od ovih slojeva redom se naslanjaju slojevi: tropopauza, stratopauza i termopauza. Troposfera je donji sloj vazduha koji sadrži 75% od ukupne mase vazduha u atmosferi. Visina troposfere iznad ekvatora iznosi 16-18 km, iznad umerenih širina 9-11 km, a iznad polarnih predela oko 8 km. U troposferi se nalazi više od 80% mase vodene pare, oblaka i padavina. Nju karakteriše veoma intenzivno mešanje u vertikalnom pravcu. Temperatura vazduha u troposferi opada sa porastom nadmorske visine 4-8°C na 1 km visinske razlike, najbrže u tropskim predelima, a sve sporije prema višim geografskim širinama. Stratosfera je gornji sloj vazduha od troposfere pa do oko 50 km. Čestice se u stratosferi zadržavaju i nekoliko godina po događaju posle koga su dospele u atmosferu. Zbog izuzetno dugog boravka čestica u njoj, stratosfera predstavlja neku vrstu „rezervoara“ za mnoge tipove atmosferskog zagađenja. Temperatura u stratosferi ne opada sa visinom i stalna je do 30 km visine, a od 30 km ona počinje da raste. Mezosfera obuhvata sloj atmosfere od 55 do 80 km. Poklapa sa donjim slojem jonosfere i donjim slojevima oblasti u kojima ponekad može da se pojavi i polarna svetlost. Slično kao i u troposferi u ovom sloju atmosfere temperatura opada sa visinom, a vertikalna kretanja nisu ograničena. Tokom leta ona mogu da proizvedu tanak oblačni sloj u gornjem sloju mezosfere iznad polarnih oblasti. Pri uobičajenim uslovima koncentracija čestica u ovim oblacima je mala tako da oni nisu vidljivi sa Zemlje. Termosfera se prostire do visine od nekoliko stotina kilometara gde se temperature kreću u opsegu od 500°C do 2000°C u zavisnosti od aktivnosti Sunca. Ovaj sloj se završava sa termopauzom koju u većem ili manjem stepenu karakteriše konstantna temperatura.

Čovek je čvrsto vezan za celokupnu prirodu, odnosno za sve ono što ga okružuje i na njega, neposredno ili posredno, deluje. Atmosfera je onaj deo životne sredine sa kojim je ljudski organizam u stalnom dodiru pa se stanje organizma može tumačiti i kao odgovor na fizičko i hemijsko stanje atmosfere. Svojom delatnošću, čovek je izmenio prvobitni sastav atmosfere što se nepovoljno odražava na sav živi svet, pa samim tim i na čoveka. Uticaj čovekovih aktivnosti na atmosferu uključuje povećanje koncentracija gasovitih zagađujućih

materija i čestica u atmosferi sa posebnim naglaskom na povećanje gasova staklene bašte koji dovode do globalnog zagrevanja i uništavanje ozonskog omotača i povećavanje UV zračenja.

Zagađenost vazduha predstavlja globalni problem koji je posebno izražen u industrijski razvijenim i zemljama u razvoju. Zagađenje vazduha izaziva niz bolesti kod čoveka i negativno utiče i na životnu sredinu doprinoseći stvaranju kiselih kiša, smoga i globalnog zagrevanja (UNEP/WHO, 1992). Ukupna godišnja šteta prouzrokovana zagađenjem vazduha i efektima staklene bašte procenjena je na iznos između 450 miliona i milijardu evra (UN, 2007). U većini evropskih zemalja uzrok zagađenosti vazduha u urbanim područjima su industrijalizacija i povećan obim saobraćaja. Smatra se da je jedna četvrtina svetske populacije izložena koncentracijama zagađujućih materija iz vazduha koje mogu nepovoljno da deluju na zdravlje. Pored toga što negativno utiče na čovekovo zdravlje zagađen vazduh remeti i ravnotežu razmene energije između Zemlje, atmosfere i vasiona. Naučnici su potvrdili da se prosečna temperatura na Zemlji povećala za otprilike 0,6°C u prošlom veku kao i da je 20. vek bio najtopliji u poslednjih 1000 godina. Predviđanja su da će do sledećeg veka temperature porasti između 1,4°C i 5,8°C (Pollution Probe, 2004). Emisije antropogenih gasova staklene bašte (GHG) predstavljaju osnovni uzrok globalnog zagrevanja. Smatra se da najviše uticaja na globalno zagrevanje imaju: (i) CO_2 koji učestvuje sa oko 50-55% u globalnom zagrevanju, a na čiju koncentraciju najviše utiče sve veće korišćenje fosilnih goriva i seča šuma; (ii) CFC učestvuju sa oko 25% u globalnom zagrevanju, a koji se koriste za proizvodnju plastičnih masa i u rashladnim uređajima; (iii) CH_4 koji u globalnom zagrevanju učestvuje sa oko 12%, a koji nastaje raspadanjem organskih jedinjenja i u industrijskim postrojenjima i (iv) NO_x za koje se smatra da učestvuju sa 6% u globalnom zagrevanju, a koji se najvećim delom oslobađaju u industriji, dok se velike količine oslobode i u vulkanskim erupcijama (Pollution Probe, 2004). Posledice globalnog zagrevanja obuhvataju povećanje nivoa mora, povećanje učestalosti i intenziteta toplotnih talasa, oluja, poplava i suša. Procena je da će se promene klime odraziti na zdravlje ljudi kroz češću pojavu bolesti koje prenose insekti i glodari, povišeni nivoi zagađenja vazduha i UV zračenja, a na zdravlje će češće uticati ekstremne temperature vazduha (Pollution Probe, 2004).

Uništavanje ozona posledica je povećanja emisije gasova koji sadrže jedinjenja hlora (CFC) i broma ($BCFC$), a koji se oslobađaju u industrijskim procesima i domaćinstvima. Ovi gasovi koji uništavaju ozon u višim slojevima atmosfere (ODS), zajedno sa drugim zagađujućim materijama, narušavaju ravnotežu u atmosferi i stvaraju veoma opasnu povratnu spregu između globalnog zagrevanja i povećanja intenziteta UV zračenja (McKenzie et al., 2003). Hlorofluorouglenici i CO_2 , osim što zagrevaju niže delove atmosfere, hlade stratosferu što dodatno pogoduje uništavanju ozona (Pollution Probe, 2004). Istanjeni ozonski omotač propušta više UV zračenja do površine koje štetno utiče na sve žive organizme. Debljina ozonskog omotača i nivoi UV zračenja u budućnosti će najviše zavisiti od kontrole ispuštanja CFC u atmosferu što je regulisano Montrealskim protokolom. Emisija supstanci koje istanjuju ozonski omotač se smanjila u proteklih dvadeset godina, ali zabrinutost za stanje stratosfernog O_3 i dalje postoji. Pozitivno je što su preduzete preventivne mere za

zaštitu od smanjenja stratosfernog ozonskog omotača od strane razvijenih država. Procene su da se debljina ozonskog omotača iz 1960. godine neće dostići pre 2100. godine (WMO, 2011).

1.2 Geografske karakteristike istraživanog područja

1.2.1 Prirodne karakteristike

Autonomna Pokrajina Vojvodina čini severni deo Republike Srbije. Smeštena je u južnom delu Panonske nizije između $44^{\circ} 38'$ i $46^{\circ} 10'$ s.g.š. i $18^{\circ} 10'$ i $21^{\circ} 15'$ i.g.d. (Tomić i sar., 2002). Predstavlja prirodni most između srednje i zapadne Evrope sa jedne strane, Balkanskog poluostrva i Bliskog istoka sa druge strane. Udaljenost između najjužnije i najsevernije tačke iznosi 169 km, a između najistočnije i najzapadnije 217 km. Vojvodina obuhvata teritoriju od 21 506 km², što čini 24,34% površine Republike Srbije. Po popisu iz 2002. godine Vojvodinu su nastanjivala 2 031 992 stanovnika, što je nešto više od 27 % ukupnog stanovništva Srbije (APV, 2008).

Reljef. Teritoriju Vojvodine, većim delom čini dno nekadašnjeg Panonskog mora. Iz tog razloga reljef Vojvodine je izrazito ravničarski i na maloj nadmorskoj visini. U geomorfološkom pogledu Vojvodina se deli na planine, lesne zaravni, peščare, lesne terase i aluvijalne ravni. Niske planine Vojvodine su Fruška gora u severnom delu Srema i Vršačke planine u jugoistočnom Banatu. Gudurički vrh (641 m) najviši je vrh u Vojvodini i nalazi se na Vršačkim planinama, dok je Crveni čot (539 m) najviši vrh na Fruškoj gori. Lesne zaravni su posle planina najviši orografski oblici u Vojvodini. Izgrađene su od debelih naslaga lesa koje su nastale tokom kvartara. Veće lesne zaravni su Telečka (Bačka), Titelska, Frušogorska, Banatska i Tamiška. Peščare u Vojvodini su sastavljene od mlađih naslaga peska koji je „umrtvljen“ sađenjem šuma i drugog rastinja. Deliblatska (Banatska) peščara u jugoistočnom Banatu pruža se pravcem severozapad-jugoistok u dužini od 60 i širini od 25 km. Subotička peščara je manja, pruža se severno od Subotice i prema istoku do Tise i sastavljena je od peska i peskovitog lesa. Lesne terase prosečne nadmorske visine od 80 metara zahvataju najveći deo površine Vojvodine. Nastale su rečnom erozijom vojvođanskih reka i akumulacijom lesa. U Vojvodini postoje tri lesne terase: Bačka, Banatska i Sremska. Aluvijalne ravni su najmlađi oblici u reljefu Vojvodine. Sastavljene su od peska, mulja, pretaloženog lesa i šljunka. Izrazite aluvijalne ravni imaju Dunav, Sava, Tisa, Tamiš i Karaš, dok su aluvijalne ravni kod ostalih vodotoka uske (Tomić i sar., 2002).

Klima. U Vojvodini je zastupljena umereno-kontinentalna klima koja je uslovljena geografskim položajem u južnom delu Panonske nizije. U letnjem periodu područje je pod uticajem azorskog anticiklona sa dosta stabilnim vremenskim uslovima i povremenim, kraćim pljuskovitim padavinama lokalnog karaktera. Tokom zime su vremenske prilike pod uticajem anticiklonalnih i ciklonalnih stanja iznad Atlanskog okeana, Rusije i Sredozemnog mora. Veća otvorenost vojvođanskog područja prema severu i zapadu uslovljava veći uticaj vazdušnih strujanja i vremenskih promena iz ovih pravaca (Katić i sar., 1979).

S obzirom da razmak između najsevernije i najjužnije tačke na teritoriji Vojvodine iznosi manje od dva stepena geografske širine, kao i da je teren visinski ujednačen, ne javljaju

se izrazitije temperaturne razlike između pojedinih oblasti (Katić i sar., 1979). Srednja godišnja temperatura vazduha u Vojvodini izračunata na osnovu podataka sa 12 stanica u periodu od 1948-1999. godine iznosi 11°C, najtopliji mesec je juli (21,3°C), a najhladniji januar (-0,7°C) (Mihailović i sar., 2004b). Režim padavina u Vojvodini delom nosi obeležje srednjeevropskog, ili preciznije rečeno, podunavskog režima raspodele padavina, sa izvesnom neravnomernošću raspodele po mesecima. Srednja godišnja količina padavina u Vojvodini izračunata na osnovu podataka sa 12 stanica u periodu od 1948-1999. godine iznosi 602 mm. Ekstremne količine padavina javljaju se početkom leta (jun) u vidu maksimuma, i krajem jeseni (novembar) ili početkom proleća (mart) kada su količine padavina najmanje (Mihailović i sar., 2004b). Najviše padavina dobija Srem, Banat nešto manje, a najmanje Bačka.

Vode. Vojvodina je bogata površinskim i podzemnim vodama. Podzemne vode raspoređene su u više horizonata. Izdani sa slobodnim nivoom izdanske vode formirane su u različitim vodonosnim sredinama do dubine oko 60 m. Prihranjivanje ovih izdani vrši se na račun površinskih vodotokova (reka i kanala) i atmosferskih taloga pa su često zagađene. Arteške izdani obuhvataju podzemne vode koje se nalaze između nepropusnih slojeva pod pritiskom. Javljaju se u više horizonata, orijentaciono od 60 m do oko 400 m ispod površine terena i značajne su za vodosnabdevanje stanovništva i industrije Vojvodine pijaćom i sanitarnom vodom (Dalmacija, 2009). Po gustini rečne mreže i proticaju Vojvodina se nalazi u samom vrhu Evrope. Rečnu mrežu Vojvodine čine tri velike reke, Dunav, Sava i Tisa, sa svim svojim pritokama i kanalima. Sve reke se odlikuju malim padom, sporim i krivudavim tokom, velikom akumulativnom moći i sklonošću ka stvarnju mrtvaja i meandara. Na samoj teritoriji Vojvodine svoja slivna područja formiraju i mali vodotoci kao što su: Krivaja i Čik u Bačkoj, Nadela, Begej, Tamiš i Zlatica u Banatu i Mandeloski potok, Galovica, Jarčina i veći broj potoka koji se slivaju sa Fruške Gore u Sremu (Pavlović, 2009). U vodnu sliku Vojvodine ubrajamo i jezera od kojih su najpoznatija Paličko i Ludoško jezero kod Subotice.

Zemljište. Vojvodinu prekriva 86 različitih tipova zemljišta od čega najveće prostranstvo zauzimaju černozemi i livadske crnice. Pored njih znatne površine zauzimaju ritska i aluvijalna zemljišta, kao i slatine. Černozemi zahvataju 60% obradivog zemljišta Vojvodine. Spadaju u najplodnija zemljišta sa najvećim proizvodnim potencijalima. Imaju značajno učešće humusa u površinskom delu, odličan vodni i vazdušni režim i dobar mehanički sastav. Livadske crnice su po značaju i prostranstvu na drugom mestu u Vojvodini. Imaju dobra vodovazdušna svojstva i bogata su humusom. Ritske crnice su potencijalno plodna zemljišta, koja zahtevaju uvođenje vodnog režima i primenu intenzivne agrotehnike. Aluvijalna zemljišta su formirana u priobalju reka, a karakteriše ih lakši mehanički sastav i smanjena prisutnost humusa i biljnih hraniva. Laka su za obradu i veoma su pogodna za gajenje povrtarskih i njivskih kultura. Slatine imaju glinovit homogen mehanički sastav i male su plodnosti (Tomić i sar., 2002).

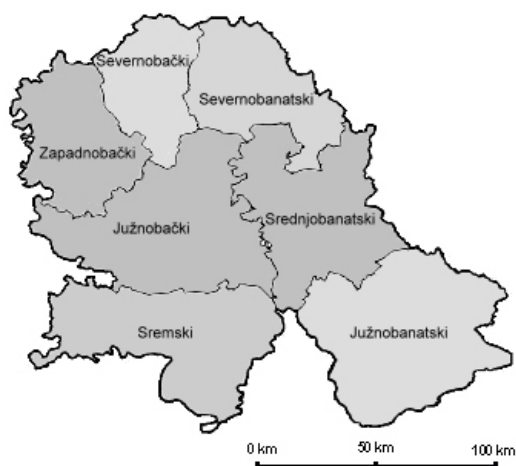
Biljni i životinjski svet. Vojvodina je danas pretežno poljoprivredni područje u kome se nalaze izolovani ostaci prirodnih staništa. U prošlosti najveći deo teritorije bio je prekriven šumama i travom. Šumska vegetacija u Vojvodini zahvata malu površinu. Prave šume javljaju se na Fruškoj Gori, Vršačkim planinama i peščarama, dok se malo šumske vegetacije javlja i

pored vodenih tokova. Najzastupljenije su šume od topole i vrbe. U Vojvodini se mogu naći predstavnici livadsko pašnjačke (čičak, pelen, zubača, majčina dušica, crni slez i drugi) i močvarne vegetacije (trska, rogoz, vodopija, ševar i drugo). Glavni predstavnici životinjskog sveta su divlja svinja, zec, lisica, srna, prepelice, fazani, divlje guske i drugo (Tomić i sar., 2002).

1.2.2. Društvene karakteristike

Stanovništvo. Prema popisu iz 2002. godine Vojvodina ima nešto preko dva miliona stanovnika. Demografski rast Vojvodine poslednjih decenija odlikuje se (i) negativnom stopom prirodnog priraštaja, što podrazumeva starenje stanovništva i (ii) doseljavanjem srpskih izbeglica sa prostora bivše zajedničke države što je povećalo udeo mladog i radno sposobnog stanovništva u ukupnom. Vojvodina ima nepovoljnu starosnu strukturu i predstavlja demografski staro područje. Prema popisu iz 2002. godine Srbi čine većinu stanovništva, odnosno 1 321 807 (65,05%), slede ih Mađari sa 290 207 (14,28%), zatim Slovaci sa 56 637 (2,79%), Hrvati sa 56 546 (2,78%), Crnogorci sa 35 513 (1,75%), Rumuni sa 30 419 (1,50%), Romi sa 29 057 (1,43%) i ostale manje etničke skupine kojih svake pojedinačno ima manje od 1%, a u koje spadaju Bunjevci, Rusini, Makedonci, Ukrajinci, Albanci, Slovenci i drugi. Ukupno 2,45% stanovništva se izjasnilo kao Jugosloveni, dok je 2,71% stanovništva bilo neizjašnjenih i neopredeljenih. Izuzev po jeziku stanovništvo se razlikuje i po veroispovesti, tako da su Srbi, Crnogorci, Rumuni, Makedonci, Romi i Ukrajinci uglavnom pravoslavci, Mađari i Hrvati katolici, Rusini grkokatolici, dok su Slovaci pretežno protestanti, a postoji i određeni broj muslimana i drugih verskih zajednica (RSZ, 2011).

Naselja. Vojvodina je privredno najrazvijeniji i najurbanizovaniji deo Srbije sa većinskim gradskim stanovništvom. Vojvodansko stanovništvo nastanjeno je u 467 naselja u 45 opština, od kojih su 52 gradska i 415 ostala naselja (seoska i mešovita). Na prostoru Vojvodine formirano je sedam okruga (slika 1.1, tabela 1.2).



Slika 1.1 Administrativno teritorijalna podela APV (Vojvodina portal, 2011).

Privreda. U Vojvodini je privreda zasnovana na velikom bogatstvu kvalitetnog obradivog zemljišta koje zahvata 35% površine Srbije. Vojvodine raspolaže sa oko 1 586 000 ha oranica i bašta, preko 17 000 ha voćnjaka, preko 12 000 ha vinograda i preko 34 000 ha livada. Oko 70% prinosa sa ovih polja otpada na žitarice, 20% na industrijsko bilje, a 10% na ostale kulture. Deo plodova se izvozi, ali većina se prerađuje u domaćoj prehrambenoj industriji, stacioniranoj uglavnom u Vojvodini. U strukturi industrije Vojvodine dominira nekoliko sektora. To je u prvom redu sektor prehrambene industrije, koji se zasniva na prirodnim pogodnostima i razvijenoj poljoprivrednoj proizvodnji. Zatim je tu petrohemijski kompleks, sa uključenom proizvodnjom veštačkih đubriva i farmaceutskom industrijom, čija snaga počiva na dugoj industrijskoj tradiciji, prirodnim uslovima (izvori nafte i gasa), kao i lokalnom tržištu (za veštačka đubriva). Elektrometalni kompleks je takođe dostigao zavidan nivo razvijenosti, a njegov razvoj se zasniva na dugoj industrijskoj tradiciji i konkurentnosti proizvoda. Kompleks proizvodnje roba široke potrošnje se takođe bazira na dugoj i bogatoj tradiciji, te visokom kvalitetu i konkurentnosti proizvoda. Posebno se pri tome misli na proizvodnju obuće, nameštaja i konfekcije. Deo prihoda vojvođanske privrede dolazi i od turizma, koji je naročito razvijen na rekama i jezerima, termalnim izvorima i na Fruškoj Gori na kojoj se nalaze brojni pravoslavni manastiri, uglavnom podignuti između 15. i 17. veka (PKV, 2011).

Tabela 1.2 Administrativno teritorijalna podela APV (Vojvodina portal, 2011).

Naziv teritorije	Površina km²	Broj stanovnika	Opštine	Naselja
Južnobački okrug	4 015	593 666	Novi Sad, Vrbas, Srbobran, Bečež, Temerin, Žabalj, Titel, Bački Petrovac, Bačka Palanka, Bač, Beočin, Sremski Karlovci	77
Severnobački okrug	1 784	200 140	Subotica, Bačka Topola, Mali Idoš	45
Zapadnobački okrug	2 419	214 011	Sombor, Kula, Apatin, Odžaci	37
Srednjobanatski okrug	3 254	208 456	Zrenjanin, Novi Bečež, Žitište, Nova Crnja, Sečanj	55
Severnobanatski okrug	2 328	165 881	Kikinda, Ada, Senta, Kanjiža, Novi Kneževac, Čoka	50
Južnobanatski okrug	4 250	313 937	Pančevo, Kovin, Bela Crkva, Vršac, Plandište, Alibunar, Kovačica, Opovo	94
Sremski okrug	3 485	335 901	Sremska Mitrovica, Ruma, Indija, Šid, Pećinci, Stara Pazova, Irig	109

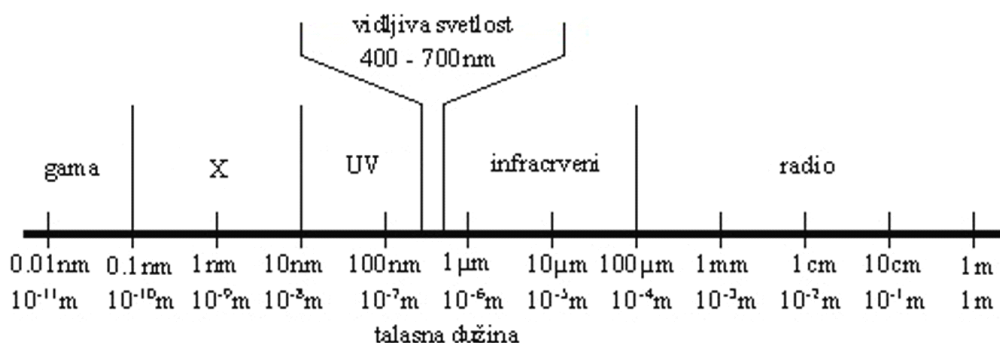
2 ZRAČENJE

2.1 Elektromagnetno zračenje

2.1.1 Priroda i spektar zračenja

Zračenje je prenos energije posredstvom elektromagnetnih talasa. Gotovo sva razmena energije između Zemlje i vasione odvija se putem elektromagnetnog zračenja. Elektromagnetno zračenje prenosi energiju fotonima čije je osnovno obeležje količina energije koju nose sa sobom. Zemlja i njena atmosfera neprekidno apsorbuju sunčevo zračenje, ali i emituju sopstveno u vasioni prostor. Na zračenje se može gledati kao na skup talasa koji putuju kroz vakum brzinom svetlosti od $3 \cdot 10^8$ m/s. Zračenje svih mogućih talasnih dužina čini elektromagnetni spektar. Spektar elektromagnetnog zračenja može da se podeli na kratkotalasno zračenje sa talasnim dužinama manjim od $3 \mu\text{m}$ i dugotalasno zračenje sa talasnim dužinama većim od $3 \mu\text{m}$. Uobičajenu podelu spektra elektromagnetnog zračenja na različite opsege prikazuje slika 2.1.

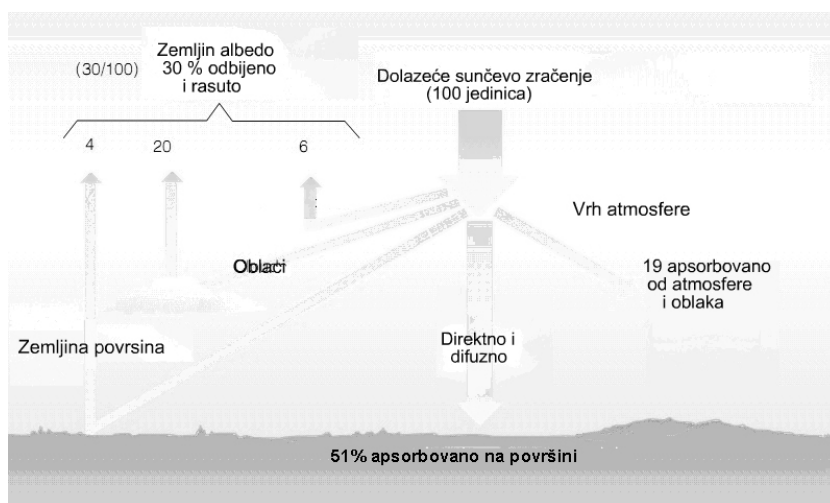
U zavisnosti od energije, elektromagnetno zračenje jeste ili nije u stanju da izvrši jonizaciju atoma ili molekula sredine kroz koju se prostire. Na osnovu ove karakteristike, spektar elektromagnetnog zračenja se deli na jonizujuće i nejonizujuće. Zračenje manjih talasnih dužina ima veću energiju, koja je dovoljna da izvrši jonizaciju posmatrane sredine. U takva zračenja spadaju gama zraci i X zraci, pa ovaj deo spektra predstavlja jonizujuće elektromagnetno zračenje. Iako i UV zračenje ima dovoljnu energiju za jonizaciju mnogih atoma i molekula ono, zajedno sa vidljivim i zračenjima većih talasnih dužina, spada u nejonizujuće elektromagnetno zračenje. Deo nejonizujućeg zračenja čije se talasne dužine kreću u intervalu od 100 do 10000 nm predstavlja optičko zračenje (UV, vidljivo i infracrveno). Optičko zračenje emituje Sunce, kao prirodni izvor, ali i mnogi veštački izvori.



Slika 2.1 Podela elektromagnetnog zračenja.

Sunčevo zračenje dospeva od Sunca do vrha atmosfere u nepromenjenom obliku. Atmosfera može da raseje, apsorbuje, reflektuje ili propusti sunčevo zračenje i tako odredi količinu zračenja koja stiže do tla. *Rasejanje* predstavlja fizičku pojavu pri kojoj čestica koja se nalazi na putu elektromagnetnog zračenja postaje izvor zračenja koje se rasejava u svim pravcima. Količina i smer rasejanog zračenja zavisi isključivo od veličine čestice i talasne

dužine zračenja koje dospeva na nju. Male čestice rasejavaju zračenje podjednako i napred i nazad, dok kod velikih dolazi do rasejanja energije uglavnom unapred. Postoje dve vrste rasejanja, Rejljevo i Mievo rasejanje. Ako se zračenje rasejava na česticama čije su dimenzije manje od talasne dužine upadnog zračenja, onda se ovakvo rasejanje naziva Rejljevo. Upravo zbog Rejljevog rasejanja je i nebo plavo jer molekuli vazduha najbolje rasejavaju kraće talasne dužine, najbolje plavu boju iz vidljivog dela spektra. Sa druge strane Mievo rasejanje se odvija na česticama čije su dimenzije iste ili veće od dimenzija talasne dužine upadnog zračenja. Najčešće je uzrokuju prašina, polen, dim i vodena para u nižim slojevima troposfere, gde je koncentracija krupnijih čestica veća. Neki gasovi i čestice u atmosferi imaju sposobnost da apsorbuju sunčevo zračenje. *Apsorpcija* je proces u kojem je sunčeva energija zadržana u materiji i ponovo emitovana kao termalno zračenje. Gama zraci, X zraci i UV zračenje ispod 200 nm su apsorbovani od strane kiseonika i azota. Najveći deo zračenja talasnih dužina između 200 i 300 nm je apsorbovan od strane O_3 u višim slojevima atmosfere. Ova apsorpcija je suštinski važna za život jer duže izlaganje zračenju talasnih dužina kraćih od 300 nm uništava ćelije. Sunčevo zračenje u crvenom i infracrvenom opsegu pri talasnim dužinama većim od 700 nm je u određenom opsegu apsorbovano od strane CO_2 , O_3 , vodene pare i kapljica vode. *Refleksija* je proces gde je sunčevo zračenje prilikom sudara sa atmosferskom česticom preusmereno i vraćeno nazad pod uglom od 180° . Refleksija uzrokuje potpun gubitak energije. U atmosferi se refleksija najčešće događa kada zračenje udari u tečnu ili smrznutu vodu u oblacima. Refleksija oblaka može da iznosi od 40 do 90 %. U proseku, od ukupnog iznosa sunčeve energije koja dolazi do vrha atmosfere, oko 30% je reflektovano nazad u svemir, dok 19% apsorbuju atmosfera i oblaci, a 51% Zemljina površina (slika 2.2).



Slika 2.2 Bilans kratkotalasnog zračenja na površini Zemlje i u atmosferi (Ahrens, 2007).

2.1.2 Sunce kao izvor zračenja

Sunce je najvažniji svetlosni izvor u prirodi koje svojim zračenjem omogućava odigravanje svih meteoroloških i životnih procesa na Zemlji. Udaljeno je od Zemlje oko 149,5 miliona km i zvezda je prosečnih dimenzija i temperature. Ono spada u zvezde sa izrazito

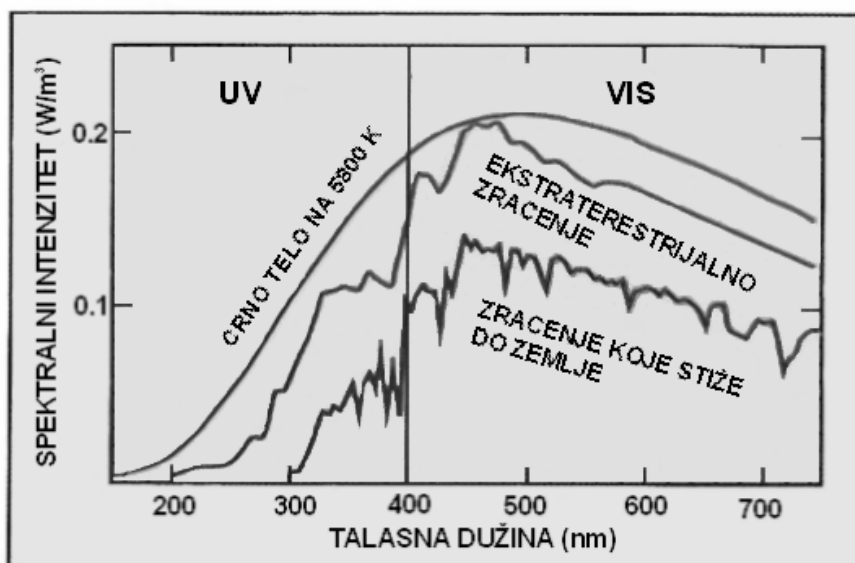
stabilnim režimom zračenja tako da se njeno zračenje može smatrati konstantnim. Sastoji se od helijuma (64%) i vodonika (35%) i u njegovom jezgru neprestano se odvijaju reakcije kojima se oslobađa velika količina energije. Na Suncu se u samo jednoj sekundi potroši oko $592 \cdot 10^6$ t vodonika i nastaje $588 \cdot 10^6$ t helijuma. Razlika u masi koja iznosi $4 \cdot 10^6$ t se pretvara u energiju.

Najveći deo sunčevog zračenja koje stiže na Zemlju stvara se na površini Sunca, fotosferi. Zračenje Sunca se u velikoj meri podvrgava Stefan-Bolcmanovom (Stefan–Boltzmann) zakonu i može se smatrati da zrači slično crnom telu na temperaturi od 5780 K sa maksimumom zračenja na $0,476 \mu\text{m}$. Naše oči su osetljive na elektromagnetno zračenje između $0,4 \mu\text{m}$ i $0,76 \mu\text{m}$, pa se stoga ta oblast elektromagnetnog zračenja naziva vidljivom svetlošću.

Prosečan intenzitet sunčevog zračenja koji stiže do Zemljine orbite se naziva solarna konstanta. Pri srednjem rastojanju Zemlje od Sunca od 149,5 miliona kilometara vrednost solarne konstante iznosi $1368,31 \text{ W/m}^2$. Kako se rastojanje Zemlje i Sunca menja u toku godine (između 147,1 i 152,1 miliona km) menja se i jačina sunčevog zračenja na gornjoj granici atmosfere. Najmanja je kada je Zemlja na svom kretanju po ekliptici najdalje od Sunca početkom jula, a najveća početkom januara kada je Zemlja najbliža Suncu. Na severnoj polulopti solarna konstanta zimi ima veću, a leti manju vrednost, pri čemu te razlike dostižu vrednost od 3,4%. Jačina sunčevog zračenja na gornjoj granici atmosfere I koje stiže do Zemlje pod sunčevim zenitnim uglom (SZA) može da se izračuna prema formuli:

$$I = S_0 \left(\frac{d_m}{d_w} \right)^2 \cos(SZA), \quad (2.1)$$

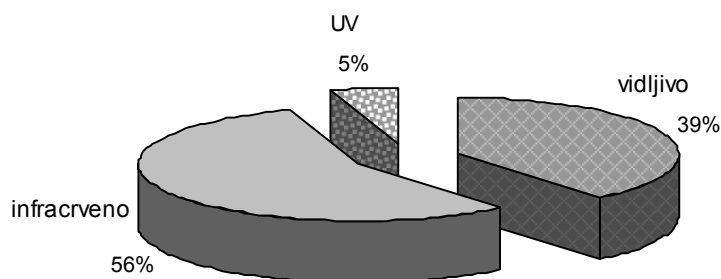
gde je S_0 solarna konstanta, d_m srednja udaljenost Zemlje od Sunca i d_w trenutna udaljenost Zemlje od Sunca.



Slika 2.3 Spektar zračenja crnog tela i spektra sunčevog zračenja koje stiže do gornje granice atmosfere i do površine Zemlje (izvor: Mijatović i sar., 2002).

Na slici 2.3 prikazana je prosečna spektralna raspodela zračenja koje stiže do atmosfere i do površine Zemlje. Ukupan intenzitet zračenja, na svim talasnim dužinama je proporcionalan površi ni ispod krive, dok je intenzitet u određenoj oblasti srazmeran površini dela ispod krive za odgovarajuću oblast.

Spektar sunčevog zračenja koji dolazi do gornje granice atmosfere se naziva ekstra terestrijalno zračenje i leži u oblasti talasnih dužina od 0,015 do 1000 μm . Deo ekstra terestrijalnog zračenja se apsorbira i do površine Zemlje stiže izmenjeni spektar. Intenzitet i spektar sunčevog zračenja koji stiže do Zemlje zavisi i od doba dana i godine, geografske širine, nadmorske visine i atmosfere transparentnosti koja zavisi od koncentracije gasova, procenta vlažnosti, oblačnosti i sadržaja aerosola. Zračenje koje dospeva do Zemljine površine obuhvata deo spektra od 0,29 do 3 μm . Od toga infracrveno zračenje (0,78-3 μm) sačinjava 56%, vidljivo zračenje (0,4-0,78 μm) 39%, dok UV zračenje (0,29-0,4 μm) čini 5% od ukupnog prispelog zračenja (Mijatović i sar., 2002).



Slika 2.4 Procentualna raspodela sunčevog zračenja koje dospeva do površine Zemlje.

2.1.3 Globalno zračenje

Onaj deo sunčevog zračenja koji u nepromenjenom obliku stiže i do Zemljine površine, izbegavši apsorpciju, rasejanje ili refleksiju nazivamo direktno. Difuzno zračenje je onaj deo sunčevog zračenja koji dospeva na horizontalnu Zemljinu površinu posle rasejavanja u atmosferi i njegovog odbijanja od oblačnih čestica, prašine, snežnih kristala i drugih primesa. Suma direktnog i difuznog zračenja daje globalno zračenje. Do izlaska Sunca, odnosno pri malim visinama Sunca, globalno zračenje se sastoji uglavnom od difuznog zračenja. S povećanjem visine Sunca u njemu se smanjuje udeo difuznog zračenja. Oblik, visina i količina oblaka u različitim stepenima doprinose povećanju doprinosa difuznog zračenja u globalnom zračenju. Tako, kada je Sunce zaklonjeno slojem gustih oblaka, globalno zračenje se svodi samo na difuzno zračenje. Kao posledica se javlja i smanjeno globalno zračenje. Međutim, kada je nebo delimično pokriveno slojem tankih oblaka globalno zračenje, uvećano za iznos difuznog zračenja, može da dostigne vrednost koja je ponekad veća od one koju ima pri bezoblačnom nebu. Intenzitet globalnog zračenja bitno zavisi od geografske širine mesta. Sa smanjenjem geografske širine povećavaju se i njegove dnevne sume. Tom prilikom se smanjuje i razlika između mesečnih suma tj. smanjuje se amplituda u godišnjem hodu. Kao i dnevne tako se i godišnje sume globalnog zračenja uvećavaju sa smanjenjem geografske širine (CMEP, 2011).

Intenzitet direktnog sunčevog zračenja meri se instrumentima pirheliometrima, dok se intenzitet difuznog, globalnog i reflektovanog zračenja meri piranometrima. Najčešće su u upotrebi instrumenti koji funkcionišu na principu termoelemenata, sistema u kom se vrši transformacija toplotne energije u električnu. Često upotrebljavani piranometri su Janiševski (Janiševskij), Epli (Eppley) i Mol–Gorčinski (Moll-Gorczyński). Danas su u upotrebi i noviji tipovi prijemnika i instrumenata za merenje difuznog, globalnog i reflektovanog sunčevog zračenja.



Slika 2.5 Piranometar Janiševskog.

Piranometar Janiševskog upotrebljava se za merenje intenziteta difuznog, globalnog i zračenja reflektovanog od površine Zemlje. Prijemnik se sastoji od crnih i belih kvadratnih polja raspoređenih u vidu šahovskog polja ili od crnih i belih ugaonih segmenata koji su radialno raspoređeni. Termoelementi su napravljeni od uskih traka mangana i konstantana. Aktivni spojevi su presvučeni čađu, dok su neaktivni spojevi presvučeni magnezijumom. Prijemni deo je zaštićen staklenom kupolom koja propušta zračenje u opsegu talasnih dužina od 0,3 μm do 100 μm (Mihailović i sar., 2008).

Mali broj meteoroloških stanica poseduje instrumente koji mere globalno zračenje. Posmatrano na globalnom nivou na svakih 500 stanica dolazi jedna koja meri zračenje. Za stanice gde se globalno zračenje ne meri ili delom nedostaje, koriste se tehnike za procenu globalnog zračenja iz drugih raspoloživih meteoroloških podataka. Najčešće korišćen metod je baziran na empirijskim formulama za procenu sunčevog zračenja u zavisnosti od najčešće merenih meteoroloških promenljivih. Uglavnom se kao ulazni podaci koriste oni podaci koji su najviše dostupni i koji se najčešće mere, kao što su, na primer, trajanje sunčevog sjaja i oblačnost. Trajanje direktnog sunčevog zračenja meri se heliografima.

Heliograf Kembel-Stoksa (Campbell-Stokes) upotrebljava se za merenje trajanja direktnog sunčevog zračenja, osunčavanja. Prijemni deo ovog instrumenta je staklena kugla koja igra ulogu sabirnog sočiva i koja je metalnim poluprstenom pričvršćena na postolje. Kada se izloži Suncu, traka koja se nalazi u njenoj žiži nagoreva pri čemu ostaje trag. Na osnovu tragova čija se dužina procenjuje, do na deset minuta, očitavanjem se dobija trajanje direktnog sunčevog sjaja u toku dana (Mihailović i sar., 2008).

2.2 Ultraljubičasto zračenje

2.2.1 Definicija i podela UV zračenja

Ultraljubičasto zračenje je definisano kao deo elektromagnetnog spektra u oblasti između 100 i 400 nm. Čini oko 8,73% ukupnog sunčevog zračenja koje dolazi do gornje granice atmosfere (Al-Aruri et al., 1988), dok nivoi na Zemljinoj površini zavise od SZA , O_3 i prozračnosti atmosfere (Kylling et al., 2000; Kirchhoff et al., 2002; Luccini et al., 2003).

U skladu sa definicijom CIE, UV zračenje je podeljeno na sledeće oblasti: UV-C oblast (100-280 nm), UV-B oblast (280-315 nm) i UV-A oblast (315-400 nm). Prema biološkom dejstvu na žive organizme deli se na sledeće tri oblasti: UV-C oblast (180-290 nm), UV-B oblast (290-320 nm) i UV-A oblast (320-400 nm). Granica od 290 nm između UV-C i UV-B oblasti je određena proizvoljno jer se smatra da zračenje kraćih talasnih dužina od 290 nm ne stiže do Zemljine površine, osim na veoma velikim nadmorskim visinama. Izbor 320 nm za granicu između UV-B i UV-A oblasti je još proizvoljniji. Iako je zračenje talasnih dužina većih od 320 nm generalno manje fotobiološki aktivno od onoga kraćih talasnih dužina, istraživanja u oblasti molekularne biologije pokazuju da bi granica od 330-340 nm bila primerenija (Peak and Peak, 1986). Prema hemijskom dejstvu UV zračenje se takođe može podeliti na tri oblasti. Zračenje između 175 nm i 220 nm je zračenje zahvaljujući kome se u stratosferi formira ozon. Zračenje u oblasti talasnih dužina od 220 nm do 300 nm ima germicidno dejstvo, dok zračenje u oblasti od 280 nm do 320 nm ima najjače dejstvo na kožu i naziva se eritemalna oblast (Mijatović i sar., 2002).

Na gornjoj granici atmosfere UV-C zračenje čini oko 6%, UV-B zračenje 18%, a UV-A zračenje 76% od ukupnog UV zračenja. Na Zemljinoj površini najveći je udeo UV-A zračenja u ukupnom UV zračenju (preko 90%), dok je UV-B zračenje prisutno u veoma malom procentu. UV-C zračenje se gotovo u potpunosti apsorbuje.

2.2.2 UV indeks i eritemalna doza

UV indeks je pokazatelj izloženosti UV zracima koja može da izazove eritem. Nastao je iz potrebe da se javnosti da razumljiva informacija o vrednosti UV zračenja i njegovom mogućem štetnom dejstvu na ljudsku kožu. U upotrebu su ga uvele WHO, WMO i ICNIRP 1995. godine. Kako bi vrednost UVI bila što razumljivija preporučeno je da se on izražava kao jednostavan ceo broj broj od 1 pa naviše. U tabeli 2.1 vrednosti UVI grupisane su prema nivou izlaganja i prema potrebi za zaštitom. Nacionalne službe koje izveštavaju o nivoima UV zračenja mogu da izveštavaju o vrednosti UVI , opseg u kojem se vrednost kreće ili nivo izlaganja (WHO, 2002).

UV indeks je definisan kao intenzitet UV zračenja otežan eritemalnim spektrom od 25 mW/m^2 (Mijatović i sar., 2002). Za njegovo izračunavanje potrebno je poznavati spektar biološki aktivnog UV zračenja koji se dobija kombinacijom spektra UV zračenja (280-400 nm) kojem se organizam izlaže i eritemalnog spektra. Slika 2.6 pokazuje spektar biološki aktivnog UV zračenja $BI(\lambda)$ koji nastaje preklapanjem spektra UV zračenja $I(\lambda)$ i eritemalnog spektra $B(\lambda)$. Deblja i tanja linija koje su upotrebljene za oznaku spektra UV zračenja i

spektra biološki aktivnog UV zračenja pokazuju njegove vrednosti pri različitoj debljini ozonskog omotača (Madronich et al., 1998). I pored toga što do gornje granice atmosfere stiže značajna količina UV zračenja svih talasnih dužina od 100 do 400 nm, intenzitet UV zračenja koje stiže do površine Zemlje, $I(\lambda)$, obuhvata UV-A i UV-B deo spektra (slika 2.6). Zračenje najkraćih talasnih dužina se u potpunosti apsorbira od strane atmosferskog kiseonika i O_3 . Zračenje u UV-B oblasti se veoma efikasno, ali ne i u potpunosti, apsorbira od strane ozona u stratosferi, dok O_3 veoma slabo apsorbira zračenje u UV-A oblasti i ono je u velikoj meri propušteno do površine.

Tabela 2.1 Kategorije *UVI* prema nivou izlaganja i prema potrebi za zaštitom kože.

<i>UVI</i>	Nivo izlaganja	Zaštita
0-2	Nizak	Zaštita nije potrebna
3-5	Srednji	Zaštita se preporučuje
6-7	Visok	
8-10	Veoma visok	Obavezna je potpuna zaštita
>11	Ekstremno visok	

Eritemalni spektar, $B(\lambda)$, opisuje efikasnost UV zračenja određene talasne dužine da izazove biološki efekat na ljudsku kožu. Određuje se u laboratorijskim istraživanjima i može biti određen za različite biološke vrste i delove organizma. Eritemalni spektar za ljudsku kožu koji su definisali Mek Kinli i Difi (McKinley and Diffey, 1987) ima sledeći oblik:

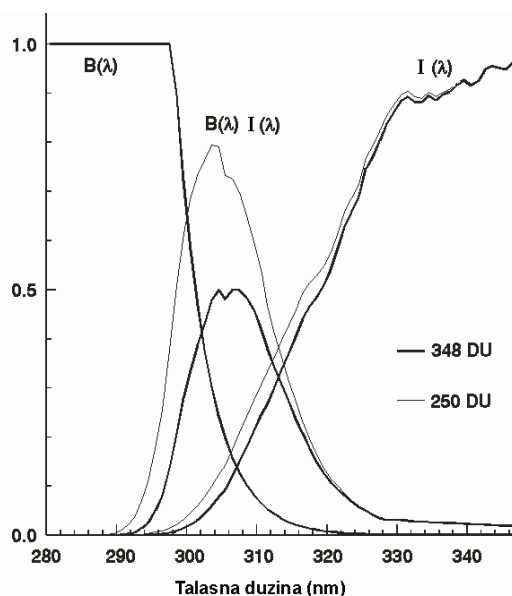
$$B(\lambda) = \begin{cases} 1 & \text{za } \lambda < 298nm \\ 10^{0,094(298-\lambda)} & \text{za } 298nm < \lambda < 328nm \\ 10^{0,015(139-\lambda)} & \text{za } 328nm < \lambda < 400nm \\ 0 & \text{za } \lambda > 400nm \end{cases} \quad (2.2)$$

Sa slike 2.6 može da se primeti da funkcija $B(\lambda)$ ima najveću vrednost u oblasti talasnih dužina ispod 298 nm. U ovoj oblasti UV zračenje ima razarajuće dejstvo na organizme zbog sposobnosti razaranja DNK. Idući ka većim talasnim dužinama delovanje opada, dok je dejstvo zračenja talasnih dužina većih od 328 nm na organizme veoma malo.

Spektar biološki aktivnog UV zračenja $BI(\lambda)$ se dobija kao:

$$BI(\lambda) = B(\lambda)I(\lambda) \quad (2.3)$$

Spektar uglavnom pokriva oblast UV-B zračenja i ima maksimum u oblasti talasnih dužina od 300 do 320 nm. Naziva se i otežanim spektarom, pošto osim sunčevog spektra uzima u obzir i biološko dejstvo na organizam (Mijatović i sar., 2002). Na slici 2.6 možemo videti da se intenzitet ovoga spektra mnogo više menja pri promeni količine ozona u atmosferi od spektra intenziteta UV zračenja što nam govori o mnogo većem uticaju zračenja u UV-B oblasti na ljudsku kožu od zračenja u UV-A delu spektra.



Slika 2.6 Spektar biološki aktivnog UV zračenja (izvor: Madronich et al., 1998).

Integracijom spektra biološki aktivnog UV zračenja po talasnim dužinama dobija se njegov ukupni intenzitet koji je proporcionalan površini ispod krive $B I(\lambda)$ (poznat i kao eritemalno ili biološki aktivno UV zračenje - UV_{bio}):

$$UV_{bio} = \int_{280}^{400} B(\lambda) I(\lambda) d\lambda . \quad (2.4)$$

Biološki aktivno UV zračenje se, kao i intenzitet UV zračenja, izražava u W/m^2 i služi za određivanje UVI . Kao što je već pomenuto jedinični UVI se definiše kao intenzitet eritemalnog zračenja od $25 mW/m^2$. Izraženo brojčano UVI jednak je umnošku ukupnog intenziteta spektra biološki aktivnog zračenja (W/m^2) sa 40, tj.

$$UVI = UV_{bio} \frac{1000}{25} = 40UV_{bio} . \quad (2.5)$$

Kako je uticaj UV zračenja na organizme kumulativan, osim intenziteta veoma je bitno vreme izlaganja UV zračenju. Količina UV zračenja koju organizam primi u nekom vremenskom periodu je proizvod intenziteta zračenja i vremena izlaganja dt . Integracijom biološki aktivnog UV zračenja po vremenu izlaganja dobija se aktivna ili eritemalna UV doza (D_{UV}) koja se izražava u J/m^2 :

$$D_{UV} = \int UV_{bio} dt . \quad (2.6)$$

2.2.3 Faktori koji utiču na intenzitet UV zračenja na Zemlji

Kvalitet i kvantitet UV zračenja na površini Zemlje zavisi od energije koja dolazi sa Sunca i transmitivnih osobina atmosfere. Najvažniji faktori koji utiču na intenzitet UV

zračenja koji stiže do površine Zemlje (u opsegu koji je relevantan za izračunavanje UVI , od 290 do 400 nm) su SZA , apsorpcija i rasejanje u atmosferi i atmosferski O_3 .

Sunčev zenitni ugao je ugao Sunca meren u odnosu na normalu na Zemljinu površinu i ima veliki uticaj na intenzitet UV zračenja koji stiže do zemljine površine. Povećanjem ugla povećava se put zraka kroz atmosferu, pa i broj čestica i molekula koje umanjuju zračenje. Zbog toga je i zračenje najveće u područjima bliže ekvatoru, u letnjoj polovini godine i oko podneva. Oko 20-30% ukupnog dnevnog UV zračenja dođe do površine oko jedan sat pre ili posle podneva, dok 75% između 9 sati pre i 3 sata posle podne. Sunčev zenitni ugao u velikoj meri određuje i odnos direktne i difuzne komponente zračenja. Povećanjem ugla povećava se i udeo difuzne komponente u ukupnom zračenju.

Apsorpciju UV zračenja najviše vrše molekularni kiseonik i O_3 . Kiseonik u nižoj atmosferi čini 21% zapremine, ali već na visini od oko 90 km on počinje da disocira pod delovanjem UV zračenja. Jaka apsorpcija zračenja talasnih dužina manjih od 210 nm poznata je kao Šuman-Randžeova (Shumann-Runge) traka, dok je apsorpcija između 220 i 240 nm nešto slabija i poznata kao Herzbergova (Herzberg) traka. Apsorpcija UV zračenja od strane O_3 u oblasti talasnih dužina između 180 i 320 nm je veoma jaka i poznata je kao Hartlijeva (Hartley) traka, a u oblasti između 320 i 360 nm Hidžinsova (Huggins) traka. Karakteristike O_3 kao najvažnijeg apsorbera UV zračenja detaljno su opisane u poglavlju 2.2.4

Rasejanje UV zračenja se odvija na molekulama vazduha, aerosolima i oblacima. Kada se Sunce nalazi u zenitu, oko 10% ukupnog sunčevog zračenja i oko 30% UV-A i UV-B je rasejano. Kada je SZA 70° rasipa se 20% ukupnog zračenja, 70% UV-A i skoro 80% UV-B zračenja (Madronich and Flocke, 1997). Rasejanje na molekulama vazduha je mnogo snažnije u UV delu spektra nego u oblasti vidljivog zračenja jer je intenzitet zračenja rasejanog u nekom pravcu obrnuto proporcionalna talasnoj dužini. Ovo znači da je udeo difuznog zračenja u ukupnom zračenju u UV oblasti veći nego u vidljivom delu spektra. To takođe znači da će zbog Rejljevog rasejanja udeo difuznog zračenja biti veći u UV-B nego u UV-A oblasti. Vazdušne čestice podjednako rasejavaju zračenje i napred i nazad pa je najmanje polovina zračenja rasejana unapred i dolazi do površine kao difuzni deo UV zračenja, dok se udeo difuznog povećava sa povećanjem SZA . Veličina uticaja aerosola na intenzitet UV zračenja na površini je veoma promenljiva i zavisi od broja čestica i njihovih fizičkih i hemijskih karakteristika. Procenjeno je da antropogeni sulfatni aerosoli u industrijalizovanim oblastima severne hemisfere mogu smanjiti zračenje u UV -B oblasti za 5-18% (Liu et al., 1991). Veoma je važno da li čestica ima izraženu sposobnost apsorpcije ili samo rasejava zračenje. Sve čestice imaju tendenciju smanjenja UV zračenja na horizontalnim površinama, ali aerosoli koji samo rasejavaju zračenje mogu i da povećaju UV zračenje na kosim površinama (Blumthaler et al., 1997).

Oblaci takođe umanjuju sunčevo zračenje na Zemljinoj površini iako promene u UV delu spektra nisu tako velike kao u ukupnom intenzitetu jer voda u oblacima mnogo više apsorbuje infracrveno od UV zračenja. Međutim, rizik od preteranog izlaganja štetnom UV zračenju može da bude povećan jer je pri oblačnom vremenu upozoravajući osećaj toplote smanjen. U kojoj meri će oblaci umanjiti UV zračenje zavisi od vrste i debljine oblaka. Jedan

od najzačajnijih parametara je i taj da li je oblak prekrrio Sunce ili ne. UV zračenje najviše mogu da umanje niski oblaci koji su najveće debljine. Ipak, čak i debeli oblaci ako su razbacani po nebu smanjuju UV zračenje manje od 10% dok vrlo debeli olujni oblaci mogu praktično u potpunosti da apsorbiraju UV zračenje, čak i leti. Oblaci male debljine (srednji) koji su razbacani po nebu jako malo umanjuju UV zračenje osim ako direktno ne pokrivaju Sunce, dok ukoliko je Sunce prekriveno ovom vrstom oblaka u potpunosti UV zračenje se umanjuje za oko jednu polovinu. Visoki oblaci skoro da nemaju uticaj na intenzitet UV zračenja. Jedan od rezultata projekta COST-713 je i preporuka za korekciju *UVI* izračunatog pri vedrom nebu za vrstu i iznos oblaka množenjem vrednosti sa faktorom *CMF* prikazanim u tabeli 2.2.

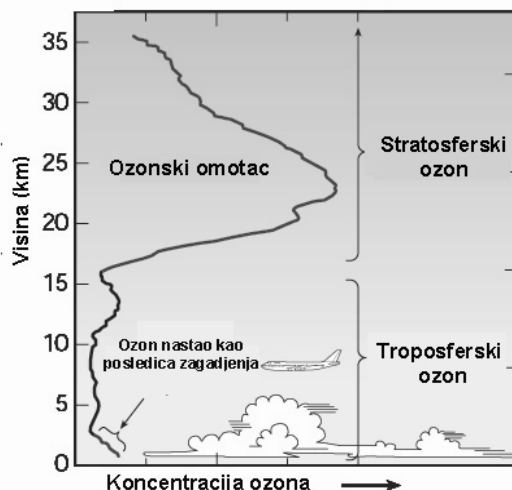
Tabela 2.2 Faktor *CMF* za tri vrste oblaka pri različitoj oblačnosti izraženih u osminama prekrivenosti neba (Vanicek et al., 1999).

Niski <3000		Srednji 3000-7000 m		Visoki >7000 m	
Osmine	CMF	osmine	CMF	osmine	CMF
0-2	1,0	0-4	1,0	0-5	1,0
3-5	0,8	5-7	0,75	6-8	0,9
6-7	0,5	8	0,5		
8	0,2				

Međutim, oblaci mogu da i povećaju zračenje u UV-B oblasti tako da ono bude veće čak do 25% od istog pri vedrom nebu (Sabburg and Wong, 2000; Weihs et al., 2000). Ovo je moguće zbog višestrukog rasejanja između viših i nižih oblaka, a efekat je naročito povećan kada je rasejanje unazad usmereno ka cirusima na višim visinama (Sabburg and Wong, 2000).

2.2.4 Atmosferski ozon

Atmosferski ozon je manjinski sastojak atmosfere (pri bližno jedna molekula na svaka dva miliona drugih molekula) koji u velikoj meri kontroliše nivo UV-B zračenja na površini Zemlje. Promena intenziteta biološki aktivnog UV-B zračenja je proporcionalna promeni debljine sloja O_3 i to tako da smanjenje debljine ozonskog sloja za 1% izaziva povećanje intenziteta biološki aktivnog UV zračenja na površini Zemlje za 1-1,2% (Madronich et al., 1998). *Ozon* (grčki *óζov* - mirisati) je 1839. godine prvi otkrio nemački naučnik Kristian Fridrih Šenbajn (Christian Friedrich Schönbein). Ima karakterističan miris pare joda koji se može osetiti za vreme munja. U atmosferi se može naći na dve lokacije: ispod 10 km (troposferski ili prizemni O_3) i u višim slojevima atmosfere (stratosferski O_3 ili ozonski omotač). Karakteristike troposferskog O_3 kao jednog od zagađivača atmosfere su opisane u trećoj glavi.



Slika 2.7 Ozon u atmosferi.

Ozonski omotač predstavlja sloj u stratosferi koji sadrži najveću količinu O_3 . To je sloj koji se prostire iznad 10 km nadmorske visine. Nastaje fotohemijskim reakcijama pod uticajem zračenja malih talasnih dužina. Osim apsorpcijom elektromagnetnog zračenja molekula kiseonika se može razložiti i sudarom sa elektronima ili drugim česticama što se dešava prilikom električnih pražnjenja u atmosferi. Proces nastanka O_3 se odvija u dve etape. Prva etapa je disocijacija molekula O_2 na dva atoma kiseonika:



Ova reakcija se prvenstveno odvija u gornjim delovima atmosfere u tropskim oblastima pod uticajem zračenja visoke energije ($\lambda < 240\text{nm}$). U drugoj etapi se vrši sjedinjavanje atomskog kiseonika sa molekulskim čime se formira molekul O_3 što pokazuje sledeća reakcija:



Molekul O_3 se u atmosferi može i razložiti pod delovanjem sunčevog zračenja u procesu fotodisocijacije:



Ova reakcija se odvija uz znatno manje ulaganje energije, odnosno apsorpcijom zračenja talasne dužine manje od 320 nm. Ozon se uništava ako atom kiseonika i molekula ozona međusobno reaguju što je prikazano sledećom reakcijom koju nazivamo rekombinacija:



Reakcije označene sa (2.7) – (2.10) poznate su kao Čapmanove (Chapman) reakcije. Koncentracija O_3 predstavlja ravnotežu između ovih reakcija. Reakcija (2.8) postaje sporija sa porastom nadmorske visine, dok reakcija (2.9) postaje brža. Reakcija rekombinacije je

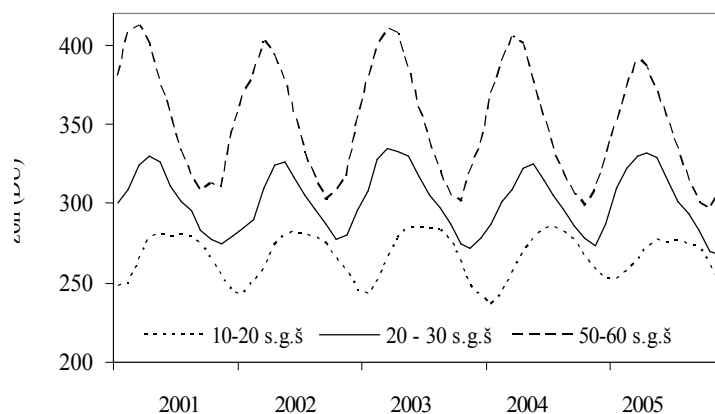
veoma spora i ako bi ona bila jedini mehanizam za gubitak O_3 , on bi bio dva puta deblji. Određene vrste, kao što su NO_x , vodonik, vodonikovi oksidi i jedinjenja hlora i broma ubrzavaju rekombinaciju. Hlorofluorouglenjaci, koji su u velikoj meri odgovorni za uništavanje O_3 u atmosferi, imali su široku primenu u hemijskoj industriji u drugoj polovini prošlog veka (rashladni uređaji, rastvarači, sprejevi itd.). U troposferi su slabo reaktivni, dok su u stratosferi mnogo reaktivniji. UV zračenje u stratosferi razara molekule *CFC* i molekule drugih hlornih jedinjenja kao i molekule hlora. Na taj način se oslobađa atom hlora koji, ne trošeći se, uništava O_3 . Procene su da jedan atom hlora može da razori 10^5 molekula O_3 . Brom je do sto puta efikasniji u razaranju O_3 od hlora ali je njegova koncentracija u atmosferi znatno manja.

Trenutni sloj O_3 je rezultat takmičenja procesa stvaranja i razgradnje O_3 , pri čemu je sa povećanjem koncentracije katalizatora sloj O_3 tanji. Ako bi se zanemarilo zagađenje atmosfere i uzelo u obzir samo uticaj sunčevog zračenja na O_3 u atmosferi bi se posle izvesnog vremena stvorila određena ravnoteža između reakcija stvaranja i razgradnje O_3 . Debljina ozonskog omotača bi tada bila manje više konstantna što je veoma bitno zbog apsorpcije štetnog UV zračenja. Kako je emisija štetnih gasova u atmosferu poslednjih nekoliko decenija u stalnom porastu povećan je i broj hemijskih reakcija koje izazivaju uništavanje O_3 pa samim tim i količina štetnog UV zračenja koje stiže do površine. Zbog toga se u poslednje vreme sve veća pažnja poklanja merenju i prognozi količine O_3 u atmosferi.

Debljina ozonskog omotača se izražava Dobsonovom jedinicom (*DU*). Jedna Dobsonova jedinica sadrži $2,68 \cdot 10^{16}$ molekula po cm^2 . Sloj O_3 debljine jedne *DU* je debeo hiljaditi deo centimetra odnosno 0,01 mm pri standardnom atmosferskom pritisku od 1013 Pa i pri temperaturi od 0°C. Ako se pretpostavi da je srednja debljina ozonskog omotača 300 *DU* to znači da je debljina O_3 svedenog na uslove standardnog pritiska i temperature 3 mm. Kada se debljina ozonskog omotača spusti ispod 200 *DU* govorimo o ozonskoj rupi. Ukupna količina O_3 u vertikalnom stubu iznad neke lokacije naziva se ukupni ili totalni O_3 .

Debljina ozonskog omotača može da se meri instrumentima postavljenim na površini Zemlje i na satelitima. Merenja na površini započela su 1924. godine instrumentom koji je konstruisao G.M.B. Dobson po kome je i jedinica za izražavanje debljine ozonskog omotača dobila ime. Ovaj instrument se još uvek koristi iako se od 1970. godine postepeno zamenjuje preciznijim Bruer (Brewer) spektrofotometrom. Pored spektrofotometra za merenje sa površine koristi se i LIDAR tehnika koja se zasniva na apsorpciji svetla lasera od strane O_3 . Merenja se vrše unutar GOOS-a pod vodstvom WMO, a podaci se čuvaju u WOUDC-u koji ima sedište u Torontu. Merenja na satelitima se sprovode više od trideset godina. Najpoznatiji satelitski instrument za merenje ukupne količine O_3 je TOMS koji je instaliran na nekoliko satelita i koji je u upotrebi od 1978. godine. U julu 2004. godine zamenio ga je instrument OMI koji je postavljen na Aura satelitu.

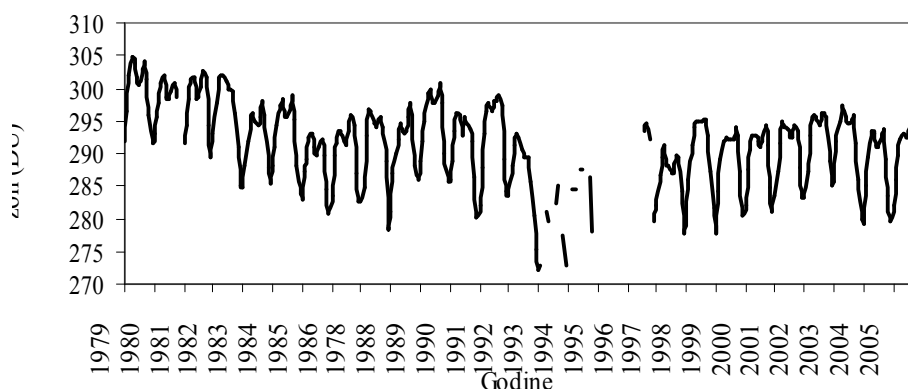
Globalna distribucija O_3 je određena atmosferskim i hemijskim procesima u atmosferi. Totalni O_3 strogo varira sa geografskom širinom, dostižući maksimalne vrednosti na srednjim i velikim geografskim širinama (slika 2.8). U tropima količina O_3 je niska što je suprotno njegovoj velikoj proizvodnji u ovom području zbog cirkulacije koja prenosi ozon u više slojeve atmosfere i dalje prema polovima i ponovo u niža područja. U srednjim geografskim širinama promene količine O_3 u stratosferi u toku godine su više izražene od promena u nižim geografskim širinama. Razlog tome je veća amplituda promene temperature sa promenom godišnjeg doba što je praćeno pojačanom cirkulacijom vazdušnih masa na nivou troposfera-stratosfera. U ovim područjima sezonska promena količine O_3 je približno sinusoidna. Najveća razlika u temperaturi između tropskih oblasti i srednjih geografskih širina je tokom zimskog perioda. Tada je i atmosferska cirkulacija najjača pa se velika količina O_3 transportuje ka ovim oblastima. Tokom zimskog perioda manja je količina svetlosti u toku zime koja može da pokrene reakciju razaranja pa se O_3 nakuplja u stratosferi. Maksimalne vrednosti O_3 u atmosferi se nalaze krajem zime i početkom proleća. Početkom proleća temperturna razlika između srednjih geografskih širina i tropskih oblasti počinje da se smanjuje pa slabi i atmosferska cirkulacija, a samim tim i količina O_3 koja iz tropa stiže u veće geografske širine. Takođe sve veća količina svetlosti pokreće čitav niz reakcija koje su odgovorne za uništavanje O_3 . Zbog toga od početka proleća količina O_3 u atmosferi počinje da se smanjuje što traje do jeseni kada je količina ozona najmanja. Regioni sa niskim totalnim O_3 nastaju na polovima u zimu i proleće kao rezultat hemijskog uništavanja O_3 izazvane gasovima koje sadrže hlor i brom. Godišnje promene debljine ozonskog omotača iznad Antarktika su takve da se svake godine tokom proleća, usled hemijskih reakcija, ozonski omotač smanjuje za oko 50%.



Slika 2.8 Prosečne mesečne zonalno osrednjene vrednosti totalnog O_3 na različitim geografskim širinama severne hemisfere (izvor: NASA, 2010).

Specijalizovani ugovori koji se odnose na ozonski omotač i zaštitu životne sredine od prekomernog UV zračenja su Bečka konvencija o zaštiti ozonskog omotača iz 1985. godine i

Montrealški protokol o supstancama koje oštećuju ozonski omotač iz 1987. godine. Ubrzo nakon donošenja Montrealskog protokola i njegove ratifikacije u vodećim industrijskim zemljama, došlo je do drastičnog pada proizvodnje *ODS*. Do 1990. godine proizvodnja ovih supstanci se smanjila za čitavih 41,8%, a do 2002. godine proizvodnja je pala na ispod 10% prvobitne, čime je eliminisana mogućnost da ove materije u budućnosti imaju bitniji uticaj na dinamiku ozonskog omotača Zemlje. Primena novih supstanci u rashladnoj tehnici i drugim oblastima, uslovlila je dalji pad proizvodnje materija koje poseduju potencijal da oštete O_3 , tako da je po podacima za 2006. godinu smanjenje u odnosu na referentnu 1989. godinu iznosilo više od 95%. Pad proizvodnje *CFC* bio je još veći i njihov udeo u potencijalnom oštećenju O_3 je u 2006. iznosio značajnih 3% (WMO, 2007). U Srbiji je na osnovu člana 51. stav 1 Zakona o zaštiti vazduha (SG RS, 2009) donešena Uredba o postupanju sa *ODS*, kao i o uslovima za izdavanje dozvola za uvoz i izvoz tih supstanci (SG RS, 2010c). Ovom uredbom je propisan raspored smanjivanja potrošnje *ODS* koji podrazumeva njihovo postepeno isključivanje iz upotrebe.



Slika 2.9. Prosečne mesečne vrednosti debljine ozonskog omotača osrednjene za područje između 65° s.g.š. i 65° j.g.š. (izvor: NASA, 2010).

Prema izveštaju WMO (WMO, 2011) silazni trend vrednosti totalnog O_3 u umerenim širinama je zaustavljen. Vrednosti totalnog O_3 u umerenim širinama u periodu 2006-2009. godina su iste kao i u periodu 1996-2005. godina i približno su 3,5% ispod vrednosti od onih pre 1980-ih godina na severnoj hemisferi i približno 6% niže na južnoj hemisferi. Ukupne vrednosti totalnog O_3 u tropskim predelima (25° s.g.š. -25° j.g.š.) ostale su nepromenjene.

Globalne promene debljine ozonskog omotača vidljive su iz satelitskih merenja koja se sprovode u poslednjih 30 godina. Osrednjavanjem prosečnih mesečnih vrednosti debljine ozonskog omotača za područje između 65° s.g.š i 65° j.g.š možemo pratiti međugodišnje varijacije vanpolarnog stratosferskog O_3 . Za izradu slike 2.9 korišćeni su podaci mereni u okviru eksperimenta TOMS (NASA, 2010). Od 1979. do 1993. godine podaci su prikupljeni pomoću satelita Nimbus-7, od 1991. do 1994. godine pomoću satelita Meteor-3, a od 1996. do 2005. godine pomoću satelita Earth Probe. Slika pokazuje opadanje debljine O_3 do sredine

90-tih godina, zatim blagi porast do kraja 90-tih godina i relativno ustaljene vrednosti do kraja posmatranog perioda.

2.2.5 Merenje intenziteta UV zračenja

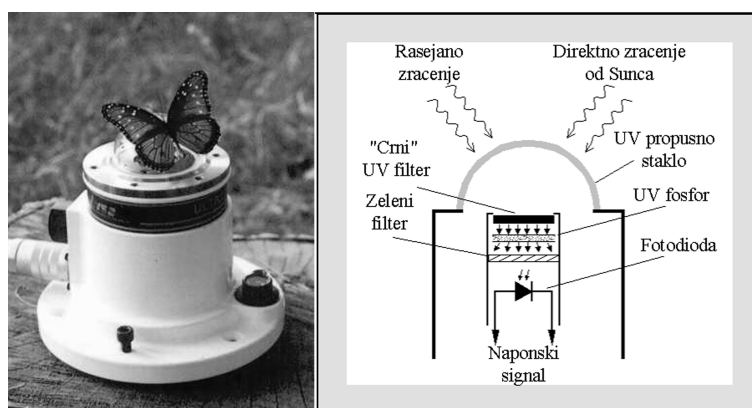
Praćenje intenziteta UV zračenja i prva upozorenja zbog njegovog štetnog dejstva počela su u Australiji početkom 80-ih godina dvadesetog veka, da bi se potom ubrzo priključile i druge države. Danas se u svim razvijenijim državama stalno meri intenzitet UV zračenja na više lokacija. Formirana je i svetska UV mreža, a dobijenim podacima se lako pristupa i to uglavnom putem interneta. Kao podrška svetskoj mreži WMO je u okviru GAW osnovala SAG koja detaljno razmatra probleme koji se tiču merenja i sakupljanja podataka i koja izdaje direktive za instrumentaciju, procedure kalibracije, kontrolu kvaliteta podataka (Webb et al., 1999). Svetski centar podataka o ozonu i UV zračenju u Torontu prihvata podatke koji stižu iz različitih centara u kojima se koriste različiti merni uređaji i procedure. Do sada nije uspostavljeno međunarodno pravilo koje bi standardizovalo određeni merni instrument za ovu aktivnost pa centri koji šalju podatke u Toronto moraju da naznače karakteristike mernog mesta, tip uređaja i procenjenu grešku merenja (Mijatović i sar., 2002). Vrednosti UVI mogu se izračunati iz satelitiskih merenja O_3 i oblačnosti.

Za monitoring UV zračenja koriste se tri tipa uređaja: spektralni uređaji, uređaji sa filterima i široko pojasni. *Spektralni uređaji* vrše spektralno razložena merenja unutar čitavog UV spektra sa rezolucijom koja obično iznosi 0,5 ili 1 nm. To su uglavnom dvostruki monohromatori sa difrakcionom rešetkom. Ovi uređaji daju najviše informacija o intenzitetu UV zračenja i njegovoj spektralnoj raspodeli i koriste se najčešće u svrhu praćenja globalnih promena klime, sastava atmosfere, merenja debljine ozonskog omotača. Spektralni uređaji su dosta skupi i pri upotrebi zahtevaju prisustvo visoko obučanih operatera. *Uređaji sa filterima* upotrebljavaju metalne filtere koji prenose zračenje u intervalima od nekoliko nanometara. Upotrebom više filtera moguće je meriti istovremeno nekoliko opsega talasnih dužina. Daju manje informacija od spektralnih uređaja, relativno su pristupačniji i lakši za upotrebu. *Široko pojasni uređaji* su vrlo rasprostranjeni za monitoring UV zračenja, jer je njihova cena relativno niska i jednostavni su za upotrebu. Koriste se za praćenje globalnih promena UV zračenja na Zemlji i za merenje intenziteta eritemalnog zračenja (Mijatović i sar., 2004). Širokopojasni uređaji se često nazivaju i Rbmetri po pronalazaču Robertsonu na osnovu čijeg rada (Robertson, 1972) su konstruisani ovi instrumenti. Berger (Berger, 1976) je usavršio originalni Robertsonov instrument. Drugi uobičajen naziv za ove instrumente je biometri, jer im je spektralna karakteristika vrlo slična eritemalnom spektru. Široko pojasni uređaji daju vrednost eritemalnog zračenja i ne obezbeđuju podatke o spektralnim vrednostima zračenja. Zbog lakše komunikacije i informisanja javnosti umesto vrednosti eritemalnog zračenja iskazanog u W/m^2 koristi se UVI . Prednost im je jednostavnost, efikasnost i vremenska stabilnost. Nedostatak im je što su osetljivi na širok opseg talasnih dužina, uključujući i one koje su nešto veće od onih koje ulaze u opseg UV-B zračenja, kao i što zahtevaju češću kalibraciju nego spektralni uređaji.

Važne aktivnosti u okviru merenja su kalibracija i interkomparacija mernih uređaja. Kao što je pomenuto, posle dužeg vremena upotrebe instrumenti pokazuju odstupanja od početnih karakteristika i potrebno ih je rekalibrisati u posebnim laboratorijama. Veoma je bitna i interkomparacija koja se sastoji u poređenju rezultata dobijenih istovremeno korišćenjem različitih instrumenata kalibrisanih u različitim laboratorijama. Saglasnost između spektrometra i radiometra koji su kalibrisani na sličan način je obično 5% ili bolja u UV-A oblasti i 5-10% u UV-B oblasti. Poređenje različitih tipova instrumenata je teže, jer je potrebno različite izmerene veličine staviti u istu bazu (Madronich et al., 1998).

U našoj zemlji se kontinuirano merenje intenziteta UV zračenja obavlja od aprila 2003. godine mada su prve aktivnosti u ovoj oblasti počele još 2001. godine. Širokopoljski instrument Yankee UVB-1 biometar je dobijen sredinom 2002. godine i u vlasništvu je Departmana za fiziku u Novom Sadu. Postavljen je na zgradu Poljoprivrednog fakulteta na nadmorskoj visini od 84 m, na 45°15' s.g.š. i 19°51' i.g.d. Merenja se vrše automatski svakih 30 sekundi, a ovako izmerene vrednosti se usrednjavaju za vremenski period od 10 minuta i preračunavaju se u *UVI*. Vrednosti usrednjenog, maksimalnog i minimalnog *UVI* se automatski prosleđuju na internet sajt Centra za meteorologiju i modeliranje životne sredine Univerziteta u Novom Sadu (www.cmep.rs) i istovremeno se arhiviraju u bazu podataka. U ovoj studiji pojam *UVI* će se odnositi na usrednjene desetominutne vrednosti.

Spektralni domet instrumenta je u između 280 i 400 nm dok mu je je osetljivost vrlo slična spektru biološki aktivnog UV zračenja. Prvenstveno, instrument je dizajniran za potrebe biomedicine, a kako je spektralni opseg sličan biološki aktivnom spektru upotrebljava se u UV-B monitoringu. Izgled i blok-dijagram instrumenta prikazan je na slici 2.10.



Slika 2.10 Izgled i shematski blok dijagram Yankee UVB-1 biometra (Yankee Environmental Systems Inc., 2008; Mijatović i sar., 2002).

Sunčevo zračenje, i direktno i difuzno, prolazi kroz spoljnu kupolu koja propušta UV-B zračenje. Prvi aktivni element instrumenta je predfilter napravljen od crnog stakla, prečnika 25 mm i 1,6 mm debljine. Ovaj filter propušta 80% upadnog UV-B zračenja i veoma malo vidljive svetlosti (crvena svetlost) talasne dužine oko 750 nm. Mešavina UV i crvene svetlosti pada na magnezijum wolfram koji se nalazi odmah ispod filtera. Magnezijum wolfram rasejava crvenu svetlost, apsorbira UV-B zrake i ponovo ih emituje kao zelenu svetlost. Drugi

filter od zelenog stakla, prečnika 25 mm i debljine 2,5 mm, propušta zelenu svetlost do fotodiode i apsorbira mali deo crvenog svetla koje je propustio crni filter. Fotodioda je od galijum arsen fosfora, ima maksimalnu osetljivost u oblasti zelene svetlosti, i redukuje uticaj crvenog svetla. Izlazna struja fotodiode je proporcionalna iznosu apsorbiranog UV-B zračenja. Signal sa fotodiode se dalje vodi na pojačivačku elektroniku tako da je konačni izlazni signal naponski. Izlazni naponski signal se množenjem sa koeficijentima prvo konvertuje u eritemalno zračenje, a zatim u *UVI*. Osnovni izvori grešaka u merenju *UVI* su (i) neizvesnost u određivanju kalibracione konstante instrumenta i (ii) konverzija analognog signala u digitalni. Senzor je kalibrisan 2002. godine u fabrici (Yankee Environmental Systems Inc., 2002), a test vremenske stabilnosti se radi svake godine i nije pokazao veća odstupanja. Gornja granica greške načinjene pri određivanju kalibracione konstante je 8%, greška načinjena pri konverziji signala u eritemalno zračenje za *SZA* manje od 65° oko 4%, dok se greška pri konverziji signala u digitalni može zanemariti. Uzimajući u obzir navedene izvore grešaka, maksimalna greška merenja ovog instrumenta je manja od 9% (Malinovic et al., 2006).

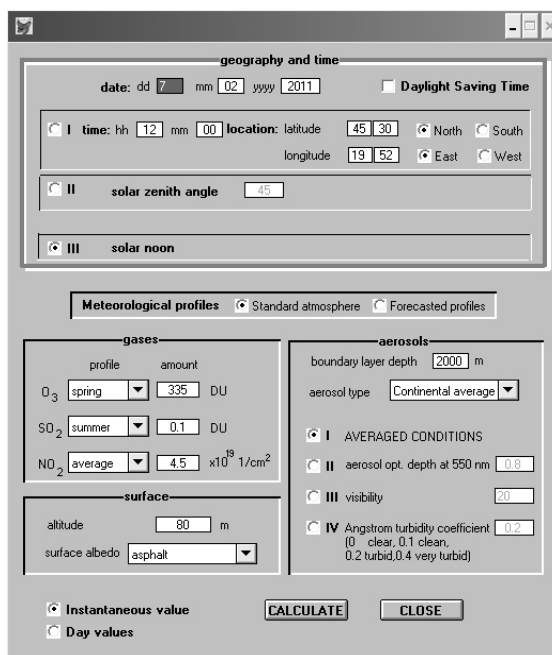
2.2.6 Model NEOPLANTA

Uprkos značajnom povećanju broja mesta za merenje UV zračenja u poslednjoj deceniji, prostorna gustina meteoroloških stanica koje su opremljene da mere UV zračenje je još uvek mala. Najnovija saznanja o procesima koji utiču na UV zračenje omogućavaju da se procene nivoi UV zračenja u mestima u kojima se ne meri, da se prognoziraju vrednosti za naredni dan kao i da se rekonstruišu nivoi UV zračenja u prošlosti. Procene nivoa UV zračenja zasnivaju se na modelima prenosa zračenja. Pored modela, mnoga istraživanja pokazuju da jaka linearna korelacija između UV i globalnog zračenja takođe može da se upotrebi za procenu (Fiester and Grasnick, 1992; Koronakis et al., 2002; Robaa, 2004).

Parametarski i empirijski modeli su značajne alatke za procenu UV zračenja (Malinovic-Milicevic and Mihailovic, 2011). Parametarski modeli izračunavaju UV zračenje na osnovu dostupnih atmosferskih parametara (Bird and Riordan, 1986; Gueymard, 1995; Yang et al., 2001; Paulescu et al., 2010), dok empirijski modeli izračunavaju UV zračenje na osnovu dužeg niza merenja (Burrows et al., 1994; Foyo-Moreno et al., 2007; Madronich, 2007). Parametarski modeli su tačniji ali su im za rad potrebne informacije o meteorološkim parametrima dok su empirijski modeli jednostavniji, ali i manje tačni.

U okviru Centra za meteorologiju i modeliranje životne sredine Univerziteta u Novom Sadu 2003. godine razvijen je parametarski numerički model za prognozu UV zračenja NEOPLANTA (Malinović, 2003; Malinovic et al., 2006). Model izračunava intenzitet direktnog i difuznog UV zračenja pri vedrom nebu u oblasti talasnih dužina od 280 do 400 nm i odgovarajući *UVI* na ravnoj površini Zemlje. Uzima u obzir uticaj O_3 , aerosola, molekula vazduha, SO_2 , NO_2 i podloge na intenzitet UV zračenja. U modelu atmosfera je izdvojena na paralelne slojeve (najviše 40), a pretpostavljeno je da je svaki sloj homogena sredina sa odgovarajućim vrednostima atmosferskog pritiska, vlažnosti i temperature vazduha. Vertikalna rezolucija modela je 1 km za visine manje od 25 km i 5 km za visine do 100 km, a

intenzitet zračenja se izračunava na donjoj granici svakog sloja. Model sadrži podatke o vertikalnim profilima atmosferskog pritiska, specifične vlažnosti i temperature vazduha za tzv. standardnu atmosferu, a moguće je koristiti vrednosti koje se prognoziraju uz pomoć numeričkog modela za prognozu vremena. Aerosoli su uključeni u model upotrebom nemačkog modela OPAC (Hess et al., 1998) koji obezbeđuje optičke karakteristike za deset različitih tipova aerosola. Model NEOPLANTA sadrži vertikalne profile i poprečne preseke atenuacije gasova, iradijansu na vrhu atmosfere, podatke o spektralnim karakteristikama aerosola i reflektivnosti devet različitih vrsta površina. Ulazni parametri modela su geografske koordinate, vreme, nadmorska visina i količina gasova. Izlazne vrednosti iz modela su: integrisani intenzitet zračenja u UV-A i UV-B oblasti, spektralne vrednosti globalnog, direktnog, difuznog i eritemalnog UV zračenja, spektralne vrednosti ukupne optičke debljine atmosfere za O_3 , SO_2 , NO_2 , aerosole i molekule vazduha, spektralne vrednosti transmitivnosti direktnog i difuznog zračenja, eritemalno UV zračenje i UVI . Svaka od izlaznih vrednosti se može dobiti na površini Zemlje kao i na donjoj granici svakog sloja.



Slika 2.11 Izgled ulaznog ekrana modela NEOPLANTA.

Model odvojeno izračunava direktno i difuzno UV zračenja sa rezolucijom od 1 nm u oblasti između 280 i 400 nm. Direktno zračenje na horizontalnoj površini na bilo kojoj talasnoj dužini (λ) izračunato je na sledeći način:

$$I_{dir}(\lambda) = I_0(\lambda)T(\lambda), \quad (2.11)$$

gde je parametar I_0 predstavlja ekstra terestrijalno zračenje na vrhu atmosfere korigovano za faktor udaljenosti Zemlje i Sunca, a T predstavlja ukupnu transmitivnost atmosfere. Transmitivnost je predstavljena je sledećom formulom:

$$T(\lambda) = \frac{I_{dir}(\lambda)}{I_0(\lambda)} = T_{O_3}(\lambda)T_{SO_2}(\lambda)T_{NO_2}(\lambda)T_{aer}(\lambda)T_{ray}(\lambda), \quad (2.12)$$

gde su T_{O_3} , T_{SO_2} , T_{NO_2} , T_{aer} i T_{ray} redom transmitivnosti O_3 , SO_2 , NO_2 , aerosola i molekula vazduha. Transmitivnosti su izračunate pomoću bezdimenzionalne veličine optičke debljine ($\tau(\lambda)$) koja je proizvod ukupnog koeficijenta ekstinkcije atmosfere $\beta(\lambda)$, i puta zraka kroz atmosferu s :

$$T(\lambda) = \exp(-\tau(\lambda)) = \exp(-\beta(\lambda)s). \quad (2.13)$$

Koeficijent ekstinkcije je izračunat množenjem poprečnog preseka ekstinkcije σ i broja molekula, odnosno čestica, u jediničnoj zapremini vazduha N :

$$\beta(\lambda) = \sigma(\lambda)N. \quad (2.14)$$

Poprečni preseki ekstinkcije O_3 se koriste u modelu su laboratorijski određeni za potrebe GOME spektrometra koji je lansiran 1995. godine (Burrows et al., 1994). Poprečni preseki ekstinkcije SO_2 i NO_2 koji se koriste u modelu su mereni u periodu od 1998. do 2000. godine za potrebe SCIAMACHY spektrometra koji je lansiran 2001. godine (Bogumil et al., 2000). Broj molekula u zapremini vazduha određen je kombinacijom ulaznih podataka o količini gasa i vertikalnih profila gasova koji su sastavni deo modela. Poprečni presek ekstinkcije ($\sigma_r(\lambda)$) molekula vazduha su u modelu NEOPLANTA izračunati uz pomoć sledeće formule (Liou, 1980):

$$\sigma_r(\lambda) = \frac{8\pi^3(m_r^2 - 1)^2}{3\lambda^4 N_r^2} f(\gamma), \quad (2.15)$$

gde je m_r realni deo indeksa prelamanja, N_r broj molekula po m^3 pri standardnim uslovima koji iznosi $2,547 \cdot 10^{25}$ i $f(\gamma)$ faktor korekcije zbog anizotropije molekula. Aproksimativna vrednost za realni deo indeksa prelamanja određena je pomoću izraza koji je definisao Liu (Liou, 1980), anizotropija molekula vazduha je preuzeta od Rugabera (Ruggaber et al., 1994), a koncentracija molekula je izračunata upotrebom jednačine stanja.

Difuzno zračenje na površini Zemlje izraženo je kao suma tri osnovne komponente: (i) zračenje nastalo usled rasejanja na molekulama vazduha (I_{ray}); (ii) zračenje nastalo usled rasejanja na aerosolima (I_{aer}) i (iii) zračenje koje je posledica višestruke refleksije između tla i atmosfere (I_{rf}). Kao polazna osnova za izračunavanje difuznog zračenja korišćene su formule iz modela Birda i Rijordana (Bird and Riordan, 1986). Ove formule su bile osnova i nekih ranije dizajniranih modela (Leckner, 1978; Brine and Iqbal, 1983; Justus and Paris, 1985). Kasnije, Bird i Rijordan su izvršili korekciju nakon poređenja sa složenijim modelima i merenim podacima.

Deo difuznog zračenja nastao usled rasejanja na molekulama izračunat je na sledeći način (Bird and Riordan, 1986):

$$I_{ray}(\lambda) = I_0(\lambda)T_{O_3}(\lambda)T_{SO_2}(\lambda)T_{NO_2}(\lambda)T_{aa}(\lambda)\langle 1 - T_{ray}^{0,95}(\lambda) \rangle 0.5, \quad (2.16)$$

gde $T_{aa}(\lambda)$ predstavlja transmitivnost atmosfere ako se uračuna samo apsorpcija na aerosolima, a izračunat je na sledeći način (Justus and Paris, 1985):

$$T_{aa}(\lambda) = \exp[-\langle 1 - \omega(\lambda) \rangle \tau_a(\lambda)], \quad (2.17)$$

gde je $\omega(\lambda)$ albedo jednostrukog rasejanja aerosola, a $\tau_a(\lambda)$ optička debljina aerosola. Vrednosti albeda jednostrukog rasejanja preuzeti su iz modela OPAC, a zavise od relativne vlažnosti i talasne dužine.

Deo difuznog zračenja nastao usled rasejanja na aerosolima izračunat je na sledeći način (Bird and Riordan, 1986):

$$I_{aer}(\lambda) = I_0(\lambda)T_{O_3}(\lambda)T_{SO_2}(\lambda)T_{NO_2}(\lambda)T_{aa}(\lambda)T_{ray}^{1.5}(\lambda)\langle 1 - T_{as}(\lambda) \rangle D_s(\lambda), \quad (2.18)$$

gde T_{as} predstavlja transmitivnost atmosfere ako se uračuna samo rasejanje na aerosolima, a D_s predstavlja parametar koji pokazuje koliki deo zračenja rasejanog na aerosolima je usmeren unapred. Transmitivnost atmosfere ako se uračuna samo rasejanje na aerosolima i izračunat je na sledeći način (Justus and Paris, 1985):

$$T_{aa}(\lambda) = \exp[-\omega(\lambda)\tau_a(\lambda)], \quad (2.19)$$

gde je $\omega(\lambda)$ albedo jednostrukog rasejanja aerosola, a $\tau_a(\lambda)$ optička debljina aerosola. Parametar D_s koji pokazuje koliki deo zračenja rasejanog na aerosolima je usmeren unapred zavisao je od koeficijenta asimetrije δ i izračunat je upotrebom sledećih formula (Bird and Riordan, 1986):

$$D_s = F_s C_s, \quad (2.20)$$

$$F_s = 1 - 0,5 \exp((B_1 + B_2 \cos \theta) \cos \theta), \quad (2.21)$$

$$B_1 = B_3 [1,459 + B_3 (0,1595 + B_3 \times 0,4129)], \quad (2.22)$$

$$B_2 = B_3 [0,0783 + B_3 (-0,3824 - B_3 \times 0,5874)], \quad (2.23)$$

$$B_3 = \ln(1 - \delta), \quad (2.24)$$

$$C_s(\lambda) = (\lambda + 0,55)^{1,8}. \quad (2.25)$$

Koeficijent asimetrije je preuzet iz modela OPAC.

Deo difuznog zračenja koje uračunava višestruku refleksiju između podloge i vazduha izračunat je sledećom formulom (Bird and Riordan, 1986):

$$I_{rf}(\lambda) = \frac{\langle I_{dir}(\lambda) + I_{ray}(\lambda) + I_{aer}(\lambda) \rangle r_s(\lambda) r_g(\lambda) C_s(\lambda)}{1 - r_s(\lambda) r_g(\lambda)}, \quad (2.26)$$

gde $r_g(\lambda)$ predstavlja albedo površine za datu talasnu dužinu, a $r_s(\lambda)$ reflektivnost neba. Reflektivnost neba je izračunata sledećom formulom:

$$r_s(\lambda) = T'_{O_3}(\lambda)T'_{aa}(\lambda)\left(0.5\left(1 - T'_{ray}(\lambda)\right) + \left(1 - F'_s(\lambda)\right)T'_{ray}(\lambda)\left(1 - T'_{as}(\lambda)\right)\right), \quad (2.27)$$

gde su transmitivnosti koje imaju indeks prim izračunate upotrebom formula (2.12) - (2.19) pri čemu je upotrebljena vrednost SZA od 60° .

Pri izradi model je testiran izvođenjem numeričkih eksperimenata (Malinović, 2003; Malinovic et al., 2003). Testovi osetljivosti na ulazne paramete pokazali su da se modelom pravilno mogu simulirati promene intenziteta UV zračenja kao i odnos direktnog i difuznog zračenja sa promenom količine ozona, tipa i količine aerosola, nadmorske visine, SZA i vrste podloge. Simulacije se kvalitativno slažu sa postojećim saznanjima: intenzitet se smanjuje sa povećanjem debljine ozonskog omotača, količine aerosola i nadmorske visine i sa povećanjem SZA , dok se udeo difuznog zračenja se povećava sa povećanjem SZA , količinom aerosola, prisustvom aerosola sa većom količinom vodorastvorivih čestica, povećanjem vlažnosti vazduha i podlogom koja više reflektuje zračenje. Simulacije su pokazale da ozon apsorbuje najveću količinu zračenja dok SO_2 , NO_2 imaju veoma mali uticaj osim u jako zagađenim područjima. Pokazano je da aerosoli u velikoj meri mogu da utiču i na količinu i na sastav UV zračenja na površini, dok je uticaj podloge mali osim u slučaju područja pokrivenih snegom. Takođe je pokazano da je zračenje koje stiže do površine u velikom delu difuzno, a da njegov iznos najviše zavisi od SZA . Rezultati modela NEOPLANTA upoređeni su sa rezultatima parametarskog modela STAR (Schwander et al., 2001; Ruggaber et al., 1994). Rezultati su pokazali da su unutar 85% ispitivanih uslova vrednosti u saglasnosti da granicom slaganja modela višestrukog rasejanja od $\pm 0,5 UVI$.

Karakteristike modela takođe su testirane poređenjem vrednosti izračunatog UVI i vrednosti izmerenih Yankee UVB-1 biometrom (Malinović, 2003; Malinovic et al., 2003; Malinovic et al., 2006; Malinovic-Milicevic and Mihailovic, 2011). Rezultati su pokazali saglasnost unutar $\pm 0,5 UVI$ kod svih ispitivanih merenja pri bezoblačnom nebu (Malinović, 2003), i kod 95% ispitivanih merenja pri oblačnosti do 2 desetine (Malinovic et al., 2006). Pokazano da se uz upotrebu prognoziranih profila meteoroloških elemenata pri izračunavanju UVI rezultati bolje slažu sa merenim nego kada se izračunavanje vrši sa profilima standardne atmosfere (Malinović, 2003). Poređenje merenih i izračunatih vrednosti u Novom Sadu od aprila do septembra 2006. godine pri različitim uslovima oblačnosti pokazalo je da model sa zadovoljavajućom tačnošću može da bude upotrebljen za praćenje UVI u mestima u Vojvodini u kojima on nije meren (Malinovic-Milicevic and Mihailovic, 2011).

2.2.7 Dejstvo UV zračenja na ljudski organizam

Efekti UV zračenja na živa bića i materijale su mnogobrojni i mogu biti pozitivni i negativni (Parrish et al., 1978; Biswas, 1979; Giese, 1982). Visoke doze UV zračenja mogu da uzrokuju bolesti kože i očiju, mogu da degradiraju materijal i oštete useve (Som, 1992). Efekti sunčevog zračenja na ljudski organizam zavise od talasne dužine, intenziteta i dužine

dejstva zračenja, kao i sposobnosti svakog organizma da se brani od štetnog dejstva. UV-A zračenje prodire u dublje slojeve epidermisa, ali su biološki efekti dejstva ovog zračenja slabijeg intenziteta i nisu odmah vidljivi. UV-A zračenje ima kumulativno dejstvo. Atmosfera je propustljiva za ovo zračenje, a izloženost ovom zračenju vodi ka tamnjenju kože koje može biti praćeno crvenilom, ogrubljivanju kože, padu imunog sistema i pojavi katarakte. Ono je neophodno za ljude zbog sinteze vitamina D₃, što se smatra jedinim pozitivnim uticajem UV zračenja na kožu. Pozitivno je i to što po vrši nski sloj kože usled stimulacije UV-B zračenjem zadebljava i time produžava put zračenja i što se aktivira proces stvaranja melanina koji apsorbuje ili reflektuje 90% UV zračenja. UV-B zračenje prodire do epidermisa, gde se najvećim delom i apsorbuje. Odgovorno je za nastanak opekotina, stvaranje slobodnih radikala, prevremeno starenje kože, oštećenja imunološkog sistema, pojavu karcinoma kože. Takođe stimuliše sintezu melanina, kao odbrambenog mehanizma kože. UV-C zračenje ima razarajuće dejstvo na žive organizme i sposobnost da ošteti DNK. Zbog toga se UV-C zračenje iz veštačkih izvora koristi za sterilizaciju vazduha i vode. Slučajna prekomerna izloženost može da dovede do opekotina.

Osetljivost ljudske kože na dejstvo UV zračenja se razlikuje od osobe do osobe i zavisi od mnogo faktora: etničke pripadnosti, životnog doba i opšteg stanja organizma. Etnička pripadnost, ali i genetski preduslovi (pigmentisanost) se mogu klasifikovati podelom kože na različite tipove. Kriterijumi za klasifikaciju kože na različite tipove su osetljivost kože koja se ogleda u pojavi eritema i njena sposobnost da nakon sunčanja potamni. Za evropsku populaciju su karakteristična prva četiri tipa kože, tako da sve o čemu dalje budemo govorili odnosiće se upravo na prva četiri tipa kože. Tipovi kože i njihove osnovne karakteristike su dati u tabeli 2.3. Tip kože I ne pokazuje znake tamnjenja i pri sunčanju brzo dobija teške opekotine. Tip kože II slabo tamni i ima visok rizik od pojave opekotina. Tip kože III pokazuje napredak u tamnjenju i u proseku dobro podnosi sunčanje, ali ponekad ipak trpi opekotine. Tip kože IV brzo i dobro tamni i retko dobija opekotine od Sunca.

Tabela 2.3 Definicija osnovnih fototipova kože za evropsku populaciju (Vanicek et al., 1999).

Fototip kože	I	II	III	IV
Stvaranje tena	nikad	ponekad	uvek	uvek
Opekotine od Sunca	uvek	ponekad	retko	nikada
Boja kose	crvena	plava	braon	crna
Boja očiju	plava	plava/zelena	siva/braon	braon

Koža se najbolje štiti odećom. Senka je takođe dobar vid zaštite, ali ona ne pruža potpunu zaštitu već samo onu od direktnog zračenja. Delovi kože koji nisu pokriveni odećom treba da se zaštite primenom zaštitnih preparata koji sadrže supstance koje apsorbuju u UV-A i UV-B oblasti. Postoje dva tipa zaštite kože: iznutra i spolja. Oralna sredstva zaštite od zračenja, tzv. sistemska fotozaštita, su najčešće kombinacije vitamina i drugih materija koje imaju antioksidaciono dejstvo. Primenuju se nekoliko nedelja pre letovanja da bi se dopunile zaštitne komponente u organizmu. Ovi preparati imaju preventivno dejstvo i nisu sami po sebi dovoljni. Kozmetički preparati koji se nanose spolja su proizvodi koji istovremeno štite,

hrane, vlaže i neguju kožu. Osnovno svojstvo ovih preparata je definisano kao SPF. Predstavlja brojnu vrednost koja pokazuje koliko se puta duže može boraviti na Suncu uz primenu preparata, u odnosu na stanje bez njega, a da ne dođe do pojave crvenila. S obzirom da prati pojavu crvenila, ova metoda govori samo o zaštiti koju preparat obezbeđuje od UV-B zračenja. Iako je UV-A 1000 puta slabije sposobnosti da izazove crvenilo od UV-B zračenja i ono izaziva čitav niz neželjenih efekata. Na preparatima koji štite i od UV-A zračenja postoji posebna napomena. Osnovni sastojci ovih preparata su zaštitni filtri koji apsorbuju ili reflektuju zračenje UV oblasti. Veoma je bitno koristiti zaštitna sredstva tokom čitave godine, a ne samo leti i za vreme sunčanih dana kada je osetilni faktor prisutan. Da bi se *UVI* konvertovo u broj minuta koji je potreban da koža počne da crveni može da se upotrebi tabela 2.4. Prema tabeli 2.4 pri vrednosti *UVI* 4 i tipu kože II koža će početi da crveni ni posle 25 minuta sunčanja ($100/4 = 25$ minuta). Ako se koristi losion za sunčanje broj minuta pomnoži se sa zaštitnim faktorom. Na primer, ako se koristi losion sa zaštitnim faktorom 6 koža tipa II će početi da crveni nakon 150 minuta ($6 \cdot 100/4 = 150$ minuta).

Tabela 2.4 Maksimalno vreme izlaganja (Van der A et al., 2000).

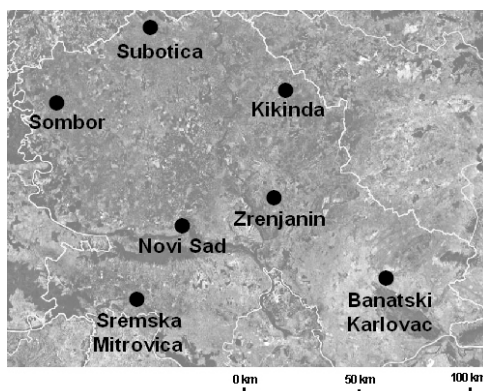
Tip kože	Maksimalno vreme izlaganja (minuti)
I	67/ <i>UVI</i>
II	100/ <i>UVI</i>
III	200/ <i>UVI</i>
IV	300/ <i>UVI</i>

2.3 Materijal i metode rada

Jedan od ciljeva rada je da se ispita odnos između sunčevog globalnog i UV zračenja i konstruiše empirijska formula na osnovu koje će se pokušati proceniti vrednosti UV zračenja na mestima i u vremenu kada ono nije mereno. Konstruisanje empirijskih formule za procenu UV-B zračenja urađeno je na osnovu podataka o *UVI* merenim u Novom Sadu i podataka o dnevnom trajanju sunčevog sjaja koji su izmereni na meteorološkoj stanici Rimski Šančevi. Upotrebom Prescottove formule (Prescott) na osnovu dnevnog trajanja sunčevog sjaja izračunate su dnevne sume globalnog zračenja, a na osnovu izmerenih vrednosti *UVI* izračunate su dnevne sume UV-B zračenja. Zatim je iz odnosa dnevnih suma globalnog zračenja i dnevnih suma UV-B zračenja dobijena formula za procenu dnevne sume UV-B zračenja. Dobijena formula je upotrebljena izračunavanje suma UV-B zračenja u periodima i na lokacijama gde UV zračenje nije mereno, a za koje smo imali podatke o globalnom zračenju ili podatke meteoroloških promenljivih na osnovu kojeg je globalno zračenje moguće proceniti (u daljem tekstu nazvane alternativnim meteorološkim promenljivim).

2.3.1 Opis mernih mesta i upotrebljenih podataka

U ovom radu korišćeni su podaci sa dve AMS i sedam GMS u Vojvodini. Izmerene vrednosti globalnog zračenja preuzete su sa AMS Novi Sad i Pančevo. U okviru mreže GMS RHMZ Srbije globalno zračenje se ne meri pa su sa tih stanica za konstrukciju empirijskih formula korišćeni podaci alternativnih meteoroloških promenljivih na osnovu kojeg ga je moguće proceniti. Podaci o dnevnom trajanju sunčevog sjaja i srednjoj dnevnoj oblačnosti prikupljeni su sa GMS smeštenih u Novom Sadu (Rimski Šančevi), Subotici (Palić), Somboru, Zrenjaninu, Sremskoj Mitrovici, Kikindi i Banatskom Karlovcu. Izmerene vrednosti *UVI* preuzete su sa Departmana za fiziku Prirodno matematičkog fakulteta u Novom Sadu.



Slika 2.12 Mreža GMS u Vojvodini (izvor: RHMZ, 2011).

AMS Novi Sad nalazi se na 84 m nadmorske visine u blizini Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu. Koordinate stanice su $45^{\circ}15'$ s.g.š. i $19^{\circ}51'$ i.g.d. Merenja se odnose na period od 1. avgusta 1999. do 20. decembra 2005. godine, sa povremenim prekidima. Za merenje globalnog zračenja korišćen je piranometar Janiševskog. Intenzitet izmerenog globalnog zračenja je registrovan u W/m^2 , a meren je na svakih deset minuta.

AMS Pančevo nalazi se na 76 m nadmorske visine. Koordinate stanice su $44^{\circ}50'$ s.g.š. i $20^{\circ}40'$ i.g.d. Period na koji se merenja odnose počinje 15. avgusta 2007. i proteže se do 31. decembra 2008. godine. Za merenje globalnog zračenja korišćen je elektronski piranometar proizvodnje Kip i Zonen (Kipp & Zonen), koji je registrovao zračenje u W/m^2 na svakih 7 minuta.

GMS Rimski Šančevi nalazi se na 86 m nadmorske visine. Koordinate stanice su $45^{\circ}20'$ s.g.š. i $19^{\circ}51'$ i.g.d. Korišćeni su nizovi podataka o dnevnom trajanju sunčevog sjaja i o srednjoj dnevnoj oblačnosti u periodu od 1. januara 1981. do 31. decembra 2009. godine.

GMS Palić nalazi se na 102 m nadmorske visine. Koordinate stanice su $46^{\circ}06'$ s.g.š. i $19^{\circ}46'$ i.g.d. Korišćeni su nizovi podataka o dnevnom trajanju sunčevog sjaja i o srednjoj dnevnoj oblačnosti u periodu od 1. januara 1981. do 31. decembra 2008. godine, sa povremenim prekidima merenja oba parametra.

GMS Sombor nalazi se na 88 m nadmorske visine. Koordinate stanice su $45^{\circ}47'$ s.g.š. i $19^{\circ}05'$ i.g.d. Korišćeni su nizovi podataka o dnevnom trajanju sunčevog sjaja i o srednjoj dnevnoj oblačnosti u periodu od 1. januara 1981. do 31. decembra 2008. godine.

GMS Banatski Karlovac nalazi se na 89 m nadmorske visine. Koordinate stanice su $45^{\circ}03'$ s.g.š. i $21^{\circ}02'$ i.g.d. Korišćen je niz podataka o dnevnom trajanju sunčevog sjaja u periodu od 15. juna 1989. godine do 31. decembra 2008. godine, kao i podaci o srednjoj dnevnoj oblačnosti u periodu od 1. oktobra 1985. do 31. decembra 2008. godine.

GMS Kikinda nalazi se na 81 m nadmorske visine. Koordinate stanice su $45^{\circ}51'$ s.g.š. i $20^{\circ}28'$ i.g.d. Korišćeni su nizovi podataka o dnevnom trajanju sunčevog sjaja i o srednjoj dnevnoj oblačnosti u periodu od 1. januara 1981. do 31. decembra 2008. godine.

GMS Zrenjanin nalazi se na 80 m nadmorske visine. Koordinate stanice su $45^{\circ}24'$ s.g.š. i $20^{\circ}21'$ i.g.d. Korišćeni su nizovi podataka o dnevnom trajanju sunčevog sjaja i o srednjoj dnevnoj oblačnosti u periodu od 1. januara 1981. do 31. decembra 2008. godine, sa povremenim prekidima merenja oba parametra.

GMS Sremska Mitrovica nalazi se na 81 m nadmorske visine. Koordinate stanice su $44^{\circ}58'$ s.g.š. i $19^{\circ}38'$ i.g.d. Korišćen je niz podataka o dnevnom trajanju sunčevog sjaja u periodu od 7. juna 1989. godine do 31. decembra 2008. godine, kao i podaci o srednjoj dnevnoj oblačnosti u periodu od 1. januara 1981. do 31. decembra 2008. godine.

Kao što je već pomenuto, *UVI* se meri Yankee UVB-1 biometrom koji je vlasništvu je Departmana za fiziku u Novom Sadu i koji je postavljen na krovu Poljoprivrednog fakulteta kampusa Univerziteta u Novom Sadu na nadmorskoj visini od 84 m. Koordinate uređaja su $45^{\circ}15'$ s.g.š. i $19^{\circ}51'$ i.g.d. Korišćen je niz podataka u intervalima od 10 minuta od 25. aprila 2003. do 31. decembra 2009. godine, sa povremenim prekidima merenja.

Svi podaci su pregledani u pogledu valjanosti i kontinuiteta i formirani su nizovi za dalju obradu. Analizom dnevnih suma i dnevnog hoda globalnog zračenja za Novi Sad utvrđeno je da su izračunate sume znatno manje u odnosu na prosečne, kao i da je dnevni hod nepravilan. Instrument je kasnije registrovao izlazak, a ranije zalazak Sunca. Uzrok ovoga leži u tome da je aparat postavljen na lošu lokaciju, tako da je samo deo od ukupnog globalnog zračenja stizao do prijemnog dela piranometra (Janković, 2009). Zbog toga se odustalo od upotrebe ovog niza podataka, a upotrebljena su merenja sa AMS Pančevo. Sa AMS Pančevo preuzete su hronološki časovne vrednosti intenziteta globalnog zračenja iz kojih su potom eliminisana: (1) sva neregularna merenja koja su se nalazila između časovnih vrednosti, (2) svi dani u kojima su nedostajala merenja, kao i (3) dani kod kojih su primećene prevelike ili premale vrednosti izmerenog intenziteta globalnog zračenja. Podaci o dnevnom trajanju sunčevog sjaja i srednjoj dnevnoj oblačnosti su pregledani u pogledu valjanosti i kontinuiteta i formirano je sedam posebnih fajlova za dalju obradu. Za periode ranije nevedene u podpoglavlju 2.3.1. nizovi podataka za oba parametra su potpuni za stanice Rimski Šančevi, Kikinda i Sombor. U nizovima podataka za stanice Banatski Karlovac i Sremsku Mitrovicu nedostaje deo merenja o dnevnom trajanju sunčevog sjaja, dok su za stanice Palić i Zrenjanin konstatovani povremeni prekidi merenja oba parametra. Podaci o desetominutnim vrednostima *UVI* automatski se upisuju u jednodnevne datoteke, što je nepraktično za dalju obradu, pa je prvo formirana jedinstvena datoteka u kojoj su smeštena sva merenja. Zatim su uklonjene vrednosti za koje je primećeno da je *UVI* prevelik ili premali.

Na početku rada planirano je da se koriste merene vrednosti UV zračenja u Novom Sadu u periodu od 2002. do 2007. god. Međutim, od 2002. godine kada je senzor dobijen do

aprila 2003 godine merenja su se izvodila povremeno tako da ne postoje nizovi podataka koje je moguće upotrebiti. Zbog toga je odlučeno da se upotrebe vrednosti od aprila 2003. godine do decembra 2009. godine. Iako je planirano da se koriste vrednosti meteoroloških elemenata za period 1992-2007. godina, od RHMZ dobijeni su podaci za period 1981-2008. godina. Ovi podaci iskorišćeni su da se napravi analiza za period koji je za 11 godina duži u odnosu na onaj koji je prvobitno planiran.

2.3.2 Izračunavanje dnevnih suma globalnog zračenja

Za AMS Pančevo dnevne sume globalnog zračenja izračunate su integracijom časovnih vrednosti intenziteta globalnog zračenja, dok su na ostalim stanicama, gde se globalno zračenje ne meri, dnevne sume globalnog zračenja izračunate upotrebom podataka o dnevnom trajanju sunčevog sjaja i srednje dnevne oblačnosti upotrebom Preskotove formule (Coulson, 1975). Prema Preskotovoj formuli dnevna suma globalnog zračenja (G_d) zavisna je od dnevne sume sunčevog zračenja koja stiže na vrh atmosfere, G_a i relativnog dnevnog trajanja sunčevog sjaja, S_r :

$$G_d = G_a(a + bS_r) \quad (2.28)$$

gde su a i b empirijski koeficijenti za datu stanicu. U formuli (2.28) umesto relativnog dnevnog trajanja sunčevog sjaja, S_r može da se upotrebiti i srednja dnevna oblačnost C u skali od 1 do 10 (Mihailovic and Acs, 1984). Dnevna suma globalnog zračenja, G_d izražena je u MJ/m². Pošto na pojedinim stanicama postoje povremeni prekidi merenja srednje dnevne oblačnosti i dnevnog trajanja sunčevog sjaja bilo je potrebno odlučiti da li će se pri izračunavanju dnevne sume globalnog zračenja koristiti oba ili samo jedan parametar. Prvo su dnevne sume globalnog zračenja za sve stanice izračunate upotrebom srednje dnevne oblačnosti i dnevnog trajanja sunčevog sjaja i zatim su dobijene vrednosti upoređene. Upoređivanjem dobijenih suma utvrđeno je da vrednosti izračunate uz pomoć oblačnosti i do 570 MJ/m² premašuju vrednosti izračunate upotrebom dnevnog trajanja sunčevog sjaja. Da bi se izbegla dodatna greška odustalo se od upotrebe srednje dnevne oblačnosti za izračunavanje dnevnih suma globalnog zračenja.

Dnevna suma sunčevog zračenja koja stiže na vrh atmosfere, G_a izražena u MJ/m², je izračunata sledećom formulom (Duffie and Beckman, 1994):

$$G_a = \frac{24 * 3,6 * 10^{-3} S_0}{\pi} \left(1 + 0,033 \cos \left(360 \frac{J}{365} \right) \right) \cos \phi \cos \delta \sin \omega + \omega \sin \phi \sin \delta \quad (2.29)$$

gde je S_0 solarna konstanta pri srednjem rastojanju Zemlje od Sunca, J je redni broj dana u godini, ϕ je geografska širina lokacije, δ je deklinacioni ugao, ω je ugao zalaska Sunca.

Deklinacioni ugao δ , izražen u radijanima, je izračunat sledećom formulom (Allen et al., 1998):

$$\delta = 0,409 \sin\left(\frac{2\mathcal{J}\pi}{365} - 1,39\right), \quad (2.30)$$

dok je ugao zalaska Sunca ω , izražen u radijanima, izračunat uz pomoć formule (Allen et al. 1998)

$$\omega = \cos^{-1}(-\tan\phi \tan\delta). \quad (2.31)$$

Relativno dnevno trajanje sunčevog sjaja, S_r , predstavlja odnos dnevnog trajanja sunčevog sjaja S_d i maksimalno mogućeg (potencijalnog) dnevnog trajanja sunčevog sjaja S_p tj.

$$S_r = \frac{S_d}{S_p}. \quad (2.32)$$

Za izračunavanje potencijalnog dnevnog trajanja sunčevog sjaja S_p izraženog u satima upotrebljena je sledeća formula (Duffie and Beckman, 1994; Akpabio, 1992)

$$S_p = \left(\frac{180}{\pi}\right)\left(\frac{2}{15}\right) \times \omega. \quad (2.33)$$

Empirijski koeficijenti a i b u formuli (2.28) zavise od geografskog položaja mesta za koje se određuju. Fizički smisao koeficijenta a je da predstavlja odnos sunčevog zračenja koje stigne do Zemljine površine i sunčevog zračenja koje stiže na vrh atmosfere u toku potpuno oblačnog dana, dok fizički smisao zbira ova dva koeficijenta $a + b$, je da predstavlja odnos iste ove dve veličine, ali u toku potpuno bezoblačnog dana. Za izračunavanje globalnog zračenja za sve lokacije korišćeni su empirijski koeficijenti za područje Novog Sada (tabela 2.5) za tri vremenska perioda u godini.

Tabela 2.5 Vrednosti empirijskih koeficijenata a i b u Preskotovoj formuli za Novi Sad za različite vremenske periode u godini (i) uz upotrebu relativnog dnevnog trajanja sunčevog sjaja i (ii) srednje dnevne oblačnosti.

	Oktobar - Mart		April – Jun		Jul - Septembar	
	a	b	a	b	a	b
i	0,230	0,610	0,260	0,530	0,320	0,400
ii	0,780	-0,054	0,790	-0,048	0,730	-0,025

2.3.3 Izračunavanje dnevnih suma UV-B zračenja

Da bi se uz pomoć podataka o UV i globalnom zračenju mogla izvesti zadovoljavajuća formula za procenu UV zračenja, kao i da bi se mogla izvršiti njena verifikacija, podaci o izmerenom UV zračenju u Novom Sadu razvrstani su za dva perioda. Podaci iz perioda 2003-

2008. godina su upotrebljeni za izračunavanje empirijske formule, dok su podaci iz 2009. godine služili za njenu verifikaciju.

Kako bi se odredilo da li su nizovi za svaki dan potpuni ili ne prvo je za svaki dan izračunat početak i kraj obdanice i maksimalan moguć broj merenja u toku nje. Izračunavanje početka i kraja obdanice izvršeno je tako što je izračunato univerzalno vreme izlaska i zalaska Sunca i zatim je ono korigovano za vremensku zonu, odnosno dodat je 1 sat kada je na snazi zimsko računanje vremena i 2 sata kada je letnje računanje vremena. Univerzalno vreme (UT) ili srednje griničko vreme (GMT) je vreme koje se meri u griničkoj vremenskoj zoni sa centralnim meridijanom od 0° geografske dužine u astronomskoj laboratoriji u Engleskoj. Univerzalno vreme izlaska i zalaska Sunca T_r u minutima izračunato je sledećom formulom (Meeus, 1999):

$$T_r = 720 + 4(\chi - h_r) - E_r, \quad (2.34)$$

gde je χ geografska dužina izražena u stepenima, h_r časovni ugao izlaska i zalaska Sunca izražen u stepenima i E_r vremensko izjednačenje izraženo u minutima. Časovni ugao za vreme zalaska i izlaska Sunca h_r izražen u stepenima izračunat je sledećom formulom (Meeus, 1999):

$$h_r = \pm \arccos \left(\frac{\cos(90,833)}{\cos(\phi) \times \cos(\delta)} - \tan(\phi) \tan(\delta) \right), \quad (2.35)$$

gde je δ deklinacija, a ϕ je geografska širina lokacije. Pozitivan časovni ugao odgovara izlasku, a negativan zalasku Sunca. Vremensko izjednačenje (E_r) predstavlja razliku između pravog Sunca i srednjeg Sunca. Korišćenje pravih sunčevih dana je nepraktično jer je njihovo trajanje promenljivo. Zbog toga je uveden pojam srednjeg sunčevog vremena koje je jednako srednjem trajanju svih dana u godini. Različito trajanje dana u godini uslovljeno je sa dva razloga. Prvi razlog je što je kretanje Zemlje oko Sunca po ekliptici neravnomerno, što je uzrokovano ekscentričnošću orbite. Naime Zemlja brže kruži oko Sunca pri perihelu i sporije pri ahelu, pa Sunce počinje brže da se kreće po horizontu u januaru i sporije u junu. Pojam srednjeg ekliptičnog Sunca označava Sunce koje se kreće jednakom brzinom na horizontu i sa pravim Suncem se poklapa 3. januara i 4. juna. Pravo Sunce ide ispred srednjeg ekliptičnog od januara do juna, a zaostaje od juna do januara. Drugi razlog je što se i srednje ekliptično Sunce još uvek kreće neravnomernom brzinom u pravcu sever-jug u odnosu na ekvator jer je ekliptika nagnuta u odnosu na ekvator za ugao 23°27'. Kretanje Sunca je najbrže blizu ravnodnevnica i najsporije blizu solsticija. Zbog toga je uveden i pojam srednjeg ekvatorskog Sunca koje se kreće po nebeskom ekvatoru konstantnom brzinom. Pravo Sunce kasni iza srednjeg kada je ekliptika strmo nagnuta ka ekvatoru i ide ispred kada je skoro paralelna. Kombinacija ova dva efekta daje vremensku razliku između pravog Sunca i srednjeg Sunca koja može da iznosi do 15 minuta i za određeni dan u godini može se izračunati na sledeći način (Meeus, 1999)

$$E_t = 229,18 \begin{pmatrix} 0,000075 + 0,001868 \cos(\gamma) - 0,032077 \sin(\gamma) \\ -0,014615 \cos(2\gamma) - 0,040849 \sin(2\gamma) \end{pmatrix} \quad (2.36)$$

Ugao γ u formuli 2.35 je definisan sa (Meeus, 1999)

$$\gamma = \frac{2\pi}{365} \left(J - 1 + \frac{t-12}{24} \right), \quad (2.37)$$

gde je J redni broj dana u godini, a t zvanično vreme izraženo u satima.

Kada je izračunat maksimalan moguć broj merenja za svaki dan, sa tim brojem su upoređeni izmereni podaci. Zatim su mereni podaci razvrstani u dve datoteke, u prvu su upisivani podaci za dane kod kojih su merenja potpuna, a u drugu dani u kojima su desetominutni nizovi nepotpuni. Odlučeno je da se iz datoteke sa nepotpunim nizovima koriste oni dani kod kojih nedostaje manje od 3 sata merenja pa su izdvojeni oni dani kod kojih u toku obdanice nedostaje manje od 18 merenja. Tako su dobijene dve datoteke za dalju obradu, jedna sa potpunim nizovima sa podacima za ukupno 965 dana, i druga sa nepotpunim ali iskoristivim podacima za ukupno 337 dana.

Sledeći korak u obradi podataka je da se iz merenih podataka o UVI dobiju dnevne sume UV-B zračenja. Dnevne sume UV-B zračenja ili dnevne doze UV-B zračenja (UVB_d) izračunate su pomoću Difejevog (Diffey) (C_{diff}) i UV-B kalibracionog faktora (C_{UVB}) koji su funkcija SZA i čije su su vrednosti prikazane u tabeli 2.6.

Tabela 2.6 Vrednosti C_{diff} i C_{UVB} Yankee UV-B biometra (Yankee Environmental Systems, 2008).

SZA	C_{diff} (W/m ² /V)	C_{UVB} (W/m ² /V)
21,8	0,144	1,907
25,0	0,143	1,953
30,0	0,141	2,006
35,0	0,139	2,060
40,0	0,138	2,105
45,0	0,136	2,164
50,0	0,136	2,240
55,0	0,137	2,338
60,0	0,140	2,494
65,0	0,145	2,658
70,0	0,145	2,589

Da bi se svakom izmerenom UVI dodelili odgovarajući kalibracioni koeficijenti prvo je za svako vreme za koje imamo izmeren UVI izračunat SZA uz pomoć sledeće formule (Spencer, 1971):

$$SZA = \sin(\phi) \times \sin(\delta) + \cos(\phi) \times \cos(\delta) \times \cos(h), \quad (2.38)$$

gde ϕ predstavlja geografsku širinu, δ deklinaciju i h časovni ugao. Časovni ugao (h) je ugao za koji Zemlja mora da se okrene da meridijan na kome se meri zračenje dođe direktno ispod Sunca i funkcija je doba dana. Časovni ugao izražen u radijanima izračunat je preko sledeće formule (Meeus, 1999):

$$h = \frac{\pi}{180} \left[\left(\frac{T_s}{4} \right) - 180 \right], \quad (2.39)$$

gde T_s predstavlja pravo sunčevo vreme. Pravo sunčevo vreme (T_s) je vreme proteklo od trenutka donje kulminacije Sunca do bilo kojeg drugog njegovog položaja izraženo u pravim sunčevim danima, satima, minutima i sekundama. Određuje se po prividnom kretanju Sunca, uzimajući za podne trenutak kada se središte Sunca nalazi nad južnom tačkom horizonta. Ono se razlikuje se i od službenog i od mesnog vremena iz razloga zbog toga što je u toku godine prividno kretanje Sunca po nebu neravnomerno, a časovnici idu ravnomerno. Za izračunavanje pravog sunčevog vremena potrebno je službeno vreme T_o korigovati je za udaljenost mesta od srednjeg meridijana časovne zone kojoj pripada C_1 (ovako korigovano pravo sunčevo vreme se u literaturi još naziva i srednje mesno vreme) i za razliku između pravog i srednjeg sunčevog vremena E_1 . Pravo Sunčevo vreme izraženo u minutima se izračunava na sledeći način (Meeus, 1999):

$$T_s = T_o + E_1 - C_1. \quad (2.40)$$

Službeno vreme (T_o) je zvanično vreme u regionu. To je vreme unutar jedne časovne zone i podešeno je za poziciju srednjeg meridijana za standardnu časovnu zonu. Zemljina površina je podeljena u 24 jednake vremenske zone koje su ograničene sa dva meridijana udanjena 15° za koliko se Zemlja okrene u toku jednog sata. Sve vremenske zone koje su istočno od Griniča su u prednosti u odnosu na univerzalno vreme (npr. srednjeevropska časovna zona UT+01:00), dok su vremenske zone koje su zapadno u zakašnjenju. Ukoliko je za dati momenat vremena na snazi letnje računanje vremena službeno vreme treba korigovati tako što ćemo mu oduzeti jedan sat. Korekcija udaljenosti mesta od srednjeg meridijana časovne zone (C_1) izražena u minutima izračunata je upotrebom sledeće formule (Meeus, 1999):

$$C_1 = 60Z_1 - 4\chi, \quad (2.41)$$

gde Z_1 predstavlja vremensku zonu izraženu u satima, a χ geografsku dužinu izraženu u stepenima. U našem proračunu zapadna geografska dužina ima pozitivan predznak, a istočna negativan. U mestima koja su istočnije od srednjeg meridijana Sunce dostiže svoju kulminaciju ranije, a u mestima koja su zapadnije kasnije od lokalnog podneva. Maksimalna razlika je 30 minuta. Za izračunavanje lokalnog srednjeg sunčevog vremena potrebno je lokalnom standardnom vremenu dodati 4 minuta za svaki stepen geografske širine istočno ili oduzeti 4 minuta za svaki stepen zapadno od srednjeg meridijana.

Nakon izračunavanja *SZA* pristupilo se izračunavanju dnevnih doza UV-B zračenja tako što je prvo *UVI* pretvoren u eritemalno zračenje UV_{bio} deljenjem sa 40:

$$UV_{bio} = \frac{UVI}{40}. \quad (2.42)$$

Eritemalno zračenje UV_{bio} je zatim podeljeno sa vrednošću C_{diff} za odgovarajući SZA i na taj način je dobijen izlazni signal senzora S u voltima:

$$S = \frac{UV_{bio}}{C_{diff}}. \quad (2.43)$$

Množenjem izlaznog signala sa pripadajućim C_{UVB} dobijen je intenzitet UV-B zračenja I_{UVB} tj.

$$I_{UVB} = SC_{UVB}. \quad (2.44)$$

Nakon toga su izračunate dnevne sume UV-B zračenja, UVB_d , integracijom svih vrednosti intenziteta UV-B zračenja u toku obdanice, odnosno

$$UVB_d = \int I_{UVB} dt. \quad (2.45)$$

Dnevne sume UV-B zračenja su integracijom izračunate za ukupno 1302 dana za period 2003-2008. godina. Za 965 dana koja su imala sva merenja u toku obdanice integracija je vršena na vremenski period od 10 minuta (dt). Za 337 dana kojima nedostaje manje od 18 merenja u toku obdanice integracija je vršena na vremenski period između dva najbliža merenja. U 2009. godini dnevne sume UV-B zračenja su izračunate za ukupno 300 dana od čega je 28 dana bilo sa nepotpunim podacima. Dnevne sume UV-B zračenja izražene su u MJ/m². Ovako izračunate vrednosti dnevne sume UV-B zračenja radi lakše razumljivosti teksta koji sledi ubuduće će se označavati kao osmotrene.

2.3.4 Konstruisanje empirijske formule za procenu dnevnih suma UV-B zračenja

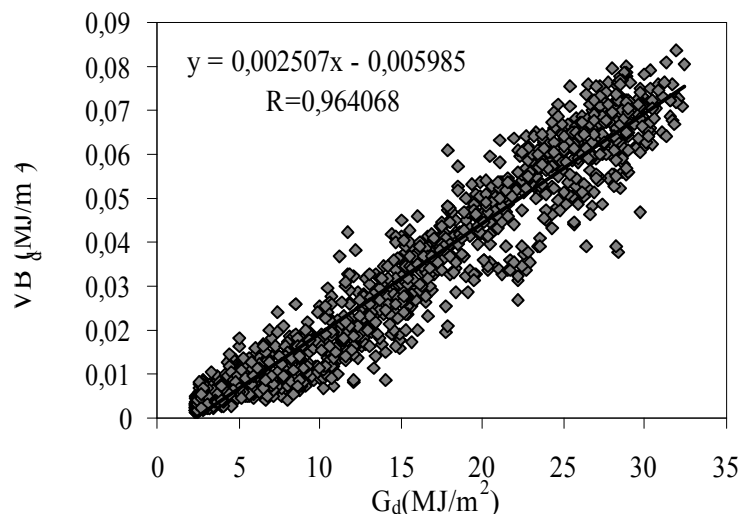
Između G_d sa jedne strane i UVB_d sa druge strane ustanovljena je pozitivna linearna korelacija sa koeficijentom korelacije 0,964068 u formi $UVB_d = a_1 \times G_d + b_1$, gde su a_1 i b_1 empirijski koeficijenti (slika 2.13). Koeficijenti linearne funkcije, a_1 i b_1 , izračunati su primenom metode najmanjih kvadrata sledećim formulama:

$$a_1 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}, \quad (2.46)$$

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 \sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n x_i y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}, \quad (2.47)$$

gde x_i i y_i predstavljaju vrednosti promenljivih $x = G_d$ i $y = UVB_d$, za svaki dan, dok n predstavlja broj podataka. Konstruisana je formula za procenu UVB_d koja ima sledeći oblik:

$$UVB_d = 0,002507 G_d - 0,005985. \quad (2.48)$$



Slika 2.13 Korelacija između UVB_d i G_d u Novom Sadu.

Konstruisana formula (2.48) daje negativne vrednosti UVB_d kada je vrednost $G_d < 2,3876012$ pa je iz tog razloga uveden uslov da je vrednost UVB_d za ove slučajeve konstantno i jednako $0,000001 \text{ MJ/m}^2$. U periodu 2003-2008. godina vrednosti G_d su bile ispod navedene granice u 19 dana, odnosno u 1,18% slučajeva.

2.3.5 Verifikacija empirijske formule za procenu dnevnih suma UV-B zračenja

Verifikacija konstruisane formule izvršena je na dva seta podataka. Uz pomoć formule 2.47 i vrednosti G_d izračunate su vrednosti UVB_d za (i) period na osnovu kojeg je formula konstruisana (vrednosti za 1302 dana merene između aprila 2003. godine i decembra 2008. godine) i (ii) period koji obuhvata 300 dana od februara do decembra 2009. godine. Svaki set podataka je dodatno podeljen na topli i hladni deo godine. Topli deo godine obuhvata period april-septembar, dok hladni deo obuhvata period oktobar-mart. Podela na topli i hladni deo godine izvršena je da bi se utvrdilo kakve su karakteristike dobijene formule u periodu kada su nivoi UV zračenja najveći (april-septembar) u odnosu na preostali deo godine.

U cilju kvantitativne analize dobijenih rezultata upotrebljeni su sledeći statistički pokazatelji (Mihailovic et al., 2004a; Malinovic-Milicevic and Mihailovic, 2011):

$$RMSE = \left\{ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\Gamma_i - \hat{\Gamma}_i)^2 \right\}^{1/2}, \quad (2.49)$$

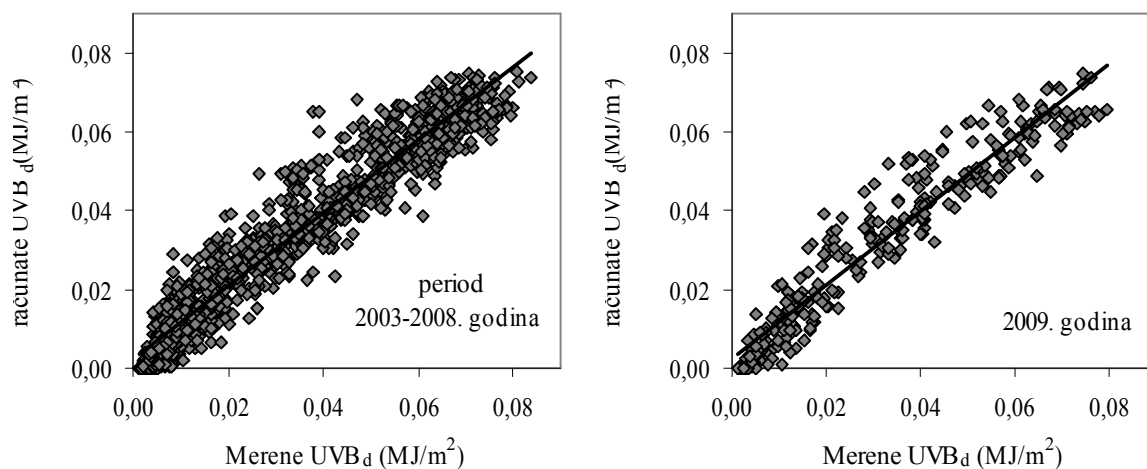
$$\eta = \left[\sum_{i=1}^N (\Gamma_i - \bar{\Gamma})^2 / N \right]^{1/2}, \quad (2.50)$$

$$\hat{\eta} = \left[\sum_{i=1}^N (\hat{\Gamma}_i - \bar{\hat{\Gamma}})^2 / N \right]^{1/2}, \quad (2.51)$$

$$AD = \sum_{i=1}^N \left| \frac{(\Gamma - \hat{\Gamma})}{\hat{\Gamma}} \right| / 100N \quad (2.52)$$

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N (\Gamma_i - \bar{\Gamma})(\hat{\Gamma}_i - \bar{\hat{\Gamma}})}{\left[\sum_{i=1}^N (\Gamma_i - \bar{\Gamma})^2 \sum_{i=1}^N (\hat{\Gamma}_i - \bar{\hat{\Gamma}})^2 \right]^{1/2}}. \quad (2.53)$$

U formulama (2.49) –(2.53) Γ i $\hat{\Gamma}$ predstavljaju izračunate i osmotrene UVB_d vrednosti dok je N ukupan broj podataka. Vodoravna linija iznad znaka označava prosečnu vrednost UVB_d . Srednja kvadratna greška je označena sa $RMSE$, a njene niske vrednosti ukazuju na dobro slaganje izračunatih i osmotrenih vrednosti. Standardne devijacije izračunatih i osmotrenih UVB_d vrednosti su označene sa η i $\hat{\eta}$. Približne vrednosti η i $\hat{\eta}$ ukazuju na dobro slaganje izračunatih i osmotrenih UVB_d vrednosti. Srednja kvadratna greška koja je manja od standardne devijacije osmotrenih vrednosti ukazuje bolji na kvalitet izračunatih vrednosti. Apsolutna procentualna razlika između izračunatih i osmotrenih UVB_d vrednosti je definisana kao AD , dok je R Pirsonov koeficijent korelacije. Kada je R veći od 0,7 korelaciju možemo okarakterisati kao snažnu, a kada je vrednost ispod 0,4 korelacija se smatra slabom (Raič, 2005). Mogućnosti konstruisane formule da verno reprodukuje UVB_d u Novom Sadu i valjanost dobijenih rezultata najbolje može da se vidi sa slike 2.14. Na ovoj slici je prikazana korelacija između osmotrenih i izračunatih UVB_d za oba posmatrana perioda.



Slika 2.14 Korelacija između osmotrenih i izračunatih vrednosti UVB_d u Novom Sadu.

Statističke veličine za UVB_d prikazane su u tabeli 2.7. Koeficijent korelacije između osmotrenih i izračunatih UVB_d vrednosti u svim posmatranim periodima pokazuje jaku

korelaciju, iznad 0,9. Poređenje apsolutnih razlika standardnih devijacija $|\eta - \hat{\eta}|$ pokazuje da je razlika između njih mala. Ukoliko uporedimo $|\eta - \hat{\eta}|$ u različitim delovima godine dobijamo vrednosti 0,002047 i 0,002179 za tople delove godina i 0,003020 0,003554 za hladne delove godina posmatranih perioda, što ukazuje na bolje slaganje rezultata u toplom periodu godine. Srednja kvadratna greška je u svim slučajevima manja do standardne devijacije osmotrenih podataka što ukazuje na dobar kvalitet izračunatih vrednosti. Apsolutna procentualna razlika između izračunatih i osmotrenih UVB_d vrednosti manja je u toplom periodu godine što takođe ukazuje na bolje slaganje rezultata u tom periodu. Najverovatniji uzrok većeg odstupanja osmotrenih od izračunatih UVB_d vrednosti u hladnoj polovini godine je oblačnost. Naime, srednja dnevna vrednost trajanja sunčevog sjaja se određuje na osnovu merenja obavljenih korišćenjem heliografa na meteorološkoj stanici Rimski Šančevi, dok se UV zračenje meri UV-B biometrom na Poljoprivrednom fakultetu u Novom Sadu. Pošto heliograf i biometar ne stoje jedan pored drugog, u slučaju oblačnih dana, koji su češći u zimskoj polovini godine, veća je i mogućnost da je oblak lociran u zoni stanice i zaklanja heliograf ali da nije neposredno iznad biometra, i obrnuto, što utiče na veličinu greške.

Tabela 2.7 Statistički parametri izračunatih vrednosti UVB_d za Novi Sad za period 2003-2008. godina i za 2009. godinu.

Period	N	η	$\hat{\eta}$	$RMSE$	AD	R
2003-2008.	1302	0,022632	0,023476	0,006236	30,674309	0,964070
Topli deo godine 2003-2008	703	0,016377	0,018424	0,007090	16,635171	0,924408
Hladni deo godine 2003-2008	599	0,010945	0,007925	0,005053	47,150959	0,909080
2009	300	0,022066	0,022606	0,006371	27,592346	0,959623
Topli deo godine 2009	166	0,014067	0,016246	0,006981	13,487162	0,904021
Hladni deo godine 2009	134	0,011576	0,008022	0,005523	45,065932	0,906389

Slično istraživanje obavili su Baset i Korani (Basset i Korany, 2007) koji su za procenu UVB_d na osnovu G_d u Egiptu koristili dve metode, od kojih je jedna bila određivanje linearne korelacije. Vrednost dobijenih rezultata procenjena je poređenjem $RMSE$ i R za Novi Sad sa rezultatima koje su za isti metod dobili Baset i Korani u svom radu. Srednja kvadratna greška u četiri mesta u Egiptu kretala se između 0,00358 i 0,00584, dok R na nivou čitave godine bio između 0,9596 i 0,9837. Rezultati koji su dobijeni za Novi Sad pokazuju neznatno manje vrednosti R (0,964070 i 0,959623) i veće vrednosti $RMSE$ (0,006236 i 0,006371) u odnosu na rezultate u Egiptu. Ipak, s obzirom na činjenicu da je u pomenutom istraživanju globalno zračenje mereno, a ne izračunavano kao kod nas, kao i na činjenicu da su instrumenti koji su merili UV i globalno zračenje stajali jedan pored drugog, što kod nas opet nije bio slučaj, dobijeni rezultati mogu da se smatraju sasvim prihvatljivim. Na osnovu dobijenih rezultata može da se zaključi da empirijska formula može da bude

upotrebljena za grubu procenu dnevnih suma UV-B zračenja na području Vojvodine na mestima i u vremenu kada ono nije mereno.

2.3.6 Metode obrade podataka

Kretanje vrednosti UV zračenja na području Vojvodine analizirano je pomoću osmotrenih vrednosti UVI i UVB_d u Novom Sadu u periodu od aprila 2003. do decembra 2009. godine kao i izračunatih vrednosti UVB_d za sedam naselja u Vojvodini u periodu 1981-2008. godina. Analiza merenog UVI vršena je uz pomoć dnevnih maksimalnih vrednosti (UVI_{max}), apsolutnih dnevnih maksimuma (UVI_{ADmax}) i prosečnih časovnih vrednosti UVI osrednjenih za jedan mesec (${}_mUVI_h$). Dnevne sume UV-B zračenja, UVB_d , analizirane su kao prosečne godišnje, prosečne mesečne i prosečne sezonske vrednosti toplog i hladnog dela godine. Prosečne mesečne (${}_mUVB_d$) i godišnje (${}_gUVB_d$) vrednosti izračunate su kao aritmetička sredina svih dnevnih vrednosti u toku jednog meseca, odnosno jedne godine. Prosečne vrednosti toplog (${}_tUVB_d$) i hladnog (${}_hUVB_d$) dela godine izračunate su kao aritmetička sredina svih dnevnih vrednosti u toku aprila, maja, juna, jula, avgusta i septembra za topli, odnosno oktobra, novembra, decembra, januara, februara i marta za hladni deo godine. Vrednosti koje se odnose na Vojvodinu izračunate su kao aritmetička sredina vrednosti za sedam posmatranih naselja. Osim dnevnih suma analizirane su i prosečne mesečne vrednosti časovnih suma UV-B zračenja, ${}_mUVB_h$.

U analizi osmotrenih UVB_d vrednosti korišćeni su sledeći statistički pokazatelji (Bilbao et al., 2008):

$$\text{aritmetička sredina } (M) \quad M = \sum_{i=1}^N \Gamma_i / N, \quad (2.54)$$

$$\text{medijana } (M_d) \quad M_d = \Gamma_x \quad x = (N+1)/2, \quad (2.55)$$

$$\text{prvi kvartil } (Q_1) \quad Q_1 = \Gamma_x \quad x = (N+1)/4, \quad (2.56)$$

$$\text{treći kvartil } (Q_3) \quad Q_3 = \Gamma_x \quad x = (3N+1)/4, \quad (2.57)$$

$$\text{koeficijenta interkvartilne varijacije } (V_Q) \quad V_Q = 100(Q_3 - Q_1)/(Q_3 + Q_1), \quad (2.58)$$

$$\text{interkvartilna razlika } (I_Q) \quad I_Q = Q_3 - Q_1, \quad (2.59)$$

$$\text{peti percenti } (P_5) \quad P_5 = \Gamma_x \quad x = (5N+1)/100 \text{ i} \quad (2.60)$$

$$\text{devedeset peti percentil } (P_{95}) \quad P_{95} = \Gamma_x \quad x = (95N+1)/100. \quad (2.61)$$

Pored vrednosti koje predlaže Bilbao et al. (2008). od statističkih parametara korišćen je i interval varijacije (I_v):

$$I_v = M_{max} - M_{min} \quad (2.62)$$

U formulama (2.54) – (2.62) Γ predstavlja vrednost UVB_d , N ukupan broj podataka, dok x predstavlja redni broj vrednosti Γ u nizu poređanom po veličini. Veličina M_{\max} predstavlja maksimalnu vrednost Γ u skupu podataka, a M_{\min} minimalnu.

Aritmetička sredina, M , predstavlja prosek svih merenih vrednosti, dok je medijana (M_d) vrednost koja se nalazi na sredini niza podataka poređanih po veličini. Medijana deli niz na dva dela, pri čemu je 50% podataka ispod i iznad nje i neosetljivija je na ekstremne vrednosti nego aritmetička sredina. Medijana veća od aritmetičke sredine vrednosti ukazuje na manju promenljivost niza podataka. Kvartili su numeričke vrednosti koje dele uzorak u četiri grupe. Prvi kvartil, Q_1 , nekog skupa merenja je broj koji deli dati skup tako da se ispod njega nalazi 25%, a iznad njega 75% od ukupnog broja pojedinačnih merenja koja pripadaju tom skupu. Treći kvartil, Q_3 , nekog skupa merenja je broj koji deli dati skup tako da se ispod njega nalazi 75%, a iznad njega 25% od ukupnog broja pojedinačnih merenja koja pripadaju tom skupu. Između prvog i trećeg kvartila nalaze se 50% svih vrednosti skupa, a van ovog intervala ostaju još 50% vrednosti, od kojih 25% manjih od Q_1 (ekstremno najmanje vrednosti) i 25% vrednosti veće od Q_3 (ekstremno najveće vrednosti). Interkvartilna razlika, I_Q , i interval varijacije, I_v , mogu da se upoređuju i ako je interkvartilna razlika znatno manja od intervala varijacije, to znači da na krajevima sredene serije, postoje ekstremno niske i ekstremno visoke vrednosti. Percentili su numeričke vrednosti koje dele uzorak na sto jednakih delova. Približne vrednosti M_{\min} i P_5 , kao i M_{\max} i P_{95} ukazuju na to da se one mogu smatrati reprezentativnima za merenja u posmatranom periodu. Sve navedene statističke veličine izražene su u istim jedinicama kao i veličina Γ , odnosno u MJ/m². Koeficijent interkvartilne varijacije, V_Q , je mera promenljivosti i izražena je u procentima. Što je V_Q bliže 0%, promenljivost podataka je manja, a medijana reprezentativnija i obrnuto.

2.4 Analiza rezultata

2.4.1 UV indeks

Kretanje UVI na području Vojvodine analizirano je na osnovu vrednosti izmerenih u Novom Sadu. Analiza je izvršena pomoću vrednosti UVI izmerenih tokom 6,5 godina od aprila 2003. do decembra 2009. godine.

Poznavanje kretanja vrednosti UVI na površini Zemlje značajno je sa stanovišta njegovog potencijalnog efekta na ljudsko zdravlje. S obzirom na to da za zaštitu od UV zračenja nije neophodno tačno poznavanje brojne vrednosti UVI već intervala vrednosti u kojem se UVI nalazi i za koji se preporučuje zaštita, izmerene vrednosti u svakom mesecu grupisane su prema nivoima izlaganja. Analiza raspodele učestalosti i opseg kretanja dnevnih UVI_{\max} u Novom Sadu od aprila 2003. do decembra 2009. godine (tabele 2.8 i 2.9) daje nam jasniju sliku o tome kada je zračenje najjače i kada se zaštita mora sprovoditi. U januaru i decembru vrednosti su u okviru prvog stepena što znači da zaštita nije potrebna. I u februaru i

novembru većina vrednosti je ispod 3 pa može da se zaključi da ni u ovim mesecima zaštita nije neophodna. Mart i oktobar su meseci kada više od polovine maksimalnih vrednosti je u okviru drugog stepena pa se u ovim mesecima sredinom dana kada je zračenje najjače zaštita preporučuje deci i ljudima sa osetljivom kožom. U aprilu i septembru vrednosti mogu dostići 7 pa se zaštita preporučuje. Vrednosti UVI_{max} najveće su od maja do avgusta kada prelaze vrednost 8 što nam govori da je tokom ovih meseci zaštita neophodna.

Tabela 2.8 Raspodela učestalosti izmerenih maksimalnih dnevnih vrednosti UVI (UVI_{max}) grupisanih prema nivoima izlaganja i po mesecima u Novom Sadu od aprila 2003. do decembra 2009. godine.

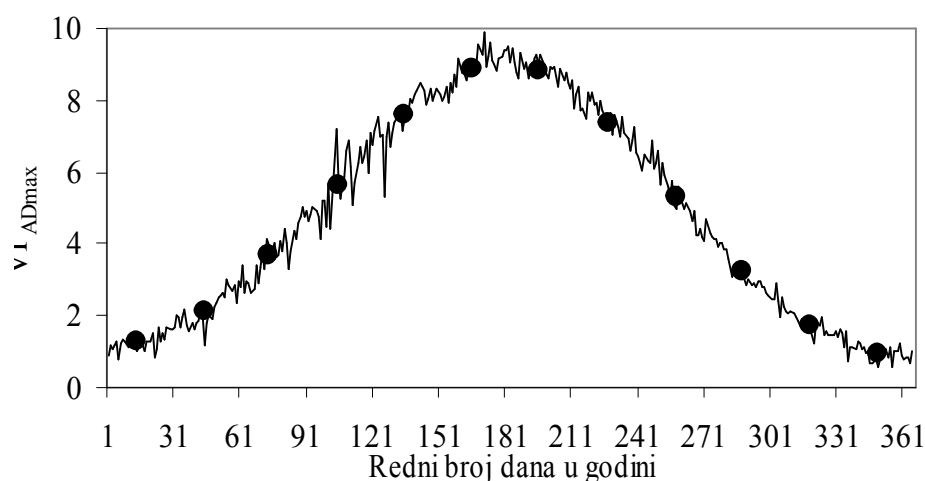
	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec	Ukupno	%
Nizak (0-2)	102	99	44	8	1	7	2	3	22	72	140	126	626	39,1
Srednji (3-5)	0	8	63	53	21	11	7	21	107	78	1	0	370	23,1
Visok (6-7)	0	0	0	24	60	25	38	99	40	0	0	0	286	17,8
Vrlo visok (8-10)	0	0	0	0	48	125	124	23	0	0	0	0	320	20,0
	102	107	107	85	130	168	171	146	169	150	141	126	1602	100,0

Tabela 2.9 Opseg kretanja i prosečne vrednosti izmerenih UVI_{max} u Novom Sadu od aprila 2003. do decembra 2009. godine.

Mesec	Prosek	Opseg
Januar	0,98	0,24-1,70
Februar	1,55	0,37-3,01
Mart	2,79	0,46-5,05
April	4,61	0,64-7,18
Maj	6,74	1,64-8,48
Jun	7,56	0,82-9,88
Jul	7,78	1,09-9,32
Avgust	6,40	0,75-8,38
Septembar	4,37	0,85-6,85
Oktobar	2,52	0,30-4,20
Novembar	1,30	0,29-2,54
Decembar	0,65	0,17-1,54

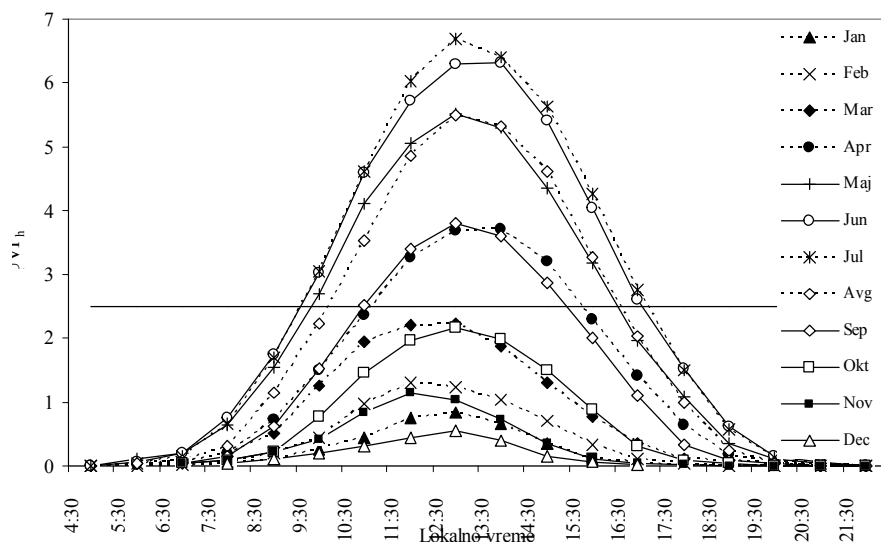
Analiza UVI_{max} izmerenih u Novom Sadu od aprila 2003. do decembra 2009. godine poslužila je da se razmotri kretanje UVI u Vojvodini kao delu Panonske nizije. Na slici 2.15

veličina UVI_{ADmax} odnosi se na dve vrste maksimuma, odnosno (1) apsolutni dnevni maksimum za svaki dan u godini u toku posmatranog perioda (linija) i (2) prosečnu mesečnu vrednost apsolutnih dnevnih maksimuma izmerenih za svaki dan u godini tokom istog perioda (krug). Sezonska promena UVI_{ADmax} prvenstveno je rezultat razlike u SZA koji određuje dužinu puta sunčevih zraka kroz atmosferu, dok su velike dnevne promene rezultat uticaja oblačnosti i ozona. Sa slike se može videti da se apsolutni dnevni maksimumi kreću u opsegu od 0,54 do 9,88. Vrednost 9,88 izmerena je 20. juna 2003. godine. Uzevši u obzir merenja UVI u drugim delovima Panonske nizije u okolini Vojvodine može da se zaključi da je tendencija UVI_{ADmax} veoma slična onoj u Novom Sadu (Malinovic-Milicevic and Mihailovic, 2011).



Slika 2.15 Godišnja promena (a) apsolutnih dnevnih i (b) prosečnih mesečnih vrednosti UVI_{ADmax} izmerenih u Novom Sadu od aprila 2003. do decembra 2009. godine (izvor: Malinovic-Milicevic and Mihailovic, 2011).

Slika 2.16 prikazuje dnevni ciklus prosečnih časovnih vrednosti UVI osrednjenih za jedan mesec, ${}_mUVI_h$. Jasan dnevni ciklus ${}_mUVI_h$ vidljiv je u svim mesecima, a maksimumi od aprila do oktobra pomereni su za jedan sat unapred u odnosu na ostali deo godine zbog letnjeg računamja vremena. Najveće ${}_mUVI_h$ vrednosti zabeležene su između 11 i 14 časova. Sa stanovišta zaštite posebno je potrebno obratiti pažnju na određivanje doba dana kada UV zračenje može da ima nepovoljan uticaj na ljudsko zdravlje, odnosno kada je UVI iznad 3. Vrednosti ${}_mUVI_h$ veće od 3 zabeležene su u junu i julu između 9 i 17 časova, u maju i avgustu između 10 i 16 časova i u aprilu u septembru između 10 i 15 časova.



Slika 2.16 Dnevne promene $mUVI_h$ za svaki mesec u godini u Novom Sadu od aprila 2003. do decembra 2009. godine.

2.4.2 Osmotrene dnevne sume UV-B zračenja u Novom Sadu

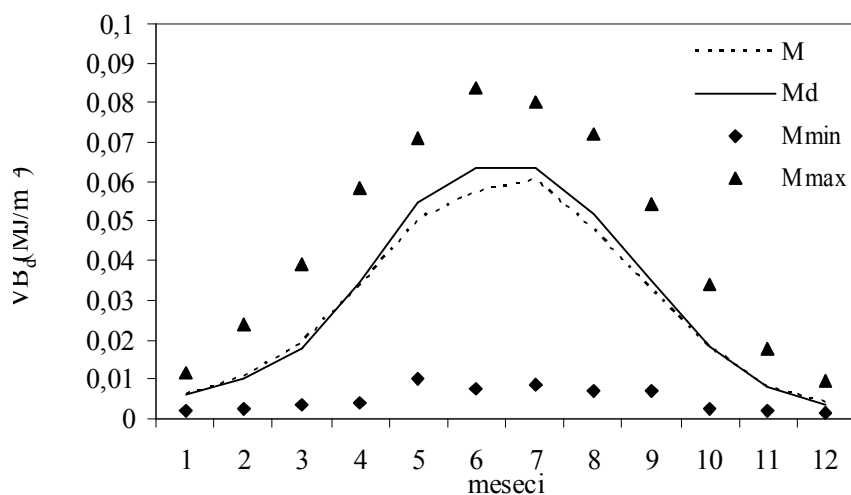
Kretanje izmerenih UVB_d vrednosti u Novom Sadu analizirano je od aprila 2003. do decembra 2009. godine. Pod izmerenim UVB_d vrednostima podrazumevaju se vrednosti dobijene upotrebom formula (2.17) – (2.28) i korišćenjem izmerenih vrednosti UVI .

Tabela 2.10 Statistički parametri izmerenih UVB_d vrednosti u Novom Sadu u periodu april 2003. - decembar 2009. godine.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
N	102	107	107	85	130	168	171	146	169	150	141	126
M	0,006267	0,010511	0,019178	0,033326	0,050498	0,057436	0,060341	0,047515	0,032432	0,017921	0,008301	0,003926
M_d	0,006275	0,010112	0,017556	0,034683	0,055016	0,063345	0,063459	0,051690	0,035088	0,018292	0,007938	0,003758
M_{\min}	0,001817	0,002558	0,003394	0,004202	0,010387	0,007395	0,008459	0,006984	0,007186	0,002655	0,002184	0,001342
M_{\max}	0,011743	0,023928	0,039120	0,058188	0,071228	0,083552	0,080012	0,072097	0,054479	0,034121	0,017865	0,009536
I_v	0,009925	0,021370	0,035726	0,053986	0,060841	0,076157	0,071552	0,065113	0,047293	0,031466	0,015681	0,008195
Q_1	0,004260	0,006488	0,012425	0,023894	0,040666	0,051240	0,053978	0,039029	0,025861	0,012505	0,005576	0,002386
Q_3	0,007986	0,013426	0,024878	0,041421	0,062178	0,069536	0,071161	0,058609	0,040839	0,022939	0,011075	0,005179
I_Q	0,003726	0,006938	0,012453	0,017527	0,021512	0,018296	0,017183	0,01958	0,014978	0,010434	0,005499	0,002793
V_Q	30,4	34,8	33,4	26,8	20,9	15,1	13,7	20,1	22,5	29,4	33,0	36,9
P_5	0,002329	0,003686	0,006100	0,011009	0,019711	0,018489	0,029625	0,021450	0,009130	0,004616	0,002872	0,001560
P_{95}	0,010396	0,019130	0,035736	0,051996	0,068593	0,075594	0,076979	0,064622	0,048697	0,031126	0,013623	0,007052

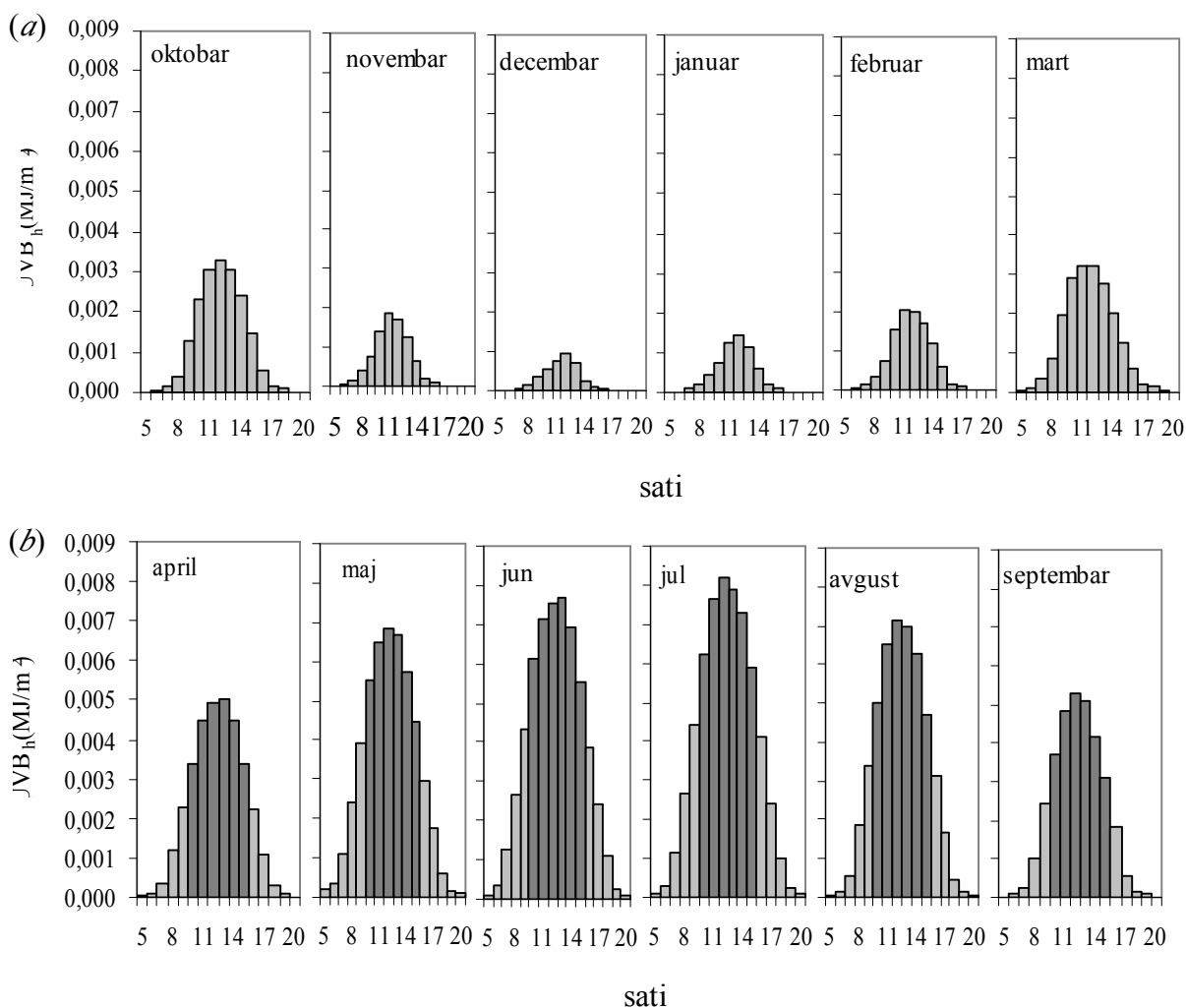
Izmerene vrednosti UVB_d kretale su se od 0,001139 MJ/m² do 0,083551 MJ/m². Maksimalna vrednost UVB_d u Novom Sadu izmerena je 23.06.2008. godine. Prosečna godišnja suma UV-B zračenja u Novom Sadu u periodu april 2003. - decembar 2009. godine iznosila je 10,61681 MJ/m². U tolu delu godine (april-septembar) stiglo je 81,0%, a u tri letnja meseca 47,7% od ukupne godišnje sume UV-B zračenja.

Statistički parametri izmerenih UVB_d vrednosti za svaki mesec u godini u Novom Sadu u periodu april 2003. - decembar 2009. godine iskazani su u tabeli 2.10 i na slici 2.17. Prosečna vrednost (M) odgovara prosečnoj mesečnoj vrednosti (${}_mUVB_d$). Tabela 2.10 i slika 2.17 pokazuju da vrednosti UVB_d pokazuju izrazit godišnji ciklus kretanja. Srednja godišnja vrednost izmerenih dnevnih suma UV-B zračenja ${}_gUVB_d$ iznosila je 0,028971 MJ/m². Meseci sa najvećim ${}_mUVB_d$ vrednostima su bili jul (0,060341 MJ/m²) i jun (0,057436 MJ/m²), a sa najmanjim decembar (0,003926 MJ/m²) i januar (0,006267 MJ/m²). U toplom periodu godine (april –septembar) vrednosti UVB_d su manje varirale nego u hladnom delu godine na šta ukazuje podatak da je medijana u ovom periodu bila veća od proseka i manje V_Q vrednosti. Najmanja promenljivost UVB_d vrednosti bila je u junu i julu kada koeficijent interkvartilne varijacije ima najmanje vrednosti, redom 15,1% i 13,7%. Razlika između I_Q i I_v je veća u toplom delu godine što ukazuje na veći procenat ekstremno niskih i ekstremno visokih UVB_d vrednosti u ovom delu godine. Razlike između M_{\min} i P_5 su veoma velike, naročito u toplom delu godine (do 250% u julu) što pokazuje da minimalne vrednosti nisu reprezentativne i predstavljaju atipične vrednosti. Sa druge strane, razlike između M_{\max} i P_{95} su prilično male, pa maksimalne vrednosti možemo smatrati reprezentativnim, naročito u toplom delu godine.



Slika 2.17 Prosek (M), medijana (M_d), maksimum (M_{\max}) i minimum (M_{\min}) izmerenih UVB_d vrednosti za svaki mesec u godini u Novom Sadu u periodu april 2003. - decembar 2009. godina.

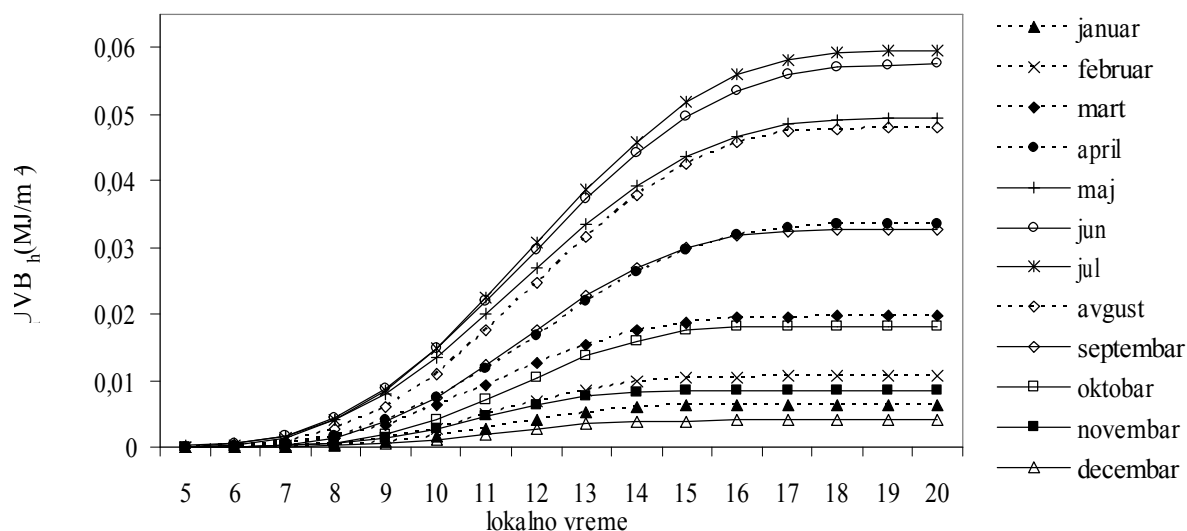
Promene UV-B zračenja u toku dana analizirane su pomoću veličine ${}_mUVB_h$. Veličina ${}_mUVB_h$ predstavlja sumu UV-B zračenja u toku svakog sata u danu uprosečenu na nivou jednog meseca. Analizom ${}_mUVB_h$ vrednosti na slici 2.18 vidi se da one imaju najveću vrednost u periodu između 12 i 14 časova. Vrednosti ${}_mUVB_h$ u periodu između 12 i 14 časova u junu, kada su sume najveće, desetostruko premašuju vrednosti u decembru, kada su sume najmanje. Analizom kretanja ${}_mUVB_h$ u toku dana od aprila do septembra, može se zaključiti da je najkritičniji period izlaganja Suncu od 10 do 16 časova (tamno sivi stubići) jer u tom periodu do površine dođe između 70% i 80% ukupne dnevne doze UV-B zračenja.



Slika 2.18 Dnevni hod vrednosti ${}_mUVB_h$ u Novom Sadu u (a) hladnom i (b) toplom periodu godine u Novom Sadu u periodu april 2003 - decembar 2009. godine.

Na slici 2.19 može da se vidi kako se u toku dana nakuplja količina UV-B zračenja koja dolazi do površine Zemlje. Vrednosti nakupljene do 20 časova predstavljaju zbir svih ${}_mUVB_h$ vrednosti u toku dana, što predstavlja dnevnu sumu UV-B zračenja uprosečenu mesečnom nivou (${}_mUVB_d$). Kao što je već spomenuto, vrednosti ${}_mUVB_d$ najveće su u julu

(0,060341 MJ/m²) i junu (0,057436 MJ/m²) i u ovim mesecima one skoro dvostruko prevazilaze vrednosti u aprilu (0,033326 MJ/m²) i septembru (0,032432 MJ/m²).

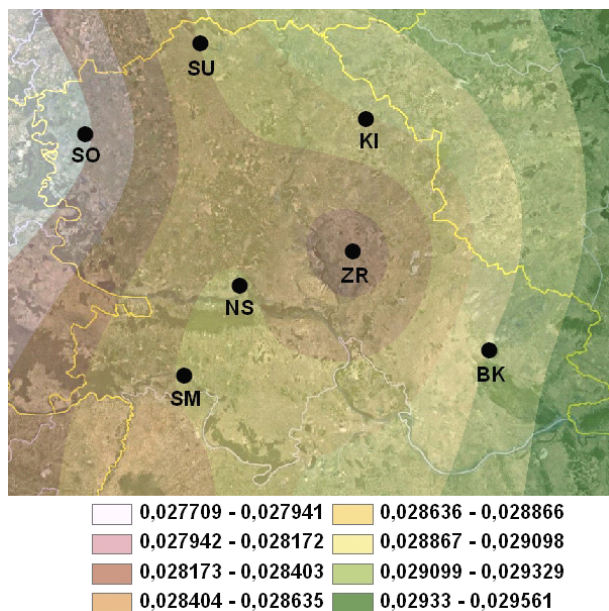


Slika 2.19 Akumulisane vrednosti $_mUVB_h$ za svaki mesec u godini u Novom Sadu u periodu april 2003 - decembar 2009. godine.

2.4.3 Rekonstruisane dnevne sume UV-B zračenja u Vojvodini

Upotrebom formule (2.48) izračunate su vrednosti UVB_d za osam naselja u Vojvodini za koje imamo podatak o globalnom zračenju. Za Novi Sad formula (2.48) korišćena je da se izračuna UVB_d u periodu kada se merenja nisu vršila kao i da se popune podaci koji nedostaju tokom perioda kada je merenje vršeno, a za koje imamo podatak o dnevnoj sumi globalnog zračenja. Niz podataka o dnevnim sumama UV-B zračenja u Novom Sadu u periodu januar 1981-april 2003. godina sastoji se od izračunatih vrednosti, dok je u periodu april 2003-decembar 2008. godina sastavljen od merenih i izračunatih podataka. U ostalim naseljima svi podaci su izračunati. U Subotici, Kikindi, Zrenjaninu i Somboru izračunati su nizovi od januara 1981. do decembra 2008. godine. U Banatskom Karlovcu i u Sremskoj Mitrovici UVB_d vrednosti su izračunate za period januar 1990-decembar 2008. godina. Za Pančevo UVB_d vrednosti izračunate su samo za 2008. godinu i zbog toga ovo naselje nije obuhvaćeno analizom koja sledi.

Tabela 2.11 pokazuje da je prosečna godišnja vrednost dnevnih suma UV-B zračenja ($_gUVB_d$) osrednjena na nivou Vojvodine iznosila 0,028588 MJ/m². Na slici 2.20 se vidi da su Banatski Karlovac (0,029105 MJ/m²) i Kikinda (0,028849 MJ/m²) bila naselja sa najvećom $_gUVB_d$ vrednošću, kao i da je najmanju vrednost imao Sombor (0,027913 MJ/m²). Meseci sa najvećim $_mUVB_d$ vrednostima bili jun (0,053734 MJ/m²) i jul (0,052146 MJ/m²), dok je mesec sa najmanjom vrednošću bio decembar (0,003556 MJ/m²).



Slika 2.20 Prosečna godišnja vrednost dnevnih suma UV-B zračenja, ${}_gUVB_d$, (MJ/m^2), u Vojvodini u periodu 1981-2008. godina.

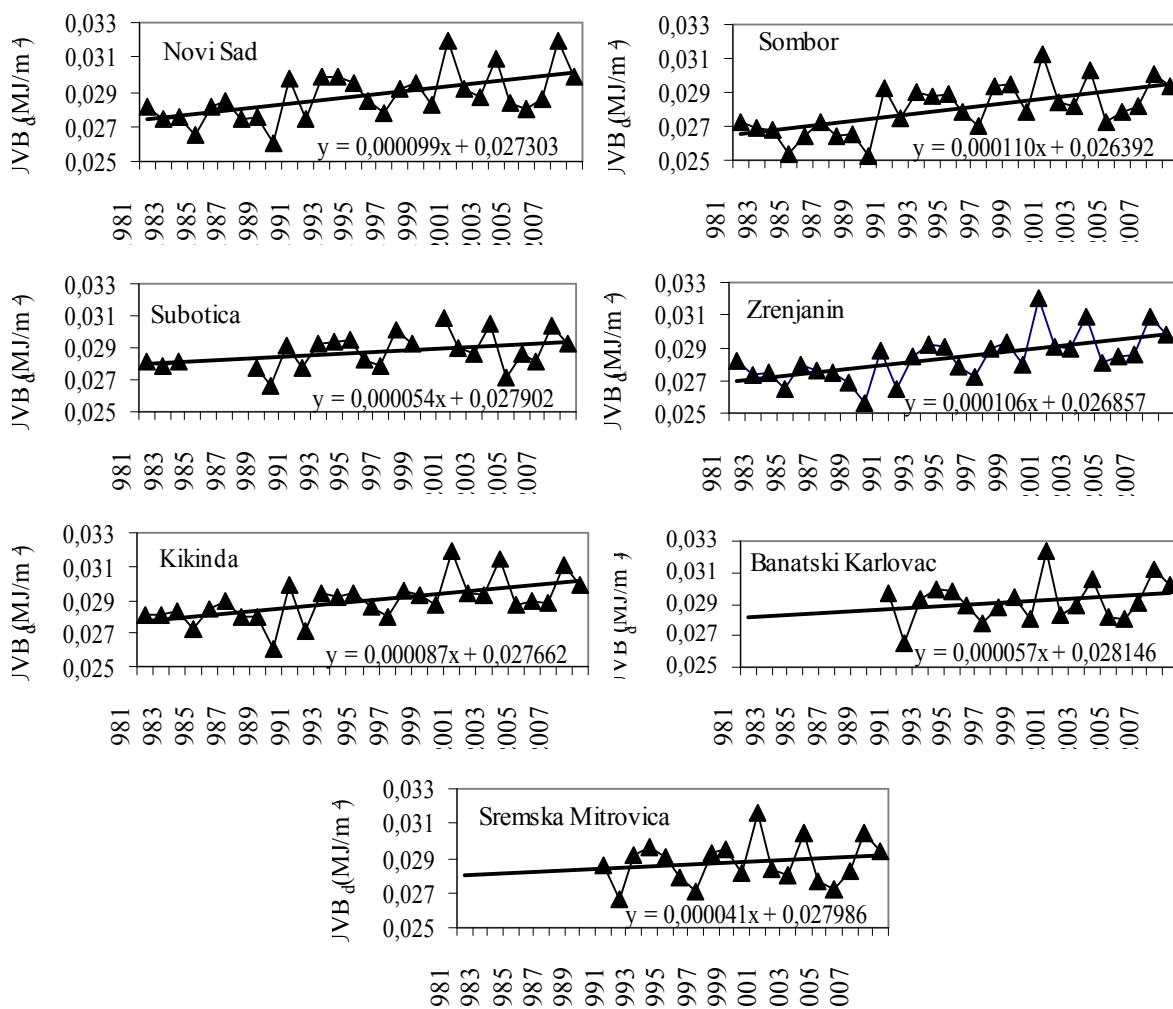
Tabela 2.11 Prosečne mesečne, ${}_mUVB_d$, i prosečna godišnja, ${}_gUVB_d$, vrednost dnevnih suma UV-B zračenja (MJ/m^2) u Vojvodini u periodu 1981-2008. godina.

${}_mUVB_d$	Novi Sad	Sombor	Subotica	Zrenjanin	Kikinda	Banatski Karlovac*	Sremska Mitrovica*	Vojvodina
Jan	0,005435	0,005144	0,005281	0,005511	0,005451	0,005827	0,005721	0,005482
Feb	0,013212	0,013153	0,014239	0,013647	0,013625	0,014355	0,014552	0,013826
Mar	0,024728	0,024155	0,024902	0,024780	0,024740	0,025907	0,025722	0,024990
Apr	0,036097	0,036532	0,036889	0,036322	0,037177	0,036962	0,036721	0,036671
Maj	0,047973	0,047493	0,048864	0,047130	0,048927	0,049125	0,048566	0,048297
Jun	0,053893	0,052427	0,054206	0,052406	0,054393	0,055314	0,053497	0,053734
Jul	0,053049	0,051154	0,052562	0,051359	0,052898	0,052354	0,051648	0,052146
Avg	0,045950	0,044558	0,044952	0,044918	0,045466	0,045848	0,045141	0,045262
Sep	0,031794	0,030887	0,031022	0,031595	0,031645	0,031274	0,030794	0,031287
Okt	0,019747	0,018952	0,019442	0,019949	0,020127	0,020246	0,019641	0,019729
Nov	0,008260	0,007244	0,007855	0,008191	0,008186	0,008344	0,008347	0,008061
Dec	0,003751	0,003254	0,003591	0,003621	0,003555	0,003704	0,003414	0,003556
${}_gUVB_d$	0,028657	0,027913	0,028650	0,028286	0,028849	0,029105	0,028647	0,028588

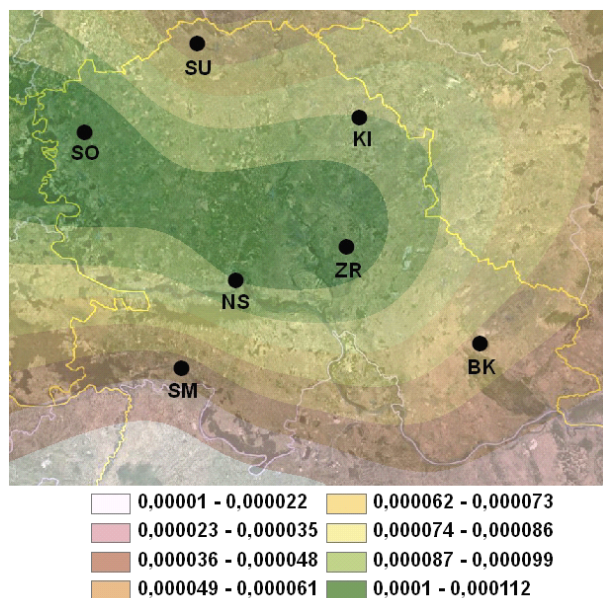
*vrednosti su izračunate za period 1990-2008. godina

Slike 2.21 i 2.22 pokazuju rast ${}_gUVB_d$ vrednosti u svim posmatranim mestima u Vojvodini. Pančevo nije prikazano slikom zbog toga što postoje podaci samo za 2008. godinu kada je vrednost ${}_gUVB_d$ iznosila $0,029427 MJ/m^2$. Najviše su rasle vrednosti u Somboru,

Zrenjaninu i Novom Sadu, redom za $0,000110 \text{ MJ/m}^2$, $0,000106 \text{ MJ/m}^2$ i $0,000099 \text{ MJ/m}^2$ godišnje. Gledano po godinama vrednosti ${}_g UVB_d$ kretale su se u opsegu od $0,025185 \text{ MJ/m}^2$ (Sombor, 1989. godina) do $0,032303 \text{ MJ/m}^2$ (Banatski Karlovac, 2000. godine). Najveće vrednosti ${}_g UVB_d$ u gotovo svim naseljima zabeležene su u 2000. godini.

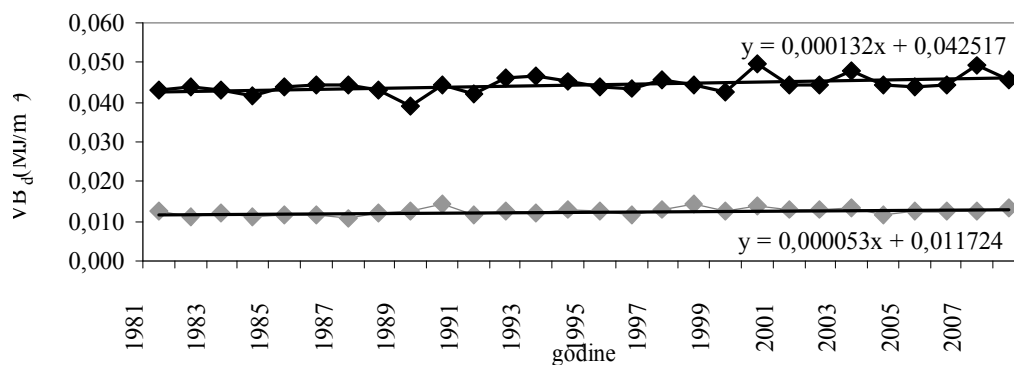


Slika 2.21 Kretanje ${}_g UVB_d$ u Vojvodini u periodu 1981-2008. godina.



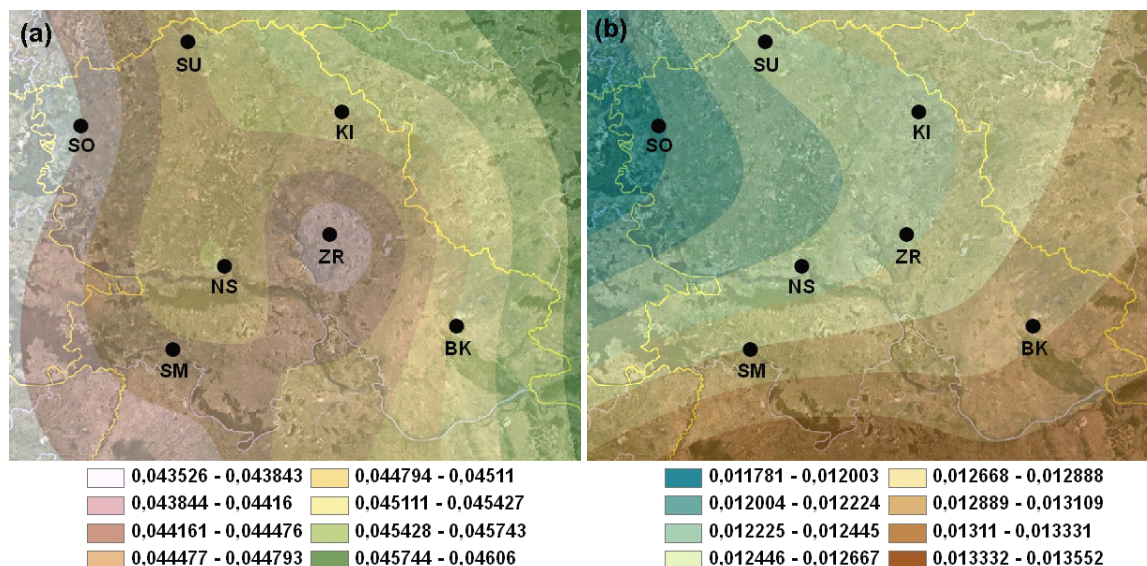
Slika 2.22 Distribucija trenda $gUVB_d$ u Vojvodini u periodu 1981-2008. godina.

Analizom vremenskih serija prosečnih vrednosti dnevnih suma UV-B zračenja toplog (${}_tUVB_d$) i hladnog (${}_hUVB_d$) dela godine (slika 2.23) može da se uoči tendencija porasta u oba perioda kao i da su godišnje promene ${}_tUVB_d$ izraženije od ${}_hUVB_d$.



Slika 2.23 Promena vrednosti ${}_tUVB_d$ i ${}_hUVB_d$ u Vojvodini u periodu 1981-2008. godina.

Prosečna vrednost ${}_tUVB_d$ u naseljima Vojvodine osrednjena za sva naselja i sve godine posmatranog perioda iznosi $0,044566 \text{ MJ/m}^2$. Posmatrano po godinama na nivou Vojvodine najveće vrednosti ${}_tUVB_d$ bile su 2000., 2007. i 2003. godine, sa vrednostima redom, $0,049676 \text{ MJ/m}^2$, $0,048487 \text{ MJ/m}^2$ i $0,047980 \text{ MJ/m}^2$. Poređenjem slika 2.20 i 2.24a vidimo da su prostorne raspodele $gUVB_d$ i ${}_tUVB_d$ slične. Slika 2.24 pokazuje da i u toplom i u hladnom delu godine Banatski Karlovac prima najveću, a Sombor najmanju količinu UV-B zračenja.



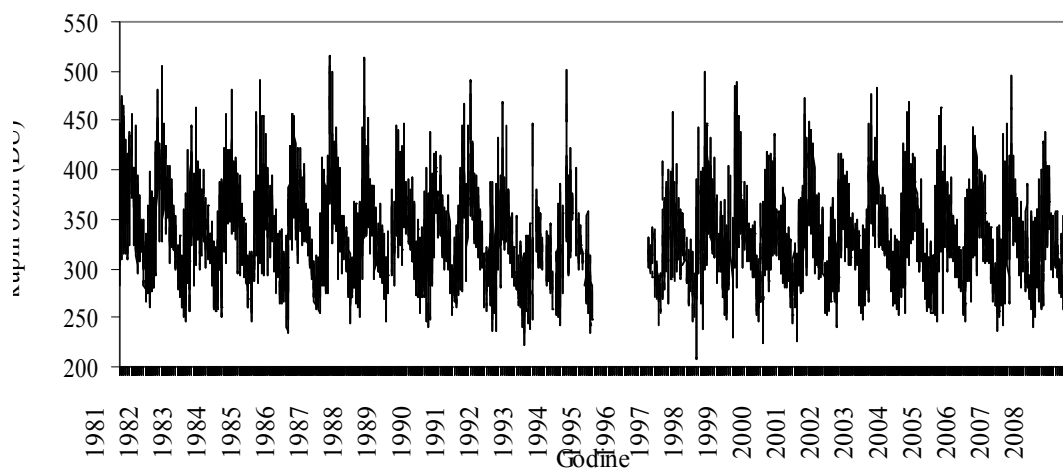
Slika 2.24 Prosečne vrednosti dnevnih suma UV-B zračenja (a) toplom (${}_{t}UVB_d$) i (b) hladnog (${}_{h}UVB_d$) dela godine (MJ/m^2) u Vojvodini u periodu 1981-2008. godina.

Prostorna promenljivost vrednosti UVB_d u naseljima Vojvodine analizirana je u toplom i hladnom periodu godine pomoću proseka (M), medijane (M_d) i koeficijenta interkvartilne varijacije (V_Q) koji su prikazani u tabeli 2.12. U toplom periodu godine (april–septembar) medijana vrednosti UVB_d je u svim naseljima bila veća od proseka što ukazuje na malu promenljivost vrednosti u ovom delu godine. Koeficijent interkvartilne varijacije pokazuje da su se UVB_d vrednosti u toplom periodu godine najmanje menjale u Somboru (26,6%) i Subotici (26,6%) dok su najpromenljivije bile u Sremskoj Mitrovici (28,2%) gde je promenljivost bila najveća i u hladnoj polovini godine (80,3%). U hladnom periodu godine vrednosti su bile najstabilnije u Novom Sadu (72,4%).

Tabela 2.12 Vrednosti statističkih parametara rekonstruisanih UVB_d vrednosti u Vojvodini u Vojvodini u periodu 1981-2008. godina.

Naselje	Obuhvaćen period	Statistički parametri	April-septembar	Oktoibar – mart
Novi Sad	1981-2008.	M	0,044793	0,012522
		M_d	0,045714	0,009430
		V_Q	27,2	72,4
Sombor	1981-2008.	M	0,043842	0,011984
		M_d	0,044869	0,008993
		V_Q	26,6	77,6
Subotica	1981-2008.	M	0,044749	0,012552
		M_d	0,045763	0,009520
		V_Q	26,6	78,3
Zrenjanin	1981-2008.	M	0,043841	0,012617
		M_d	0,044886	0,009413
		V_Q	27,5	76,9
Kikinda	1981-2008.	M	0,045084	0,012614
		M_d	0,046233	0,009463
		V_Q	27,2	77,2
Banatski Karlovac	1990-2008.	M	0,045146	0,013064
		M_d	0,046836	0,009835
		V_Q	27,2	77,3
Sremska Mitrovica	1990-2008.	M	0,044395	0,012900
		M_d	0,045871	0,006923
		V_Q	28,2	80,3

Da bi se dobila jasnija slika o promenama UV-B zračenja u Vojvodini, njegovom odnosu sa globalnim zračenjem, kao i sa faktorima koji na njega utiču, ozonom i oblačnošću, 28-godišnji period od 1981. do 2008. godine podeljen je na tri dela: (i) 1981-1988.; (ii) 1989-1998. i (iii) 1999-2008. godina. Zatim je za poslednja dva desetogodišnja perioda (1989-1998. i 1999-2008.), izračunat procenat promene svake posmatrane veličine u odnosu na prosek referentnog perioda (1981-1998.). Prikazane prosečne vrednosti ukupnog O_3 , UVB_d , G_d i dnevne oblačnosti, C_d , izračunate su kao aritmetička sredina svih dnevnih vrednosti. Da bi se utvrdile razlike tokom godine proseci su izračunati u hladnom (oktoibar-mart) i toplom (april-septembar) delu godine. Zbog nedostatka podataka na osnovu kojih procenjujemo globalno zračenje većini godina koje pripadaju referentnom periodu u Banatskom Karlovcu i Sremskoj Mitrovici, ova dva naselja nisu obuhvaćena analizom. Pančevo takođe nije obuhvaćeno analizom jer podatak postoji samo za jednu godinu.



Slika 2.25 Promena dnevnih vrednosti ukupnog O_3 u Vojvodini u periodu 1981-2008. godina (izvor: NASA, 2010).

Slika 2.25 pokazuje silazni trend ukupnog O_3 iznad teritorije Vojvodine u posmatranom periodu. Analizom tabele 2.13 može da se zaključi da su vrednosti ukupnog O_3 u oba desetogodišnja perioda niže u odnosu na referentni period. Opadanje na godišnjem nivou je zaustavljeno u drugom desetogodišnjem periodu i može se primetiti i blag porast vrednosti. Međutim, porast je rezultat oporavka vrednosti u hladnoj polovini godine, dok je u toplom delu godine ukupni O_3 nastavio blago silazno kretanje.

Tabela 2.13 Promene ukupnog ozona u periodima 1989 -1998. i 1999 -2008. u odnosu na referentni period 1981-1988. godina u Vojvodini.

Period usrednjavanja	O_3	
	1989-1998.	1999-2008.
April-septembar	-2,2%	-3,2%
Oktobar - mart	-5,4%	-4,0%
Godina	-3,7%	-3,3%

Analizom tabele 2.14 može da se zaključi da su u gotovo svim naseljima vrednosti UVB_d i G_d u oba desetogodišnja perioda veće u odnosu na referentni period. Jedino je u Kikindi u toplom delu godine zabeležen blagi pad vrednosti UVB_d i G_d u prvom desetogodišnjem periodu (-0,1%) koje se može tumačiti kao rezultat većeg porasta C_d u ovom periodu u odnosu na referentni (+12,0%). Procenat porasta UVB_d vrednosti je bio veći od porasta vrednosti G_d u svim periodima. Tabela 2.14 pokazuje i povećanje oblačnosti u toplom kao i smanjenje u hladnom delu godine. Porast UVB_d i G_d vrednosti u odnosu na referentni period bio je veći u hladnom nego u toplom delu godine u svim naseljima, što je

pored opadanja ukupnog O_3 rezultat i smanjenja C_d . Iako je vrednost C_d u toplom delu godine bila povećana, vrednosti UVB_d su rasle što se može tumačiti kao posledica smanjenja ukupnog O_3 . Kada se porede dva desetogodišnja topla perioda vidi se da je porast u svim naseljima u periodu 1999-2008. u odnosu na referentni bio veći nego porast u periodu 1989-1998. Veći porast UVB_d i G_d vrednosti u toplom periodu 1999-2008. je u saglasnosti sa većim padom ukupnog O_3 (-3,2%) u ovom periodu u odnosu na topli period 1989-1998. (-2,2%) kao i manjem rastu oblačnosti u gotovo svim naseljima. U toplom periodu 1999-2008. najveći porast vrednosti UVB_d u odnosu na referentni zabeležen je u Somboru (+7,9%), Zrenjaninu (+7,0%) i Novom Sadu (+6,3%).

Tabela 2.14 Promene prosečnih vrednosti UVB_d , G_d i C_d (%) u periodima 1990-1999. i 2000-2009. godina u odnosu na referentni period 1981-1989. godina.

Naselje	Period godine	UVB_d		G_d		C_d	
		1989-1998.	1999-2008.	1989-1998.	1999-2008.	1989-1998.	1999-2008.
Novi Sad	April-septembar	+2,0	+6,3	+1,8	+5,0	+4,2	+1,1
	Oktobar - mart	+11,3	+9,8	+7,5	+7,95	-5,8	-2,7
Zrenjanin	April-septembar	+1,3	+7,0	+1,1	+6,1	+12,1	+6,1
	Oktobar - mart	+8,4	+11,7	+5,6	+7,8	-2,1	-1,6
Sombor	April-septembar	+4,1	+7,9	+3,6	+6,9	+0,3	-4,0
	Oktobar - mart	+13,0	+10,5	+8,4	+6,8	-6,3	-5,5
Kikinda	April-septembar	-0,1	+4,3	-0,1	+3,8	+11,3	+12,0
	Oktobar - mart	+8,7	+12,1	+5,7	+8,0	-1,0	-1,5
Subotica	April-septembar	+1,9	+3,2	+1,7	+2,8	+2,4	-0,3
	Oktobar - mart	+7,9	+6,2	+5,3	+4,1	-5,6	-3,1

3 KVALITET VAZDUHA

3.1 Praćenje kvaliteta vazduha

Čist vazduh je jedan od osnova kvaliteta ljudskog života. Svojom delatnošću, čovek je izmenio prvobitni sastav atmosfere. Zbog industrijalizacije, povećanog korišćenja fosilnih goriva i povećanja populacije u gradskim oblastima, zagađenje vazduha u čitavom svetu je u velikom porastu. Vazduh se smatra zagađenim ukoliko sadrži određene materije u koncentraciji i vremenu u kojem mogu da štetno utiču na ljude i životnu sredinu (Mulaku and Kariuki, 2001). Kvalitet vazduha je vremenski i prostorno promenljiva kategorija. Vremenska i prostorna promenljivost nivoa zagađenja u atmosferi prouzrokovana je promenama u jačini kojom izvori emituju zagađujuće materije i promenama u meteorološkim uslovima. Poznavanje nivoa zagađenja vazduha je od vitalnog interesa za stanovništvo zato što zagađen vazduh predstavlja potencijalnu opasnost za zdravlje.

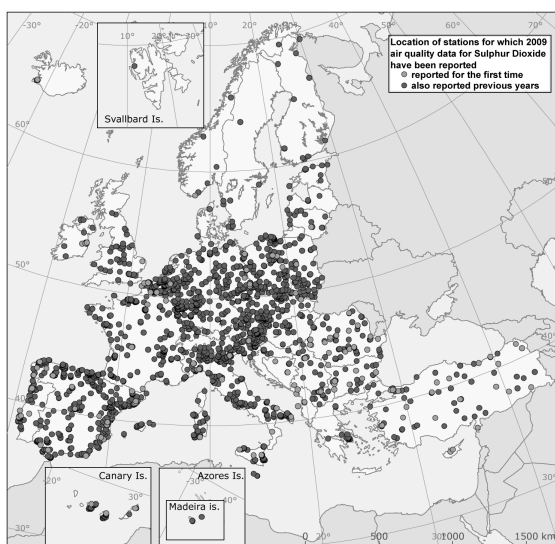
Važan aspekt u očuvanju i poboljšanju kvaliteta vazduha čini praćenje stanja kvaliteta vazduha putem merenja (monitoring). On je osnova za prikupljanje informacija o stanju kvaliteta vazduha na određenom području. Kvalitet vazduha određuju vrsta i koncentracija zagađujućih materija i on se vremenom menja, pa su za određivanje promena kvaliteta vazduha potrebna merenja za duži period.

Kvalitet vazduha se može odrediti na osnovu najznačajnijih (reprezentativnih) zagađujućih materija koje se za određenu oblast određuju na osnovu katastra emisije te oblasti. Na osnovu rezultata monitoringa mogu se preduzeti preventivne mere u segmentima značajnim za zaštitu vazduha od zagađenja kao što su: informisanje javnosti i davanje preporuka za ponašanje u epizodama zagađenja vazduha, praćenje i procena trendova koncentracija zagađujućih materija, modelovanje (disperzija i prognoza koncentracija polutanata), procena izloženosti populacije i ekosistema, identifikacija izvora zagađenja, sagledavanje uticaja preduzetih mera na stepen zagađenosti vazduha (Vujić, 2010).

Praćenje kvaliteta vazduha na globalnom nivou vrše međunarodne organizacije kao što su WMO i WHO. U okviru WMO 1989. godine pokrenut je program GAW program koji ima za cilj da blagovremeno upozori na potencijalno štetne promene u hemijskom sastavu i fizičkim karakteristikama atmosfere. Svetska zdravstvena organizacija u svojim publikacijama (AQG) na osnovu najnovijih naučnih saznanja donosi preporuke za smanjenje zdravstvenih efekata zagađenja vazduha. Publikacije imaju za cilj da pomognu državama širom sveta da unutar svojih propisa lakše definišu adekvatne ciljeve kada se radi o upravljanju kvalitetom vazduha. Prva publikacija objavljena je 1987. godine, a od tada je ažurirana dva puta 1997. godine i 2005. godine.

U okviru zakonodavstva EU stanje kvaliteta vazduha uređuje se direktivama. Prva okvirna direktiva, 96/62/EC, donešena je 1992. godine i u njoj su postavljeni osnovni principi zajedničke strategije vezane za kvalitet ambijentalnog vazduha, smanjenje i sprečavanje štetnog uticaja po ljudsko zdravlje i životnu sredinu. Direktiva 1999/30/EC određuje granične vrednosti za SO_2 , NO_x , čestice i olovo u vazduhu. Direktiva 2000/69/EC određuje granične vrednosti za benzen i CO u vazduhu, dok je Direktiva 2002/3/EC vezana za troposferski O_3 .

Direktiva 2004/107/EC odnosi se na arsen, kadmijum, živu, nikel i policiklične aromatične ugljovodonike u vazduhu. Poslednja direktiva 2008/50/EC objedinjuje postojeće zakonodavstvo i propisuje nove mere koje se tiču suspendovanih čestica, NO_2 i benzena. Direktive utvrđuju osnovne principe, ali je na zemljama članicama da usvoje neophodne nacionalne zakonske propise. U okviru EEA 1994. godine organizovan EIONET u okviru kojeg se sakupljaju i organizuju podaci koji se tiču zaštite životne sredine. Kao deo EIONET-a 1996. godine osnovan je EuroAirnet, koji obuhvata podatke koji se tiču monitoringa kvaliteta vazduha u Evropi. Godine 2009. su se u okviru EIONET-a nalazili podaci sa preko 3000 stanica u 38 država (slika 3.1).



Slika 3.1 Merna mesta stanica u okviru EIONET-a koja mere SO_2 u 2009. godini (izvor: Mol et al., 2011).

3.2 Izvori zagađenja vazduha

Sistematizacija izvora zagađenja se može izvršiti na osnovu različitih kriterijuma. Izvori zagađenja vazduha najčešće se dele prema vrsti zagađenja, rasporedu i pokretljivosti.

Prema vrsti zagađenja vazduha izvori se dele prirodne i veštačke. *Prirodni izvori zagađenja* vazduha su oduvek prisutni i atmosferi i nije ih moguće kontrolisati. Tu ubrajamo prašinu nošenu vetrom, aero alergene, čestice morske soli, dim, leteći pepeo i druge leteće čestice i proizvode sagorevanja usled šumskih požara, gasove iz močvara, mikroorganizme, vulkanske gasove i pepeo, prirodna radioaktivnost, meteorsku prašinu, prirodna isparenja i O_3 ozon nastao usled varničenja. *Veštački izvori zagađenja* odnose se na zagađenje koje posredno ili neposredno uzrokuje čovek procesima koje obavlja ili kojima upravlja. Razvrstani su u sledeće grupe (Ilić, 2008): (i) zagađenje vazduha termo i nuklearnim energijama koje obuhvata sve izvore zagađenja vazduha u procesima transformisanja energije goriva u neki drugi oblik energije, prvenstveno u toplotnu i električnu energiju; (ii) zagađenje vazduha industrijskim procesima i poljoprivrednom delatnošću koje obuhvata različite

industrijske tehnološke procese i operacije kao i kopanje i zaprašivanje u poljoprivredi; (iii) zagađenje vazduha svim vrstama transportnih sredstava koje obuhvata zagađenje upotrebom bilo kojeg oblika motornog vozila sa unutrašnjim sagorevanjem koja koriste benzin, dizel gorivo, gas, vodonik i druge pogonske materije; (iv) zagađenje vazduha sagorevanjem otpadnih materija i sagorevanjem u individualnim ložištima i (v) zagađenje vazduha nastalo u ostalim delatnostima kao što su procesi hemijskog čišćenja, štampanja, rušenja zgrada, korišćenje sprejeva, zaprašivanje u cilju uništenja insekata, pušenje cigareta i drugo.

Prema rasporedu izvori zagađenja mogu biti: (i) *tačkasti ili pojedinačni* koji se odnose se na izolovane ili međusobno dovoljno udaljene izvore, tako da im prostor koji zagađuju nije isti, a u koje spadaju termoelektrane, toplane, rafinerije i topionice pored kojih nema u okolini drugih postrojenja, pa su oni jedini izvor zagađenja u toj oblasti; (ii) *linijski* koji se odnose na puteve, odnosno njihovu blizinu, kojima se kreću transportna sredstva i (iii) *površinski* koji obuhvataju veliki broj manjih izvora koji zagađuju istu zapreminu vazdušnog prostora, kao npr. gradovi, industrijski centri u kojima izvore čine kotlarnice za grejanje, manje fabrike i drugo.

Na osnovu pokretljivosti izvori zagađenja vazduha dele se na: (i) *stacionarne* koji predstavljaju stacionarne tehničke jedinice, uključujući i postrojenja za sagorevanje, u kojima se izvodi jedna ili više aktivnosti koje mogu dovesti do zagađenja vazduha, kao i svaka druga aktivnost kod koje postoji tehnička povezanost sa aktivnostima koje se izvode na tom mestu i koje mogu proizvesti emisije i zagađenje (SG RS, 2009) kao npr. industrijska postrojenja, termoelektrane i individualna ložišta i (ii) *pokretne* koje obuhvataju motore sa unutrašnjim sagorevanjem koji su ugrađeni i transportna sredstva ili radne mašine (SG RS, 2009).

Zagađenje vazduha u Srbiji, a samim tim i u Vojvodini, je u najvećoj meri posledica zastarelih tehnologija, nedostatka, neodržavanja i dotrajalosti postrojenja za prečišćavanje u industriji i energetici, lošeg kvaliteta goriva za grejanje i motornog goriva i upotrebe starih vozila. Industrijsku proizvodnju naše zemlje karakteriše slabo razvijena i zastarela tehnologija i visok nivo stvaranja otpada. Važni izvori zagađenja su rafinerije u Pančevu i Novom Sadu, cementare i hemijska industrija. Na lokalnom nivou grejanje na ugalj i drva prouzrokuje velike emisije čađi, azotnih i sumpornih oksida što je posledica kvaliteta goriva. I poljoprivreda koja je osnovna komponenta privrede Vojvodine ima snažan uticaj na kvalitet vazduha. Azotni oksidi i CH_4 koji se stvaraju poljoprivrednim delatnostima imaju veliki potencijal na globalno zagrevanje (Trivić, 2008).

3.3 Zagađujuće materije atmosfere

Zagađujuća materija jeste svaka materija (uneta direktno ili indirektno od strane čoveka u vazduh) prisutna u vazduhu, koja ima štetne efekte po zdravlje ljudi i životnu sredinu u celini (SG RS, 2009). Kao i izvore zagađenja i same zagađujuće materije možemo podeliti na više načina. Dve osnovne podele su prema načinu nastanka i specifičnosti i vrsti zagađujuće materije.

Prema načinu nastanka zagađujuće materije dele se na (Bijelović, 2010): (i) primarne koje potiču iz poznatih izvora i direktno se emituju u atmosferu, a u koje spadaju SO_2 , NO_x , CO i suspendovane čestice i (ii) sekundarne koje nastaju sjedinjavanjem i međusobnim mešanjem primarnih zagađujućih materija ili u interakciji sa prirodnim sastojcima vazduha i čiji su najznačajniji predstavnici prizemni O_3 , NO_x i sekundarno nastale suspendovane čestice.

Prema specifičnosti i vrsti zagađujuće materije se dele na (Ilić, 2008): (i) osnovne koje nastaju iz najvećeg broja izvora zagađenja, a u koje spadaju UTM , suspendovane čestice, čađ, prizemni O_3 i sumporni, azotni i ugljenikovi oksidi i (ii) specifične koje se emituju u određenim industrijskim procesima proizvodnje i nisu u velikoj meri rasprostranjeni u vazduhu, osim u industrijskim područjima, a u koje spadaju ugljovodonici, fluoridi, hlor i teški metali. U radu su analizirano je pet osnovnih zagađujućih materija atmosfere, pa su u podpoglavljima koja slede one detaljnije opisane.

3.3.1 Čestice

Čestice (PM) se odnose na čvrste i tečne čestice koje lebde u vazduhu. Njihovi prečnici se mogu kretati od 0,005 do 500 μm . Mogu poticati iz prirodnih izvora (polen, bakterije, virusi, gljivice, plesan, morski sprej, zemlja) ili su im izvor ljudske aktivnosti. Čestice mogu biti direktno emitovane u atmosferu, a mogu nastati i oksidacijom i hemijskim reakcijama između gasova. Najveći izvori primarnih čestica su industrijski procesi, saobraćaj, termoelektrane, spaljivanje otpada i individualna ložišta. Zbog velikog broja izvora čestice mogu sadržavati stotine različitih hemijskih materija. Sitne čestice sadrže znatne količine sulfata, amonijuma, nitrata, elementarnog ugljenika i organskih jedinjenja. Kancerogena jedinjenja i teški metali kao što su arsen, selen, kadmijum, cink i olovo takođe se mogu naći u ovim česticama. Veće čestice kao što su čestice zemljišta, lebdeći pepeo, čađ, polen uglavnom su sastavljeni od minerala uključujući silicijum, kalijum, gvožđe, kalcijum i drugo (Đarmati, 2007).

Koncentracija čestica u vazduhu može da se iskaže preko: (i) ukupne količine taložnih materija (UTM) koje obuhvataju čestice prečnika većeg od 10 μm ; (ii) ukupnih suspendovanih čestica (TSP) koje obuhvataju čestice prečnika manjeg od 100 μm ; (iii) čestica prečnika manjeg od 10 μm (PM_{10}); (iv) čestica prečnika manjeg od 2,5 μm ($PM_{2,5}$), (v) ultrafinih čestica prečnika manjeg od 0,1 μm i (vi) čađi. Sve do početka 80-tih godina dvadesetog veka sve atmosferske čestice su merene kao čađ. U mesecu julu 1978. godine EPA je počela koristiti nov indikator PM_{10} , a devedesetih godina 20. veka počelo je i merenje $PM_{2,5}$. U okviru zemalja EU, Direktiva 1999/30/EC preporučuje da se koncentracija čestica prati preko koncentracija $PM_{2,5}$ i PM_{10} . Utvrđeno je da ukoliko ne postoje mereni podaci o koncentraciji $PM_{2,5}$ i PM_{10} , oni se mogu tumačiti u odnosu na utvrđenu koncentraciju TSP . Prema preporukama EPA faktor za preračunavanje TSP u PM_{10} iznosi

0,55 (WHO, 2004c; Ostro, 1994). U odsustvu nacionalnog faktora za preračunavanje odnosa $PM_{2,5} / PM_{10}$, WHO na osnovu sprovedenih epidemioloških studija preporučuje faktor 0,65 za razvijene zemlje i 0,5 za zemlje u razvoju. Na osnovu istraživanja i analiza Ostro (1994) je zaključio da koncentracije čađi grubo odgovaraju česticama prečnika manjeg od 10 μm (PM_{10}).

U uslovima veoma čiste atmosfere koncentracije TSP kreću se u granicama od 0 do 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dok se u veoma zagađenim sredinama one mogu biti veće od 1500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Koncentracije čađi u urbanim područjima mogu da pređu i 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Đarmati, 2007). Prema podacima WHO, koncentracija TSP i PM_{10} u vazduhu je najveća u Aziji (WHO, 2006). Prema WHO (2010) u Evropi u 2007. godini prosečna godišnja koncentracija PM_{10} kretala se od 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ u Finskoj i Irskoj, preko 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ u Bugarskoj, Rumuniji i Srbiji do 72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ u Turskoj.

Kada je reč o česticama u Srbiji, Uredbom o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha (SG RS, 2010a) i Uredbom o izmenama i dopunama Uredbe o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha (SG RS, 2010b) definisane su UTM , TSP , $PM_{2,5}$, PM_{10} i čađ. U Vojvodini su se, u periodu koji se analizira, koncentracije TSP pratile na malom broju mernih mesta, dok se koncentracije $PM_{2,5}$ i PM_{10} nisu pratile. Na najvećem broju mernih mesta pratile koncentracije UTM i čađi, koje su i analizirane u radu.

Ukupne taložne materije su čestice prečnika većeg od 10 μm koje se usled sopstvene težine prenose iz vazduha na razne površine (zemljište, vegetacija, voda, građevine i dr.) (SG RS, 2010b). Nastaju uglavnom mehaničkim procesima: drobljenjem, mlevenjem, brušenjem, erozijom zemljišta, kretanjem motornih vozila i raspršivanjem sprejeva. To je najčešće uskovitlana prašina sa ulica i neasfaltiranih puteva, prašina otpadnih materija, leteći pepeo nastao kao rezultat sagoravanja fosilnih goriva, čestice polena, spore plesni, čestice pesticida i organske materije sa farmi (Ilić, 2008).

Čađ je masena koncentracija suspendovanih čestica ekvivalentna smanjenju refleksije filter papira usled sakupljanja crnih čestica i meri se samo u aglomeracijama gde preovladavaju crne čestice (SG RS, 2010a). U stranoj literaturi čađ je poznata kao crni dim (BS) i crni ugljenik (BC). Nastaje sagorevanjem fosilnih goriva, požarima, vulkanskim erupcijama. Ovaj tip atmosferskih čestica apsorbuje i rasejava sunčevo zračenje, što znači da prigušuje prodor zračenja kroz atmosferu do Zemljine površine. Koncentracije čađi su najčešće povišene pored prometnih saobraćajnica, naročito onih kojima prolaze kamioni jer oni najčešće koriste dizel gorivo (Roemer and van Wijnen, 2001), pored rafinerija nafte i termoelektrana.

3.3.2 Sumpor dioksid

Sumpor dioksid pripada grupi sumporovih oksida. Bezbojan je i nezapaljiv gas, oštrog karakterističnog mirisa i kiselog ukusa. U vazduhu postoji kao gas ili rastvoren u vodenim kapljicama. Preko 90% SO_2 u vazduhu dolazi iz antropogenih izvora. Osnovni izvor SO_2 u vazduhu su sagorevanje fosilnih goriva koja sadrže sumpor, odnosno uglja i nafte. Sadržaj

sumpora u fosilnim gorivima varira od 1 do 5%. Osim u termoelektranama, koje su najveći emiteri SO_2 u vazduhu, on se oslobađa i pri preradi sulfidnih ruda, ruda olova, cinka i bakra, proizvodnji sumporne kiseline i papira i u rafinerijama nafte. Sumpor dioksid je takođe prisutan u izduvnim gasovima motornih vozila, naročito dizel motora, a ranijih godina se saobraćaj smatrao značajnim izvorom emisije SO_2 u vazduhu. Upotrebom goriva sa smanjenim sadržajem sumpora kao i modernijih vozila sa nižom emisijom zagađivača, doprinos saobraćaja povišenim nivoima SO_2 u vazduhu postaje sve manji pa se danas u razvijenim državama saobraćaj ne smatra značajnim izvorom SO_2 . U prirodi izvori SO_2 su vulkanske erupcije i biološka razlaganja pod uticajem anaerobnih bakterija.

Sumpor dioksid oksidacijom prelazi u SO_3 . Proces oksidacije u čistom vazduhu je voema spor, ali se oksidacija brzo odvija na površini suspendovanih čestica. SO_2 rastvoren u kapljicama magle se takođe oksiduje u SO_3 . Nastali SO_3 se rastvara u kapljicama vode koje su raspršene u vazduhu i gradi sumpornu kiselinu koja, putem kiselih kiša, veoma šteteno deluje kako na živi svet, tako i na metale i građevine.

Koncentracije SO_2 koje se pojavljuju u atmosferi različite su za različita područja, a najviši nivoi su u urbanim i industrijskim zonama. Prema podacima WHO u periodu 2000.-2005. godina prosečna godišnja koncentracija SO_2 u gradovima Azije, Afrike, Amerike i Evrope premašivala je $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dok je prekoračenje granične vrednosti od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zabeleženo u oko 15% posmatranih gradova. Prosečne godišnje koncentracije SO_2 u urbanim zonama zemalja u razvoju iznose $40\text{-}80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, u urbanim zonama Severne Amerike i Evrope one iznose $10\text{-}30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a u članicama EU $6\text{-}35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO, 2006).

3.3.3 Azot dioksid

U Srbiji se pod merenjem i izražavanjem masene koncentracije NO_2 podrazumevaju NO_x koji predstavljaju zbir zapreminskih koncentracija NO i NO_2 u vazduhu (SG RS, 2010a). Azot monoksid je gas bez boje i mirisa, slabo rastvorljiv u vodi, dok je NO_2 gas crveno-narandžasto-braon boje sa karakterističnim mirisom. Od ukupne količine NO_x u atmosferi 90% je iz prirodnih izvora (šumski požari, denitrifikacija zemljišta, biološko raspadanje i životinjske izlučevine). Osnovni antropogeni izvor je sagorevanje fosilnih goriva na visokom temperaturama i to prvenstveno u motornim vozilima, termoelektranama i industrijskim parnim kotlovima. Takođe nastaje i u procesu spaljivanja gradskih i industrijskih otpadaka i u procesu proizvodnje azotne kiseline, eksploziva i stakla. U gradskim sredinama visoke koncentracije su povezane sa područjima sa visokim intenzitetom saobraćaja i stambenim celinama u kojima se domaćinstva greju na ugalj. Azot dioksid je značajan atmosferski sastojak jer pored uticaja na zdravlje apsorbuje vidljivu svetlost i utiče na vidljivost, igra veoma značajnu ulogu u stvaranju fotohemijskog smoga i rastvara se u vodi stvarajući HNO_3 , komponentu kiselih kiša, koja je veoma jaka i deluje nadražujuće na oči i disajne puteve, oštećuje ćelije biljaka i povećava koroziju metala.

Koncentracija NO_x u urbanim sredinama varira u toku dana i godine. Pre izlaska Sunca koncentracije su stalne i nešto malo veće od dnevnog minimuma. Sa porastom aktivnosti stanovništva i intenzitetom kretanja motornih vozila raste koncentracija NO . Pod uticajem sunčevog zračenja NO sprelazi u NO_2 čija se koncentracija povećava i raste sve do večernjih sati. U toku noći koncentracija NO opada. U toku godine najveći sadržaj NO je u toku kasne jeseni i zimskih meseci zbog smanjenog intenziteta sunčevog zračenja koji ga konvertuje u NO_2 . Drugi razlog povećane koncentracije NO_x u toku jeseni i zime je veće sagorevanje fosilnih goriva (Đarmati, 2007).

Prosečna godišnja koncentracija NO_x u urbanim delovima sveta kreće se u opsegu od 20-90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. U velikim gradovima Evrope po podacima iz 2002. godine kretala se od 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na Islandu do 44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ u Francuskoj. Jednočasovna merenja u blizini veoma prometnih saobraćajnica pokazuju da nivo može da pređe i 940 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO, 2006). Prosečna godišnja koncentracija NO_x u gradovima Azije kreće se u rasponu od 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ do 74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, u gradovima Afrike od 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ do 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a u Australiji od 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ do 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO, 2006; DEH, 2004).

3.3.4 Prizemni ozon

Prizemni ili troposferski O_3 nalazi se na visinama na kojima živi čovek i osnovni je sastojak fotohemijškog smoga koji nastaje pri stabilnim meteorološki uslovima u letnjoj polovini godine u veoma zagađenim sredinama. Naziva se i loš O_3 . Čini oko 10% od ukupne količine O_3 .

Ozon, zajedno sa ostalim fotohemijškim oksidantima, nije direktno emitovan u vazduh iz primarnih izvora. Pripada grupi hemijskih zagađujućih materija koji nastaju kompleksnim hemijskim reakcijama u atmosferi koje su pokrenute apsorpcijom svetlosti od strane NO_2 . Osnovne reakcije odgovorne za stvaranje prizemnog ozona su sledeće:



Azot dioksid apsorbuje zračenje talasnih dužina manjih od 395 nm i osnovni je izvor veoma reaktivnog atomskog kiseonika koji reaguje sa molekulom O_2 . U slučaju kada u vazduhu nisu prisutna druga organska jedinjenja prizemni O_3 se troši kroz sledeću reakciju:



Akumulacija O_3 u troposferi je jedino moguća ako NO reaguje sa drugim supstancama (kao na primer sa ugljovodonicima) umesto sa O_3 i tako stvara NO_2 . Prizemni O_3 znatno efikasnije apsorbuje UV zračenje od stratosferskog. Razlog za to je prisustvo čestica na kojima se zračenje reflektuje i rasejava pa je time put zračenja kroz sloj koji

apsorbuje duži i apsorpcija po jedinici debljine apsorbujućeg sloja efikasnija. Iako prizemni O_3 efikasnije apsorbuje štetno UV zračenje na ovim visinama nije poželjan zbog svoje velike reaktivnosti.

Koncentracije prizemnog O_3 imaju izrazit dnevni i godišnji hod. Pravilan dnevni hod je posledica pravilnog hoda sunčevog zračenja i intenziteta gradskog saobraćaja. Najniže koncentracije su oko 7 sati ujutro, nakon izlaska Sunca, a najviše u poslepodnevnim časovima, u vreme saobraćajnog špica. Na godišnjem nivou maksimalne vrednosti su tokom leta (april-septembar) što je uslovljeno povećanjem intenziteta i trajanja sunčevog zračenja, dok su zimi koncentracije znatno niže (Trivić, 2008).

Koncentracije prizemnog O_3 mere se u kratkim intervalima (1-8 sati) u vreme obdanice. Iako se meri na više od 1000 lokacija u Evropi, generalno je broj mernih mesta mali. Analiza trenda u periodu 1993-2005. godina pokazuje da je prosečan broj mernih mesta u kojima koncentracija prelazi $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bio veći 2003. godine nego u svim prethodnim godinama, a da u nekim mediteranskim mestima koncentracije jednočasovnog prizemnog O_3 prelaze i $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO, 2006).

3.4 Uticaj zagađenja vazduha na zdravlje ljudi

Zagađen vazduh deluje nepovoljno na sve žive organizme, a samim tim i na čoveka. Ljudi koji žive u zagađenim sredinama češće se razboljevaju i duže boluju od onih koji žive u čistijim sredinama (WHO, 1999). Uticaj kvaliteta vazduha na zdravlje ljudi je zavisan od zdravstvenog stanja populacije i socijalno-ekonomskog statusa. Uticaj kvaliteta vazduha na pojedinca zavisi od pola, starosti, zdravstvenog stanja, naslednih faktora, načina ishrane, uslova života i rada kao i stanja životne sredine neposrednog okruženja. Prema podacima WHO na svetskom nivou bolesti zavisne od zagađenja vazduha učestvuju u ukupnom mortalitetu sa 1,4 i 2% u svim kardiopulmonarnim oboljenjima (WHO, 2004a; 2006). Populacija koja je pod većim rizikom od bolesti uslovljenih zagađenjem vazduha su deca, stara i obolela lica, socijalno-ekonomski ugrožena lica i nedovoljno edukovana lica. Prema podacima WHO bolesti zavisne od zagađenja vazduha učestvuju sa 81% u ukupnoj smrtnosti osoba starijih od 60 godina i 3% u ukupnoj smrtnosti dece starosti do 5 godina (WHO, 2006).

Nepovoljno delovanje zagađujućih materija iz vazduha može biti akutno i hronično. Akutno delovanje je izlaganje organizma većim koncentracijama zagađujuće materije u kraćem vremenskom periodu. Akutno delovanje povezano je sa temperaturnom inverzijom i povećanom koncentracijom osnovnih zagađujućih materija. Hronično delovanje je izlaganje organizma manjim koncentracijama zagađujuće materije tokom dužeg vremenskog perioda. Najčešće posledice hroničnog delovanja zagađujućih materija su bronhitis, astma i emfizem (Ljekar i Jevtić, 2001).

Čestice se inhalacijom unose u organizam čoveka i deponuju u respiratornom sistemu. Ulazak i deponovanje čestica u čovekov respiratorni sistem zavisi od veličine čestica, mehanizma odbrane respiratornog sistema i načina disanja. Čestice veće od $10 \mu\text{m}$ se

zadržavaju u gornjim disajnim putevima - nosu, grlu i ždreću gde ne predstavljaju toliko značajnu opasnost po zdravlje u odnosu na fine čestice koje prodiru do najsitnijih dušičkih cevčica i predstavljaju značajno opterećenje za respiratorni sistem čoveka, bilo da se manifestuje kratkotrajno u visokim koncentracijama ili dugotrajno u niskim. Čestice mehanički nadražuju sluznicu disajnih organa i pri produženom delovanju dovode do bujanja vezivnog tkiva i razvoja fibroze. Sposobnost bakterija i otrovnih gasova da se nagomilavaju na površini čestica čađi pojačava njen štetni uticaj na zdravlje. Epidemiološke studije su pokazale da PM_{10} uzrokuju štetne zdravstvene efekte čak i pri relativno niskim koncentracijama. Analiza zagađenja PM_{10} pokazuje da ono dovodi do povećanja smrtnosti, povećanja hospitalizacije usled respiratornih problema lica starijih od 65 godina i povećanja kašlja i upotrebe lekova kod dece starosti između 5 i 15 godina (WHO, 2004b).

Sumpor dioksid se u čovekov organizam unosi udisanjem. Čak i male koncentracije SO_2 mogu da smanje funkciju pluća kod astmatičara, iritiraju sluzokožu očiju, nosa, grla i gornjih disajnih puteva. Udisanjem nižih koncentracija SO_2 dolazi do grčenja glatkih mišića u bronholama, a zatim sa porastom koncentracija, dolazi do pojačanog lučenja sluzi u gornjim putevima organa za disanje, ozbiljnog zapaljenja sluzokože ovih organa i odvajanja površinskog sloja epitela. Sve ove pojave, koje se mogu nazvati bronhijalni grč, još su pojačane udisanjem hladnog vazduha. Posle dužeg izlaganja povišenim koncentracijama SO_2 , organi za disanje se naviknu na njega tako da, recimo, radnici u proizvodnji sumporne kiseline, ne osećaju nikakve smetnje čak ni pri koncentracijama koje su blizu maksimalno dopuštenim, ali posledice ostaju. Dugoročnija izlaganja visokim koncentracijama SO_2 izazivaju različite respiratorne bolesti i pogoršavaju postojeća srčana oboljenja. Sumpor dioksid reaguje sa drugim jedinjenjima iz vazduha gradeći pri tome sitne sulfatne čestice. Jednom udahnute, ove čestice ostaju nataložene u plućima i predstavljaju osnovni uzročnik pogoršanog respiratornog stanja, bolesti, a u nekim slučajevima čak i preuranjene smrti.

Povećani nivoi NO_2 mogu da iritiraju pluća, dovedu do pojave astme i doprinesu smanjenju otpornosti organizma ka respiratornim infekcijama kao što je grip. On takođe doprinosi smanjenju osećaja mirisa. Pri izloženosti visokim koncentracijama može doći i do smrti.

Prema WHO (2004c) kratkotrajno udisanje O_3 dovodi do zapaljenskih procesa u čitavom respiratornom traktu, s tim da je posebno osetljiva nosna šupljina, a takođe dovodi do povećane sinteze proteina u jetri. Disajni kapacitet je ugrožen čak iako je O_3 prisutan u prihvatljivim količinama. Testovi izvođeni u laboratorijama su pokazali da je fizička spremnost atletičara smanjena i da je kapacitet pluća sužen kada je nivo O_3 povišen. Novija istraživanja pokazuju da akutna izloženost utiče i na kardiovaskularni sistem. Produženo izlaganje O_3 može da dovede do fibroze pluća, doprinese razvoju arteroskleroze i astme i izazove mutacije respiratornih ćelija.

3.5 Monitoring kvaliteta vazduha u Vojvodini i zakonska regulativa

Od 1987. godine, osim u Novom Sadu u kome je sistematsko praćenje započelo 1979. godine, kvalitet vazduha se prati i u većim naseljenim mestima u Vojvodini (Subotica, Zrenjanin, Kikinda, Sombor, Pančevo) (Ljekar i Jevtić, 2001). Međutim, podaci o nivoima zagađenja kojima se raspolaže nisu potpuni, nisu skoncentrisani na jednom mestu i uglavnom se čuvaju u papirnom obliku u vidu godišnjih izveštaja što je nedovoljno za detaljnu analizu za duži vremenski period. Neorganizovanost i nedostupnost podataka o zagađenju vazduha u prošlosti je jedan od osnovnih razloga što se analize prostornih i vremenskih promena koncentracija zagađivača vazduha na području Vojvodine mogu naći u malom broju radova (Jovanović, 1992; Čubrilo i sar., 1997; Vajagić i sar., 1995; Vajagić i sar., 1996; Jevtić-Aćimović i sar., 1996; Jevtić, 1997; Jevtić i sar., 2002) i uglavnom se odnose na jedan grad i na kratke vremenske periode. Od 2003. godine podaci o zagađenju vazduha na reprezentativnim stanicama u Vojvodini čuvaju se u organizovanom obliku i dostupni su elektronskoj formi, zbog uključivanja Srbije u EIONET .

Najznačajniji zakon koji se odnosi na vazduh je Zakon o zaštiti vazduha iz 2009. godine (SG RS, 2009). U skladu sa ovim zakonom, Srbija planira da sprovede Direktivu o kvalitetu vazduha i čistijem vazduhu u Evropi (2008/50/EC) koja je ključni deo propisa EU na polju kvaliteta vazduha. Osnovna nadležnost za sprovođenje Zakona o zaštiti vazduha je u rukama Ministarstva životne sredine i prostornog planiranja. Zakonom se uređuje upravljanje kvalitetom vazduha i određuju mere, način organizovanja i kontrole sprovođenja zaštite i poboljšanja kvaliteta vazduha Republike Srbije. Na osnovu ovog zakona donešena je Uredba o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha (SG RS, 2010a) kojom se propisuju metodologija merenja i ocenjivanja kvaliteta vazduha, zahtevi u pogledu podataka koji se koriste za ocenjivanje kvaliteta vazduha, obim i sadržaj informacija o ocenjivanju kvaliteta vazduha i kriterijumi za određivanje minimalnog broja mernih mesta i lokacija za uzimanje uzoraka. Iz zakona proizilaze Uredbe o utvrđivanju programa kontrole vazduha kojima se određuje broj i raspored mernih mesta u određenim zonama i aglomeracijama, kao i obim, vrsta i učestalost merenja. Pre 2009. godine granične vrednosti imisije, metode merenja i kriterijumi za uspostavljanje mernih mesta i evidenciju podataka regulisani su Pravilnikom o graničnim vrednostima, metodama merenja imisije, kriterijumima za uspostavljanje mernih mesta i evidenciji podataka (SG RS, 2006).

Sistematsko praćenje kvaliteta vazduha se sprovodi u mreži mernih mesta na teritoriji cele Republike Srbije. Pokrajinski Sekretarijat za zaštitu životne sredine i održivi razvoj je odgovoran za zone na teritoriji Vojvodine, a Zavodi za javno zdravlje pokrivaju monitoring kvaliteta ambijentalnog vazduha u lokalnoj urbanoj mreži. Pored monitoringa u državnoj mreži, kvalitet vazduha se od 2009. godine sistematizovano prati na 40 automatskih mernih stanica koje održava i sa njih prikuplja podatke SEPA. Tokom 2004. godine Srbija je napravila prve korake ka uključivanju u EIONET kada je počelo slanje podataka o kvalitetu vazduha. U EIONET se šalju podaci o koncentracijama čađi, SO_2 , NO_2 i O_3 mereni na 26 mernih mesta u Srbiji od čega je 12 sa teritorije Vojvodine.

Tabela 3.1 Granične vrednosti imisije i granice tolerancije za čađ, SO_2 , NO_2 i O_3 i UTM u Srbiji i EU (SG RS, 2006; SG RS, 2010a; EU, 2008; EU, 1980).

Zagađujuća materija	Vreme uzorkovanja	Srbija			EU	
		(SG RS, 2006)	(SG RS, 2010a)	Granična vrednost	Granična vrednost	Granična tolerancije
UTM	1 mesec	450 mg/m ² /dan	450 mg/m ² /dan	-	-	-
	1 godina	200 mg/m ² /dan	200 mg/m ² /dan	-	-	-
Čađ	1h	150 µg/m ³	-	-	100-150*** µg/m ³	-
	24h	50 µg/m ³	50 µg/m ³	25 µg/m ³ (50 % od granične vrednosti)	100-150*** µg/m ³	-
	1 godina	50 µg/m ³	50 µg/m ³	25 µg/m ³ (50 % od granične vrednosti)	40-60 *** µg/m ³ ne sme biti premašeno više od 25 puta godišnje	-
SO_2	1h	350 µg/m ³	350 µg/m ³ ne sme biti premašeno više od 24 puta godišnje	150 µg/m ³ (43% od granične vrednosti)	350 µg/m ³ ne sme biti premašeno više od 24 puta godišnje	150 µg/m ³ (43% od granične vrednosti)
	24h	150 µg/m ³	125 µg/m ³ ne sme biti premašeno više od 3 puta godišnje	-	125 µg/m ³ ne sme biti premašeno više od 3 puta godišnje	-
	1 godina	50 µg/m ³	50 µg/m ³	-	-	-
NO_2	1h	150 µg/m ³	150 µg/m ³ ne sme biti premašeno više od 18 puta godišnje	50% od granične vrednosti 1.1. 2010. godine, umanjuje se 1.1.2012. godine, a potom na svakih 12 meseci za 5% godišnje da bi se do 1.1.2021. godine dostiglo 0 %	200 µg/m ³ ne sme biti premašeno više od 18 puta godišnje	50% od granične vrednosti 19. 7. 1999., umanjuje se od 1.1. 2001. godine, a potom na svakih 12 meseci u onom procentu da bi se do 1. 1. 2010. godine dostiglo 0 %
	24h	85 µg/m ³	85 µg/m ³	40 µg/m ³ (47% od granične vrednosti)	40 µg/m ³	50% od granične vrednosti
	1 godina	60 µg/m ³	40 µg/m ³	50% vrednosti 1.1. 2010. godine, umanjuje se 1.1. 2012. godine, a potom na svakih 12 meseci za 5% godišnje da bi se do 1. 1. 2021. godine dostiglo 0 %	-	-
O_3	1h	150 µg/m ³	-	-	180 (240)* µg/m ³	-
	8 h	-	120** µg/m ³ se ne sme prekoračiti u više od 25 dana po kalendarskoj godini u toku tri godine merenja	-	120** µg/m ³ se ne sme prekoračiti u više od 25 dana po kalendarskoj godini u toku tri godine merenja***	-
	24h	85 µg/m ³	-	-	-	-
	1 godina	80 µg/m ³	-	-	-	-

* vrednosti za osetljivu i većinsku populaciju

** ciljana vrednost

*** EU, 1980

U okviru monitoringa definisano je praćenje emisije i imisije zagađujućih materija. Emisija je ispuštanje zagađujućih materija u gasovitom, tečnom ili čvrstom agregatnom stanju iz izvora zagađivanja u vazduh. Imisija je nivo koncentracije zagađujućih materija kao rezultat svih emisija na određenom području. U cilju upravljanja kvalitetom vazduha Vlada, na predlog Ministarstva životne sredine i prostornog planiranja propisuje zahteve kvaliteta vazduha. Zahtevi za određivanje kvaliteta vazduha predstavljaju određivanje graničnih vrednosti, granica tolerancije, tolerantnih vrednosti, ciljanih vrednosti, dugoročnih ciljeva koji se odnose na nivoe zagađujućih materija u vazduhu kao i određivanje koncentracija opasnih po zdravlje i koncentracija o kojima se obaveštava javnost. Granična vrednost jeste najviši dozvoljeni nivo zagađujuće materije u vazduhu, utvrđen na osnovu naučnih saznanja, kako bi se izbegle, sprečile ili smanjile štetne posledice po zdravlje ljudi i/ili životnu sredinu i koja se ne sme preći kada se jednom dostigne. Granica tolerancije jeste procenat dozvoljenog prekoračenja granične vrednosti pod propisanim uslovima. Tolerantna vrednost jeste granična vrednost uvećana za granicu tolerancije. Ako za neku zagađujuću materiju nije propisana granica tolerancije, njena granična vrednost se uzima kao tolerantna vrednost. Ciljna vrednost jeste nivo zagađujuće materije utvrđen kako bi se izbegli, sprečili ili smanjili štetni efekti po zdravlje ljudi i/ili životnu sredinu u celini, koja će biti postignuta u utvrđenom roku. (SG RS, 2009). Granične vrednosti imisije (GVI) i granice tolerancije za čad , SO_2 , NO_2 i O_3 i *UTM* propisane u Srbiji i direktivama EU prikazane su u tabeli 3.1.

Do 2007. godine stanje kvaliteta vazduha se procenjivalo učestalošću prekoračenja GVI. Da bi se dobile informacije o raspodeli imisionih koncentracija ispod GVI, SEPA je 2007. godine definisla Privremeni indeks kvaliteta vazduha za čad , SO_2 , NO_2 . Ovaj indeks je dobio naziv privremeni jer 2007. godine još nije došlo do usaglašavanja domaće regulative koja propisuje GVI sa EU regulativom. Radi naznake da je domaći i da je baziran na GVI iz 2007. godine on nosi oznaku AQI_S_07. Indeks ima pet klasa. Prve dve klase pokrivaju opseg do polovine GVI, treća od polovine GVI do ukupne vrednosti, dok vrednosti u četvrtoj i petoj klasi karakterišu zagađen vazduh. Za nazive klasa odabrani su odličan, dobar, prihvatljiv, zagađen i jako zagađen.

Tabela 3.2 Definicija Privremenog indeksa kvaliteta vazduha AQI_S_07.

Zagađujuća materija	GVI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ODLIČAN	DOBAR	PRIHVATLJIV	ZAGAĐEN	JAKO ZAGAĐEN
čad	50	0-12	13-25	26-50	51-100	>100
SO_2	150	0-35	36-75	76-150	151-250	>250
NO_2	85	0-20	21-43	44-85	86-150	>150

Godine 2009. Zakon o zaštiti vazduha prema nivou zagađenosti, polazeći od propisanih graničnih i tolerantnih vrednosti, a na osnovu rezultata merenja, utvrđuje sledeće kategorije kvaliteta vazduha (SG RS, 2009): (i) prva kategorija - čist ili neznatno zagađen vazduh gde nisu prekoračene granične vrednosti nivoa ni za jednu zagađujuću materiju; (ii) druga kategorija - umereno zagađen vazduh gde su prekoračene granične vrednosti za jednu ili više zagađujućih materija, ali nisu prekoračene tolerantne vrednosti ni jedne zagađujuće

materije i (iii) treća kategorija - prekomerno zagađen vazduh gde su prekoračene tolerantne vrednosti za jednu ili više zagađujućih materija.

3.6 Materijal i metode rada

Kada je reč o delu istraživanja koji se bavi kvalitetom vazduha osnovni zadatak rada je da se podaci prikupe na jedno mesto i organizuju u srede sistem kao i da korišćenjem postojećih podataka pokuša da se napravi kompletna prostorna i vremenska analiza zagađivača vazduha u većim gradovima tokom određenog vremenskog perioda.

3.6.1 Opis mernih mesta i upotrebljenih podataka

Za analizu kvaliteta vazduha u Vojvodini korišćeni su podaci o koncentraciji zagađujućih materija na teritoriji osam naselja: Novi Sad, Sombor, Subotica, Zrenjanin, Kikinda, Vršac, Pančevo i Beočin. Analizirano je pet osnovnih zagađivača vazduha: *UTM*, *čad*, SO_2 , NO_2 i O_3 . Za analizu *UTM* korišćeni su podaci na mesečnom nivou, dok su za analizu ostalih navedenih zagađujućih materija korišćeni dnevni podaci (24-časovni uzorci). Podaci su dobijeni od Pokrajinskog sekretarijata za zaštitu životne sredine i od Zavoda za javno zdravlje na teritoriji Vojvodine.

Na početku rada planirano je da se koriste merene vrednosti zagađujućih materija za najmanje šest godina, počevši od 2007. godine pa unazad, najdalje do 1992. godine. Međutim, pregledom postojećih podataka utvrđeno je da nisu sačuvani podaci pre 2001. godine, kao i da se raspolaze podacima za 2008. godinu koja nije bila planirana da bude obuhvaćena analizom. Zbog kratkog perioda kojim sa raspolagalo odlučeno je da se iskoriste svi postojeći podaci i analiziraju vrednosti za osmogodišnji period počev od od 2001. godine do 2008. godine.

Podaci koji su dobijeni od navedenih institucija razlikovali su se po periodu koji je obuhvaćen kao i u kontinuitetu merenja. Razlog za manje prekide merenja u trajanju od nekoliko dana je uglavnom kvar na aparatu. Nedostatak podataka za duži vremenski niz ukazuje na to da merenje nije ni vršeno (Vršac, Zrenjanin, Sombor) ili su podaci trajno izgubljeni zbog kvara računara na kojem su čuvani (Novi Sad, Beočin, Kikinda). Deo podataka koji nedostaju bio je dostupan u vidu prosečnih mesečnih i godišnjih vrednosti, ali zbog malog vremenskog perioda koji je na ovaj način obuhvaćen ovi podaci nisu korišćeni. Pored nedostatka podataka dodatna otežavajuća okolnost pri analizi je činjenica da je unutar perioda koji je obuhvaćen analizom dolazilo do promene mernih mesta na kojima se prate pojedine zagađujuće materije.

Periodi merenja, ukupan broj mernih mesta, ukupan broj mernih podataka kojima se raspolagalo prikazane su u tabelama 3.3, 3.4 i 3.5. U tabeli 3.3 prikazan je početak i kraj perioda (mesec i godina) unutar kojeg se raspolagalo sa merenim podacima za svaku zagađujuću materiju. U tabeli 3.4 podatak izvan zgrade odnosi se na ukupan broj različitih mernih mesta na kojima je svaka zagađujuća materija merena u periodu navedenom u tabeli 3.3. Pošto je tokom navedenih perioda dolazilo do promene lokacije i broja mernih mesta na kojima se zagađujuća materija merila, u zagradi pored ukupnog broja mernih mesta je

prikazan najmanji i najveći broj mernih mesta na kojima je u jednom danu (meseću za *UTM*) zagađujuća materija merena. Tako minimalan broj mernih mesta označen nulom pokazuje da ne postoji kontinuitet merenja u navedenom periodu, odnosno da postoje prekidi merenja u navedenom periodu. Tabela 3.5 pokazuje ukupan broj uzoraka izmerenih na svim mernim mestima u svakom naselju koji su korišćeni za analizu.

Tabela 3.3 Periodi merenja zagađujućih materija za naselja u Vojvodini upotrebljeni u radu.

	<i>UTM</i>	<i>čad</i>	<i>SO₂</i>	<i>NO₂</i>	prizemni <i>O₃</i>
Novi Sad	01.2003. - 12.2008.	02.2003. - 12.2008.	02.2003. - 12.2008.	02.2003. - 12.2008.	03.2005. - 12.2008.
Subotica	01.2001. - 12.2008.	01.2001. - 12.2008.	01.2001. - 12.2008.	01.2001. - 12.2008.	06.2001. - 12.2005.
Sombor	01.2001. - 12.2008.	01.2004. - 11.2006.	04.2004. - 11.2006.	04.2004. - 11.2006.	-
Beočin	01.2003. - 02.2005.	02.2003. - 01.2007.	02.2003. - 01.2007.	02.2003. - 01.2007.	-
Kikinda	01.2001. - 11.2008.	06.2003. - 12.2008.	06.2003. - 12.2008.	08.2003. - 12.2008.	01.2007. - 12.2008.
Vršac	01.2004. - 12.2005.	01.2005. - 12.2005.	01.2004. - 12.2005.	01.2004. - 12.2005.	-
Pančevo	01.2001. - 12.2008.	01.2001. - 12.2008.	01.2001. - 12.2008.	01.2001. - 12.2008.	-
Zrenjanin	07.2005. - 06.2007.	01.2004. - 10.2008.	01.2004. - 10.2008.	01.2004. - 10.2008.	07.2005. - 10.2008.

Tabela 3.4 Ukupan broj mernih mesta u navedenom periodu merenja i minimalan i maksimalan broj mernih mesta na kojima je u jednom danu zagađujuća materija merena *

	<i>UTM</i>	<i>čad</i>	<i>SO₂</i>	<i>NO₂</i>	prizemni <i>O₃</i>
Novi Sad	23 (0,20)	20 (0, 16)	20 (0, 16)	4 (0,3)	4 (0,3)
Subotica	17 (5,14)	12 (0, 7)	12 (0, 7)	12 (0,7)	1 (0,1)
Sombor	1 (0,1)	2 (0, 2)	2 (0, 2)	2 (2,2)	-
Beočin	2 (0,2)	2 (0, 2)	2 (0, 2)	2 (0,2)	-
Kikinda	8 (0,7)	3 (0, 3)	3 (0, 3)	3 (0,3)	1 (0,1)
Vršac	2 (2,2)	2 (2, 2)	2 (1, 2)	2 (0,2)	-
Pančevo	10 (0,6)	4 (0, 4)	2 (0, 2)	2 (0,2)	-
Zrenjanin	4 (4,4)	7 (0, 4)	7 (0, 4)	7 (0,5)	5 (0,3)

*minimalan i maksimalan broj mernih mesta u jednom danu prikazan je u zagradi

Tabela 3.5 Ukupan broj mernih podataka korišćenih u analizi.

	<i>UTM</i>	<i>čad</i>	<i>SO₂</i>	<i>NO₂</i>	prizemni <i>O₃</i>
Novi Sad	829	21931	18346	4190	1950
Subotica	885	17473	17388	17657	1335
Sombor	93	1284	1178	1211	-
Beočin	33	1361	1363	1287	-
Kikinda	289	3933	3941	3934	734
Vršac	48	730	1437	1073	-
Pančevo	294	8191	5391	5514	-
Zrenjanin	82	4726	5058	5325	1149

Tabela 3.6 prikazuje položaj mernih mesta u svakom naselju i parametre koji se na njima ispituju. Deo podataka o koordinatama mernih mesta dobijen je od Zavoda za javno zdravlje koji su vršili merenje i Pokrajinskog sekretarijata za zaštitu životne sredine (oznaka *), dok su za ostale merne mesta koordinate određene uz pomoć adrese i programa Google Earth. U Pančevu nisu upisane koordinate za merna mesta od PA5 do PA10 jer od Zavoda za javno zdravlje Pančeva nisu dobijene tačne adrese.

Tabela 3.6 Položaj mernih mesta i parametri koji se na njima ispituju u Novom Sadu (NS), Subotici (SU), Somboru (SO), Beočinu (BC), Vršcu (VR), Kikindi (KI), Pančevu (PA) i Zrenjaninu (ZR).

Oznaka mernog mesta	Naziv mernog mesta	Adresa	Koordinate mernog mesta	Parametri ispitivanja
NS1	Institut za javno zdravlje Vojvodine	Futoška 121	45° 14' 52,80" s.g.š.* 19° 49' 04,10" i.g.d.	čad, SO ₂ , NO ₂ , O ₃
NS2	Sportski centar "Sajmište"	Novosadskog sajma bb	45° 15' 20,67" s.g.š. 19° 49' 28,30" i.g.d.	čad, SO ₂ , UTM
NS3	Civilna zaštita	Braće Jovandić 4	45° 15' 35,71" s.g.š. 19° 50' 05,86" i.g.d.	čad, SO ₂
NS4	Bistrica - Robna kuća	Jovana Dučića bb	45° 15' 08,46" s.g.š. 19° 48' 07,75" i.g.d.	čad, SO ₂
NS5	Liman IV - Dom zdravlja	Bulevar cara Lazara 77	45° 14' 27,52" s.g.š. 19° 49' 48,88" i.g.d.	čad, SO ₂
NS6	Fruškogorska	Ugao Fruškogorske i Jiričekove ulice 19	45° 14' 32,85" s.g.š. 19° 50' 51,87" i.g.d.	čad, SO ₂
NS7	Elektroporcelan	Marka Miljanova 15	45° 15' 41,97" s.g.š. 19° 51' 08,55" i.g.d.	čad, SO ₂
NS8	Gundulićeva	Ugao Gundulićeve i Tekelijine ulice 12	45° 15' 50,10" s.g.š.* 19° 50' 45,40" i.g.d.	čad, SO ₂
NS9	Gimnazija "Svetozar Marković"	Njegoševa ulica 22	45° 15' 25,00" s.g.š.* 19° 50' 30,50" i.g.d.	čad, SO ₂ , O ₃
NS10	Dom zdravlja - Petrovaradin	Jože Vlahovića 5	45° 14' 58,40" s.g.š.* 19° 52' 28,20" i.g.d.	čad, SO ₂ , O ₃ , UTM
NS11	Detelinara	Brace Vrebala 15	45° 15' 54,81" s.g.š. 19° 48' 40,94" i.g.d.	čad, SO ₂
NS12	Mlinotehna	Pap Pavla 1	45° 15' 15,00" s.g.š.* 19° 50' 31,00" i.g.d.	čad, SO ₂ , NO ₂ , O ₃
NS13	Vidovdansko naselje	Dr Jovana Andrijevića 2	45° 16' 57,01" s.g.š. 19° 49' 57,85" i.g.d.	čad, SO ₂
NS14	Mesna zajednica Klisa	Savska 27	45° 17' 58,04" s.g.š.* 19° 49' 35,15" i.g.d.	čad, SO ₂
NS15	Mesna zajednica Šangaj	Školska bb	45° 16' 20,00" s.g.š.* 19° 52' 24,70" i.g.d.	čad, SO ₂ , NO ₂ ,
NS16	Sokolski dom	Ignjata Pavlasa 2	45° 15' 20,35" s.g.š. 19° 50' 58,55" i.g.d.	čad, SO ₂
NS17	Bistrica, OŠ "Prva vojvođanska brigada"	Seljačkih buna b.b	45° 15' 14,79" s.g.š. 19° 47' 50,18" i.g.d.	čad, SO ₂
NS18	Telep - Predškolska ustanova	Ćirila i Metodija 69	45° 14' 15,70" s.g.š.* 19° 48' 33,80" i.g.d.	čad, SO ₂ , UTM
NS19	Apoteka 1.maj	Jevrejska 40	45° 15' 8,70" s.g.š.* 19° 50' 16,10" i.g.d.	čad, SO ₂ , NO ₂ ,
NS20	MZ Klisa	Srbobranska bb	45° 18' 7,00" s.g.š.* 19° 49' 30,40" i.g.d.	čad, SO ₂ , UTM
NS21	"Elektrovojdina"	Vladimira Nikolića 1	45° 14' 38,90" s.g.š.* 19° 50' 18,70" i.g.d.	UTM
NS22	Društvo lekara Vojvodine	Vase Stajića 9	45° 15' 4,15" s.g.š. 19° 50' 38,91" i.g.d.	UTM
NS23	Vidovdansko naselje	Temerinska 154	45° 16' 44,60" s.g.š.* 19° 50' 05,20" i.g.d.	UTM
NS24	Klisanski breg	Miroslava Prodanovića 6	45° 17' 7,64" s.g.š. 19° 48' 59,81" i.g.d.	UTM

NS25	Toplana "Sever"	Bulevar Jaše Tomića bb	45° 16' 12,00" s.g.š.* 19° 50' 19,80" i.g.d.	<i>UTM</i>
NS26	MUP Radnička	Radnička 30	45° 15' 1,90" s.g.š.* 19° 51' 13,40" i.g.d.	<i>UTM</i>
NS27	Petrovaradin	Ulica Franje Stefančića 7	45° 14' 24,9" s.g.š.* 19° 53' 14,7" i.g.d.	<i>UTM</i>
NS28	Polgar Andraša	Polgar Andraša 1	45° 14' 53,48" s.g.š. 19° 48' 56,86" i.g.d.	<i>UTM</i>
NS29	MUP Pap Pavla	Pap Pavla 46	45° 15' 16,80" s.g.š.* 19° 50' 8,80" i.g.d.	<i>UTM</i>
NS30	Gerontološki centar	Bate Brkića bb	45° 15' 1 6,12" s.g.š. 19° 47' 41,23" i.g.d.	<i>UTM</i>
NS31	Liman IV	Bulevar Cara Lazara 75	45° 14' 28,00" s.g.š. 19° 49' 50,96" i.g.d.	<i>UTM</i>
NS32	JKP "Vodovod i kanalizacija"	Jiričekova bb	45° 14' 33,79" s.g.š. 19° 51' 12,84" i.g.d.	<i>UTM</i>
NS33	Njegoševa	Njegoševa 5	45° 15' 22,95" s.g.š. 19° 50' 37,80" i.g.d.	<i>UTM</i>
NS34	Rumenačka	Rumenačka 110	45° 15' 38,60" s.g.š.* 19° 49' 15,60" i.g.d.	<i>UTM</i>
NS35	Centroslavija	Tekelijina 154	45° 16' 14,89" s.g.š. 19° 50' 35,58" i.g.d.	<i>UTM</i>
NS36	PU Radsno Detinjstvo	Svetozara Markovića 1	45° 16' 44,41" s.g.š. 19° 50' 05,17" i.g.d.	<i>UTM</i>
NS37	Pap Pavla	Pap Pavla 2	45° 15' 17,03" s.g.š. 19° 50' 29,08" i.g.d.	<i>UTM</i>
NS38	Trifkovićev trg	Trifkovićev trg	45° 14' 52,80" s.g.š.* 19° 49' 04,10" i.g.d.	<i>UTM</i>
SU1	Građevinski fakultet	Kozaračka 2a	46° 06' 35,64" s.g.š. 19° 39' 01,15" i.g.d.	<i>čad</i> , <i>SO₂</i> , <i>NO₂</i> , <i>UTM</i>
SU2	Bolnica	Izvorska b.b.	46° 04' 56,67" s.g.š.* 19° 40' 17,77" i.g.d.	<i>čad</i> , <i>SO₂</i> , <i>NO₂</i> , <i>UTM</i>
SU3	Industrijska zona Aleksandrovo	Tolminska 10.	46° 03' 55,7" s.g.š. 19° 41' 04,57" i.g.d.	<i>čad</i> , <i>SO₂</i> , <i>NO₂</i> , <i>UTM</i>
SU4	Trgopromet	Segedinski Put 78-80	46° 06' 03,00" s.g.š. 19° 41' 30,00" i.g.d.	<i>čad</i> , <i>SO₂</i> , <i>NO₂</i> , <i>UTM</i>
SU5	Hotel "Patria"	Trg Lazara Nešića	46° 05' 58,99" s.g.š.* 19° 40' 9,99" i.g.d.	<i>čad</i> , <i>SO₂</i> , <i>NO₂</i> , <i>O₃</i> , <i>UTM</i>
SU6	Zavod za zaštitu zdravlja	Zmaj Jovina 3	46° 06' 11,00" s.g.š. 19° 39' 47,37" i.g.d.	<i>čad</i> , <i>SO₂</i> , <i>NO₂</i> , <i>UTM</i>
SU7	Vojvodinaput	Đure Đakovića 10	46° 06' 07,39" s.g.š. 19° 40' 07,12" i.g.d.	<i>čad</i> , <i>SO₂</i> , <i>NO₂</i> , <i>UTM</i>
SU8	Ogrev	Tuk Ugarnice 5	46° 05' 36,46" s.g.š. 19° 41' 35,61" i.g.d.	<i>čad</i> , <i>SO₂</i> , <i>NO₂</i>
SU9	„Jovan Mikic“	Save Kovačevića 12	46° 06' 5,00" s.g.š. 19° 40' 58,33" i.g.d.	<i>čad</i> , <i>SO₂</i> , <i>NO₂</i>
SU10	Vatrogasna stanica	Maksima Gorkog 55	46° 04' 46,11" s.g.š. 19° 39' 39,97" i.g.d.	<i>čad</i> , <i>SO₂</i> , <i>NO₂</i>
SU11	Eko centar	Trg. Cara Jovana Nenada 15/I	46° 05' 57,72" s.g.š. 19° 39' 42,30" i.g.d.	<i>UTM</i>

SU12	Mesara Matijević	Beogradski put 13	46° 05' 34,16" s.g.š. 19° 39' 40,93" i.g.d.	<i>UTM</i>
SU13	Pored autoputa blizu izlaza Istok		46° 03' 31,34" s.g.š. 19° 45' 48,13" i.g.d.	<i>UTM</i>
SU14	„Slavica“	Somborski put 58	46° 05' 28,12" s.g.š. 19° 38' 52,33" i.g.d.	<i>UTM</i>
SU15	Palić centar	Splitska aleja 1	46° 05' 58,33" s.g.š. 19° 45' 7,68" i.g.d.	<i>čad, SO₂, NO₂, UTM</i>
SU16	Mrestilište	Aleksandrovački sal. 147	46° 03' 41,18" s.g.š. 19° 44' 54,13" i.g.d.	<i>UTM</i>
SU17	Zapadna obala	Palić TUR 33	46° 05' 25,17" s.g.š. 19° 45' 57,29" i.g.d.	<i>UTM</i>
SU18	Ribarska baraka	Palički salaši 157	46° 04' 55,36" s.g.š. 19° 45' 42,09" i.g.d.	<i>čad, SO₂, NO₂, UTM</i>
SU19	Pored autoputa na izlazu Sever		46° 06' 21,75" s.g.š. 19° 47' 23,58" i.g.d.	<i>UTM</i>
SU20	Meteorološka stanica		46° 05' 50,51" s.g.š. 19° 45' 52,93" i.g.d.	<i>UTM</i>
SO1	„Soko“	Venac P. Bojovića 11	45° 45' 45,00" s.g.š.* 19° 07' 28,00" i.g.d.	<i>čad, SO₂, NO₂</i>
SO2	Samoposluga “As”	Staparski put b.b.	45° 45' 52,28" s.g.š. 19° 7' 22,74" i.g.d.	<i>čad, SO₂, NO₂</i>
SO3	Zavod za javno zdravlje	Vojvodjanska 47	45° 46' 54,21" s.g.š. 19° 06' 32,99" i.g.d.	<i>UTM</i>
BC1	Dom zdravlja	Novosadska 2	45° 12' 27,59" s.g.š.* 19° 43' 30,04" i.g.d.	<i>čad, SO₂, NO₂, UTM</i>
BC2	JKP Beočin	Desanke Maksimović 52	45° 12' 34,66" s.g.š. 19° 42' 59,46" i.g.d.	<i>čad, SO₂, NO₂, UTM</i>
VR1	Apoteka	Abraševićeva broj 32	45° 07' 0,12" s.g.š. 21° 18' 20,10" i.g.d.	<i>čad, SO₂, NO₂, UTM</i>
VR2	Carinski terminal		45° 06' 00,00" s.g.š. 19° 16' 59,45" i.g.d.	<i>čad, SO₂, NO₂, UTM</i>
KI1	Zavod za javno zdravlje	Kralja Petra I broj 70	45° 50' 04,00" s.g.š.* 20° 28' 23,00" i.g.d.	<i>čad, SO₂, NO₂, O₃, UTM</i>
KI2	Mikronaselje	Partizanska 17	45° 49' 15,00" s.g.š.* 20° 27' 13,00" i.g.d.	<i>čad, SO₂, NO₂, UTM</i>
KI3	IGM Toza Markovic	Bašaidski drum 62	45° 48' 37,61" s.g.š. 20° 27' 06,85" i.g.d.	<i>čad, SO₂, NO₂</i>
KI4	Kraljevica marka	Kraljevica marka 138	45° 49' 38,74" s.g.š. 20° 26' 05,05" i.g.d.	<i>UTM</i>
KI5	SRC Jezero	Branka Vujina	45° 50' 12,44" s.g.š. 20° 27' 42,55" i.g.d.	<i>UTM</i>
KI6	Kasarna		45° 49' 44,57" s.g.š. 20° 29' 24,82" i.g.d.	<i>UTM</i>
KI7	Gradska kuća	Trg Srpskih dobrovoljaca 12	45° 49' 46,41" s.g.š. 20° 27' 51,28" i.g.d.	<i>UTM</i>
KI8	Šumice	Šumice 8	45° 49' 0,42" s.g.š. 20° 26' 50,73" i.g.d.	<i>UTM</i>
KI9	Šumice	Šumice 24A	45° 49' 0,93" s.g.š. 20° 26' 42,12" i.g.d.	<i>UTM</i>

PA1	Zavod za javno zdravlje	Pasterova 2	44° 52' 04,60" s.g.š.* 20° 39' 11,10" i.g.d.	čad, SO ₂ , NO ₂ , UTM
PA2	Vatrogasni dom	Žarka Zrenjanina 96	44° 51' 33,10" s.g.š.* 20° 39' 00,10" i.g.d.	čad, SO ₂ , NO ₂ , UTM
PA3	Streliste	Milutina Bojića bb	44° 51' 50,10" s.g.š.* 20° 40' 00,10" i.g.d.	čad, UTM
PA4	Nova Misa	Gornjačka 21	44° 53' 04,10" s.g.š.* 20° 40' 09,10" i.g.d.	čad, UTM
PA5	Proleterska			UTM
PA6	Maksima Gorkog			UTM
PA7	Matije Gupca			UTM
PA8	Gornjacka			UTM
PA9	Janošikova			UTM
PA10	Gundulićeva			UTM
ZR1	Bulevar VV	Bulevar V. Vlahovića	45° 22' 55,00" s.g.š.* 20° 22' 18,00" i.g.d.	čad, SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , UTM
ZR2	Bazen	Petra drapšina 15	45° 21' 45,00" s.g.š.* 20° 24' 31,00" i.g.d.	čad, SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , UTM
ZR3	Dijamant	Temišvarski drum 14	45° 23' 8,45" s.g.š. 20° 25' 1,75" i.g.d.	čad, SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , UTM
ZR4	Žitni trg	ul. Miletićeva 9	45° 22' 42,86" s.g.š. 20° 23' 55,11" i.g.d.	čad, SO ₂ , NO ₂
ZR5	Vojvode Bojovića	Vojvode Petra Bojovića 11	45° 22' 38,15" s.g.š. 20° 23' 52,30" i.g.d.	čad, SO ₂ , NO ₂ , O ₃ , UTM
ZR6	Šesti maj	Šesti maj 21	45° 23' 33,91" s.g.š. 20° 24' 24,78" i.g.d.	čad, SO ₂ , NO ₂
ZR7	Principova	Principova 22	45° 23' 9,49" s.g.š. 20° 24' 31,79" i.g.d.	čad, SO ₂ , NO ₂ , O ₃

3.6.2 Uzorkovanje i postupak analize

Uzorkovanje vazduha za određivanje koncentracije čađi, SO₂, NO₂ i O₃ u vazduhu obavlja se propuštanjem vazduha kroz pumpu u trajanju od 24 časa, dok se uzorkovanje UTM vrši taloženjem usled sopstvene težine u trajanju od 30 dana. Informacije o metodama kojima je određena koncentracija pojedinih zagađujućih materija u uzorcima dobijene su od Zavoda za javno zdravlje Vojvodine i nalaze se u tabeli 3.7. Korišćene metode ispitivanja su utvrđene Pravilnikom o graničnim vrednostima, metodama merenja imisije, kriterijumima za uspostavljanje mernih mesta i evidenciji podataka (SG RS, 2006).

Tabela 3.7 Metode merenja imisije pojedinih zagađujućih materija u Vojvodini u periodu 2001-2008. godina.

	<i>čad</i>	SO_2	NO_2	O_3	<i>UTM</i>
Novi Sad	Reflektometrijska	Spektrofotometrijska - TSMF pararozanilinska	Spektrofotometrijska sa N(1-naftil) – etilendiaminom	Spektrofotometrijska sa kalijum jodidom	Sedimentacija
Sombor	Reflektometrijska	Spektrofotometrijska - TSMF pararozanilinska	Spektrofotometrijska sa N(1-naftil) – etilendiaminom	-	Sedimentacija
Subotica	Reflektometrijska	Spektrofotometrijska - TSMF pararozanilinska	Spektrofotometrijska sa N(1-naftil) – etilendiaminom	Spektrofotometrijska sa kalijum jodidom	Sedimentacija
Zrenjanin	Reflektometrijska	Spektrofotometrijska – torinska	Spektrofotometrijska sa N(1-naftil) - etilendiaminom	Spektrofotometrijska sa kalijum jodidom	Sedimentacija
Kikinda	Reflektometrijska	Spektrofotometrijska – torinska	Spektrofotometrijska sa N(1-naftil) - etilendiaminom	Spektrofotometrijska sa kalijum jodidom	Sedimentacija
Vršac *	Reflektometrijska	Spektrofotometrijska – torinska	Spektrofotometrijska sa N(1-naftil) – etilendiaminom	-	Sedimentacija
Pančevo	Reflektometrijska	Spektrofotometrijska - TSMF pararozanilinska	Spektrofotometrijska sa N(1-naftil) – etilendiaminom	-	Sedimentacija
Beočin	Reflektometrijska	Spektrofotometrijska - TSMF pararozanilinska	Spektrofotometrijska sa N(1-naftil) – etilendiaminom	-	Sedimentacija

*Podaci o metodama kojima su merene zagađujuće materije u Vršcu dobijeni su usmenom komunikacijom sa Biološkim centrom u Zrenjaninu koji je vršio merenja

Reflektometrijska metoda za analizu čađi količinu čađi i vazduhu određuje merenjem zatamnjenosti mrlje nastale filtriranjem vazduha kroz beli filter papir. Filter papir se postavlja u držač papira, sa glatkom stranom prema dole, tj. u pravcu strujanja vazduha i vazduh se propušta u toku 24 časa brzinom od približno 0,5 litre u minuti. Zatamnjenost nastale mrlje određuje se na temelju smanjenja refleksije u odnosu na čist filter. Koristi se refraktometar sa odbijajućim i belim slojem i linernom skalom od 0 do 100% refleksije. Iz baždarnе krive očitava se odgovarajuća količina čađi.

Spektrofotometrijska - TSMF pararozanilinska metoda za analizu SO_2 se zasniva na reakciji SO_2 iz vazduha, koji je apsorbovan u rastvoru natrijum tetrahlormerkurata i stvaranju kompleksa dihlorsulfitomerkurata. Dodavanjem r-rozalinhidrohlorida i formaldehida stvara se crvenoljubičasta boja, čiji se intenzitet određuje spektrofotometrijski pri talasnoj dužini od 560 nm. Koncentracija SO_2 se očitava sa kalibracione krive.

Spektrofotometrijska – torinska metoda za analizu SO_2 se zasniva na provlačenju vazduha kroz apsorpcioni rastvor vodonik peroksida pri pH vrednosti od 4.6. Nakon završenog uzorkovanja, dodaje se rastvor barijum perhlorata i rastvor torina. Dobro se izmeša i nakon 15 minuta pročita apsorpcija na spektrofotometru na 520 nm.

Spektrofotometrijska metoda sa N(1-naftil) - etilendiaminom za analizu NO_2 . Vazduh se provlači kroz gasnu ispiralicu, u kojoj se nalazi vodeni rastvor trietanolamina za

uzorkovanje NO_2 . Nakon dodavanja rastvora sulfanilamida i N(1-naftil)-etilendiamina razvija se boja čiji se intenzitet određuje merenjem apsorpcije na spektrofotometru na 550 nm. Količina NO_2 određuje se na osnovu kalibracione krive, napravljene od serije standardnih rastvora natrijum nitrita

Kalijum jodidni metod za analizu O_3 zasniva se na provlačenju vazduha kroz gasnu ispiralicu, u kojoj se nalazi apsorpcioni rastvor, brzinom od 0,5 litre u minuti. Nakon završenog uzorkovanja, podešava se zapremina apsorpcionog rastvora i dodaje zakiseljeni reagens u količini od 1/5 zapremine izmerenog apsorpcionog rastvora. Snažno se izmućka i ostavit da se ohladi Intenzitet žuto obojenog rastvora određuje se spektrofotometrijski, merenjem apsorpcije na 352 nm. Količina prisutnog ozona određuje se na osnovu kalibracione krive napravljene sa kalijum jodatom.

Metoda sedimentacije za analizu ukupnih taložnih materija zasniva se na prikupljanju čestica čiji prečnik prelazi 10 μm , na osnovu njihove osobine da se usled sopstvene težine same talože na određenu površinu. Ovom metodom se određuje količina tečnih zagađivača kao i čvrstih materija koje kišnica rastvara u atmosferi i spira na svom putu do zemlje. U sedimentator za prikupljanje čestica koje se talože iz vazduha, a koji se sastoji iz metalnog stalka, plastične boce, zapremine od 2 do 5 litara i levka sa otvorom prečnika od 20 cm, dodaje se 10 ml 0,02 H rastvora bakar sulfata i postavi na otvorenom prostoru. Količina rastvornih materija u aerosedimentu određuje se nakon filtriranja, tačno određene zapremine padavina i sušenjem na 105°C. Dobijena vrednost se preračuna na ukupnu količinu sakupljene padavine u mg. U rastvornim materijama takođe se određuju: hloridi, sulfati i kalcijum. Količina nerastvornih materija u aerosedimentu određuje se gravimetrijski, iz razlike u težini filter papira pre i posle filtriranja i sušenja na 105°C do konstantne težine. Dobijena vrednost se preračuna na ukupnu količinu sakupljene padavine u mg. Količina pepela u aerosedimentu određuje se žarenjem filter papira u porcelanskom tiglu, na kome su prikupljene nerastvorne materije na 750°C. Razlika u težini porcelanskog tigla prethodno žarenog na istoj temperaturi i posle žarenja nerastvorne materije daje vrednost pepela u mg. Sagorljive materije u aerosedimentu izračunavaju se iz razlike nerastvornih materija i pepela. Dobijeni rezultati za količinu analiziranih parametara u aerosedimentu izražavaju se u $mg/m^2/dan$. U taložnim materijama određuju se teški metali i to: olovo, kadmijum i cink.

3.6.3 Metode obrade podataka

U ovom delu rada analizirane su prosečne koncentracije svih zagađujućih materija u naseljima Vojvodine. Prosečna dnevna koncentracija svake zagađujuće materije u jednom naselju (Γ_d) izračunata je kao aritmetička sredina koncentracija izmerenih na svim mernim mestima u gradu. Kada su na osnovu dostupnih podataka izračunati dnevni proseci za svako naselje pristupilo se popunjavanju podataka koji nedostaju.

Za popunjavanje nizova korišćen je satatistički program Eviews 7 (2011). U prvom koraku je izvršena interpolacija primenom splajna Katmul-Rum (Catmull-Rom) koji je

zasnovan na prethodne dve ($\Gamma_{i-2}, \Gamma_{i-1}$) i naredne dve vrednosti ($\Gamma_{i+1}, \Gamma_{i+2}$) koje slede posle nedostajućih vrednosti upotrebom formule (Catmull and Rom, 1974):

$$\Gamma_x = (2\lambda^3 - 3\lambda^2 + 1)\Gamma_{i-1} + (1-\tau)(\lambda^3 + 2\lambda^2 + \lambda)(\Gamma_{i+1} - \Gamma_{i-2}) - (2\lambda^3 - 3\lambda^2)\Gamma_{i+1} + (1-\tau)(\lambda^3 - \lambda^2)(\Gamma_{i+2} - \Gamma_{i-1}). \quad (3.4)$$

U formuli (3.4) Γ predstavlja prosečnu dnevnu koncentraciju zagađujuće materije. Parametar tenzije τ ($\tau \in [0,1]$) koji određuje nelinearnost splajna ovog splajna ima vrednost 0 ($\tau = 0$). Parametar λ je relativan položaj nedostajuće vrednosti. Ako nedostaje jedna vrednost, interpolisana vrednost je na polovini odstojanja ($\lambda = 1/2$). Ukoliko nedostaju dve vrednosti, prva je na trećini ($\lambda = 1/3$) dok je kod druga na dve trećine ($\lambda = 2/3$) odstojanja.

U drugom koraku je primenjen „bootstrap“ metod ponovljenog uzorka na prosečnim vrednostima dobijenih na osnovu merenja na pojedinim lokacijama. Kako je raspodela aritmetičkih sredina izuzetno asimetrična zbog prisustva ekstremnih opservacija, nije se mogla pronaći teorijska parametarska raspodela koja bi dovoljno dobro aproksimirala ove raspodele. „Bootstrap“ metod je neparametarski metod koji od date serije generiše novu seriju, izborom uzorka sa ponavljanjem, pri čemu u izboru nisu učestvovali nedostajući podaci (Efron and Tibshirani, 1993). Kombinacijom merenih vrednosti i vrednosti izvedenih upotrebom splajna Katmul-Rum i „bootstrap“ metoda formirani su potpuni nizovi prosečnih dnevnih koncentracija svake zagađujuće materije za svako naselje.

Procena valjanosti statističkih metoda upotrebljenih za popunjavanje nizova podataka izvršena je poređenjem histograma i nekoliko deskriptivnih statističkih pokazatelja merenih podataka i popunjenih nizova: aritmetička sredina, medijana, maksimalne i minimalne vrednosti, koeficijent interkvartilne varijacije, standardna devijacija, iskrivljenost i zaobljenost. Histogram je grafički prikaz distribucije učestalosti podataka koji se dobije kada se oni grupišu u klase. Širina stubova u histogramu proporcionalana je klasnom intervalu, a visina broju podataka koji pripadaju toj klasi. Aritmetička sredina (M), medijana (M_d) i koeficijent interkvartilne varijacije (V_Q) definisani su u poglavlju 2.3 (formule 2.54, 2.55 i 2.58). Standardna devijacija (SD) pokazuje koliko u proseku elementi skupa odstupaju od aritmetičke sredine u jedinicama odgovarajuće mere. Formula za izračunavanje standardne devijacije je (Straja, 1999):

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\Gamma_i - M)^2}{(N-1)}}. \quad (3.5)$$

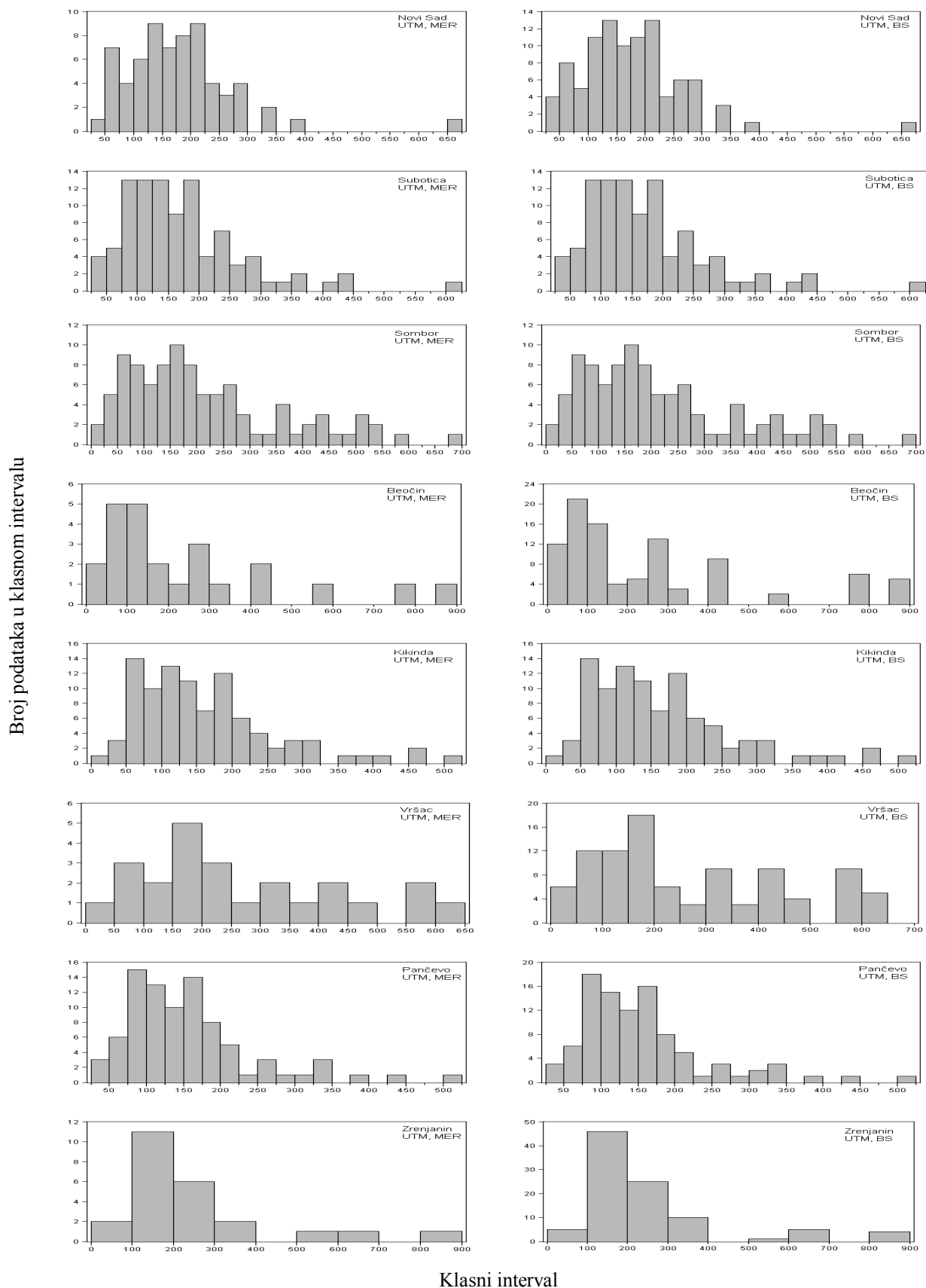
Iskrivljenost je veličina (Sk) koja opisuje asimetriju raspodele u odnosu na prosečnu vrednost. Pozitivna vrednost ove veličine znači da raspodela ima veći „rep“ na desnoj strani (odnosno raspodela je okrenuta više ka pozitivnim vrednostima). Negativna vrednost ove veličine znači da je raspodela iskrivljena ulevo. Vrednost nula pokazuje da su vrednosti podjednako raspoređene sa obe strane najfrekventnije vrednosti u analiziranom skupu rezultata. Iskrivljenost je izračunata sledećom formulom (Straja, 1999):

$$Sk = \frac{N}{(N-1)(N-2)} \sum \left(\frac{\Gamma_i - M}{SD} \right)^3. \quad (3.6)$$

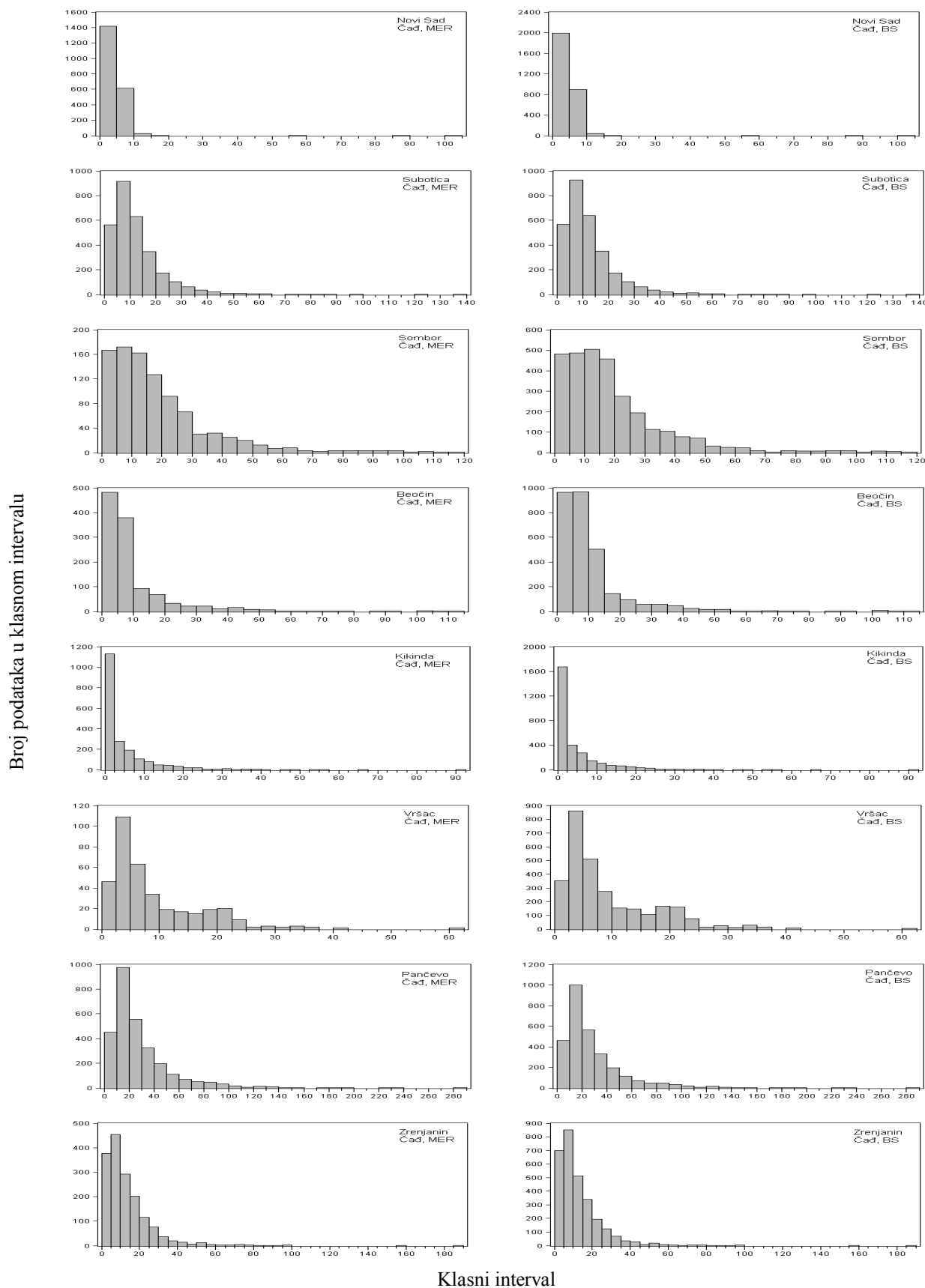
Zaobljenost (Ku) je veličina koja opisuje šiljatost ili pljosnatost raspodele u odnosu na normalnu raspodelu i sklonost raspodele ka ekstremnim vrednostima. Pozitivna vrednost zaobljenosti označava više šiljastu raspodelu i veću sklonost ka ekstremnim vrednostima dok negativna vrednost označava pljosnatiju raspodelu i manju sklonost ka ekstremima. Normalna raspodela ima vrednost za zaobljenost nula. Nedostatak zaobljenosti je veoma velika osetljivost na pojavu ekstremnih vrednosti u podacima i ograničenost upotrebe na simetrične distribucije (Brys et al., 2006). Iako nema veliku vrednost pri poređenju nesimetričnih distribucija, pošto se često zajedno sa iskrivljenošću koristi za opisivanje oblika raspodele, zaobljenost je prikazana u tabelama koje slede. Zaobljenost je izračunata sledećom formulom (Straja, 1999):

$$Ku = \left\{ \frac{N(N+1)}{(N-1)(N-2)(N-3)} \sum \left(\frac{\Gamma_i - M}{SD} \right)^4 \right\} - \frac{3(N-1)^2}{(N-2)(N-3)}. \quad (3.7)$$

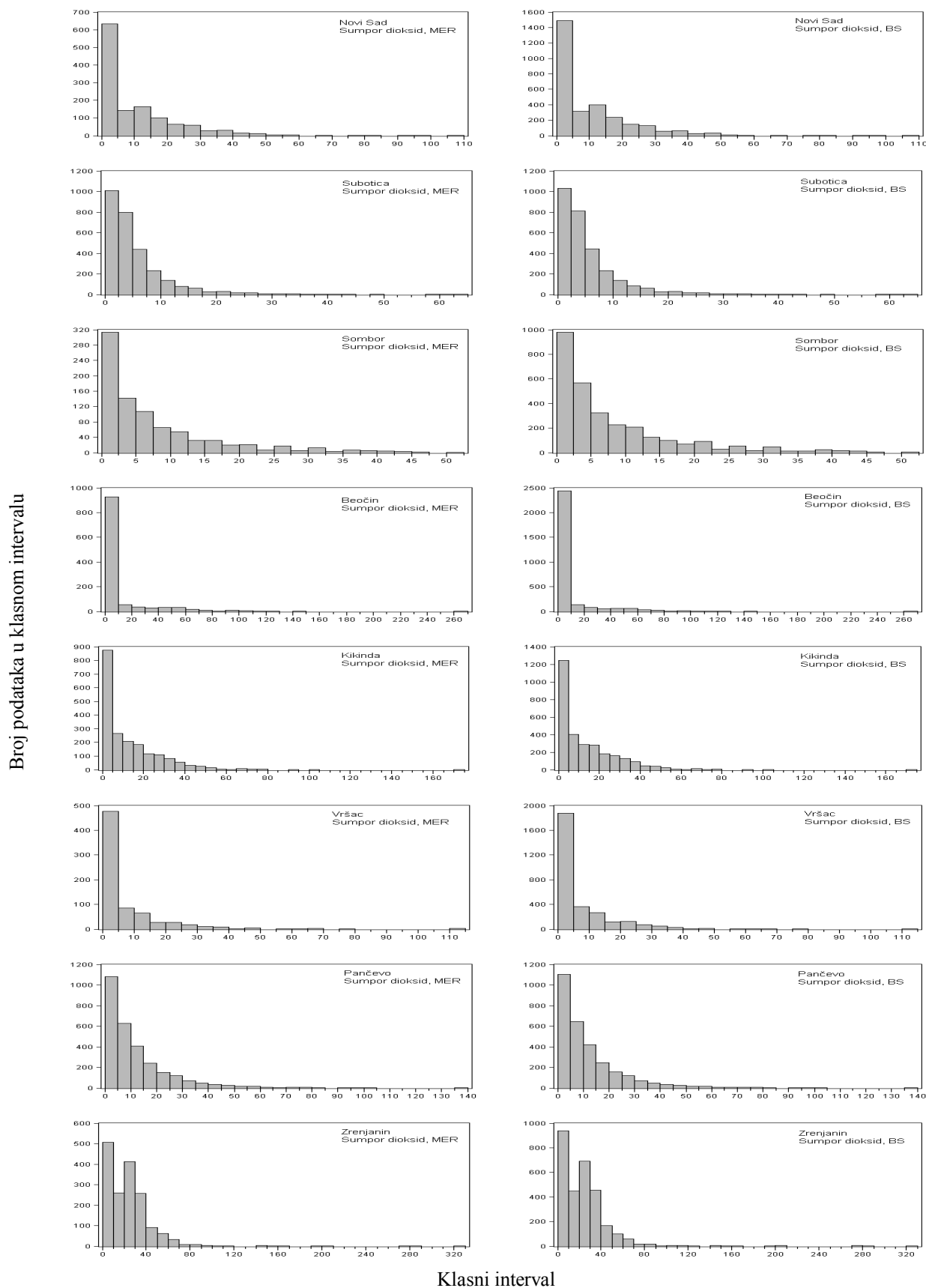
Histogrami na slikama od 3.2 do 3.6 i statistički pokazatelji u tabelama od 3.8 do 3.12 koji se odnose na merene podatke označeni su sa oznakom MER, a oni koji se odnose na popunjene nizove oznakm BS. Poređenje histograma i statističkih pokazatelja pokazuje dobru saglasnost popunjenih i merenih nizova. Maksimalne vrednosti merenih podataka i bootstrap serija su potpuno očuvane, dok su minimalne vrednosti očuvane u najvećem broju slučajeva, a razlike koje se javljaju u tri slučaja su veoma male.



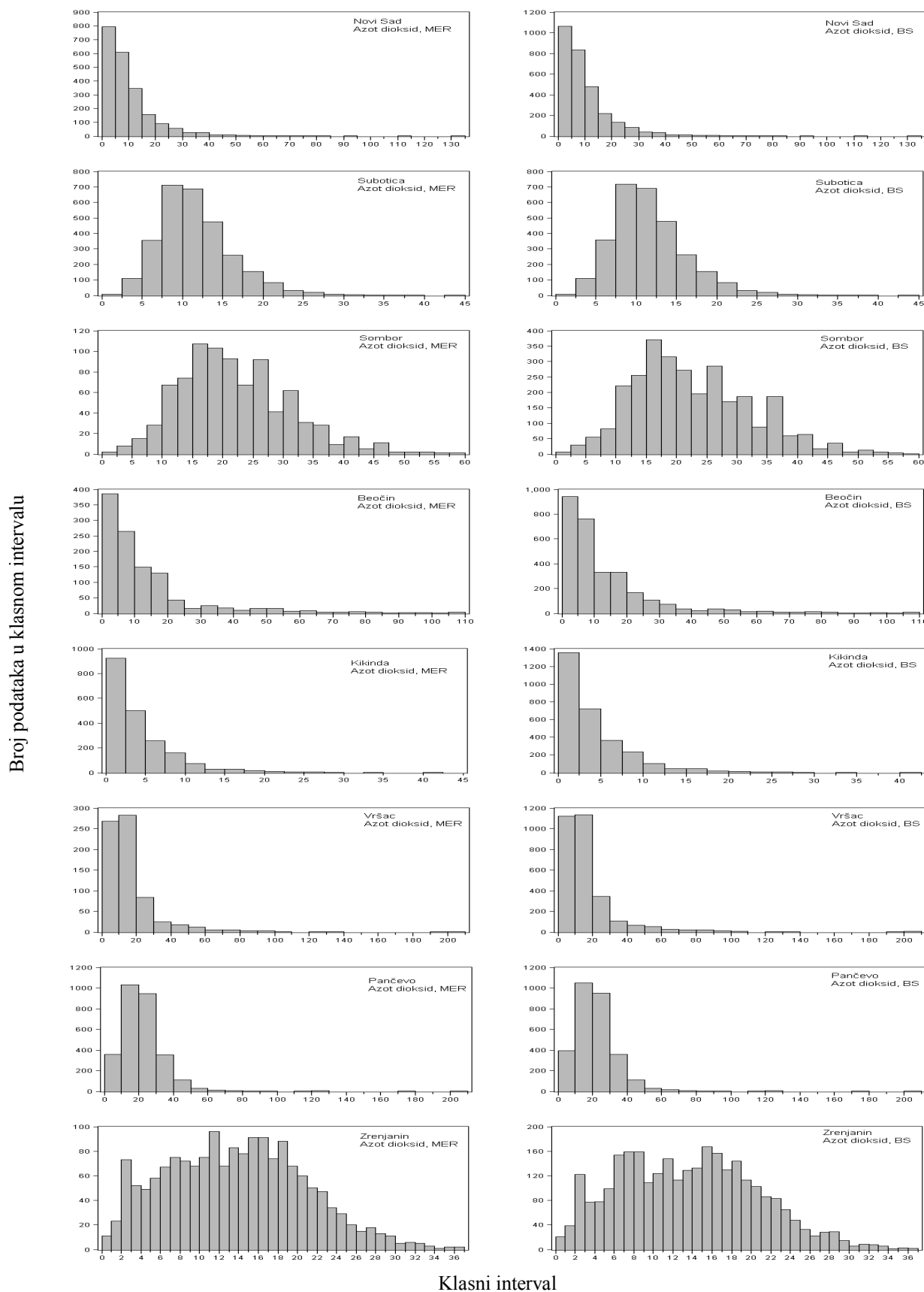
Slika 3.2 Histogrami merenih (MER) i popunjenih (BS) nizova podataka sa koncentracijama *UTM* u Vojvodini.



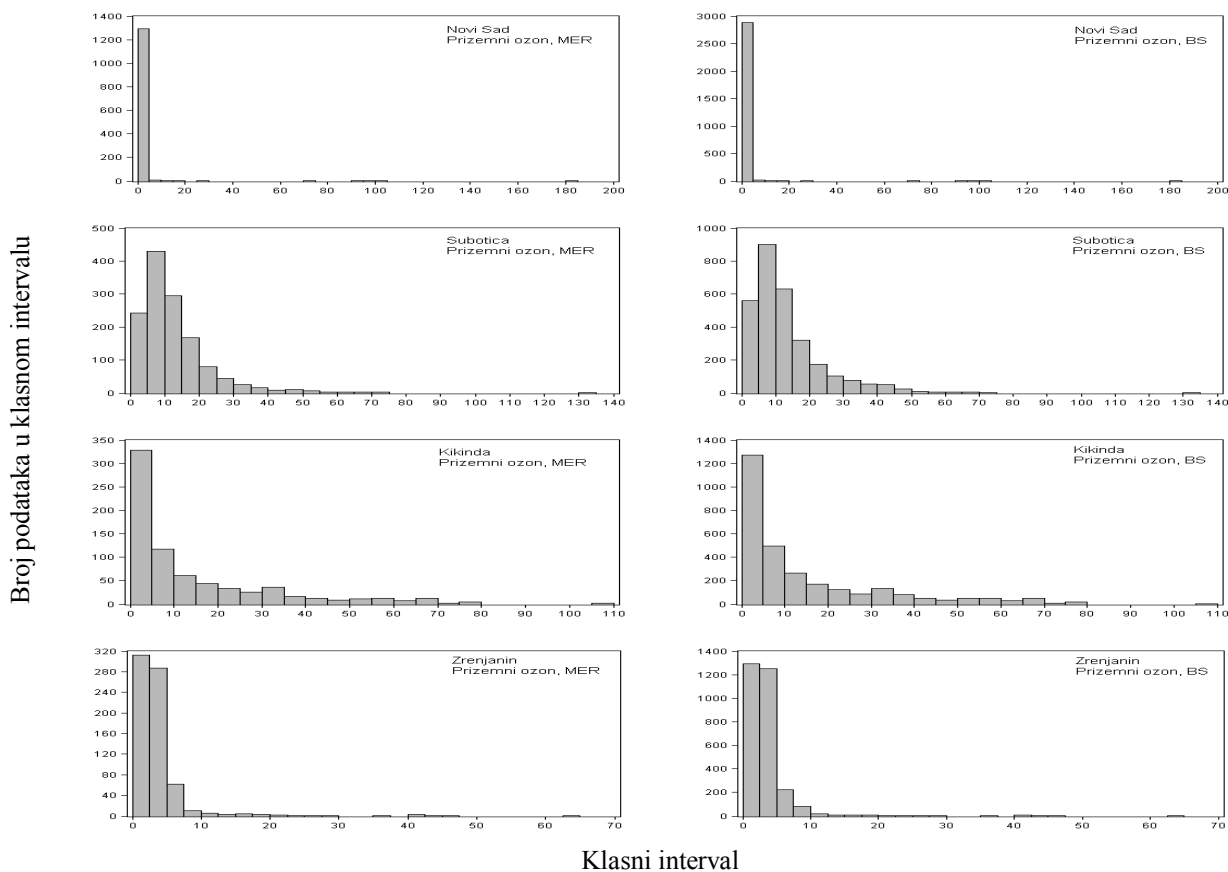
Slika 3.3 Histogrami merenih (MER) i popunjenih (BS) nizova podataka sa koncentracijama čađi u Vojvodini.



Slika 3.4 Histogrami merenih (MER) i popunjenih (BS) nizova podataka sa koncentracijama SO_2 u Vojvodini.



Slika 3.5 Histogrami merenih (MER) i popunjenih (BS) nizova podataka sa koncentracijama NO_2 u Vojvodini.



Slika 3.6 Histogrami merenih (MER) i popunjenih (BS) nizova podataka sa koncentracijama O_3 u Vojvodini.

Tabela 3.8 Vrednosti statističkih parametara merenih (MER) i popunjenih (BS) nizova podataka sa koncentracijama UTM u Vojvodini.

Naselje	UTM	N	M	M_d	M_{\min}	M_{\max}	V_Q	SD	Sk	Ku
Novi Sad	MER	66	179,00	169,47	49,00	668,16	28,12	96,86	2,10	8,92
	BS	96	176,90	169,02	49,00	668,16	28,60	89,03	1,93	8,60
Subotica	MER	96	173,18	149,25	35,99	621,82	33,23	97,49	1,65	4,34
	BS	96	173,18	149,25	35,99	621,82	33,23	97,49	1,65	4,34
Sombor	MER	96	212,73	174,00	4,00	687,00	45,56	148,00	1,03	0,50
	BS	96	212,73	174,00	4,00	687,00	45,56	148,00	1,03	0,50
Beočin	MER	24	249,61	158,95	36,70	888,90	51,38	229,67	1,64	2,28
	BS	96	259,87	140,10	36,70	888,90	57,81	246,57	1,43	1,07
Kikinda	MER	95	162,81	130,92	20,61	508,25	36,42	99,81	1,36	2,03
	BS	96	163,63	132,02	20,61	508,25	37,04	99,62	1,33	1,97
Vršac	MER	24	266,18	218,83	35,12	627,89	43,25	169,48	0,75	-0,37
	BS	96	267,46	201,42	35,12	627,89	52,65	179,40	0,63	-0,80
Pančevo	MER	86	156,89	140,75	38,75	522,00	31,84	89,00	1,68	3,62
	BS	96	155,03	139,38	38,75	522,00	30,49	86,82	1,73	3,79
Zrenjanin	MER	24	248,28	185,75	65,75	805,75	26,49	176,77	1,91	3,69

	BS	96	245,47	181,33	65,75	805,75	32,12	170,46	1,93	3,49
--	----	----	--------	--------	-------	--------	-------	--------	------	------

Tabela 3.9 Vrednosti statističkih parametara merenih (MER) i popunjenih (BS) nizova podataka sa koncentracijama čađi u Vojvodini.

Naselje	čad	N	M	M_d	M_{\min}	M_{\max}	V_Q	SD	Sk	Ku
Novi Sad	MER	2068	4,23	3,93	1,00	100,50	37,42	3,78	15,22	347,88
	BS	2922	4,21	4,00	1,00	100,50	37,76	3,39	15,05	381,98
Subotica	MER	2891	12,39	9,77	0,41	137,06	45,38	10,21	3,19	20,36
	BS	2922	12,47	9,80	0,41	137,06	45,41	10,37	3,15	19,34
Sombor	MER	945	18,24	14,00	0,00	119,00	54,84	17,54	2,20	6,60
	BS	2922	18,80	14,77	0,00	119,00	54,84	17,70	2,22	6,84
Beočin	MER	1152	9,63	7,00	0,00	110,00	53,85	12,37	3,84	20,46
	BS	2922	10,51	7,00	0,00	110,00	50,05	11,80	3,72	20,28
Kikinda	MER	1989	4,84	2,00	0,50	91,00	71,43	7,02	3,72	22,67
	BS	2922	4,83	2,00	0,37	91,00	71,43	7,03	3,81	24,73
Vršac	MER	365	8,89	6,00	0,00	61,50	61,29	8,12	1,87	5,45
	BS	2922	8,97	6,00	0,00	61,50	57,25	8,02	1,75	4,50
Pančevo	MER	2867	27,78	20,00	2,00	282,50	48,39	24,66	2,78	12,73
	BS	2922	27,67	19,75	2,00	282,50	48,04	24,53	2,79	12,82
Zrenjanin	MER	1626	13,01	9,50	0,50	188,33	54,55	12,89	4,19	35,75
	BS	2922	12,78	9,06	0,50	188,33	53,08	13,15	4,63	42,61

Tabela 3.10 Vrednosti statističkih parametara merenih (MER) i popunjenih (BS) nizova podataka sa koncentracijama SO_2 u Vojvodini.

Naselje	SO_2	N	M	M_d	M_{\min}	M_{\max}	V_Q	SD	Sk	Ku
Novi Sad	MER	1258	9,49	4,67	0,00	105,00	100,00	12,85	2,22	8,14
	BS	2922	9,25	4,55	0,00	105,00	100,00	12,62	2,25	8,24
Subotica	MER	2877	5,43	3,73	0,00	63,28	59,57	5,94	3,02	14,69
	BS	2922	5,43	3,71	0,00	63,28	59,75	5,92	3,03	14,71
Sombor	MER	852	7,58	4,00	0,00	50,00	66,67	8,91	1,95	3,88
	BS	2922	7,92	4,00	0,00	50,00	69,23	9,09	1,89	3,60
Beočin	MER	1153	8,35	0,00	0,00	260,00	100,00	20,32	4,18	28,10
	BS	2922	7,78	1,30	0,00	260,00	100,00	18,60	5,23	43,99
Kikinda	MER	2001	13,26	6,50	2,00	170,50	64,44	13,80	2,46	12,16
	BS	2922	13,54	7,00	2,00	170,50	65,22	14,04	2,56	13,92
Vršac	MER	730	6,27	2,00	0,00	112,00	100,00	11,17	4,21	27,48
	BS	2922	6,22	2,00	0,00	112,00	100,00	10,45	3,90	25,03
Pančevo	MER	2851	11,45	7,50	0,00	139,00	76,47	12,72	2,59	10,70
	BS	2922	11,42	7,50	0,00	139,00	76,47	12,67	2,61	10,79
Zrenjanin	MER	1655	22,65	21,50	0,00	327,00	91,05	24,97	4,42	38,22

	BS	2922	22,50	21,00	0,00	327,00	91,05	25,50	4,51	38,70
--	----	------	-------	-------	------	--------	-------	-------	------	-------

Tabela 3.11 Vrednosti statističkih parametara merenih (MER) i popunjenih (BS) nizova podataka sa koncentracijama NO_2 u Vojvodini.

Naselje	NO_2	N	M	M_d	M_{\min}	M_{\max}	V_Q	SD	Sk	Ku
Novi Sad	MER	2134	9,72	7,00	0,00	133,00	50,00	10,13	3,95	28,45
	BS	2922	9,89	7,00	0,00	133,00	50,60	10,31	3,95	27,80
Subotica	MER	2902	11,63	11,04	0,61	42,86	25,24	4,58	1,03	2,37
	BS	2922	11,62	11,01	0,61	42,86	25,24	4,57	1,03	2,37
Sombor	MER	867	21,87	21,00	2,00	58,00	28,57	9,23	0,67	0,53
	BS	2922	22,50	21,00	2,00	58,00	31,82	9,68	0,55	-0,05
Beočin	MER	1108	12,73	8,00	0,00	108,96	77,78	16,51	2,67	8,43
	BS	2922	12,81	7,64	0,00	108,96	61,18	15,45	2,69	9,28
Kikinda	MER	2004	4,06	2,50	1,00	40,50	69,23	4,14	2,46	9,06
	BS	2922	4,09	2,50	0,88	40,50	69,23	4,27	2,60	10,09
Vršac	MER	708	14,19	11,50	0,00	200,00	100,00	18,34	4,39	31,91
	BS	2922	14,44	11,50	0,00	200,00	100,00	19,09	4,46	32,49
Pančevo	MER	2856	21,68	20,00	1,00	201,00	31,71	13,35	3,60	29,78
	BS	2922	21,49	20,00	1,00	201,00	30,86	13,43	3,52	28,74
Zrenjanin	MER	1680	13,57	13,50	0,00	36,67	39,28	7,10	0,28	-0,41
	BS	2922	13,41	13,50	0,00	36,67	40,39	7,04	0,30	-0,45

Tabela 3.12 Vrednosti statističkih parametara merenih (MER) i popunjenih (BS) nizova podataka sa koncentracijama O_3 u Vojvodini.

Naselje	O_3	N	M	M_d	M_{\min}	M_{\max}	V_Q	SD	Sk	Ku
Novi Sad	MER	1310	0,82	0,10	0,00	182,00	100,00	7,23	18,17	377,26
	BS	2922	0,88	0,10	0,00	182,00	100,00	7,31	17,07	337,12
Subotica	MER	1335	12,50	10,02	0,00	134,03	43,95	10,45	3,01	18,74
	BS	2922	12,98	10,01	0,00	134,03	47,17	10,86	2,22	9,19
Kikinda	MER	734	14,10	6,00	0,00	109,00	81,61	17,74	1,93	3,84
	BS	2922	14,07	6,00	0,00	109,00	80,95	17,46	1,85	3,16
Zrenjanin	MER	698	3,66	2,73	1,00	63,00	33,33	5,15	6,55	52,88
	BS	2921	3,52	2,74	0,85	63,00	34,61	3,78	7,44	82,50

Novoformirani potpuni nizovi podataka korišćeni su za izračunavanje prosečnih mesečnih i godišnjih vrednosti kao i prosečnih koncentracija grejne i vangrejne sezone. Prosečne mesečne (Γ_m) i godišnje (Γ_g) vrednosti izračunate su kao aritmetička sredina svih dnevnih vrednosti u toku jednog meseca, odnosno jedne godine. Prosečne koncentracije grejne sezone (Γ_{gr}) izračunate su kao aritmetička sredina svih prosečnih dnevnih koncentracija u periodu od 15.10. do 15.04., a vangrejne sezone (Γ_{vgr}) u periodu od 16.04.

do 14.10. Kada su u pitanju *UTM* grejna sezona se odnosi na period od oktobra do marta, a vangrejna na period od aprila do septembra. Vrednosti koje se odnose na Vojvodinu izračunate su kao aritmetička sredina vrednosti za osam posmatranih naselja. Za analizu promena koncentracija zagađujućih materija u grejnoj i vangrejnoj sezoni uveden je parametar D . Da bi se odredio ovaj parametar za svaki grad i svaku zagađujuću materiju izračunat je odnos između prosečnih koncentracija grejne i vangrejne sezone Δ :

$$\Delta = \frac{\Gamma_{gr}}{\Gamma_{vgr}}. \quad (3.8)$$

Parametar D je 1 ako su prosečne koncentracije grejne sezone veće od koncentracija vangrejne sezone ($\Delta > 1$), -1 ako su prosečne koncentracije vangrejne sezone veće od koncentracija grejne sezone ($\Delta < 1$) i 0 ako je razlika između koncentracija grejne i vangrejne sezone manja od 5 % ($\Delta \approx 1$):

$$D = \begin{cases} 1, & \text{za } \Delta > 1 \\ -1, & \text{za } \Delta < 1 \\ 0, & \text{za } \Delta \approx 1 \end{cases}. \quad (3.9)$$

Za izvođenje ocene kvaliteta vazduha, osim prosečnih vrednosti, koristila su se dva parametra: AQI_S_07 za čađ, SO_2 , NO_2 i procenat prekoračenja GVI za *UTM* i O_3 .

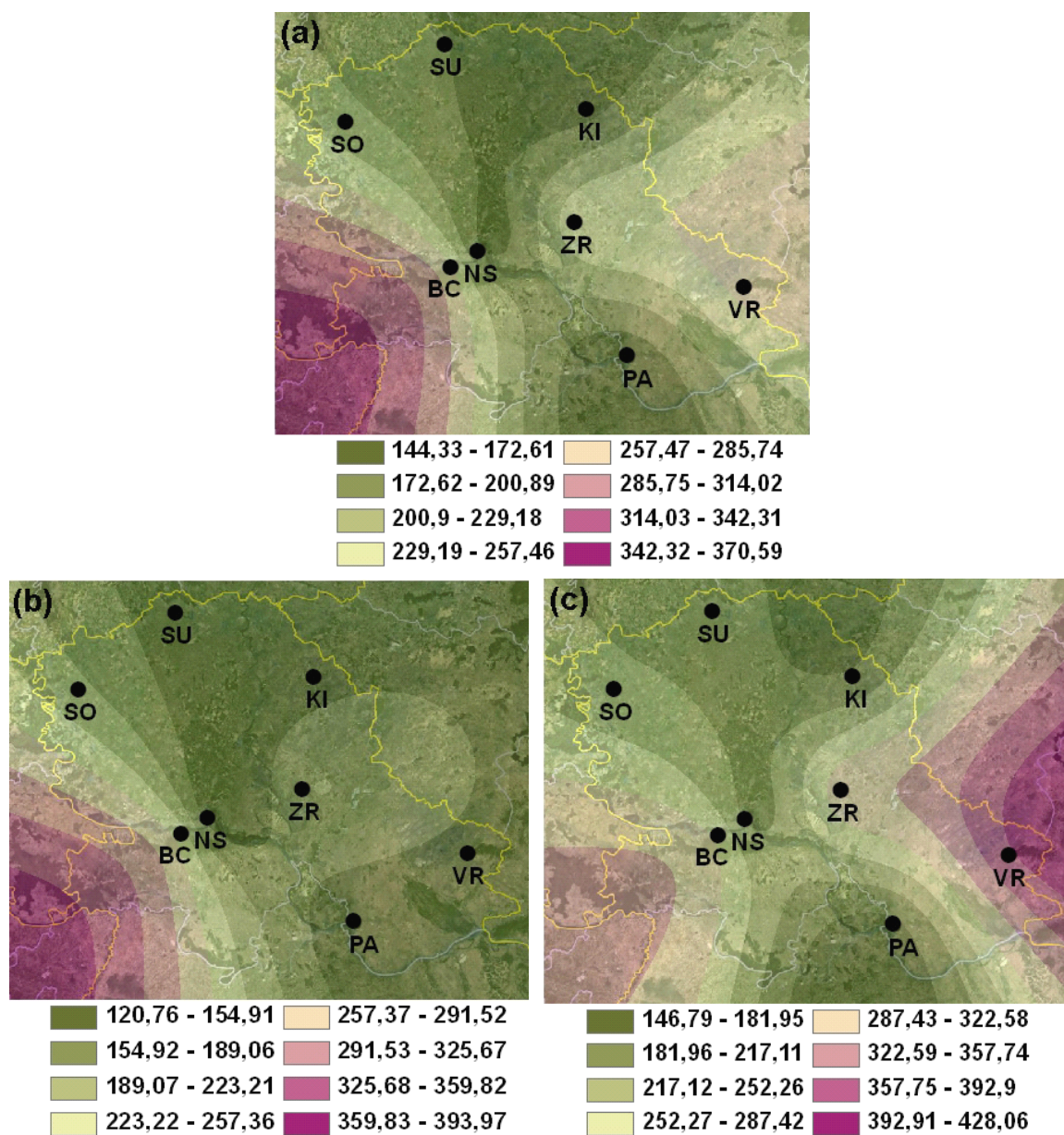
3.7 Analiza rezultata

3.7.1 Ukupne taložne materije

Prosečna godišnja vrednost koncentracija *UTM* u periodu 2001-2008. osrednjena na nivou Vojvodine prešla je godišnju GVI od 200 mg/m²/dan i iznosila je 206,79 mg/m²/dan, što govori da je Vojvodina opterećena taložnim materijama. Značajan doprinos povišenim koncentracijama *UTM* na području Vojvodine, pored sagorevanja čvrstih goriva i saobraćaja, ima raspršivanje čestica zemljišta sa poljoprivrednih površina, mlinska industrija („Žitoprodukt“ Zrenjanin, „Žitobanat“ Vršac) i industrija građevinskog materijala („Lafarge“ Beočin, „Neimar“ Zrenjanin, „Toza Marković“ Kikinda). Prostorna distribucija osmogodišnjih proseka UTM_g u Vojvodini prikazana na slici 3.7a pokazuje da su taložnim materijama najviše opterećeni Vršac, Beočin i Zrenjanin. U ovim naseljima osmogodišnji proseci UTM_g premašili su godišnju GVI i iznose redom 267,46 mg/m²/dan, 259,87 mg/m²/dan i 245,47 mg/m²/dan (tabela 3.13). Najmanje vrednosti osmogodišnjih proseka UTM_g zabeležene su u Pančevu (155,04 mg/m²/dan) i Kikindi (163,64 mg/m²/dan). Tabela 3.13 pokazuje da su osmogodišnji proseci UTM_m bili iznad mesečne GVI od 450 mg/m²/dan u Vršcu u mesecu avgustu (475,85 mg/m²/dan).

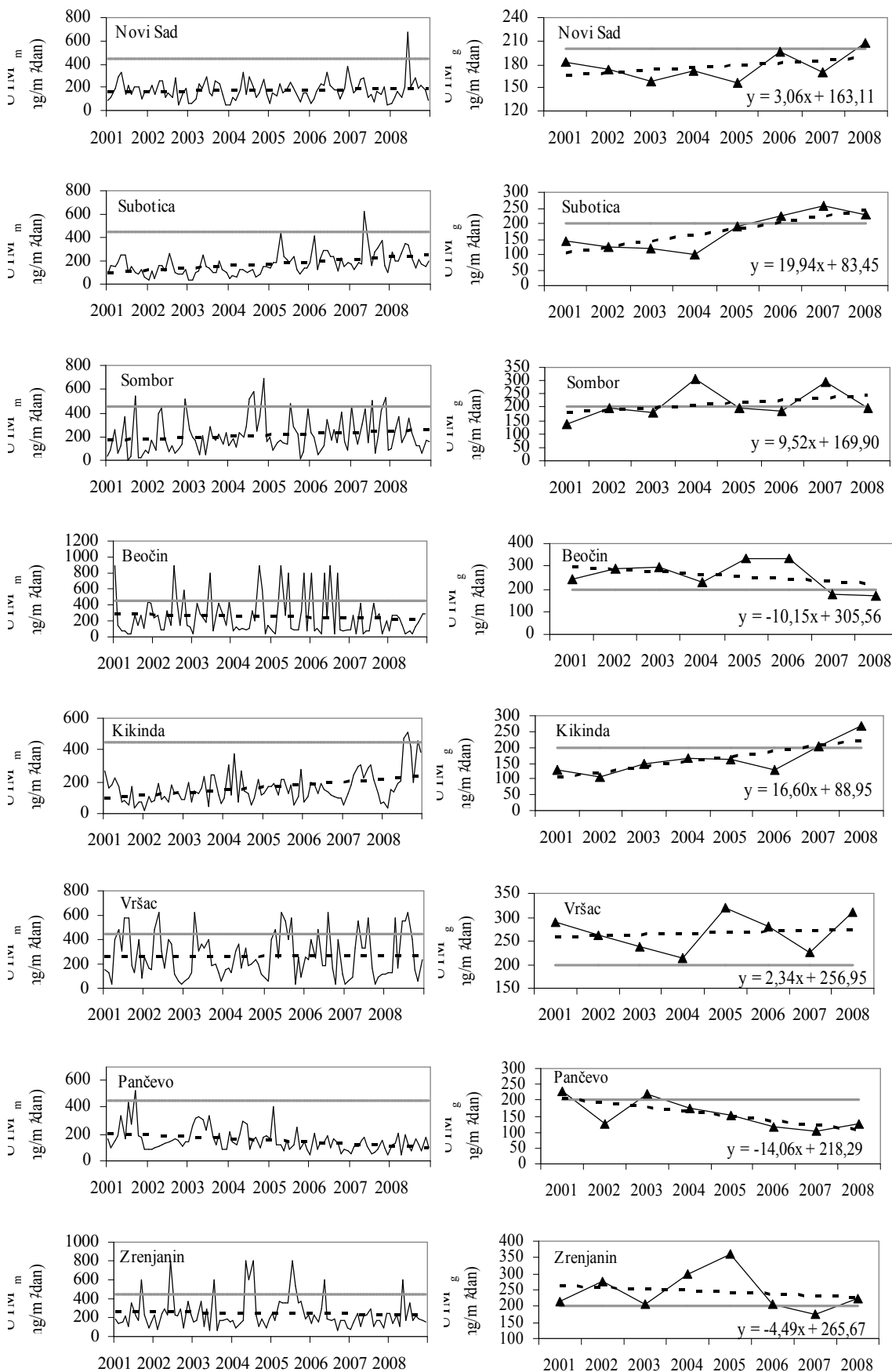
Tabela 3.13 Prosečne mesečne, godišnje i sezonske koncentracije *UTM* u Vojvodini u periodu 2001-2008. godina.

	Novi Sad	Subotica	Sombor	Beočin	Kikinda	Vršac	Pančevo	Zrenjanin	Vojvodina
Jan	101,34	123,19	182,29	282,99	99,83	142,30	123,70	181,07	154,59
Feb	126,95	163,12	179,91	203,76	151,25	127,05	179,45	146,84	159,79
Mar	146,29	133,59	166,14	177,12	142,05	182,28	150,95	238,06	167,06
Apr	224,23	209,69	181,75	259,69	196,74	432,34	159,78	204,72	233,62
Maj	244,20	285,54	238,36	235,41	160,63	405,65	204,72	400,28	271,85
Jun	250,14	234,95	235,75	277,79	187,94	355,28	169,81	344,41	257,01
Jul	199,66	178,80	284,13	336,87	204,37	378,33	163,93	432,16	272,28
Avg	164,74	180,01	208,25	204,86	167,64	475,85	155,93	206,09	220,42
Sep	193,43	138,58	216,00	372,78	209,02	283,40	196,51	244,72	231,80
Okt	145,80	162,48	201,75	302,78	134,01	117,29	126,58	196,83	173,44
Nov	174,48	135,53	238,25	243,78	164,74	201,24	130,27	169,52	182,23
Dec	151,61	132,76	220,25	220,66	145,42	108,53	98,80	180,98	157,38
<i>UTM_g</i>	176,90	173,19	212,74	259,87	163,64	267,46	155,04	245,47	206,79
<i>UTM_{gr}</i>	141,07	141,78	198,10	238,51	139,55	146,45	134,96	185,55	165,75
<i>UTM_{vgr}</i>	212,73	204,60	227,37	281,23	187,72	388,47	175,11	305,40	247,83
<i>D</i>	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1



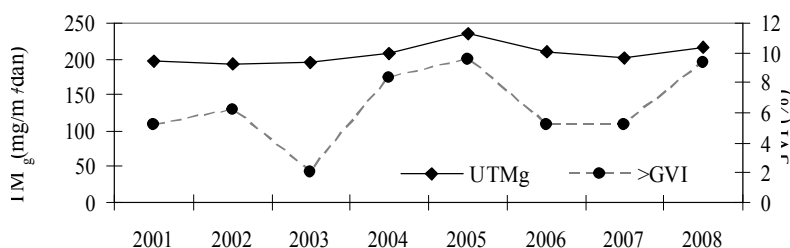
Slika 3.7 Prostorna distribucija vrednosti (a) UTM_g , (b) UTM_{gr} i (c) UTM_{vgr} osrednjenih za period 2001-2008. godina u Vojvodini.

Osmogodišnji proseci UTM_g i UTM_{vgr} kao i parametar D pokazuju da su koncentracije u svim gradovima veće u vangrejnjoj sezoni kada je raspršivanje čestica vetrom veće (tabela 3.13 i slika 3.7). Najviše vrednosti u vangrejnjoj sezoni zabeležene su u mestima u kojima su i godišnje koncentracije najveće, Vršku, Zrenjaninu i Beočinu, pri čemu Beočin ima i najviše vrednosti u grejnoj sezoni.



Slika 3.8 Kretanje vrednosti UTM_g i UTM_m u Vojvodini u periodu 2001-2008. godina.

Na slici 3.8 mogu se uočiti promene UTM_g i UTM_m i prekoračenja GVI (označena sivom linijom). Koncentracije UTM_g i UTM_m su u posmatranom periodu opadale u Pančevu, Beočinu i Zrenjaninu dok su u ostalim naseljima rasle. Najveći porast koncentracija UTM_g i UTM_m zabeležen je u Subotici i Kikindi. U naseljima koja su najviše opterećena taložnim materijama, Beočinu Vršcu i Zrenjaninu, koncentracije su veoma često prelazile dozvoljeni nivo. U Vršcu su vrednosti UTM_g u čitavom periodu prelazile godišnju GVI, u Zrenjaninu tokom 7 i Beočinu tokom 6 godina. Vrednosti UTM_m najčešće su bile iznad dozvoljenih vrednosti u Vršcu 18 puta (18,8%), Beočinu 13 puta (13,5%) i Zrenjaninu 10 puta (10,4%). Slika 3.9 pokazuje da je godina sa najlošijim kvalitetom vazduha u Vojvodini bila 2005. kada je i UTM_g (234,17 mg/m²/dan) i učestalost prekoračenja GVI bila najveća (9,6%).



Slika 3.9 Vrednosti UTM_g i procenat prekoračenja GVI u Vojvodini u periodu 2001-2008. godina.

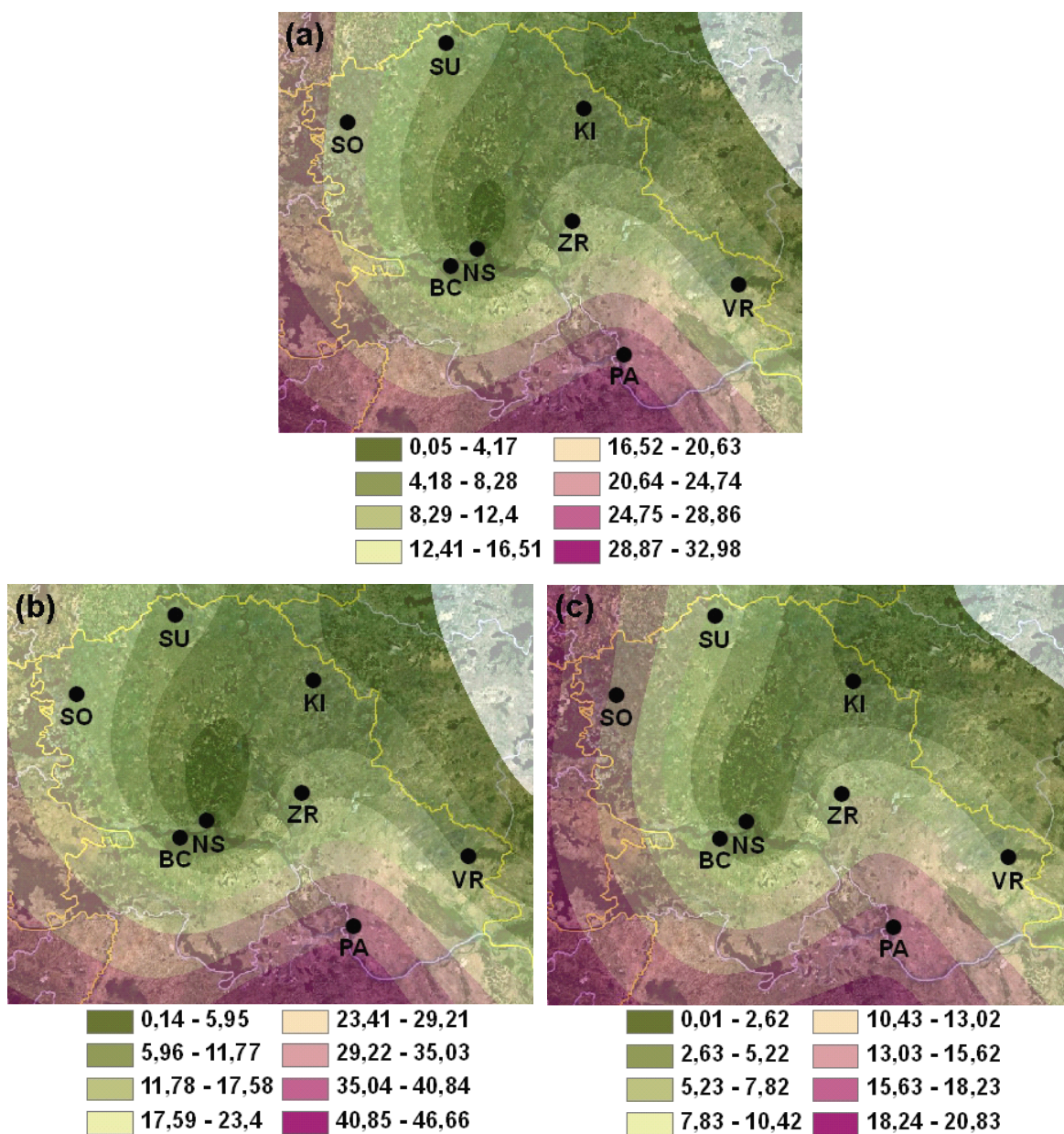
3.7.2 Čađ

Važni izvori čađi u vazduhu Vojvodine su rafinerije nafte u Novom Sadu i Pančevu, metalurški kompleks u Pančevu, metalna industrija u Subotici i individualna ložišta, toplane i motorna vozila. Tabela 3.14 pokazuje da su vrednosti $čad_g$ osrednjene za period 2001-2008. godina u svim naseljima bile daleko manje od dozvoljenog nivoa. Prostorna distribucija $čad_g$ na slici 3.10a pokazuje da su koncentracije čađi u vazduhu najveće u Pančevu kako u grejnoj, tako i u vangrejnoj sezoni. I pored toga što se u njemu nalazi rafinerije nafte, Novi Sad je grad sa najmanjom vrednošću $čad_g$ u vazduhu.

Tabela 3.14 Prosečne mesečne, godišnje i sezonske koncentracije čađi u Vojvodini u periodu 2001-2008. godina.

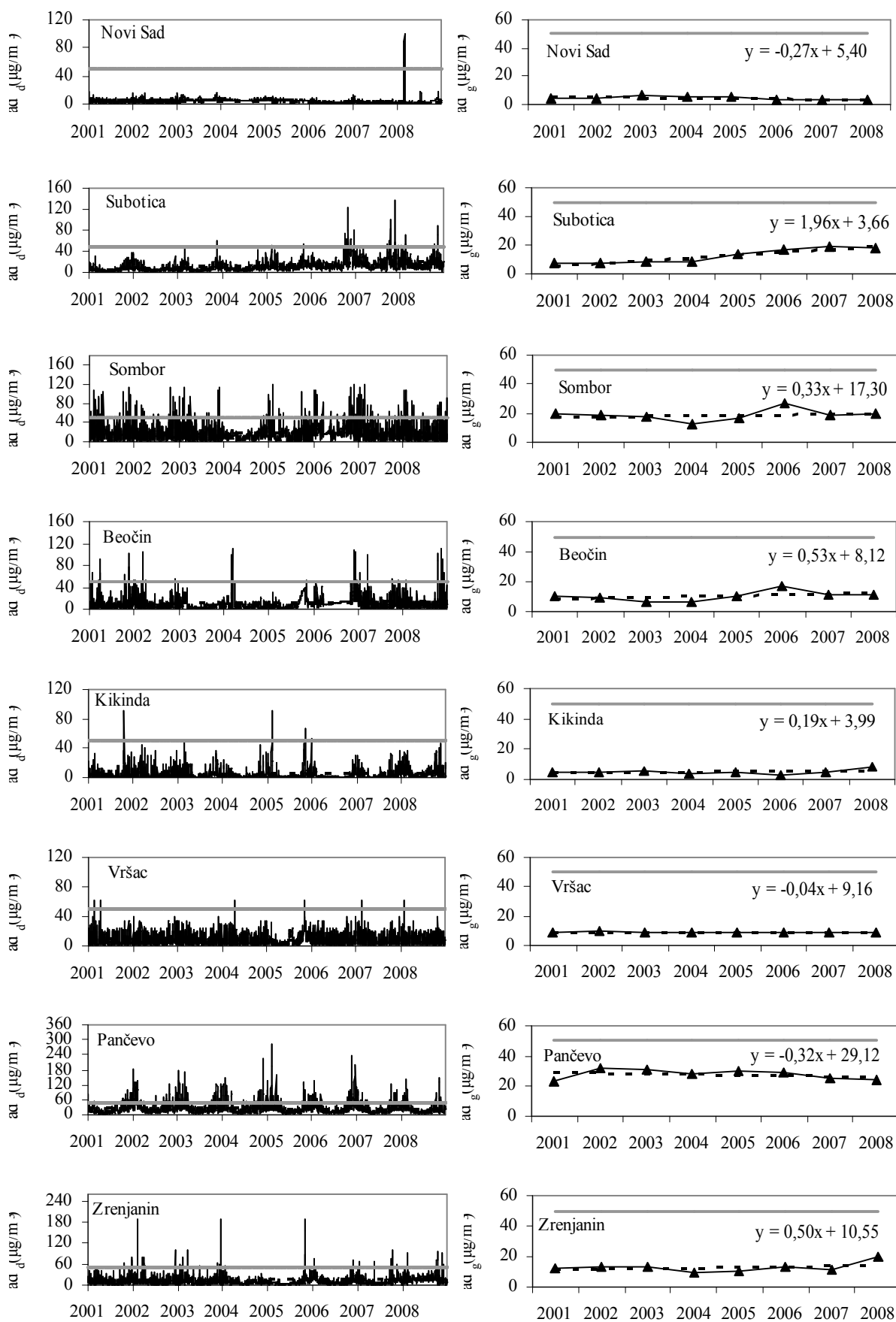
	Novi Sad	Subotica	Sombor	Beočin	Kikinda	Vršac	Pančevo	Zrenjanin	Vojvodina
Jan	4,78	14,22	26,20	12,95	7,46	10,39	46,55	16,99	17,44
Feb	6,18	15,10	24,26	11,53	8,88	10,93	44,45	14,50	16,98
Mar	4,46	13,21	21,10	12,91	4,58	9,50	31,36	13,41	13,82
Apr	3,87	9,39	16,58	8,18	3,19	8,51	18,41	10,35	9,81
Maj	3,38	7,52	16,56	6,29	1,87	6,94	12,49	8,91	8,00
Jun	3,50	7,59	12,55	6,87	2,08	7,43	12,95	8,47	7,68
Jul	3,90	9,16	14,13	6,36	1,97	8,21	15,60	8,95	8,53
Avg	3,50	9,43	14,52	7,14	2,86	7,60	16,88	9,22	8,89
Sep	3,50	11,57	17,25	9,46	3,36	6,67	20,54	11,81	10,52
Okt	4,15	17,95	19,91	13,64	6,59	9,53	31,61	15,45	14,85
Nov	5,05	19,34	23,30	16,17	8,09	10,91	41,54	18,02	17,80
Dec	4,40	15,30	19,51	14,72	7,33	11,13	40,63	17,30	16,29
$\check{c}ad_g$	4,22	12,48	18,82	10,52	4,85	8,98	27,75	12,78	12,55
$\check{c}ad_{gr}$	4,84	15,15	22,50	13,51	7,04	10,48	38,65	15,66	15,98
$\check{c}ad_{vgr}$	3,58	9,77	15,07	7,50	2,61	7,45	16,62	9,87	9,06
D	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Osmogodišnji proseci prosečnih mesečnih koncentracija čađi ukazuju da postoje sezonske varijacije koncentracija čađi i da su najveće vrednosti od decembra do februara. Parametar D u svim naseljima ima vrednost 1 što upućuje na zaključak da u svim posmatranim naseljima individualna ložišta i toplane imaju veliki uticaj na koncentracije čađi u vazduhu. Na povećanje koncentracija u hladnom periodu godine utiče i češća pojava prizemnih temperaturnih inverzija čija gornja granica može da deluje kao prirodna prepreka širenju zagađujućih materija



Slika 3. 10 Prostorna distribucija vrednosti (a) \bar{c}_{ad_g} , (b) $\bar{c}_{ad_{gr}}$ i (c) $\bar{c}_{ad_{vgr}}$ osrednjenih za period 2001-2008. godina u Vojvodini.

Slika 3.11 pokazuje da u svim naseljima u toku posmatranog osmogodišnjeg perioda koncentracije \bar{c}_{ad_g} nisu prekoračile dozvoljen nivo, dok su koncentracije \bar{c}_{ad_d} povremeno bile iznad dozvoljenog nivoa. Prosečne godišnje koncentracije čađi u toku posmatranog perioda zabeležile su najveći rast u Subotici. Vrednosti \bar{c}_{ad_g} u Subotici rastu posle 2004. godine od kada rastu i vrednosti UTM_g (slika 3.8), što može da uputi na isti izvor zagađenja. Najveća koncentracija \bar{c}_{ad_d} u vazduhu zabeležena je u Pančevu 10. februara 2005. godine i iznosila je $282,50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, što više od pet puta prevazilazi dozvoljeni nivo.



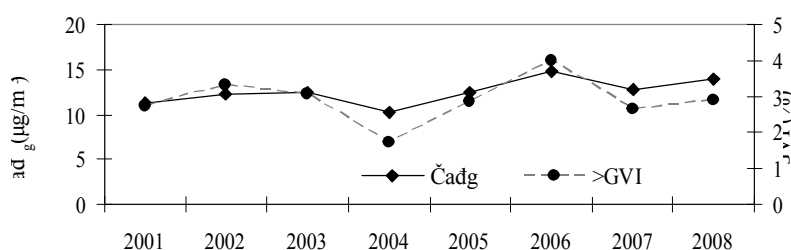
Slika 3.11 Kretanje vrednosti $\check{c}ad_d$ i $\check{c}ad_g$ u Vojvodini u periodu 2001-2008. godina.

Indeks kvaliteta vazduha AQI_S_07 prikazan u tabeli 3.15a pokazuje da su vrednosti $\check{c}ad_d$ najčešće bili u kategorijama odličan i dobar u Novom Sadu (99,1% i 0,8%) i Kikindi (88,5% i 9,1%) dok je GVI najčešće bila prekoračena u Pančevu (12,6%) i Somboru (5,4%). Tabela 3.15b pokazuje da je vazduh u Vojvodini bio najboljeg kvaliteta 2004. godine kada je ukupno 92,6% vrednosti $\check{c}ad_d$ bilo unutar kategorija odličan i dobar, a GVI prekoračena u svega 1,7% slučajeva. Godina sa najlošijim kvalitetom vazduha bila je 2006. kada je učestalost prekoračenja GVI bila 4,0% dok je učestalost pojave vrednosti $\check{c}ad_d$ u kategorijama odličan i dobar bila najmanja, ukupno 83,6%. Slika 3.12 pokazuje da je pored najvećeg procenta prekoračenja GVI, 2006. godine vrednost $\check{c}ad_g$ u Vojvodini takođe bila najveća (14,76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabela 3.15 Učestalost (%) pojavljivanja vrednosti $\check{c}ad_d$ u klasama AQI_S_07 za period 2001-2008. godina (a) u naseljima Vojvodine za ceo period i (b) u Vojvodini za svaku godinu.

(a)	Odličan	Dobar	Prihvatljiv	Zagađen	Jako zagađen
Novi Sad	99,1	0,8	0,0	0,1	0,0
Subotica	60,7	30,3	7,9	1,1	0,1
Sombor	39,7	35,7	19,2	4,8	0,7
Beočin	74,5	17,0	7,0	1,1	0,4
Kikinda	88,5	9,1	2,2	0,2	0,0
Vršac	72,5	23,7	3,6	0,2	0,0
Pančevo	23,6	36,9	26,9	10,5	2,1
Zrenjanin	60,8	28,1	9,0	1,9	0,1
Vojvodina	64,9	22,7	9,5	2,5	0,4

(b)	Odličan	Dobar	Prihvatljiv	Zagađen	Jako zagađen
2001	70,4	18,6	8,3	2,6	0,2
2002	66,7	21,1	8,9	2,8	0,5
2003	67,4	21,1	8,4	2,5	0,6
2004	74,2	18,4	5,6	1,4	0,3
2005	67,8	19,6	9,7	2,3	0,5
2006	56,0	27,6	12,4	3,4	0,6
2007	61,8	24,5	11,0	2,4	0,2
2008	55,1	30,6	11,4	2,5	0,4
2001-2008	64,9	22,7	9,5	2,5	0,4



Slika 3.12 Vrednosti $\check{c}ad_g$ i procenat prekoračenja GVI u Vojvodini u periodu 2001-2008. godina.

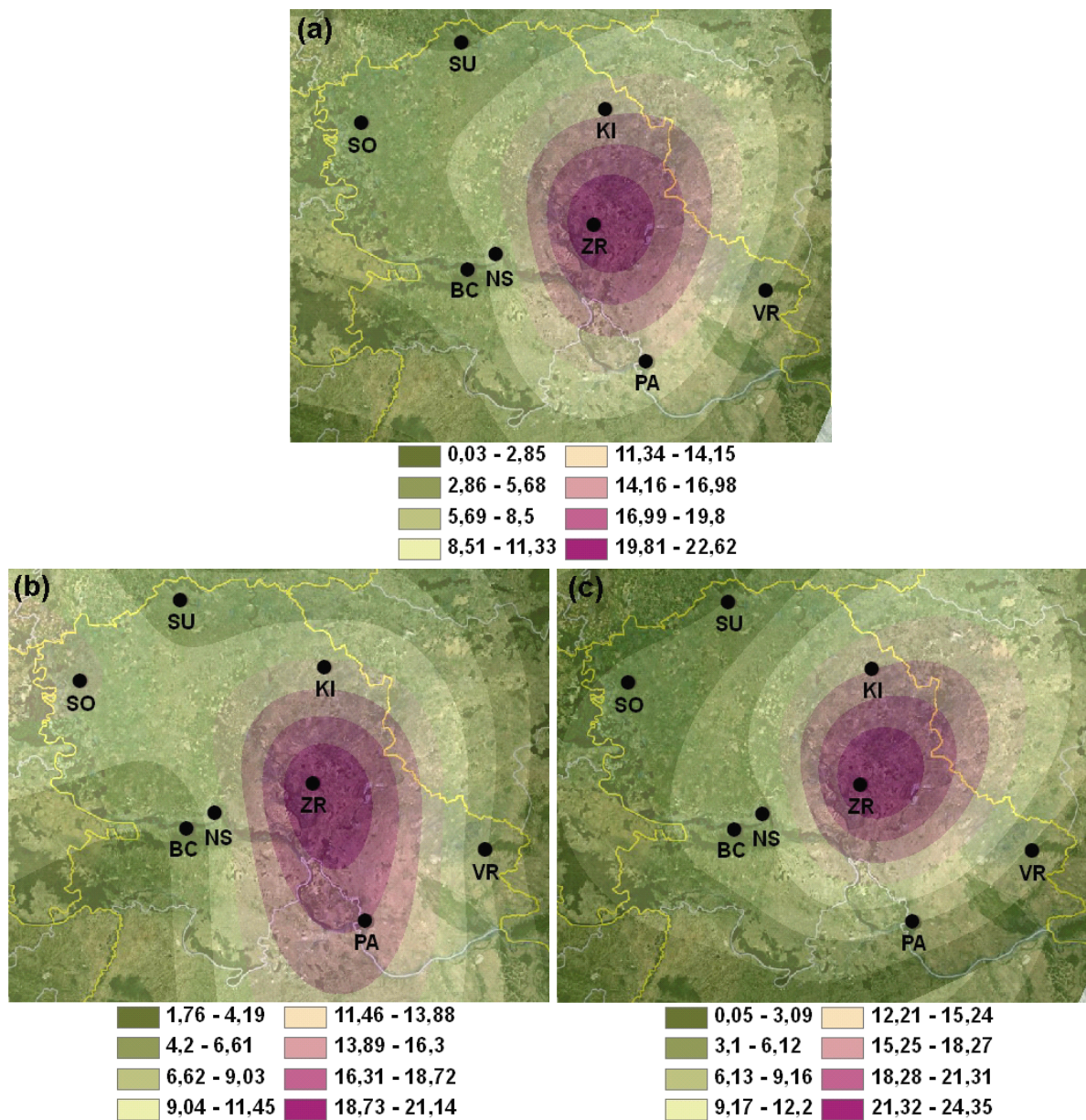
3.7.3 Sumpor dioksid

Najveća količina SO_2 emitovanog u vazduh Vojvodine potiče iz gradskih toplana na mazut, individualnih ložišta na ugalj i dizel motora koji koriste goriva sa visokim sadržajem sumpora. Pored navedenih značajni izvori su i rafinerije nafte u Novom Sadu i Pančevu, HIP Petrohemija i HIP Azotara u Pančevu, Fabrika sintetičkog kaučuka u Elemiru kod Zrenjanina

i Livnica u Kikindi. Tabela 3.16 pokazuje da su u svim naseljima vrednosti SO_{2g} osrednjene za period 2001-2008. godina ispod dozvoljenog godišnjeg nivoa od $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. U Novom Sadu, Somboru, Subotici, Vršcu i Pančevu parametar D ima vrednost 1 što može da uputi na činjenicu da su u ovim naseljima primarni izvori emisije individualna ložišta i toplane, dok u ostalim naseljima veći uticaj imaju saobraćaj i industrijska postrojenja.

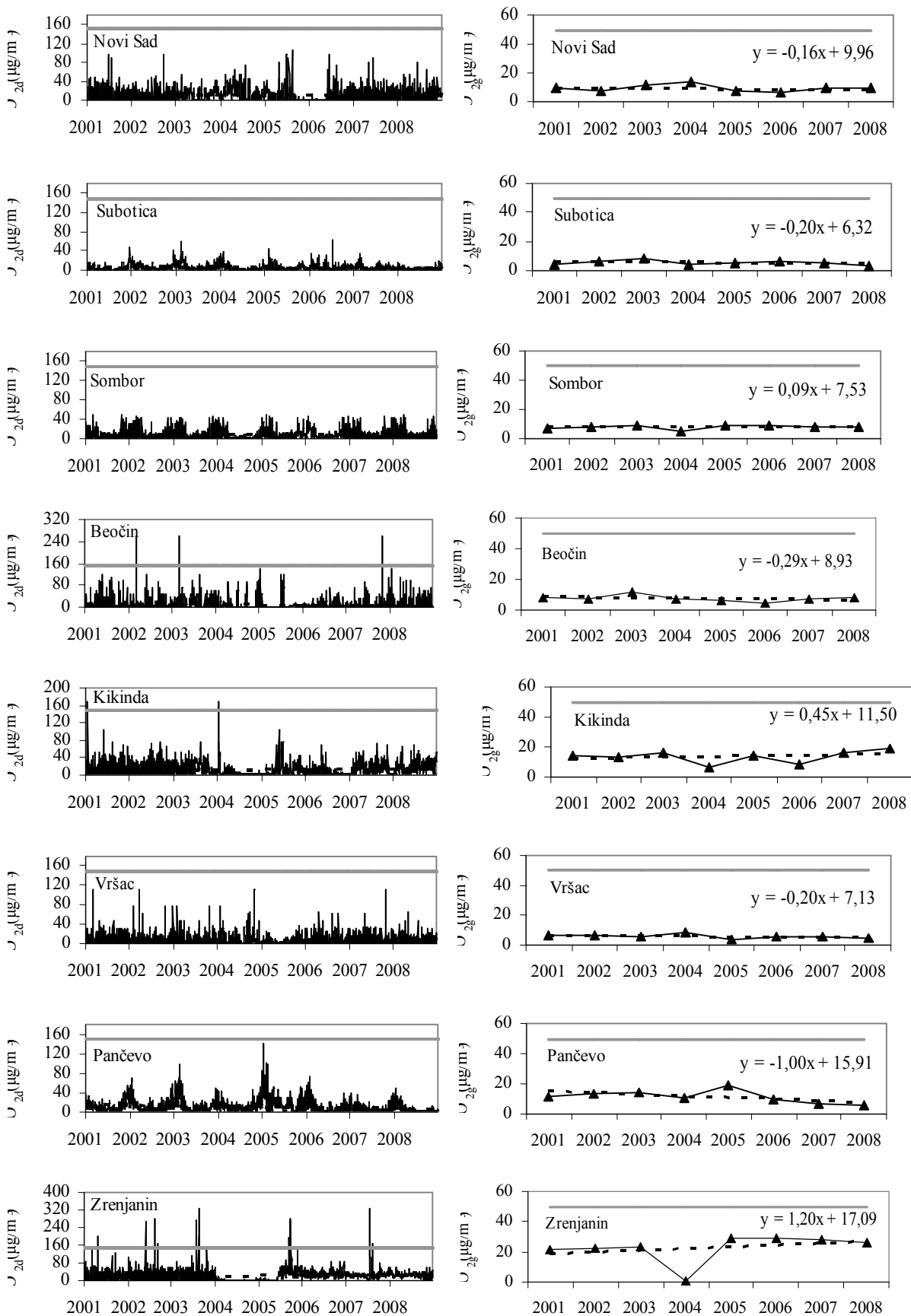
Tabela 3.16 Prosečne mesečne, godišnje i sezonske koncentracije SO_2 u Vojvodini u periodu 2001-2008. godina.

	Novi Sad	Subotica	Sombor	Beočin	Kikinda	Vršac	Pančevo	Zrenjanin	Vojvodina
Jan	10,42	8,73	12,40	10,23	10,79	6,29	26,49	21,25	13,32
Feb	10,37	10,03	13,33	4,20	10,44	6,85	20,57	17,49	11,66
Mar	9,64	7,55	13,33	8,66	13,86	6,26	13,54	18,53	11,42
Apr	11,39	3,64	7,43	6,23	12,36	6,00	7,99	18,00	9,13
Maj	10,41	3,20	3,43	5,87	14,99	5,94	6,76	17,31	8,49
Jun	7,19	2,45	3,32	8,92	16,76	5,17	6,61	22,49	9,11
Jul	8,67	3,34	4,10	13,29	13,81	4,55	7,03	25,47	10,03
Avg	7,38	2,84	3,90	5,15	15,82	5,18	6,36	27,89	9,32
Sep	6,92	3,84	4,22	6,98	14,63	7,15	5,12	29,24	9,76
Okt	8,24	4,95	7,22	6,61	15,44	6,57	7,24	25,30	10,20
Nov	10,42	5,41	12,16	7,63	14,14	8,23	13,06	21,34	11,55
Dec	10,00	9,15	10,51	9,29	9,31	6,51	16,63	25,31	12,09
SO_{2g}	9,25	5,43	7,95	7,75	13,53	6,22	11,45	22,47	10,51
SO_{2gr}	10,19	7,59	12,03	7,68	11,99	6,85	16,40	20,98	11,71
SO_{2vgr}	8,30	3,21	3,79	7,89	15,10	5,58	6,40	24,04	9,29
D	1	1	1	0	-1	1	1	-1	1



Slika 3.13 Prostorna distribucija vrednosti (a) SO_{2g} , (b) SO_{2gr} i (c) SO_{2vgr} osrednjenih za period 2001-2008. godina u Vojvodini.

Prostorna distribucija osmogodišnjih proseka koncentracija SO_2 u Vojvodini na slici 3.13 izdvaja Zrenjanin kao centar zagađenja kako u grejnoj tako i u vangrejnoj sezoni i Pančevo u grejnoj sezoni.



Slika 3.14 Kretanje vrednosti SO_{2d} i SO_{2g} u Vojvodini u periodu 2001-2008. godina.

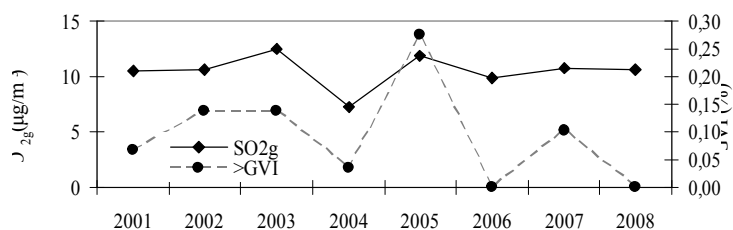
Prosečne godišnje koncentracije SO_2 u naseljima Vojvodine u posmatranom periodu nisu prelazile vrednost od $28,70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ što je ispod tipičnih vrednosti urbanih zona zemalja u razvoju, a na nivou vrednosti zemalja članica EU (slika 3.14). U svim naseljima u toku posmatranog perioda vrednosti SO_{2g} ni jednom nisu prekoračile dozvoljen nivo, dok su vrednosti SO_{2d} povremeno bile iznad dozvoljenog nivoa. Najveća vrednost SO_{2d} zabeležena je u Zrenjaninu 22. jula 2007. godine i iznosila je $327,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$, što dva i po puta prevazilazi dozvoljeni nivo.

Tabela 3.17 Učestalost (%) pojavljivanja vrednosti SO_{2d} u klasama AQI_S_07 za period 2001-2008. godina (a) u naseljima Vojvodine za ceo period i (b) u Vojvodini za svaku godinu.

(a)	Odličan	Dobar	Prihvatljiv	Zagađen	Jako zagađen
Novi Sad	94,9	4,6	0,5	0,0	0,0
Subotica	99,6	0,4	0,0	0,0	0,0
Sombor	97,4	2,6	0,0	0,0	0,0
Beočin	92,6	5,9	1,3	0,0	0,1
Kikinda	91,9	7,7	0,3	0,1	0,0
Vršac	97,7	1,9	0,4	0,0	0,0
Pančevo	94,5	5,1	0,4	0,0	0,0
Zrenjanin	80,2	18,0	1,3	0,3	0,3
Vojvodina	93,6	5,8	0,5	0,0	0,0

(b)	Odličan	Dobar	Prihvatljiv	Zagađen	Jako zagađen
2001	93,4	5,9	0,6	0,1	0,0
2002	94,3	5,0	0,5	0,0	0,1
2003	91,2	8,2	0,4	0,0	0,1
2004	96,3	3,3	0,4	0,0	0,0
2005	90,6	7,7	1,4	0,2	0,1
2006	94,2	5,5	0,2	0,0	0,0
2007	95,0	4,5	0,4	0,0	0,1
2008	93,7	6,1	0,2	0,0	0,0
2001-2008	93,6	5,8	0,5	0,0	0,0

Indeks kvaliteta vazduha AQI_S_07 prikazan u tabeli 3.17a, kao i prosečne godišnje koncentracije, pokazuje da SO_2 nije značajan zagađivač vazduha u naseljima Vojvodine. U svim naseljima vrednosti SO_{2d} su u preko 98% slučajeva bile u kategorijama odličan i dok je procenat prekoračenja GVI ispod 1%. Zagađenje vazduha SO_2 bilo je najmanje u Subotici gde su u 99,6 % dana vrednosti SO_{2d} bile u kategoriji odličan, a najveće u Zrenjaninu gde je procenat prekoračenja GVI bio najveći (0,6%). Tabela 3.17b pokazuje da je vazduh u Vojvodini bio najboljeg kvaliteta 2006. i 2008. godine kada je ukupno 99,8% vrednosti SO_{2d} bilo unutar kategorija odličan i dobar, a GVI nije prekoračena. Ako se uzmu u obzir i SO_{2g} i prekoračenje GVI može da se zaključi da je 2005. godina bila sa najlošijim kvalitetom vazduha kada je u pitanju zagađenje SO_2 (slika 3.15).



Slika 3.15 Vrednosti SO_{2g} i procenat prekoračenja GVI u Vojvodini u periodu 2001-2008. godina.

3.7.4 Azot dioksid

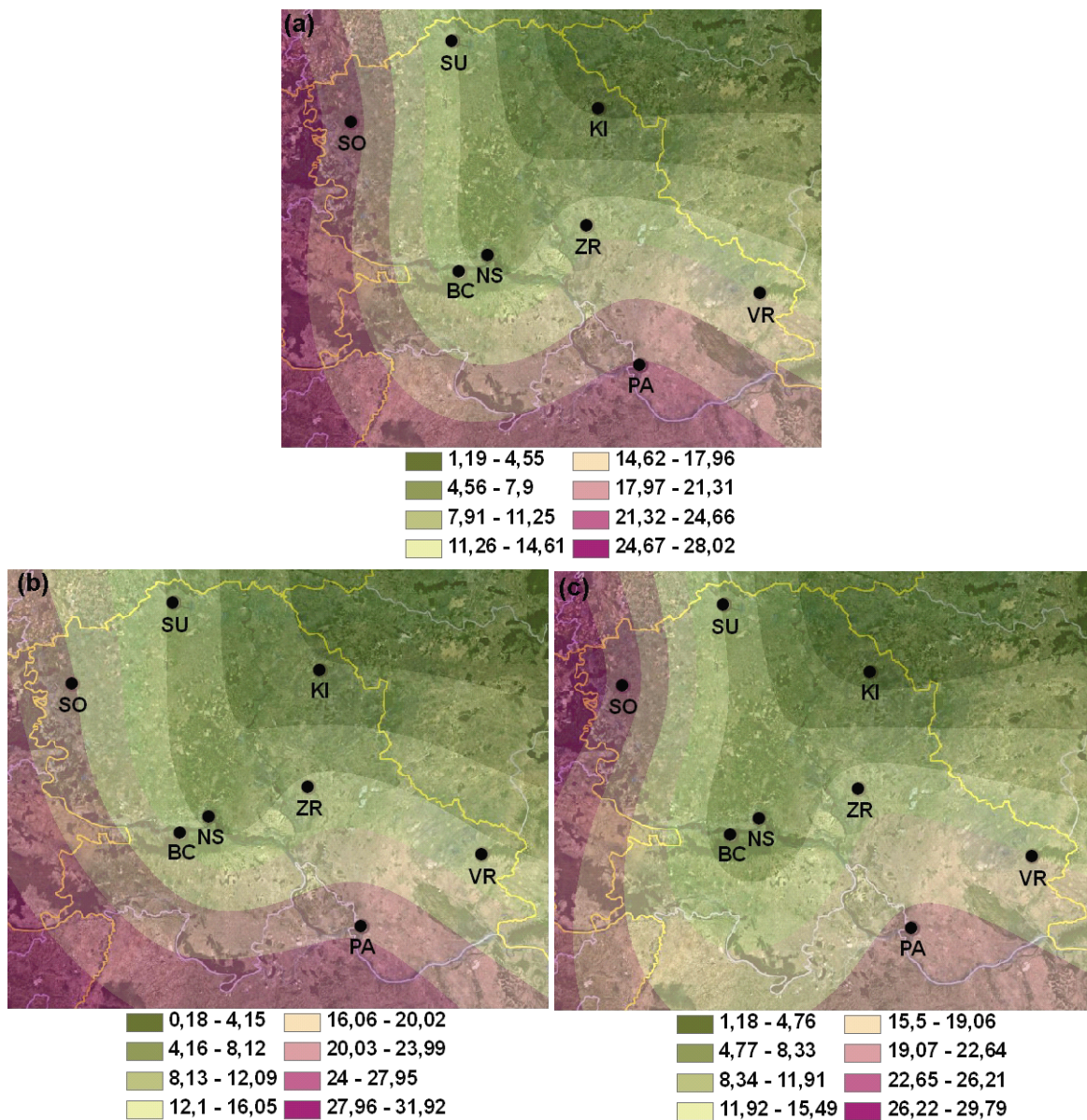
Najznačajniji izvor NO_2 u vazduhu Vojvodine je sagorevanje goriva u motornim vozilima. Pored saobraćaja značajni izvori su azotare u Pančevu i Subotici i sagorevanje drveta, uglja i gasa u domaćinstvima. Tabela 3.18 pokazuje da su u svim naseljima vrednosti NO_{2g} osrednjene za osam godina ispod dozvoljenog godišnjeg nivoa od $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kretanja osmogodišnjih proseka mesečnih koncentracija ne pokazuju da postoji jedinstven godišnji hod u svim naseljima što se vidi i po različitim vrednostima parametra D . Vrednost 1 parametra D u Novom Sadu, Beočinu, Kikindi i Pančevu ukazuje na pojačan uticaj individualnih ložišta na koncentracije NO_2 u vazduhu, dok u ostalim naseljima veći uticaj imaju saobraćaj i industrijska postrojenja.

Tabela 3.18 Prosečne mesečne, godišnje i sezonske koncentracije NO_2 u Vojvodini u periodu 2001-2008. godina.

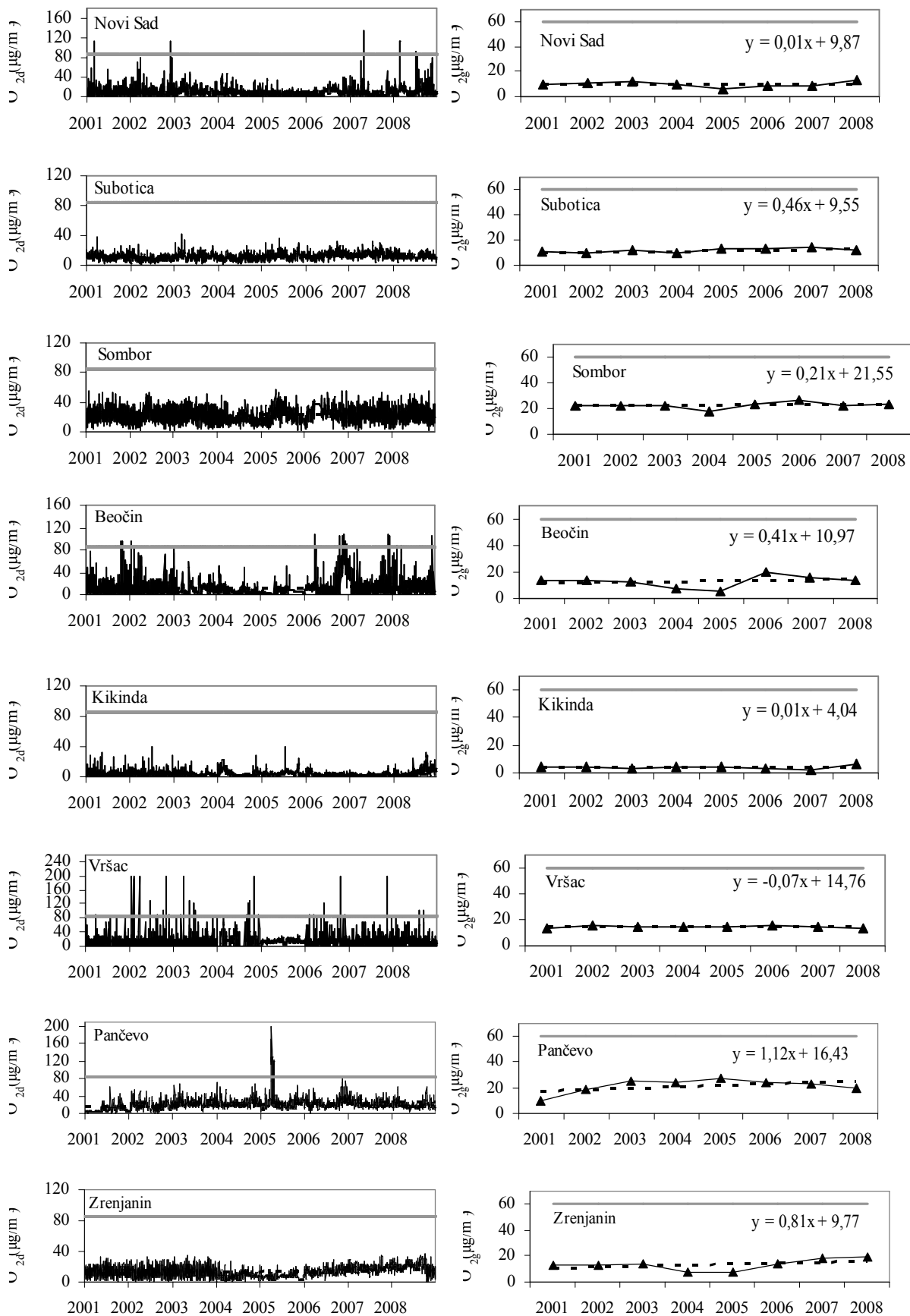
	Novi Sad	Subotica	Sombor	Beočin	Kikinda	Vršac	Pančevo	Zrenjanin	Vojvodina
Jan	8,95	11,39	19,71	17,58	4,33	12,95	19,95	13,37	13,53
Feb	12,42	11,99	19,97	13,20	5,87	13,12	22,26	13,11	13,99
Mar	13,13	11,75	20,81	12,46	3,87	13,64	22,16	12,45	13,79
Apr	9,89	10,60	23,19	10,25	3,42	13,85	27,71	12,49	13,92
Maj	8,65	11,70	26,60	9,85	2,76	16,54	20,65	13,35	13,76
Jun	8,69	11,20	25,32	10,40	3,35	17,17	18,34	13,97	13,56
Jul	10,12	11,00	25,73	9,39	3,46	12,72	17,65	13,51	12,95
Avg	9,19	11,40	23,55	12,39	4,01	14,15	17,86	13,95	13,31
Sep	9,65	12,42	23,84	10,25	3,70	16,98	19,08	13,91	13,73
Okt	8,24	13,08	22,12	12,57	4,75	15,11	24,58	15,31	14,47
Nov	11,69	11,83	20,08	17,83	5,55	16,29	26,28	13,12	15,33
Dec	8,33	11,08	18,95	17,52	4,20	10,84	21,56	12,37	13,11
NO_{2g}	9,91	11,62	22,49	12,81	4,10	14,45	21,51	13,41	13,79
NO_{2gr}	10,71	11,59	20,28	15,24	4,65	13,40	23,24	13,00	14,01
NO_{2vgr}	9,07	11,64	24,74	10,39	3,53	15,49	19,72	13,83	13,55
D	1	0	-1	1	1	-1	1	-1	0

Prostorna distribucija vrednosti NO_{2g} na slici 3.16 pokazuje da su centri pojačanog zagađenja Sombor i Pančevo. Uzrok povišenih vrednosti NO_2 u Somboru je nepostojanje obilaznice tako da kroz grad prolazi tranzitni saobraćaj. Naročito su koncentracije povišene u vangrejnoj sezoni u periodu setve kada gotovo kroz sam centar prolaze traktori i teretnjaci natovareni poljoprivrednim kulturama. Osim saobraćaja, uzrok povišenih koncentracija NO_2

u Pančevu su postrojenja hemijske industrije. Upoređivanjem slika 3.16 i 3.10 može se zaključiti da je prostorna distribucija čađi i NO_2 u Vojvodini veoma slična, što upućuje na doprinos saobraćaja u čijim se izduvnim gasovima pored ugljenikovih oksida najviše nalaze upravo čestice i NO_2 .



Slika 3.16 Prostorna distribucija vrednosti (a) NO_{2g} , (b) NO_{2gr} i (c) NO_{2vgr} osrednjenih za period 2001-2008. godina u Vojvodini.



Slika 3.17 Kretanje vrednosti NO_{2d} i NO_{2g} u Vojvodini u periodu 2001-2008. godina.

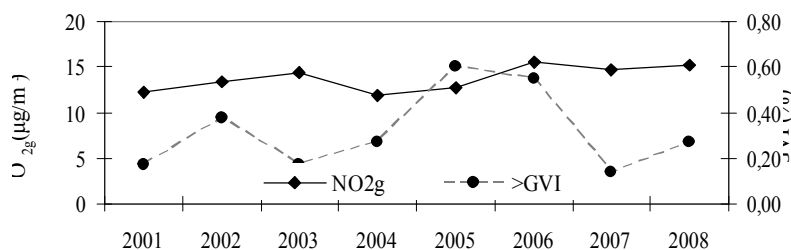
Prosečne godišnje koncentracije NO_2 u naseljima Vojvodine u posmatranom periodu kretale su se od $2,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Kikinda, 2007 godina) do $27,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Pančevo, 2005. godina). Vrednosti u Pančevu i Somboru kretale su se u rangu tipičnih vrednosti urbanih zona ($20-90 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dok su vrednosti u ostalim naseljima bile ispod ovih vrednosti. Ni u jednom naselju dozvoljen godišnji nivo od $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nije prekoračen.

Tabela 3.19 Učestalost (%) pojavljivanja vrednosti $NO_{2,d}$ u klasama AQI_S_07 za period 2001-2008. godina (a) u naseljima Vojvodine za ceo period i (b) u Vojvodini za svaku godinu.

(a)	Odličan	Dobar	Prihvatljiv	Zagađen	Jako zagađen
Novi Sad	88,7	9,9	1,2	0,2	0,0
Subotica	95,0	5,0	0,0	0,0	0,0
Sombor	45,7	51,6	2,7	0,0	0,0
Beočin	81,0	13,5	4,8	0,7	0,0
Kikinda	98,8	1,2	0,0	0,0	0,0
Vršac	77,2	17,7	4,0	0,8	0,3
Pančevo	49,4	46,1	3,9	0,5	0,1
Zrenjanin	81,3	18,7	0,0	0,0	0,0
Vojvodina	77,1	20,5	2,1	0,3	0,1

(b)	Odličan	Dobar	Prihvatljiv	Zagađen	Jako zagađen
2001	81,5	17,0	1,4	0,2	0,0
2002	78,0	19,5	2,1	0,2	0,2
2003	73,6	24,8	1,5	0,1	0,0
2004	81,7	16,2	1,9	0,2	0,1
2005	81,9	16,1	1,4	0,5	0,1
2006	73,7	22,3	3,5	0,5	0,0
2007	73,6	23,9	2,4	0,1	0,0
2008	73,2	24,0	2,5	0,3	0,0
2001-2008	77,1	20,5	2,1	0,3	0,1

Indeks kvaliteta vazduha AQI_S_07 prikazan u tabeli 3.19a pokazuje da su vrednosti $NO_{2,d}$ najčešće bile u kategorijama odličan i dobar u Kikindi (98,8% i 1,2%) i Subotici (95,0% i 5,0%) dok je GVI najčešće bila prekoračena u Vršcu (1,1%). Podaci u tabeli 3.19b pokazuju da je procenat vrednosti $NO_{2,d}$ u kategorijama odličan i dobar bio najveći tokom 2001. godine (ukupno 98,4%), dok je GVI u Vojvodini najčešće bila prekoračena tokom 2005. godine (ukupno 0,6%). Slika 3.18 pokazuje da je prosečna godišnja koncentracija u Vojvodini bila najveća 2006. godine.



Slika 3.18 Vrednosti $NO_{2,g}$ i procenat prekoračenja GVI u Vojvodini u periodu 2001-2008. godina.

3.7.5 Prizemni ozon

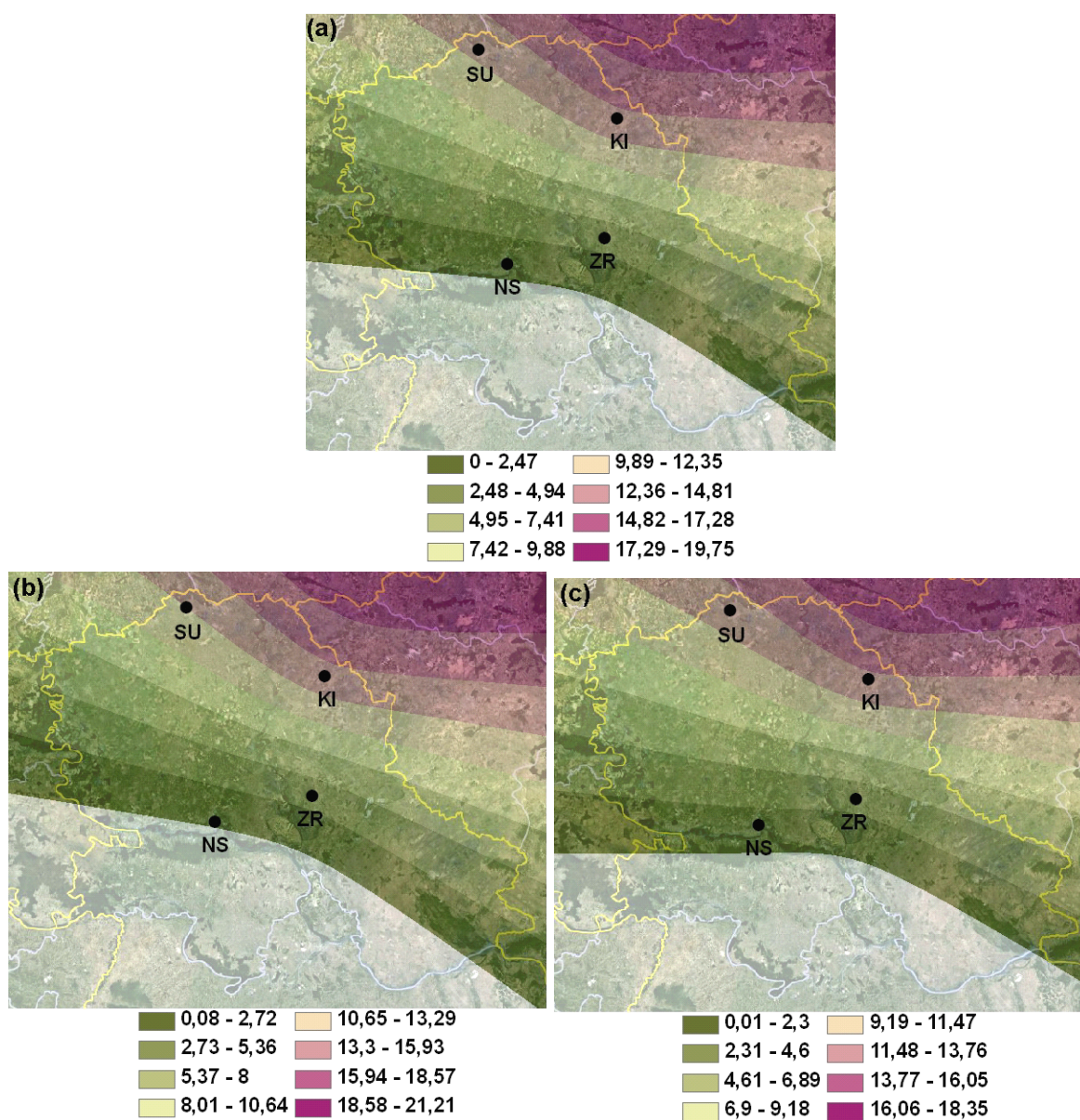
Za praćenje stanja prizemnog O_3 potreban je visok kvalitet osmatranja i istraživanja povezanih sa konkretnim podacima. U periodu 2001-2008. godina prikupljanje podataka o

prizemnom O_3 nije bilo usklađeno sa jasno definisanim kriterijumima koje propisuju direktive EU. Koncentracije prizemnog O_3 u Vojvodini merene su u vidu dvadesetčetvoročasovnih umesto u kraćim vremenskim intervalima. U posmatranom periodu je i broj mernih mesta i broj naselja na kojima su se pratile bio znatno manji nego za ostale posmatrane zagađujuće materije. Direktive EU koje propisuju merenje prizemnog O_3 u vidu jednočasovnih i osmočasovnih uzoraka Srbija je usvojila 2010. godine i tako stvorila preduslove za sistemsko prikupljanje kvalitetnih podataka.

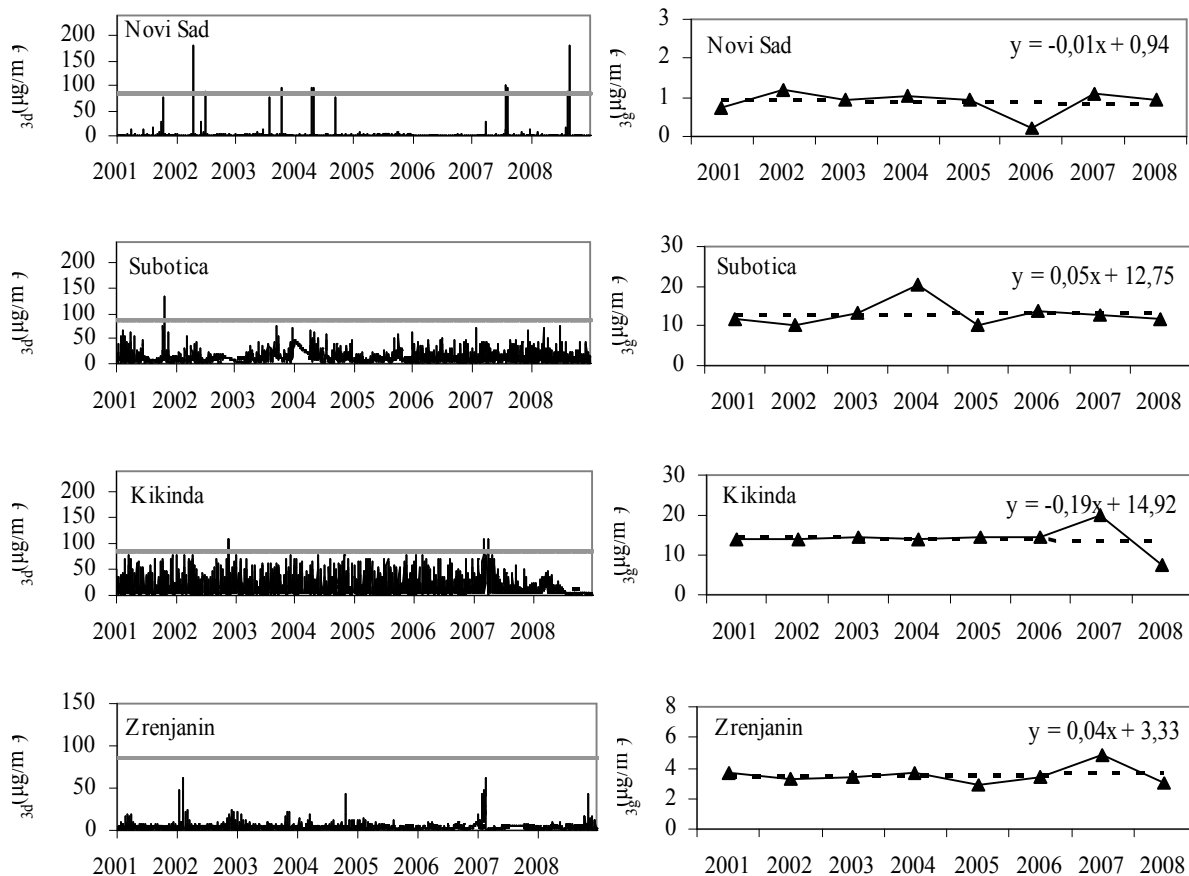
Tabela 3.20 Prosečne mesečne, godišnje i sezonske koncentracije O_3 u Vojvodini u periodu 2001-2008. godina.

	Novi Sad	Subotica	Kikinda	Zrenjanin	Vojvodina
Jan	0,26	14,37	12,87	3,75	7,81
Feb	0,26	13,23	14,30	5,89	8,42
Mar	0,55	12,54	20,39	3,24	9,18
Apr	1,77	14,30	18,89	3,11	9,52
Maj	0,38	12,59	14,24	3,19	7,60
Jun	0,86	12,42	12,98	2,85	7,28
Jul	0,56	11,08	12,58	3,51	6,93
Avg	2,30	11,23	12,72	3,30	7,39
Sep	1,54	13,66	12,31	3,36	7,72
Okt	1,21	15,17	10,76	3,78	7,73
Nov	0,37	12,27	14,08	3,43	7,54
Dec	0,45	12,91	12,77	3,28	7,35
O_{3g}	0,88	12,97	14,07	3,56	7,87
O_{3gr}	0,37	13,28	14,89	3,80	8,08
O_{3vgr}	1,39	12,66	13,24	3,23	7,63
D	-1	0	1	1	1

Tabela 3.20 pokazuje da su u svim naseljima vrednosti O_{3g} osrednjene za osam godina daleko ispod dozvoljenog godišnje nivoa od $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kretanja osmogodišnjih proseka mesečnih koncentracija ne pokazuju da postoji očekivani godišnji hod ozona koji bi pratio povećani intenzitet sunčevog zračenja sa maksimumom u proleće i leto. Ni vrednosti O_{3g} prikazane na slici 3.20, nisu prelazile dozvoljeni nivo i kretale su se od $0,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Novi Sad, 2006. godina) do $20,20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Subotica, 2004. godina). Slika 3.19 pokazuje da su najveće koncentracije prizemnog O_3 na severu Vojvodine.

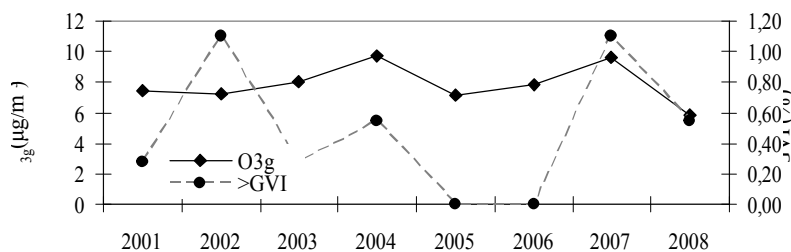


Slika 3.19 Prostorna distribucija vrednosti (a) O_{3_g} , (b) $O_{3_{gr}}$ i (c) $O_{3_{vgr}}$ osrednjenih za period 2001-2008. godina u Vojvodini.



Slika 3.20 Kretanje vrednosti O_{3d} i O_{3g} u Vojvodini u periodu 2001-2008. godina.

Vrednosti O_{3d} prekoračene su u Novom Sadu tokom 9 dana (0,3%), Kikindi 4 dana (0,1%) i Subotici samo 1 dan. Ako uzmemo u obzir i prosečnu godišnju koncentraciju, O_{3g} , i prekoračenje GVI može da se zaključi da je 2007. godina bila sa najlošijim kvalitetom vazduha kada je u pitanju zagađenje prizemnim O_3 (slika 3.21). Najveća koncentracija O_{3d} od $182,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bila je 18.04.2002. godine u Novom Sadu.

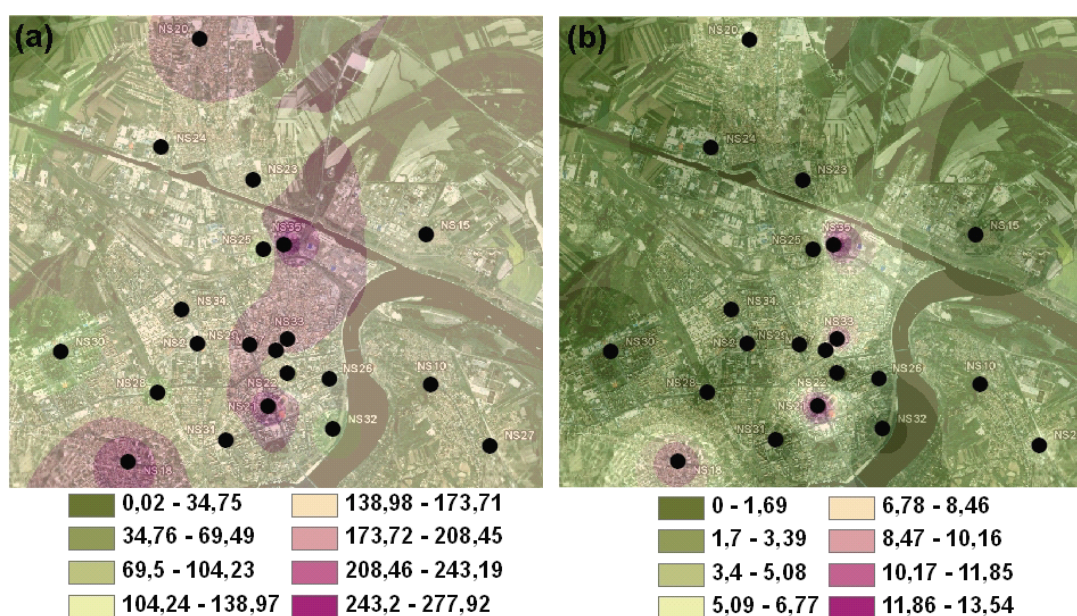


Slika 3.21 Vrednosti O_{3g} i procenat prekoračenja GVI u Vojvodini u periodu 2001-2008. godina.

3.7.6 Kvalitet vazduha na teritoriji grada Novog Sada

Koncentracije zagađujućih materija na teritoriji gradskih sredina imaju veliku prostornu i vremensku promenljivost. Povećane koncentracije su češće u industrijskim i saobraćajno prometnim delovima grada kao i u zimskoj polovini godine zbog grejanja i nepovoljnijih vremenskih uslova.

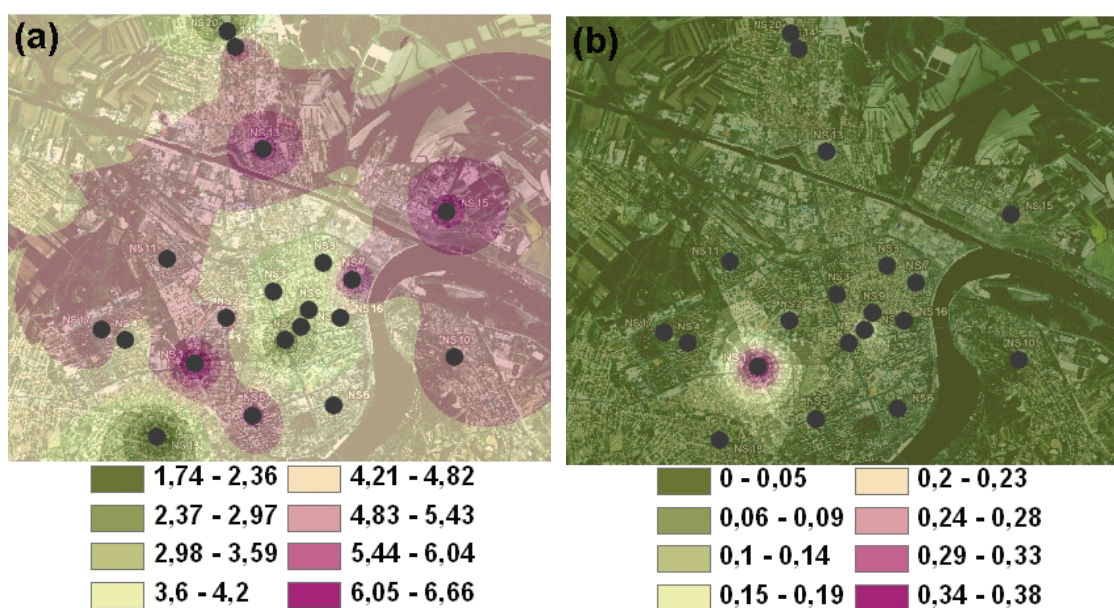
U ovom delu rada ispitana je prostorna promenljivost UTM , čađi, SO_2 , NO_2 i O_3 na teritoriji Novog Sada u periodu 2001-2008. godina. Položaj mernih mesta i parametri koji se na njima ispituju prikazani su u tabeli 3.6. Podaci koji nedostaju na svakom mernom mestu popunjeni su upotrebom splajna Katmul-Rom i „bootstrap” metoda na način opisan u poglavlju 3.6.3. Merna mesta na kojima je mereno manje od 75% dana u toku jedne godine u posmatranom periodu nisu analizirane.



Slika 3.22 Prostorna distribucija (a) vrednosti UTM_g i (b) procenat prekoračenja GVI na teritoriji Novog Sada u periodu 2001-2008. godina.

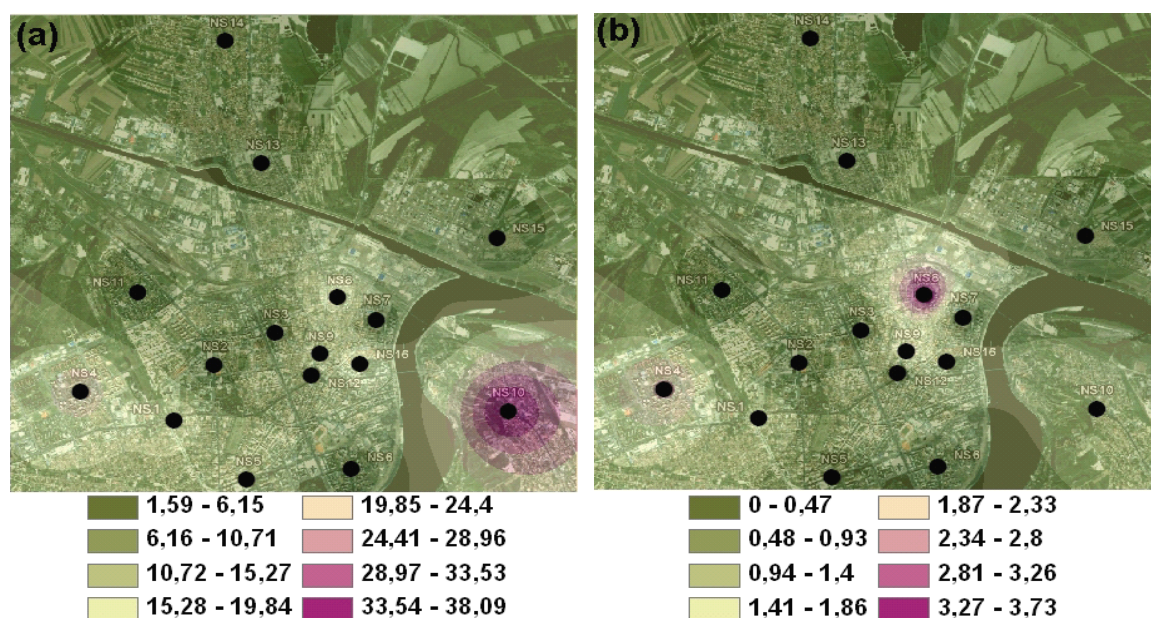
Slika 3.22a prikazuje prostornu distribuciju UTM_g u periodu 2001-2008. napravljenu na osnovu merenja na dvadeset mernih mesta. Tri merna mesta nisu uzeta u obzir pri izradi slike jer ukupan broj merenih uzoraka nije zadovoljio postavljeni kriterijum. Iako prosečna godišnja vrednost za teritoriju grada od 176,90 mg/m²/dan ne prelazi GVI, u pojedinim delovima grada granica od 200 mg/m²/dan je premašena. Ukupnim taložnim materijama vazduh je najzagađeniji kod bivše Centroslavijine hladnjače, na uglu Temerinske i Partizanske ulice (NS35), zatim na Bulevaru oslobođenja kod Elektrovojvodine (NS21), na Telepu kod Predškolske ustanove Radosno detinjstvo (NS18) i na Klisi u blizini autoputa (NS20). Slika 3.22b prikazuje da se područja sa najvećim brojem prekoračenja GVI uglavnom poklapaju sa područjima gde su i koncentracije najveće. Na svim mernim mestima

koncentracije su premašile dozvoljenu granicu ukupno 68 puta, a najviše na mernom mestu NS35. Najveća izmerena vrednost od 2257,4 mg/m²/dan koja je pet puta veća od dozvoljene, izmerena je na Telepu (NS18) u decembru 2006. godine.



Slika 3.23 Prostorna distribucija (a) vrednosti $\check{c}ad_g$ i (b) procenat prekoračenja GVI na teritoriji Novog Sada u periodu 2001-2008. godina.

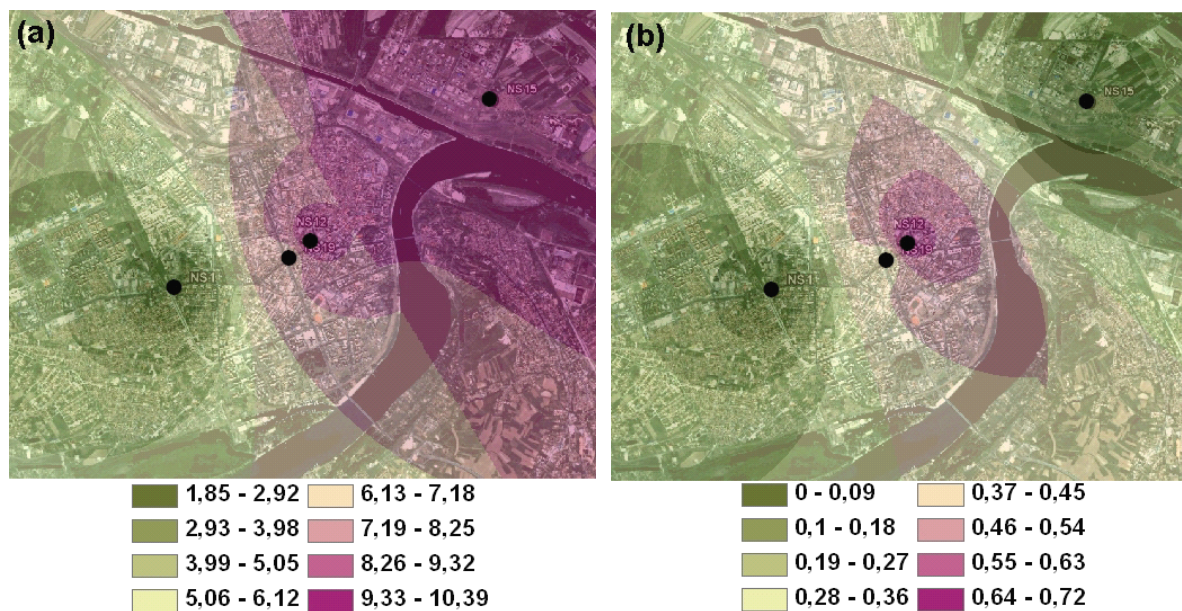
Na slici 3.23a prikazana je prostorna distribucija $\check{c}ad_g$ u periodu 2001-2008. godina. Koncentracije su u posmatranom periodu merene na ukupno dvadeset mernih mesta. Pregledom prosečnih vrednosti po mernim mestima na teritoriji grada, može da se konstatuje da po pitanju čađi čitavo gradsko područje spada u prostore sa slabo zagađenim vazduhom. Iako su vrednosti $\check{c}ad_g$ daleko ispod godišnje GVI od 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ipak može da se izdvoji nekoliko gradskih područja u kojima su koncentracije nešto veće od koncentracija u ostalim delovima grada. Veće koncentracije javljaju se na Futoškom putu kod Zavoda za zaštitu zdravlja Vojvodine (NS1), u blizini preduzeća Elektroporcelan kod Kvantaške pijace (NS7), u naselju Šangaj u blizini Rafinerije nafte (NS15) i na Vidovdanskom naselju unutar Najlon pijace (NS13). U toku osmogodišnjeg perioda GVI je prekoračena u samo 16 dana merenja i to 11 puta na mernom mestu NS1 i 5 puta na mernom mestu NS12 (slika 3.23b). Najveća dnevna vrednost od 197 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ izmerena je 27.02.2008. godine na mernom mestu NS12, u ulici Pap Pavla br.1.



Slika 3.24 Prostorna distribucija (a) vrednosti SO_{2g} i (b) procenat prekoračenja GVI na teritoriji Novog Sada u periodu 2001-2008. godina.

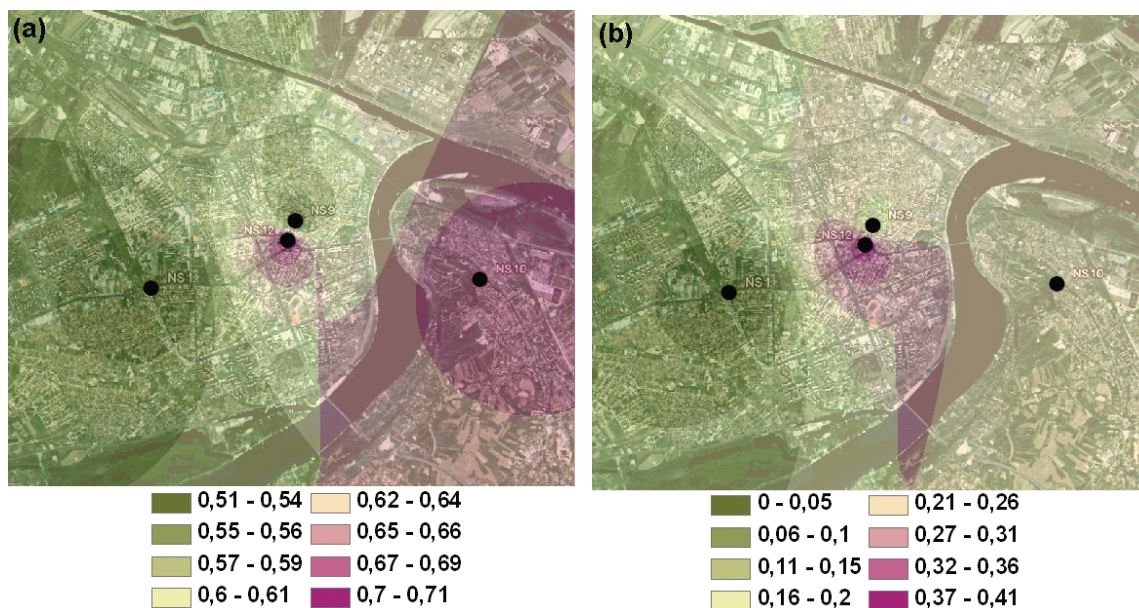
Za prikaz prostorne raspodele koncentracija SO_2 na slici 3.24a upotrebljeni su podaci sa šesnaest mernih mesta, dok četiri merna mesta nisu ispunile postavljene kriterijum. Kada se pogleda prostorna distribucija SO_{2g} vidi se da su vrednosti na teritoriji grada prilično ujednačene i ispod godišnjih GVI. Nešto veće koncentracije javljaju se na Petrovaradinu (NS10) i na Novom Naselju kod prodavnice „Rodić“ (NS4). Međutim kada se pogleda učestalost prekoračenja dnevne GVI vidimo da je ona veoma velika (slika 3.24b). Na svim mernim mestima dnevna GVI ukupno je za osam godina premašena čak 380 puta, i to najviše u Gundulićevoj ulici (NS8) 109 puta i na Novom Naselju (NS4) 70 puta. Najveća dnevna vrednost od $550 \mu\text{g}/\text{m}^3$ izmerena je na mernom mestu NS4.

Ukupan broj mernih mesta na kojima je meren NO_2 u gradu je veoma mali, svega četiri, pa prostornu distribuciju prikazanu na slici treba uzeti sa rezervom. Vrednosti NO_{2g} na mernim mestima su daleko ispod GVI od $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nešto veće koncentracije su u naselju Šangaj u blizini Rafinerije nafte (NS15), u blizini Futoške pijace (NS19) i u ulici Pap Pavla (NS12). Procenat prekoračenja GVI je najveći na mernim mestima blizu Bulevara oslobođenja NS19 i NS12. Najveća dnevna koncentracija od $197 \mu\text{g}/\text{m}^3$ izmerena je dana 27.02.2008. godine na mernom mestu NS12. Najveće koncentracije čadi i NO_2 u toku celokupnog posmatranog perioda izmerene su na istom mernom mestu i istog dana što ukazuje da je na ovom području najveći izvor zagađenja saobraćaj.



Slika 3.24 Prostorna distribucija (a) vrednosti NO_{2g} i (b) procenat prekoračenja GVI na teritoriji Novog Sada u periodu 2001-2008. godina.

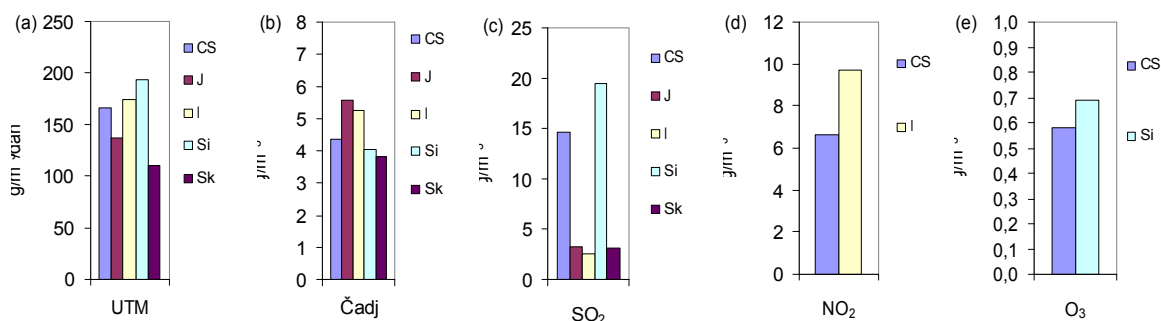
Broj mernih mesta na kojima se u gradu merio prizemni O_3 je takođe veoma mali, svega četiri, a koncentracije izmerene na njima su daleko ispod dozvoljenih (slika 3.25). Najveće koncentracije izmerene su u ulici Pap Pavla 1 (NS12) i na Petrovaradinu (NS10), gde je i procenat prekoračenja bio najveći. Na svim mernim mestima koncentracija je bila veća u vangrejnoj sezoni.



Slika 3.25 Prostorna distribucija (a) vrednosti O_{3g} i (b) procenat prekoračenja GVI na teritoriji Novog Sada u periodu 2001-2008. godina.

Za potrebe ovog dela istraživanja merna mesta su dodatno razvrstana prema karakterističnim funkcionalnim zonama za koje se vezuju različiti primarni zagađivači vazduha. Merna mesta su kategorisana prema pripadnosti sledećim zonama grada:

- (i) stambene zone sa kolektivnim stanovanjem i centralnim grejanjem u kojima je najveći zagađivač saobraćaj (Sk: NS6, NS11, NS17, NS30);
- (ii) stambene zone sa individualnim stanovanjem i etažnim grejanjem u kojima je najveći zagađivač sagorevanje čvrstih goriva i gasa (Si: NS8, NS10, NS14, NS18, NS20, NS27);
- (iii) administrativni centri, koji obično obuhvataju uže gradsko jezgro, i prometne saobraćajnice u kojima je najveći zagađivač saobraćaj (CS: NS22, NS1, NS3, NS4, NS5, NS9, NS12, NS16, NS19, NS21, NS23, NS26, NS28, NS29, NS31, NS33, NS34);
- (iv) specijalizovani centri, rekreativni centri, javne i komunalne površine koji su obično smešteni pored glavnih saobraćajnica (J: NS2, NS13, NS35) i
- (v) industrijske zone u kojima su primarni izvori zagađenja različiti proizvodni procesi (I: NS7, NS15, NS24, NS25, NS35).



Slika 3.26 Prosečne godišnje koncentracije zagađujućih materija u pojedinim zonama grada Novog Sada u periodu 2001-2008. godina.

Prosečne godišnje koncentracije UTM , čadji , SO_2 , NO_2 i O_3 u pojedinim zonama grada Novog Sada u periodu 2001-2008. godina prikazane su na slici 3.26. Koncentracije svih zagađujućih materija u jednoj zoni grada izračunate su kao prosečna vrednost koncentracija svih mernih mesta koje pripadaju toj zoni. Najviše vrednosti UTM_g bile su u oblasti individualnog stanovanja i u industrijskim zonama. Najveće vrednosti u ovim oblastima su bile i očekivane jer su i zone individualnog stanovanja i industrijske zone obično smeštene na ivicama grada što utiče na to da veća količina čestica sa obradivih površina prvo dođe do ovih delova grada nego do delova koji su u unutrašnjim oblastima. Zone individualnog stanovanja su takođe manje asfaltirane pa su i same izvor čestica. Mehanički procesi u industrijskim zonama takođe su izvor većih čestica pa je i očekivano da u njima koncentracija bude veća. Koncentracije čadji u pojedinim oblastima grada su bile prilično ujednačene. Ipak najveće koncentracije su izmerene u zoni specijalizovanih javnih površina koji su često smešteni pored prometnih saobraćajnica. Delovi grada sa individualnim

stanovanjem najviše su izloženi zagađenju SO_2 zbog upotrebe fosilnih goriva u individualnim ložištima. Iako su koncentracije NO_2 vezane za područja sa intenzivnim saobraćajem, značajan doprinos zagađenju u gradu daje i Rafinerija nafte. Kako bi ubuduće mogla da se dobije bolja slika o razmeštaju zagađenja NO_2 i prizemnim O_3 broj mernih mesta na kojima se mere ove zagađujuće materije treba da se poveća i ravnomerno rasporedi po gradu.

4 TOPLOTNI INDEKSI

Istraživanja klimatskih uticaja na organizam čoveka imaju značajno mesto u ocenjivanju stanja kvaliteta života stanovništva i kvaliteta životne sredine. Činjenica je da se poslednjih decenija prilikom prostornog planiranja, u medicini i turizmu sve više naglašava važnost bioklimatskih karakteristika područja. Radovi koji se bave analizom veoma važnih bioklimatskih parametara, toplotnih indeksa, su veoma retki (Mihailović i sar., 2001), što govori da je ovom području potrebno da se posveti više pažnje. U ovom delu rada cilj je da se ispita koliko su toplotni uslovi u Vojvodini pogodni za život, kao i da li postoje veće razlike između toplotnih uslova različitih naselja.

4.1 Toplotno okruženje

4.1.1 Reagovanje tela na toplotu i hladnoću

Za čoveka je presudno da temperaturu unutrašnjih organa i mozga održi stalnom, u opsegu od 36,5 do 37,5°C. Temperatura kože i ekstremiteta može da varira u zavisnosti od uslova okoline i jedan je od prilagođavajućih mehanizama koji obezbeđuju ravnotežu u proizvodnji i gubitku toplote. Postoje brojni mehanizmi kojima telo povećava i smanjuje unutrašnju temperaturu, a osnovni su: (i) znojenje koje smanjuje unutrašnju temperaturu tako što se toplota gubi kada znoj isparava sa kože; (ii) drhtanje koje povećava unutrašnju temperaturu; (iii) povećavanje protoka krvi prema koži u toplom toplotnom okruženju koje izaziva gubitak toplote i (iv) smanjivanje protoka krvi prema koži u hladnom toplotnom okruženju što sprečava gubitak toplote i održava unutrašnju temperaturu stabilnom.

Na čovekov osećaj temperature utiče šest osnovnih faktora: temperatura vazduha, vlažnost vazduha, toplota zračenja, kretanje vazduha, fizička aktivnost i odeća. Temperatura vazduha ima direktan zagrevajući ili hladeći uticaj na čoveka. Vlažnost vazduha utiče na povećanje osećaja toplote pri visokim temperaturama. Iako se ljudi znoje, znoj ne isparava jer je vazduh već zasićen vodenom parom. Toplota zračenja se emituje iz toplih tela. Ona će određeno vreme grejati vazduh, ali će ovu toplotu ljudi apsorbovati brže. Ljudi je osećaju kada su na direktnoj sunčevoj svetlosti. Kretanje vazduha hladi telo, što donosi olakšanje kada je toplo i povećava osećaj hladnoće kada je hladno. Fizička aktivnost povećava proizvodnju toplote. U hladnom okruženju fizička aktivnost pomaže da se telo ugrije, dok u toplom okruženju povećava osećaj toplote. Odeća pomaže da se toplota tela sporije prenosi u okolinu. Takođe odeća pruža zaštitu od toplote zračenja i vetra. Pored navedenih šest faktora koji utiču na sve ljude, postoje i lični faktori koji utiču na pojedine osobe, a to su: težina, zdravlje, fizička forma, starost i upotreba lekova. Ljudi sa povećanom telesnom težinom imaju veći rizik od obolevanja i u toplom i u hladnom toplotnom okruženju zbog neravnoteže u prenosu toplote. Brojna medicinska stanja povećavaju rizik od oboljevanja prilikom rada u ekstremnom toplom i hladnom okruženju. Ljudi koji su u dobroj fizičkoj formi lakše podnose ekstremne toplotne uslove. Kako se osobe približavaju srednjim godinama (+45), postaju osetljivije na vremenske uslove. Osobe koje koriste lekove su osetljivije na vremenske uslove.

4.1.2 Toplotni bilans

Čovek je sa toplotnim okruženjem čvrsto vezan energetsom razmenom. Da bi se održala stalna temperatura tela, proizvodnja i gubitak toplote mora biti uravnotežen. Energetska razmena se odvija dvosmernim i jednosmernim procesima. Dvosmerni procesi su konvekcija - strujanje (C_v), kondukcija - provođenje (C_p) i zračenje (R), dok su jednosmerni metabolički procesi (M), mišićna aktivnost (W) i isparavanje (E). Konvekcija i kondukcija uklanjaju toplotu sa tela kada je temperatura vazduha manja od temperature kože i prikupljaju se iz okoline kada je temperatura okoline veća. Zračenje obuhvata ukupno zračenje koje iz okruženja stiže do tela kao i dugotalasno zračenje koje telo odaje. Metaboličkim procesima i mišićnom aktivnošću organizam stvara unutrašnju toplotu dok je isparavanje osnovni mehanizam za gubitak iste. Nabrojani procesi određuju ukupnu promenu toplote tela, odnosno toplotni bilans, (ΔS), koji može da se izrazi sledećom formulom:

$$\Delta S = M + W + C_v + C_p + R + E. \quad (4.1)$$

Kada je ukupni toplotni bilans pozitivan, telesna temperatura će rasti, a opadaće kada je negativan. Telo u stanju mirovanja najviše toplote gubi izračivanjem (60%), dok se prilikom aktivnosti 80% toplote gubi isparavanjem (tabela 4.1). Da bi razmena bila efikasna između površine kože i atmosferskog okruženja moraju postojati snažni gradijenti temperature i vlažnosti. Što je temperatura vazduha veća od telesne temperature osnovni mehanizam za gubitak toplote – isparavanje je veće. Sa druge strane kada je vlažnost vazduha povišena, isparavanje i gubitak toplote su smanjeni.

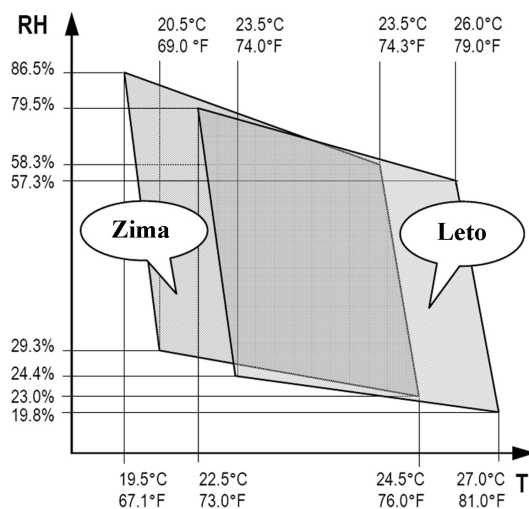
Tabela 4.1 Procenjeni gubitak toplote prilikom odmora i tokom fizičke aktivnosti prilikom koje organizam ima dotok kiseonika 70% od maksimalnog (Aziz, 2002).

Mehanizmi gubitka toplote	Odmor		Vežba	
	%	Kcal/min	%	Kcal/min
Kondukcija i konvekcija	20	0,3	15	2,2
Zračenje	60	0,9	5	0,8
Isparavanje	20	0,3	80	12

4.1.3 Toplotna udobnost

Toplotna udobnost ili komfor je subjektivna kategorija i definisan kao zadovoljstvo toplotnim okruženjem (ASHRAE, 1966; ISO 7730, 1984). Na osnovu ove definicije toplotni komfor u prostoriji prestravlja okruženje u kojoj je 80% ljudi koji sede ili su blago aktivni zadovoljno toplotnim uslovima. Prihvatljiva temperatura udobnog okruženja u klimatskim uslovima prikazana na slici 4.1 je malo veća leti nego zimi i iznosi 22,5-27,0°C leti i 19,5-24,5°C zimi (ASHRAE, 1992). Fanger (1970) je definisao tri parametra koja je potrebno da se zadovolje da bi osoba bila u toplotnom komforu: (i) telo u toplotnoj ravnoteži; (ii) brzina znojenja u komforim granicama i (iii) telesna temperatura u konformnim granicama. Ovi načelni zahtevi za određivanje toplotnog komfora mogu da se izraze merljivim izrazima va to su: unutrašnja temperatura tela u okviru veoma uskog opsega 36,5-37,5°C, temperatura kože

na ekstremitetima 30°C i 34-35°C na trupu i glavi i da se telo ne znoji. Bilo kakvo odstupanje od ovih uslova dovode do neugodnosti. U formuli 4.1 toplotna udobnost će biti postignuta kada je $\Delta S = 0$, odnosno kada je brzina gubitka toplote zračenjem i konvekcijom i kondukcijom jednaka brzini proizvodnje toplote metaboličkim procesima i mišićnom aktivnošću.



Slika 4.1 Zona toplotne udobnosti prema ASHRAE (1992).

4.2 Uticaj toplotnog okruženja na zdravlje ljudi

Danas je dobro poznato da vremenske prilike imaju veliki uticaj na zdravlje ljudi kao i da vremenski elementi na ljudsko telo mogu da deluju pojedinačno ili u kombinaciji. Zbog toga istraživanja klimatskih uticaja na organizam čoveka imaju značajno mesto u ocenjivanju stanja kvaliteta života stanovništva i kvaliteta životne sredine određenog područja. Najveći deo ovih istraživanja urađen je od strane naučnika iz oblasti medicine, a manji deo od strane klimatologa – biometeorologa (Eurowinter Group, 1997; VDI, 1998; Hoppe, 1999; Kalkstein, 2000; Mihailović i sar., 2001; Kojić i sar., 2008).

Kada je reč o uticaju toplotnog okruženja na čovekov organizam u literaturi se razlikuju o toplotni stres i toplotni napor. Toplotni stres je toplotno opterećenje tela koje uključuje i proizvodnju toplote od strane organizma i onu izazvanu spoljašnjim faktorima. Akutne i hronične posledice toplotnog optepećenja na fizičko i mentalno stanje organizma nazivaju se toplotni napor.

4.2.1 Toplotni napor u veoma toplom okruženju

Visoke temperature mogu da utiču i na mentalno i na fizičko stanje čoveka. Početne mentalne reakcije tela na toplotni stres su bes, agresija, promene raspoloženja i depresija, dok su fizičke reakcije ubrzan rad srca, znojenje, neravnoteža soli i vode u organizmu i promene u cirkulaciji. Najraniji simptom toplotnog napora je obično glavobolja, a zatim i grčenje mišića,

promena u ritmu disanja i puls, otežano disanje, slabost i vrtoglavica. Sa produžavanjem vremena izloženosti simptomi se pogoršavaju, a može da se javi i zbunjenost, hladna i lepljiva koža i prestanak disanja. Određene kardiovaskularne i respiratorne bolesti mogu sa se pogoršaju u veoma toplom okruženju jer telo kao prioritet stavlja termoregulaciju (Parsons, 2003). Na toplotni stres najosetljivije su stare osobe, osobe koje nisu u dobroj fizičkoj kondiciji i osobe sa povišenom telesnom težiom.

Pokazatelji toplotnog stresa su: dehidracija, nesvestica, toplotni osip, toplotni grčevi, toplotna iscrpljenost i toplotni udar. Dehidracija se javlja kada je gubitak vode isparavanjem veći od unosa. Žeđ ne mora uvek biti verodostojan pokazatelj dehidriranosti, a klinički pokazatelji su nedostatak mokrenja i promene u mentalnom stanju čoveka. Nesvestica je rezultat u pada krvnog pritiska do kojeg može doći boravkom u veoma toplom okruženju. Toplotni osip javlja se na delovima tela prekrivenim znojem. Pogoršava se kada znoj ne može da isparava. Toplotni grčevi se obično javljaju pri većim fizičkim naporima. Javljaju se u toku, ali i posle fizičkih napora. Rezultat su smanjenja koncentracije natrijum hlorida ispod određene granice. Toplotna iscrpljenost je ozbiljniji poremećaj koji je rezultat smanjenja obima telesnih tečnosti i neravnoteže elektrolita usled dehidracije. Toplotni udar je najređi ali i najteži poremećaj do kojeg dolazi usled visokih temperatura koji često ima za rezultat smrt, naročito ako lečenje nije započeto na vreme. Može da se desi iznenada ali i posle upozoravajućih znakova kao što su razdražljivost, vrtoglavica i zbunjenost. Uzrokuje poremećaj centralnog nervnog sistema i karakterišu ga trzavice, proširene zenice, povećanje unutrašnje temperature do i preko 41°C i topla suva koža.

4.2.2 Toplotni napor u veoma hladnom okruženju

Toplotni stres pri niskim temperaturama je rezultat fizičke aktivnosti i uticaja okolnih faktora, odnosno niske temperature i vetra. On smanjuje sposobnost čoveka da se bavi i manuelnim i mentalnim zadacima. Kako temperatura opada smanjuje se osećaj u prstima i rastegljivost mišića. Uticaji hladnoće na zdravlje mogu da se podele na one koje utiču na ekstremitete i one koji utiču na unutrašnjost organizma.

Promrzlost ekstremiteta je jedna od najčešćih povreda izazvanih pri izlaganju ekstremnoj hladnoći ili kontaktom sa hladnim objektima. Događa se kada se temperatura tkiva padne ispod tačke smrzavanja. U pogođenim područjima cirkulacija krvi se smanjuje, krvni sudovi mogu da se oštete. U blažim slučajevima simptomi uključuju i fragmentalno zapaljenje kože udruženo sa slabim bolom, ali je češća pojava oštećenja tkiva bez bola. Promrzlotine su podložne infekciji i gangreni.

Hipotermija se javlja kada unutrašnja temperatura tela padne ispod 35°C. Može se podeliti na blagu, srednju i tešku hipotermiju (tabela 4.2). Prvi simptomi pada unutrašnje temperature su drhtanje, ukočenost i osećaj bola, a kasnije se javljaju slabost i pospanost. Kada se temperatura spusti ispod 30°C nastupa nesvestica.

Tabela 4.2 Kategorije hipotermije (Yamasawa and Brown, 2011).

Kategorija	Rektalna temperatura	Simptomi
Blaga	33-35 °C	Drhrica, glad, ravnodušnost, zbunjenost, grčenje mišića, otežani pokreti, nejasan govor, spori refleksi
Srednja	30-33 °C	Drhtavica (nije obavezno), iracionalno ponašanje, veliki umor, depresija, razdražljivost, loše rasuđivanje, gubitak pamćenja, dezorjentisanost, ukočenost mišića, nejasan govor, spor i neravnomeran puls
Teška	Manje od 30 °C	Gubitak svesti, ukočenost zenica, slab rad srca

Poslednjih godina naročito je povećano istraživanje povezanosti temperature i smrtnosti. U mnogim zemljama umerenog pojasa postoji jasna sezonska promena smrtnosti pri kojoj je stopa smrtnosti tokom zime veća 10-15% od one u toku leta. Smrtnost koja je posledica niskih temperatura je povezana sa sezonskim respiratornim, kardiovaskularnim, cerebrovaskularnim bolestima i bolestima cirkulacije (WHO, 2003).

4.3 Toplotni indeksi

U medicinskoj i biometeorološkoj nauci i praksi postoji čitav niz empirijskih izraza, indeksa, kojima se elementi koji određuju čovekov osećaj toplote stavljaju u odnos. Oni predstavljaju meru relativnog nivoa komfora koji oseća modelovano ljudsko telo u datoj okolini. Danas postoji više od sto različitih indeksa koji procenjuju uticaj toplote i hladnoće na čovekov organizam u različitim uslovima okoline i svi se mogu podeliti u dve osnovne kategorije: (i) indekse koje kombinuju meteorološke i fiziološke parametre i (ii) indekse bazirane samo na meteorološkim parametrima. Prva grupa indeksa bazirana je na formuli toplotnone ravnoteže. Ova grupa indeksa je teška za sprovođenje jer uključuje previše parametara koji zahtevaju komplikovana merenja i u njima se vrlo često ti parametri uzimaju kao konstantni. Indeksi iz druge grupe se još nazivaju i jednostavni meteorološki indeksi ili direktni indeksi. Oni su zbog svoje praktičnosti mnogo primenjiviji, a zbog lake interpretacije od strane korisnika često su korišćeni od strane nacionalnih vremenskih službi širom sveta. Zbog velikog značaja toplotnih uslova za opstanak čoveka, u literaturi se može pronaći više od sto jednostavnih toplotnih indeksa. Oni predstavljaju pokazatelj osećaja tela spram toplote koja dolazi od okoline kada se osim temperature vazduha u obzir uzmu i drugi meteorološki parametri, najčešće relativna vlažnost vazduha i brzina vetra. U toplim vremenskim uslovima najčešće se upotrebljavaju oni koji se sastoje od kombinacije temperature vazduha i vlažnosti vazduha, dok se u hladnim obično upotrebljava se kombinacija temperature vazduha i brzine vetra, mada postoje i indeksi koji istovremeno kombinuju temperaturu sa više drugih meteoroloških elemenata. Zbog jednostavnosti i manje zahtevnosti u pogledu podataka u odlučeno je da se u ovom radu jednostavni indeksi koriste za procenu uticaja vremenskih uslova na čoveka i iz tog razloga dat je kratak pregled nekoliko najčešće korišćenih.

4.3.1 Univerzalna prividna temperatura

Univerzalna prividna temperatura predstavlja pokazatelj osećaja našeg tela spram toplote koja dolazi od okoline i to kada se osim temperature vazduha u obzir uzme i relativna vlažnost vazduha, brzina vetra i sunčevo zračenje. Primenjiva je i u hladnim i u toplim vremenskim uslovima i često se u literaturi označava samo kao prividna temperatura. U radu iz 1984. godine Stedman (Steadman, 1984) je predložio univerzalnu skalu prividnih temperatura, u kojima je definisao promene prividne temperature usled uticaja vlažnosti vazduha, brzine vetra, sunčevog zračenja i vazdušnog pritiska. U istom radu je definisao i jednostavne formule za određivanje prividnih temperatura u različitim uslovima (u zavorenem prostoru, napolju u senci i napolju na Suncu) koje, kako kaže, imaju ograničenu upotrebu jer su zasnovane samo na podacima koje su mereni u podne. Stedman je u radu iz 1994. godine (Steadman, 1994) definisao poboljšane formule za određivanje prividnih temperatura i primenio ih na opseg temperatura koji su karakteristični za Australiju, od -10°C do $+45^{\circ}\text{C}$. Danas, Australijski meteorološki zavod upotrebljava sledeće dve Stedmanove formule, od kojih jedna koja uključuje sunčevo zračenje i druga koja ga isključuje (Steadman, 1994):

$$UAT = T + 0,348e - 0,70v + 0,70Q/(v+10) - 4,25 \quad \text{i} \quad (4.2)$$

$$UAT = T + 0,33e - 0,70v - 4,00. \quad (4.3)$$

U formulama (4.2) - (4.3) $T(^{\circ}\text{C})$ je temperatura vazduha, e (hPa) je pritisak vodene pare, v (m/s) je brzina vetra i Q (W/m^2) je zračenje apsorbavano po jedinici površine tela. Pritisak vodene pare u hPa izračunava se kao:

$$e = RH/100 * 6,105 \exp(17,27T/(237,7 + T)). \quad (4.4)$$

4.3.2 Indeks toplote

Indeks toplote (HI) predstavlja pokazatelj osećaja našeg tela spram toplote koja dolazi od okoline i to kada se osim temperature vazduha (T) u obzir uzme i relativna vlažnost vazduha (RH) (Mihailović i sar., 2001). Naziva se i prividna temperatura u uslovima visokih temperatura vazduha. Uticaj velike toplote i vlažnosti vazduha na ljudsko telo prvi je kvantifikovao Stedman (Steadman, 1979a). On je kao prividnu temperaturu prvo definisao kao temperaturu vazduha uskladjenu za nivo odstupanja pritiska vodene pare od neke osnovne vrednosti. Stedman je definisao skalu prividnih temperatura pri određenoj kombinaciji vlažnosti vazduha i temperatura u opsegu od 20 do 50°C . Proračun prividnih temperatura Stedman je vršio na osnovu modelovanog ljudskog tela visine 170 cm i težine 67 kg, obučenog u dugačke pantalone i majicu kratkih rukava i koje se kreće brzinom od 1,4 m/s, kao i konstantnih vrednosti nekih meteoroloških parametara (pritisak vodene pare od 1,6 kPa pri tački rose od 14°C i brzini vetra od 2,5 m/s). U sledećem istraživanju, Stedman (Steadman, 1979b) proučavao efekte vetra, sunčevog zračenja i vazdušnog pritiska na prividne temperature i izvršio prilagođavanje skale za brzinu vetra i sunčevo zračenje. Postupkom višestruke regresione analize NWS je konvertovala Stedmanovu tabelu iz 1979. godine (Stedman, 1979a) u formulu:

$$HI = -42,379 + 2,04901523T + 10,14333127RH - 0,22475541TRH - 6,83783 * 10^{-3} T^2 - 5,481717 * 10^{-2} RH^2 + 1,22874 * 10^{-3} T^2 RH + 8,5282 * 10^{-4} TRH^2 - 1,99 * 10^{-6} T^2 RH^2 \quad (4.5)$$

pri čemu treba imati u vidu da su temperatura i indeks toplote izraženi u Farenhajtovim stepenima (°F), a relativna vlažnost u procentima (za konverziju: $T(^{\circ}C) = \frac{5}{9}(T(^{\circ}F) - 32)$).

Formula (4.5) ima grešku izračunavanja od $\pm 1,3^{\circ}F$. Steadmanova tabela iz 1979. godine i formula (4.5) pokazuju povećanje HI kada je temperatura veća od $26,7^{\circ}C$ i kada je relativna vlažnost najmanje 40%. Kada je relativna vlažnost manja od 40 % HI može da bude i manji od temperature vazduha zbog većeg isparavanja sa površine kože. Izračunavanjem HI preko formule (4.5) dobija se brojčana vrednost koja predstavlja kvantitativnu informaciju (tabela 4.3) kojoj se pridružuje i medicinski opis mogućih toplotnih poremećaja za visokorizične grupe ljudi (tabela 4.4).

Tabela 4.3 Indeks toplote u uslovima različitih temperatura i vlažnosti vazduha (Steadman, 1979a; Oliver, 2005).

$T (^{\circ}C)$	RH (%)										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
20	16	17	17	18	19	19	20	20	21	21	21
21	18	18	19	19	20	20	21	21	22	22	23
22	19	19	20	20	21	21	22	22	23	23	24
23	20	20	21	22	22	23	23	24	24	24	25
24	21	22	22	23	23	24	24	25	25	26	26
25	22	23	24	24	24	25	25	26	27	27	28
26	24	24	25	25	26	26	27	27	28	29	30
27	25	25	26	26	27	27	28	29	30	31	33
28	26	26	27	27	28	29	29	31	32	34	36
29	26	27	27	28	29	30	31	33	35	37	40
30	27	28	28	29	30	31	33	35	37	40	45
31	28	29	29	30	31	33	35	37	40	45	
32	29	29	30	31	33	35	37	40	44	51	
33	29	30	31	33	34	36	39	43	49		
34	30	31	32	34	36	38	42	47			
35	31	32	33	35	37	40	45	51			
36	32	33	35	37	39	43	49				
37	32	34	36	38	41	46					
38	33	35	37	40	44	49					
39	34	36	38	41	46						
40	35	37	40	43	49						
41	35	38	41	45							
42	36	39	42	47							
43	37	40	44	49							
44	38	41	45	52							
45	38	42	47								
46	39	43	49								
47	40	44	51								
48	41	45	53								
49	42	47									
50	42	48									

Jednostavniju formulu koja reprodukuje vrednosti Stedmanove tabele iz 1979. godine dao je Mikeloci (Michelozzi et al., 2007):

$$HI = -2,653 + 0,994T + 0,0153T_d^2, \quad (4.6)$$

gde je T_d tačka rose ($^{\circ}\text{C}$) definisana kao (Wanielista et al., 1997):

$$T_d = (RH/100)^{1/8}(112 + 0,9T) + 0,0T - 112. \quad (4.7)$$

Tabela 4.4 Kategorije, odgovarajući intervali vrednosti HI i mogući toplotni poremećaji za visoko rizične grupe ljudi (Mihailović i sar., 2001).

Kategorija	HI ($^{\circ}\text{C}$)	Mogući toplotni poremećaji za visokorizične grupe ljudi
(I) Pažnja	27-31	Osećaj zamora u slučaju produženog izlaganja suncu i/ili fizičke aktivnosti
(II) Naročita pažnja	32-40	Sunčanica, grčenje mišića i/ili malaksalost u slučaju produženog izlaganja suncu i/ili fizičke aktivnosti
(III) Opasnost	41-53	Sunčanica, grčenje mišića i/ili malaksalost su verovatni Toplotni udar je moguć u slučaju produženog izlaganja suncu i/ili fizičke aktivnosti
(IV) Naročita opasnost	≥ 54	Toplotni udar ili sunčanica

4.3.3 Indeks hladnoće

Indeks hladnoće (WCI) predstavlja pokazatelj osećaja našeg tela spram toplote koja dolazi od okoline i to kada se osim temperature vazduha (T) u obzir uzme i brzina vetra (v). Naziva se i prividna temperatura u uslovima niskih temperatura vazduha. Uticaj velike hladnoće i brzine vetra na ljudsko telo prvi su kvantifikovali Sipl i Pasel (Siple i Passel, 1945) izvodeći improvizovan eksperiment tokom ekspedicije na Antarktiku od 1939. do 1945. godine. Oni su merili vreme za koje je potrebno da se smrzne voda u maloj plastičnoj flaši koja je visila sa krova istraživačke stanice i tako izveli prvi WCI . Iako je eksperiment zbog svojih nedostataka dosta kritikovan (Molnar, 1960), ocenjeno je da WCI Sipla i Pasela u dobroj meri oslikava osećaj hladnoće kod čoveka i rizik od smrzavanja lica (Burton and Edholm, 1955). Stedman je u svojim radovima takođe proučavao uticaj vetra na osećaj temperature (Steadman 1971; 1979a; 1979b; 1984; 1994; Quayle and Steadman, 1998) i predložio poboljšanu skalu WCI koja je zasnovana na istraživanjima koja u osnovi imaju formulu toplotnog bilansa. Uticaj vetra na osećaj temperature proučavali su i Dikson u Prior (Dixon and Prior, 1987) i Bruner i Šakam (Brauner and Shacham, 1995). Indeks hladnoće koji su ustanovili Sipl, Pasel i Stedman u nekim delovima Severne Amerike upotrebljavan je do početka 21. veka. Godine 2000. kao rezultat Internet konferencije o hladnoći vetra koju su

orgaizovali MSC i NWS okupljena je grupa naučnika sa ciljem da ocene stav nauke u određivanju *WCI* i razviju novu formulu. Nova formula za *WCI* (Osczevski and Bluestein, 2005) je izvedena u novembru 2001. godine i osim na matematičkom modelovanju zasnovana i na eksperimentima u kojima su volonteri sa sezorima za temperaturu na licu su izlagani različitim termalnim uslovima u tunelu sa vetrom. U literaturi se još označava i kao *WCET* i javlja u tri oblika u zavisnosti u kojim jedinicama se uzimaju temperatura vazduha i brzina vetra:

$$WCI = 13,12 + 0,6215T - 11,37v^{0,16} + 0,3965Tv^{0,16}, \quad (4.8)$$

u slučaju kada je temperatura vazduha T izražena u °C i brzina vetra na visini od 10 m v (standardna visina anemometra) u kilometrima na sat (km/h),

$$WCI = 13,13 + 0,6215T - 13,95v^{0,16} + 0,4860Tv^{0,16} \quad (4.9)$$

u slučaju kada je temperatura vazduha T izražena u °C i brzina vetra v u metrima u sekundi (m/s) i

$$WCI = 35,74 + 0,6215T - 35,75v^{0,16} + 0,4275Tv^{0,16}, \quad (4.10)$$

u slučaju kada je temperatura vazduha T izražena u °F i brzina vetra v u miljama na sat (mph).

Tabela 4.5 Indeks hladnoće (Osczevski and Bluestein, 2005).

	Temperatura vazduha (°C)													
	0	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50
0	9	3	-3	-9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51	-57	-63	
10	8	2	-4	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-48	-54	-60	-66	
15	7	1	-5	-12	-18	-24	-31	-37	-43	-49	-56	-62	-68	
20	7	1	-6	-12	-19	-25	-32	-38	-45	-51	-57	-64	-70	
25	7	0	-7	-13	-19	-26	-33	-39	-46	-52	-59	-65	-72	
30	6	0	-7	-14	-20	-27	-33	-40	-47	-53	-60	-66	-73	
35	6	-1	-7	-14	-21	-27	-34	-41	-48	-54	-61	-68	-74	
40	6	-1	-8	-15	-21	-28	-35	-42	-48	-55	-62	-69	-75	
45	6	-1	-8	-15	-22	-29	-35	-42	-49	-56	-63	-70	-76	
50	5	-2	-9	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-57	-63	-70	-77	
55	5	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-43	-50	-57	-64	-71	-78	
60	5	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-59	-66	-73	-80	
70	4	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-60	-67	-74	-81	
80														

-25 Rizik od promrzlosti pri produženom izlaganju

-35 Promrzlost moguća u vremenu od 10 minuta

-60 Promrzlost moguća za manje od 2 minuta

Formule (4.8) - (4.10) su upotrebljive za brzine vetra veće od od 10 km/h (2,7 m/s i 5 mph) i pri temperaturama ispod 10°C, odnosno -45°F . Izračunavanjem *WCI* preko formule (4.9) dobija se brojčana vrednost koja predstavlja kvantitativnu informaciju kojoj se

pridružuje i vreme za koje može doći do promzosti (tabela 4.5). U tabeli 4.6 prikazane su kategorije osećaja toplote i odgovarajući intervali *WCI* vrednosti.

Tabela 4.6 Kategorije osećaja toplote i odgovarajući intervali *WCI* (Tahbaz, 2010).

<i>WCI</i>	Toplotni osećaj
iznad 0 °C	Moguća udobnost
od 0 °C do -10 °C	Nizak stres usled hladnoće
od -10 °C do -25 °C	Umeren stres usled hladnoće
od -25 °C do -35 °C	Jak stres usled hladnoće
ispod -35 °C	Veoma jak stres usled hladnoće

4.3.4 Čista efektivna temperatura

Čista efektivna temperatura (*NET*) spada u indekse koji su primenjivi i u toplim i u hladnim uslovima. Predstavlja pokazatelj osećaja našeg tela spram toplote koja dolazi od okoline i to kada se osim temperature vazduha u obzir uzme i relativna vlažnost vazduha i brzina vetra. Rutinski je prate Observatorija u Honk Kongu (Li and Chan, 2000) i Portugalska meteorološka mreža stanica. Formula je određena empirijskim putem i rezultat je eksperimenata u kojima su ljudi boravili u komorama sa kontrolisanim toplotnim uslovima (Lee, 1980):

$$NET = 37 - (37 - T) / (0,68 - 0,0014RH + 1 / (1,76 + 1,4\nu^{0,75})) - 0,29T(1 - 0,01RH), \quad (4.11)$$

gde je T temperatura vazduha (°C), ν brzina vetra (m/s) i RH vlažnost vazduha (%). Kada je vreme toplo *NET* se povećava sa povećanjem temperature, sa povećanjem vlage i smanjenjem brzine vetra. Kada se uzme u obzir efekat prilagođenosti ljudi koji žive na određenom geografskom području na uobičajene temperature tog područja, smatra se su veoma hladni dani oni kod kojih je vrednost *NET* u okviru 2,5% svih najnižih izmerenih *NET* vrednosti, odnosno da su topli dani oni kod kojih je vrednost *NET* u okviru 2,5% najviših izmerenih *NET* vrednosti (Li and Chan, 2000).

4.3.5 Indeks vlažne temperature

Indeks vlažne temperature (*WBGT*) je indeks toplotnog opterećenja okoline koji uključuje temperaturu vazduha, T , temperaturu vlažnog termometra, T_{nwb} , i temperaturu crne sfere, T_g , prema izrazu:

$$WBGT = 0,7T_{nwb} + 0,2T_g + 0,1T. \quad (4.12)$$

Razvilo ga je korpus američke mornarice koji je bio smešten u izuzetno vlažnom području pedesetih godina prošlog veka, a danas se uglavnom koristi u medicini. Meri se jednostavnim uređajem za merenje tri temperature (slika 4.2). Temperatura crne sfere (T_g) se meri

termometrom koji je smešten u crnoj sferi prečnika 150 mm i predstavlja zajednički uticaj vetra i zračenja. Temperatura vlažnog termometra meri se termometrom koji je omotan pamukom koji se vlaži destilovanom vodom iz rezervoara. Isparavanje sa vlažnog pamuka hladi termometar. Temperatura vlažnog termometra presatavlja zajednički uticaj vlage, vetra i zračenja. Oba navredena termometra stoje na direktnoj sunčevoj svetlosti. Temperatura vazduha je standardna temperatura merena u senci. Instrument se komercijalno dostupan, ali je prilično skup i težak za održavanje. Umesto merenja Australijski meteorološki zavod koristi aproksimaciju prikladnu za umereno sunčane dane sa slabim vetrom zasnovanu na standardnim merenjima temperature i vlažnosti

$$WBGT = 0,576T + 0,393e + 3,94, \quad (4.13)$$

gde je T temperatura vazduha i e pritisak vodene pare. Ova formula precenjuje $WBGT$ pri oblačnim i vetrovitim danima i potcenjuje ga kada je dan sunčan i kada je vlažnost vazduha niska.



Slika 4.2 Uređaj za merenje $WBGT$ (Australijski meteorološki zavod, 2011).

4.3.6 Indeks vlage

Indeks vlage (HMI) opisuje kako se prosečna osoba oseća pri vlažnom i toplom vremenu. Prvi put je upotrebljen u Kanadi 1965. godine, a u radu je definisan je 1979. godine (Masterton and Richardson, 1979). Kombinuje temperaturu i vlažnost vazduha u jedan broj koji predstavlja meru neudobnosti:

$$HMI = T + 0,5555[(6,11 \exp(5417,7530((1/273,16) - (1/T_d))) - 10)], \quad (4.14)$$

gde je T temperatura vazduha izražena u °C, a T_d kačka rose izražena u K. Odgovarajući intervali vrednosti indeksa vlage povezani sa stepenom neudobnosti i mogući toplotni poremećaji dati su u tabeli 4.7.

Tabela 4.7 Intervali vrednosti WI i odgovarajući stepen neudobnosti i mogući toplotni poremećaji.

Intervali vrednosti WI (°C)	Stepen neudobnosti i mogući toplotni poremećaji
<29	Nema neudobnosti
30-39	Mala neudobnost
40-45	Velika neudobnost, izbegavati napore
>45	Ekstremno velika neudobnost, opasnost pri naporima
>54	Opasnost od srčanog udara

4.4 Materijal i metode rada

4.4.1 Opis mernih mesta i upotrebljenih podataka

Za analizu toplotnih prilika korišćeni su podaci sa GMS smeštenih u Novom Sadu (Rimski Šančevi), Subotici (Palić), Somboru, Zrenjaninu, Sremskoj Mitrovici, Kikindi i Banatskom Karlovcu. Na raspolaganju su bili podaci o temperaturi vazduha (°C), relativnoj vlažnosti (%) i brzini vetra (m/s) merenim u tri termina po lokalnom vremenu: 7, 14 i 21 čas za period 1992-2008. godina. Podaci su pregledani u pogledu valjanosti i kontinuiteta i formirani su nizovi za dalju obradu. Za navedeni period nizovi podataka za sve tri veličine su potpuni za stanice Rimski Šančevi, Sombor, Zrenjanin, Sremska Mitrovica i Kikinda. U nizu podataka stanice Palić nedostaje deo merenja temperature vazduha, relativne vlažnosti i brzine vetra u vremenu od 1.marta 1999. godine do 30. aprila 2000. godine. U nizu podataka stanice Banatski Karlovac postoje povremeni prekidi merenja brzine vetra u ukupnom trajanju od 53 dana u sledećim periodima: decembar 1998., januar i decembar 2000., april 2004. i decembar 2008. godine.

4.4.2 Odabir toplotnog indeksa

Kada se uporede meteorološki podaci kojima raspolažemo sa formulama za izračunavanje indeksa u poglavlju 4.3 može da se zaključi da može da se upotrebi većina navedenih indeksa (osim $WBGT$). Univerzalna prividna temperatura nije primenjena iz razloga što je do sada primenjivana samo u obim toplijim vremenskim uslovima (-10°C do +45°C). Mikelocijeva formula (4.6) nije upotrebljena jer je prema WHO (2011) manje precizna od formule (4.5) za indeks toplote NWS. Prema WHO (2011) indeks vlage ima tendenciju da preceni ili podceni Stedmanove prividne temperature pa je to razlog zašto nije bio upotrebljen. Pri odabiru metode rada išlo se za preporukom WMO (2004) koja je za procenu uticaja vremenskih uslova na čoveka preporučila upotrebu indeksa toplote, indeks hladnoće i čistu efektivnu temperaturu. Pošto su intervali indeksa toplote i indeksa hladnoće povezani sa mogućim stepenom dejstva na čovekov organizam (tabele 4.4 i 4.6) upotrebljena su ova dva indeksa.

Upotrebom formula (4.5) i (4.9) izračunati su toplotni indeksi (TI) poštujući sledeća pravila (Browning and Walawender, 2009): (i) za izračunavanje TI upotrebljena je formula (4.5) kada je temperatura vazduha bila veća od 26,7 °C; (ii) kada je temperatura vazduha bila između 10°C i 26,7°C smatralo se da je TI jednak temperaturi vazduha i (iii) kada je

temperatura vazduha bila ispod 10°C za izračunavanje II upotrebljena je formula indeksa hladnoće (4.9).

4.4.3 Metode obrade podataka

Izvršena je analiza vrednosti II u 7, 14 i 21 čas, prosečnih vrednosti II i učestalost pojave dana sa određenim kategorijama II . Analizirane su prosečne godišnje, mesečne i sezonske (zimске i letnje) vrednosti II i temperatura vazduha. Prosečne mesečne (Γ_m) i godišnje (Γ_g) vrednosti izračunate su kao aritmetička sredina svih prosečnih dnevnih vrednosti u toku jednog meseca, odnosno jedne godine. Prosečne letnje (Γ_l) i zimске (Γ_z) vrednosti T i II izračunate su kao aritmetička sredina sredina svih prosečnih dnevnih vrednosti u toku tri letnja (jun jul, avgust), odnosno zimska meseca (decembar, januar, februar). Prosečna zimska vrednost II za godinu koja je navedena izračunata je kao prosek toplotnih indeksa januara i februara navedene godine i meseca decembra prethodne godine. Prosečna zimska vrednost II početne, 1992. godine, posmatranog perioda izračunata je na osnovu podataka za januar i februar te godine. Prosečne dnevne vrednosti temperature vazduha i II izračunate su po formuli

$$\Gamma_d = \frac{\Gamma_7 + \Gamma_{14} + 2\Gamma_{21}}{4}, \quad (4.15)$$

gde se Γ odnosi na T i II , a 7, 14 i 21 na čas merenja. Prosečne dnevne vrednosti relativne vlažnosti vazduha i brzine vetra izračunate su po formuli

$$\Gamma_d = \frac{\Gamma_7 + \Gamma_{14} + \Gamma_{21}}{3}, \quad (4.16)$$

gde se Γ odnosi na RH i v . Za potrebe izračunavanja učestalosti pojave dana sa određenim kategorijama II za svaki dan je određen maksimalni i minimalni II . Učestalost pojave dana sa II u kategorijama stresa usled hladnoće određen je upotrebom minimalnog dnevnog II , a u kategorijama stresa usled toplote upotrebom maksimalnog dnevnog II . Trend svih meteoroloških elemenata su izračunati su korišćenjem linearne regresije. Vrednosti koje se odnose na Vojvodinu izračunate su kao aritmetička sredina vrednosti za sedam posmatranih naselja.

4.5 Analiza rezultata

4.5.1 Temperature vazduha, vlažnost vazduha i brzine vetra

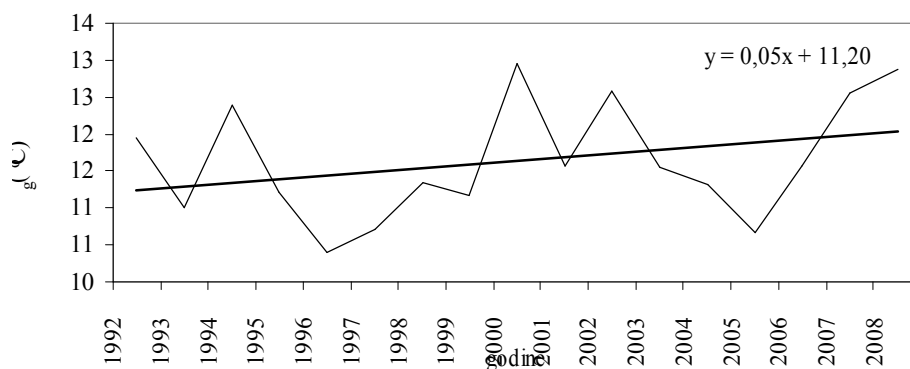
S obzirom na prostorne razmere (rastojanje između najsevernije i najjužnije tačke manje je od 2° geografske širine) i orografske karakteristike Vojvodine, ne mogu da se uoče veće temperaturne razlike između pojedinih mesta. Gledano po mestima, najveća oscilacija prosečne mesečne temperature vazduha javlja se u decembru (1,0°C) dok su u prolećnim mesecima temperature mnogo ujednačenije (april i maj 0,3°C). Najviša vrednost T_g

zabeležena je u Zrenjaninu (11,8°C), a najniža u Somboru (11,4°C). Najtopliji mesec je jul sa prosečnom temperaturom 22,3°C, dok je najhladniji januar sa prosečnom temperaturom od 0,5°C.

Tabela 4.8 Prosečne mesečne i prosečna godišnja vrednost T (°C) u Vojvodini u periodu 1992-2008. godina.

	Novi Sad	Sombor	Subotica	Zrenjanin	Kikinda	Banatski Karlovac	Sremska Mitrovica	Vojvodina
Jan	0,6	0,4	0,1	0,6	0,4	0,8	0,5	0,5
Feb	2,2	2,2	1,8	2,2	2,0	2,2	2,2	2,1
Mar	6,5	6,2	5,9	6,5	6,3	6,2	6,4	6,3
Apr	11,9	11,8	11,7	12,1	12,0	11,9	11,8	11,9
Maj	17,6	17,5	17,7	17,8	17,8	17,8	17,5	17,7
Jun	20,6	20,8	21,1	20,9	21,0	20,7	20,5	20,8
Jul	22,1	22,1	22,5	22,5	22,6	22,2	21,8	22,3
Avg	21,9	21,8	22,2	22,3	22,3	22,1	21,5	22,0
Sep	16,5	16,2	16,5	16,8	16,6	16,6	16,2	16,5
Okt	12,0	11,5	11,7	12,1	11,9	12,1	11,9	11,9
Nov	6,2	5,8	5,7	6,3	6,0	6,4	6,1	6,1
Dec	1,3	1,0	0,7	1,3	1,1	1,7	1,3	1,2
T_g	11,6	11,4	11,5	11,8	11,6	11,7	11,5	11,6

Slika 4.3 pokazuje da su prosečne godišnje temperature vazduha u Vojvodini u posmatranom periodu bile u porastu za 0,05°C godišnje. Najtoplije godine su bile 2000. i 2008. (12,9°C), a najhladnija 1996. godina (10,4°C).



Slika 4.3 Vrednost T_g (°C) u Vojvodini u periodu 1992-2008. godina.

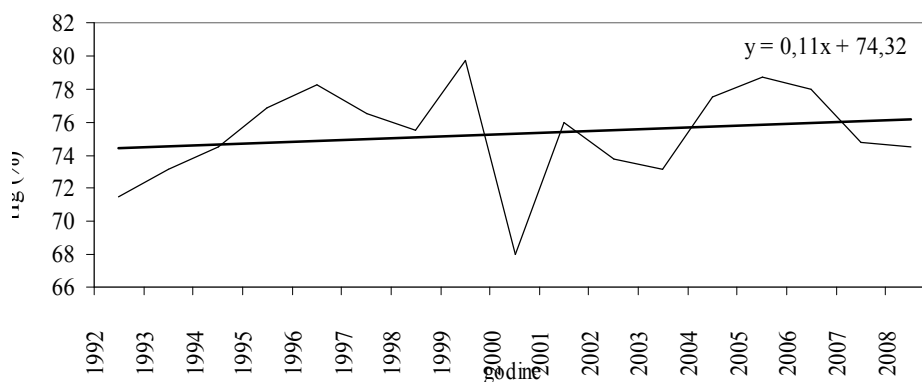
Godišnji hod relativne vlažnosti vazduha (RH) stoji u obrnutom odnosu sa hodom T tako da je zimi RH veća, a leti manja. Prosečne mesečne vrednosti RH u naseljima Vojvodine ne razlikuju mnogo u godišnjem hodu (tabela 4.9). Vrednost RH_g na teritoriji Vojvodine u posmatranom periodu je iznosila 75,0%. Najvlažniji mesec je bio decembar sa

87,9%, a najsuvlji maj sa 66,6%. Gledano po naseljima, najveću prosečnu RH u svim mesecima ima Sremska Mitrovica (78,6%).

Tabela 4.9 Prosečne mesečne i prosečna godišnja vrednost RH (%) u Vojvodini u periodu 1992-2008. godina.

	Novi Sad	Sombor	Subotica	Zrenjanin	Kikinda	Banatski Karlovac	Sremska Mitrovica	Vojvodina
Jan	86,4	84,6	86,6	85,3	86,9	85,9	89,5	86,4
Feb	80,6	77,6	80,6	79,5	80,6	80,9	82,8	80,4
Mar	72,7	71,5	73,4	71,8	72,5	72,9	75,0	72,8
Apr	69,6	68,4	68,8	69,0	68,5	70,5	72,0	69,5
Maj	68,1	64,0	64,6	66,2	65,4	68,0	69,6	66,6
Jun	70,9	64,8	64,4	68,5	67,2	70,4	73,0	68,4
Jul	69,9	64,7	63,8	67,0	65,4	69,7	72,7	67,6
Avg	69,6	65,9	65,0	66,8	66,2	69,6	72,1	67,9
Sep	75,8	73,0	73,1	73,9	73,4	74,8	78,1	74,6
Okt	78,5	76,2	77,4	77,4	77,2	77,6	80,8	77,9
Nov	83,4	82,2	83,3	82,3	83,1	82,1	86,8	83,3
Dec	87,6	86,5	88,1	87,2	88,6	86,7	90,7	87,9
RH_g	76,1	73,3	71,8	74,6	74,6	75,8	78,6	75,0

Slika 4.4 pokazuje da je RH_g u Vojvodini u posmatranom periodu bila u blagom porastu za (0,11% godišnje). Najveće vrednosti RH_g su bile u 1999. godini (79,7%), a najmanje u 2000. godini (68,0%).



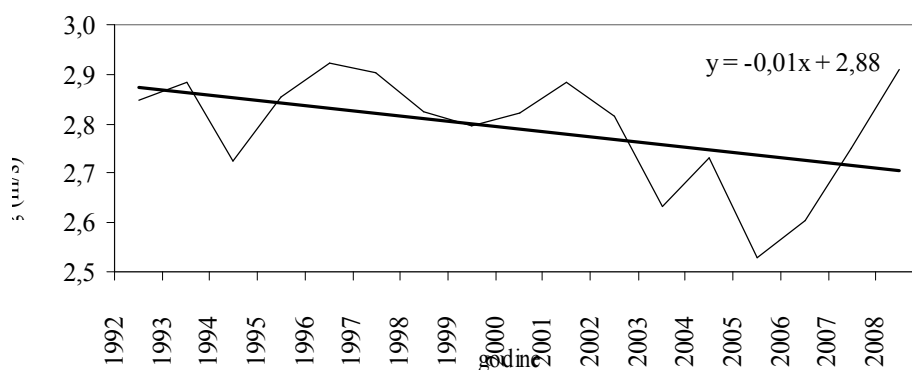
Slika 4.4 Prosečne godišnje vrednosti RH (%) u Vojvodini u periodu 1992-2008. godina.

Prosečna godišnja brzina vetra (ν) u Vojvodini u periodu 1992-2008. godina iznosi 2,8 m/s. Tabela 4.10 pokazuje da ona ima izrazit godišnji hod u svim naseljima sa najvišim vrednostima od novembra do aprila. Meseci sa najvećom prosečnom vrednošću ν u svim naseljima su mart, april i novembar. Gledano po naseljima, najveću vrednost ν u svim mesecima ima Banatski Karlovac (3,8 m/s).

Tabela 4.10 Prosečne mesečne i prosečna godišnja v (m/s) u Vojvodini u periodu 1992-2008. godina

	Novi Sad	Sombor	Subotica	Zrenjanin	Kikinda	Banatski Karlovac	Sremska Mitrovica	Vojvodina
Jan	2,8	2,4	2,6	2,4	3,1	4,1	2,5	2,9
Feb	3,0	2,7	2,8	2,6	3,3	4,2	2,6	3,0
Mar	3,4	3,0	3,2	2,8	3,6	4,6	3,1	3,4
Apr	3,2	2,9	3,0	2,7	3,5	4,5	3,1	3,3
Maj	2,6	2,4	2,7	2,2	3,2	3,9	2,6	2,8
Jun	2,3	2,2	2,4	2,0	2,8	3,1	2,4	2,5
Jul	2,2	2,1	2,4	1,9	2,7	3,0	2,2	2,4
Avg	2,1	1,9	2,2	1,8	2,6	2,8	2,1	2,2
Sep	2,3	2,0	2,5	1,9	2,8	3,2	2,3	2,4
Okt	2,7	2,1	2,5	2,2	2,9	3,9	2,4	2,7
Nov	3,1	2,5	2,9	2,7	3,4	4,6	2,7	3,1
Dec	2,9	2,5	2,7	2,4	3,1	4,2	2,7	2,9
v_g	2,7	2,4	2,7	2,3	3,1	3,8	2,5	2,8

Slika 4.5 pokazuje da je v_g u Vojvodini u posmatranom periodu bila u blagom padu za (-0,01 m/s godišnje). Najveća vrednost v_g su bila je 1996. godine (2,9 m/s), a najmanje u 2005. godini (2,5 m/s).



Slika 4.5 Prosečne godišnje vrednosti brzine vetra (m/s) u Vojvodini u periodu 1992-2008. godina.

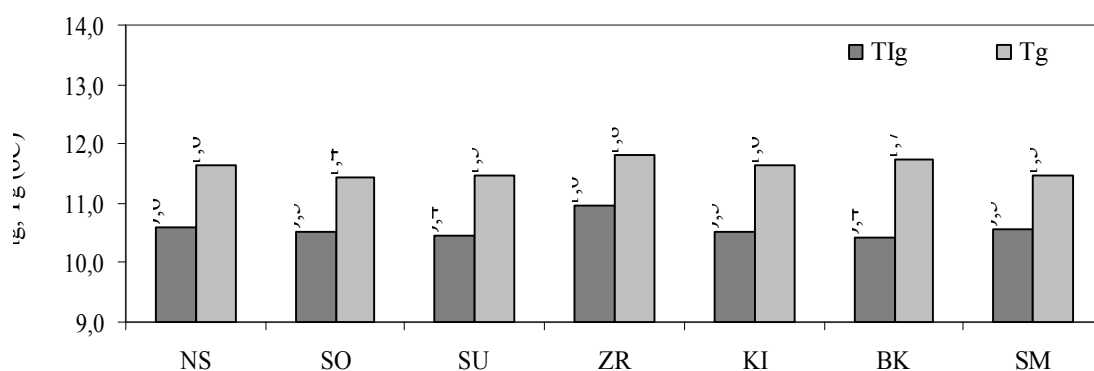
4.5.2 Prosečne mesečne i godišnje vrednosti toplotnih indeksa

Analizom slike 4.6 i poređenjem vrednosti u tabelama 4.8 i 4.11 može sa se uočiti da je u svim naseljima TI_g manji od T_g . To ukazuje da u toku godine u Vojvodini veliki uticaj na osećaj toplote ima vetar. Vrednosti TI_g i T_g se najviše razlikuju u Banatskom Karlovcu (-1,3

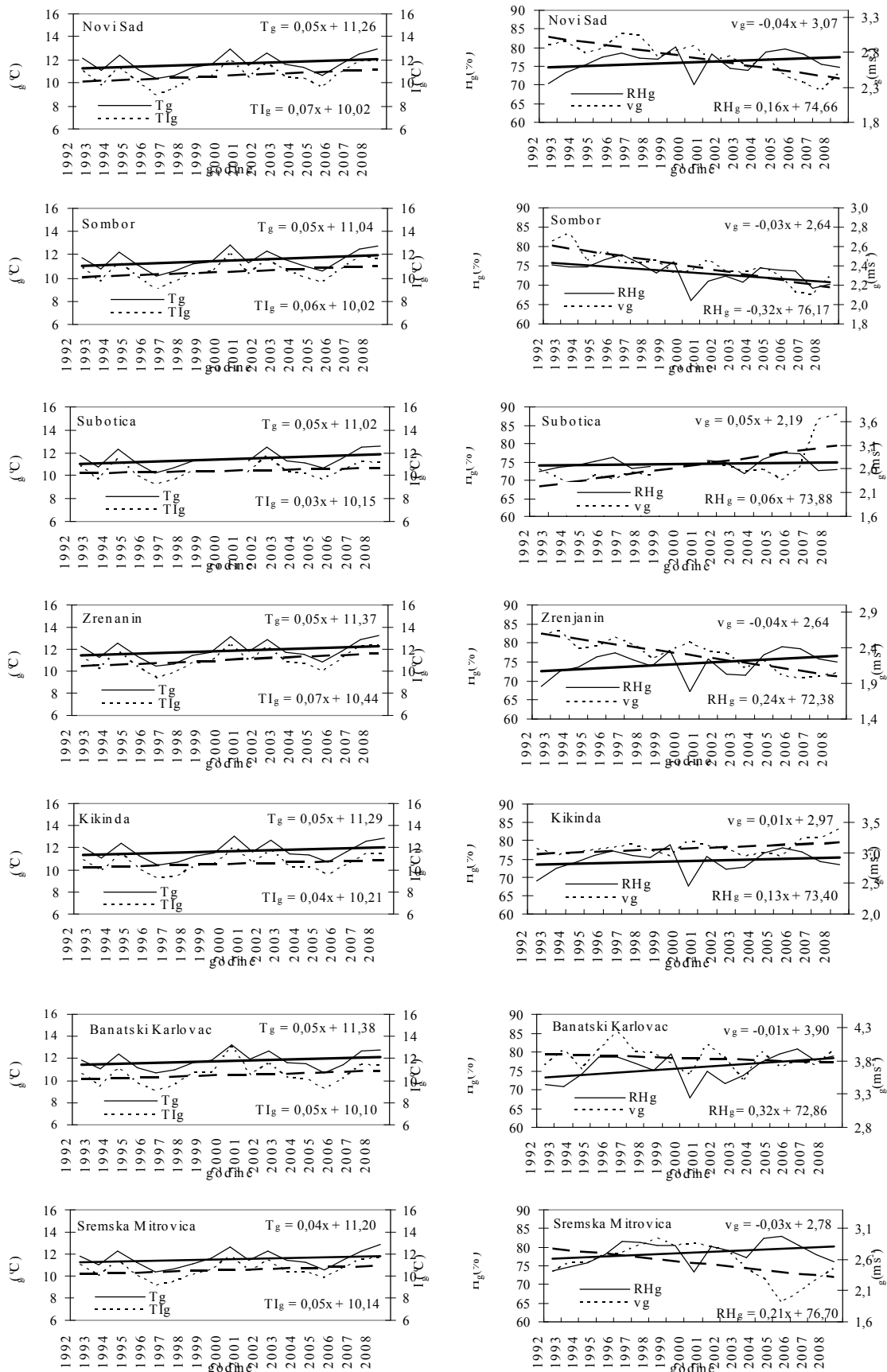
°C) gde je prosečna brzina vetra najveća, dok se najmanje razlikuju u Zrenjaninu (-0,8°C), gde je vetar najslabiji. Poređenjem tabela 4.8 i 4.11 možemo videti da je u pojedinim naseljima TI_m veći od T_m samo u julu i avgustu, dok je u ostalim mesecima jednak ili manji. U julu i avgustu razlike između TI_m i T_m su veoma male (najviše 0,1°C), dok su razlike između TI_m i T_m u zimskim mesecima dosta veće (najviše -3,3°C u januaru).

Tabela 4.11 Prosečne mesečne i prosečna godišnja vrednost TI (°C) u Vojvodini u periodu 1992-2008. godina.

	Novi Sad	Sombor	Subotica	Zrenjanin	Kikinda	Banatski Karlovac	Sremska Mitrovica	Vojvodina
Jan	-2,1	-1,9	-2,4	-1,5	-2,5	-2,5	-1,9	-2,1
Feb	-0,2	0,1	-0,6	0,2	-0,7	-0,9	0,1	-0,3
Mar	4,7	4,7	4,2	5,1	4,4	4,0	4,7	4,5
Apr	11,2	11,1	10,9	11,6	11,3	11,0	11,2	11,2
Maj	17,5	17,4	17,7	17,8	17,7	17,6	17,5	17,6
Jun	20,7	20,8	21,1	21,0	21,0	20,7	20,5	20,8
Jul	22,2	22,1	22,6	22,5	22,6	22,3	21,8	22,3
Avg	22,0	21,7	22,2	22,4	22,3	22,1	21,6	22,0
Sep	16,4	16,1	16,2	16,7	16,5	16,5	16,1	16,4
Okt	11,4	11,1	11,2	11,8	11,3	11,4	11,4	11,4
Nov	4,4	4,4	4,2	5,0	4,2	4,3	4,6	4,4
Dec	-1,2	-1,2	-1,9	-0,7	-1,8	-1,2	-1,1	-1,3
TI_g	10,6	10,5	10,4	11,0	10,5	10,4	10,5	10,6



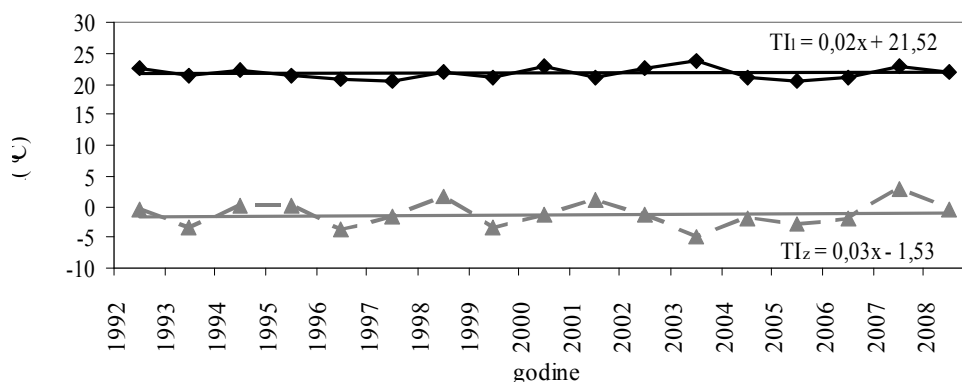
Slika 4.6 Vrednosti TI_g i T_g (°C) u Vojvodini u periodu 1992-2008. godina.



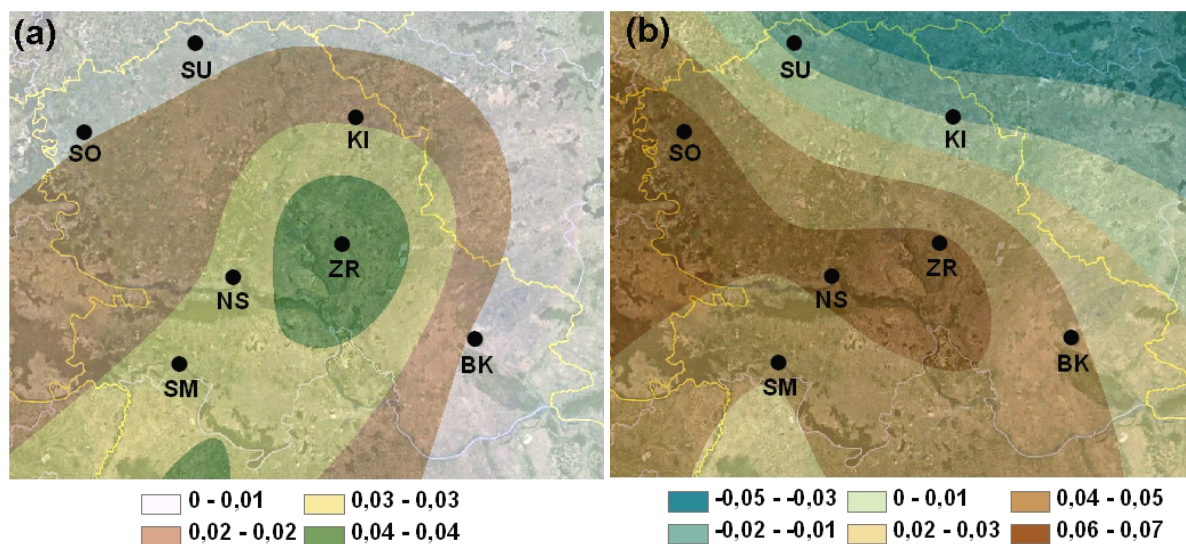
Slika 4.7 Kretanje T_g , TI_g , RH_g i v_g u Vojvodini u periodu 1992-2008. godina.

Slika 4.7 prikazuje kretanje T_g , TI_g , RH_g i ν_g u Vojvodini u periodu 1992-2008. godina. Primećuje se lagani rast vrednosti T_g i TI_g u svim naseljima. Vrednosti TI_g najveći rast imale su u Zrenjaninu i Novom Sadu ($0,07^\circ\text{C}$ godišnje). U naseljima u kojima je rast vrednosti TI_g bio veći od rasta T_g (Novi Sad, Sombor, Zrenjanin, Sremska Mitrovica) vrednost ν_g je imala tendenciju pada. U Subotici i Kikindi gde je vrednost ν_g imala tendenciju rasta, vrednosti TI_g su sporije rasle od vrednosti T_g .

Analizom vremenskih serija TI_l i TI_z u Vojvodini u periodu 1992-2008. godina (slika 4.8) može da se uoči veoma mali rast vrednosti kao i da su promene tokom leta mnogo manje izražene. Gledano po naseljima slika 4.9a pokazuje da TI_l beleže tendenciju rasta svim naseljima Vojvodine. Najveći rast TI_l zabeležen je u Zrenjaninu ($0,04^\circ\text{C}$ godišnje). Sa druge strane kretanje TI_z u posmatranom periodu prikazano na slici 4.9b bilo je promenljivije i beležilo pad na severu (Subotica i Kikinda $-0,01^\circ\text{C}$ godišnje) i rast u ostalim delovima Vojvodine.



Slika 4.8 Promene TI_l i TI_z u Vojvodini u periodu 1992-2008. godina.



Slika 4.9 Distribucija trenda TI_l i TI_z u Vojvodini u periodu 1992-2008. godina.

Prosečna vrednost TI_z u Vojvodini iznosi $-1,3^{\circ}\text{C}$ (tabela 4.12). Posmatrano po godinama na nivou Vojvodine vidi se da su godine sa najnižim zimskim toplotnim indeksima bile 2003., 1996. i 1993. sa TI_z vrednostima redom, $-5,0^{\circ}\text{C}$, $-3,8^{\circ}\text{C}$ i $-3,4^{\circ}\text{C}$. Posmatrano po naseljima, može se zaključiti da su zimski toplotni indeksi najniži u Kikindi ($-1,7$), Subotici ($-1,7^{\circ}\text{C}$) i Banatskom Karlovcu ($-1,6^{\circ}\text{C}$), što se može jasno videti na slici 4.10. Najniža vrednost TI_z od $-5,7^{\circ}\text{C}$ zabeležena je u Kikindi 2003. godine. Godina sa najvišom prosečnom TI_z vrednošću je 2007. ($2,7^{\circ}\text{C}$). Naselje sa najvišom prosečnom TI_z vrednošću u posmatranom periodu je Zrenjanin ($0,7^{\circ}\text{C}$)

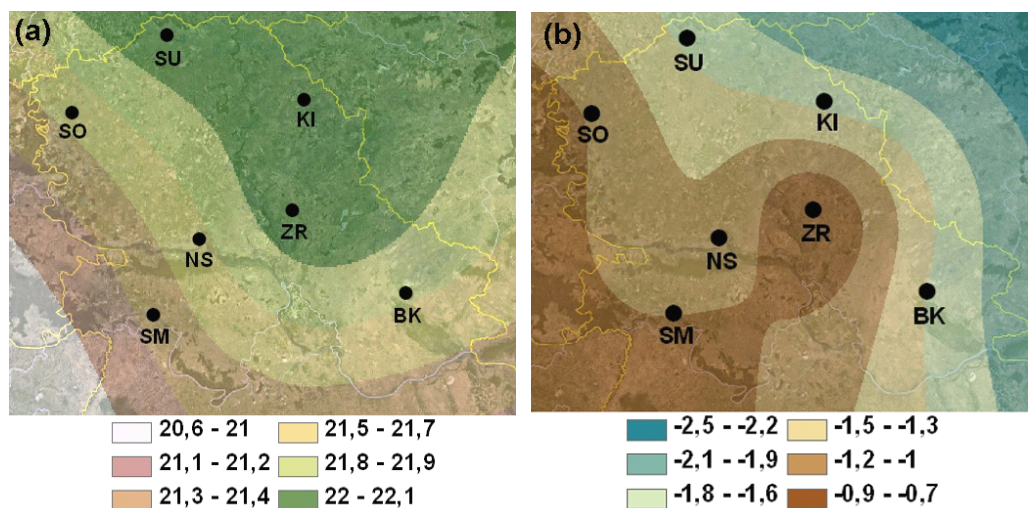
Tabela 4.12 Prosečni zimski toplotni indeksi u Vojvodini u periodu 1992-2008. godina.

	Novi Sad	Sombor	Subotica	Zrenjanin	Kikinda	Banatski Karlovac	Sremska Mitrovica	Vojvodina
1992	-0,4	-0,1	-0,5	-0,2	-0,8	-1,6	0,1	-0,5
1993	-3,4	-3,2	-3,6	-3,0	-3,7	-4,3	-2,4	-3,4
1994	0,2	0,2	0,0	0,8	0,3	-0,1	0,4	0,3
1995	0,4	0,4	-0,1	0,6	-0,2	-0,6	0,6	0,1
1996	-4,1	-4,2	-4,1	-3,1	-3,8	-4,3	-3,2	-3,8
1997	-1,9	-1,4	-2,2	-1,1	-2,3	-1,4	-1,2	-1,6
1998	1,7	1,8	1,8	2,2	1,4	1,6	1,2	1,7
1999	-3,2	-3,0	-3,5	-3,0	-3,8	-3,2	-3,5	-3,3
2000	-1,6	-1,1	-	-1,2	-1,7	-1,0	-2,0	-1,4
2001	1,2	1,3	0,5	1,4	0,7	1,3	0,8	1,0
2002	-1,0	-1,0	-2,1	-0,2	-1,4	-1,3	-1,4	-1,2
2003	-5,2	-4,7	-5,4	-4,3	-5,7	-4,6	-4,7	-5,0
2004	-1,9	-1,5	-2,3	-1,6	-2,4	-2,6	-1,6	-2,0
2005	-2,8	-2,7	-2,9	-2,2	-3,4	-3,0	-2,0	-2,7
2006	-1,7	-1,7	-2,2	-1,3	-2,8	-2,8	-1,2	-2,0
2007	3,3	3,6	1,5	3,4	1,9	1,8	3,2	2,7
2008	0,2	0,3	-1,5	0,6	-1,0	-1,1	0,1	-0,3
TI_z	-1,2	-1,0	-1,7	-0,7	-1,7	-1,6	-1,0	-1,3

Prosečna vrednost TI_l u naseljima Vojvodine osrednjene za sva naselja i sve godine posmatranog perioda iznosi $21,7^{\circ}\text{C}$ (tabela 4.13). Posmatrano po godinama na nivou Vojvodine vidi se da su u posmatranom periodu godine sa najvećim letnjim toplotnim indeksima bile 2003., 2007. i 2000. sa TI_l vrednostima redom, $23,7^{\circ}\text{C}$, $23,0^{\circ}\text{C}$ i $22,7^{\circ}\text{C}$. Posmatrano po naseljima, može se zaključiti da su letnji toplotni indeksi najveći u Subotici ($22,0^{\circ}\text{C}$), Kikindi ($22,0^{\circ}\text{C}$) i Zrenjaninu ($21,9^{\circ}\text{C}$), što pokazuje i slika 4.10. Najveća vrednost TI_l od $24,0^{\circ}\text{C}$ zabeležena je u Somboru, Subotici i Zrenjaninu 2003. godine. Godina sa najmanjim prosečnim TI_l vrednošću je 2005. ($20,4^{\circ}\text{C}$). Naselje sa najmanjom prosečnom TI_l vrednošću u posmatranom periodu je Sremska Mitrovica ($21,3^{\circ}\text{C}$).

Tabela 4.13 Prosečni letnji toplotni indeksi u Vojvodini u periodu 1992-2008. godina.

	Novi Sad	Sombor	Subotica	Zrenjanin	Kikinda	Banatski Karlovac	Sremska Mitrovica	Vojvodina
1992	22,6	22,4	22,9	23,1	23,2	22,6	21,9	22,7
1993	21,1	21,1	21,4	21,6	21,5	21,3	20,7	21,2
1994	22,2	22,2	22,8	22,5	22,5	21,9	21,6	22,2
1995	20,9	21,2	21,7	21,2	21,6	21,2	20,7	21,2
1996	20,5	20,5	20,8	20,5	20,8	20,8	20,4	20,6
1997	20,3	20,5	20,7	20,4	20,5	20,7	20,4	20,5
1998	21,8	21,6	22,2	22,0	22,0	22,1	21,6	21,9
1999	21,0	20,9	-	21,2	21,5	21,4	21,1	21,2
2000	22,8	22,5	22,6	22,8	22,9	22,9	22,5	22,7
2001	20,9	20,7	21,3	21,4	21,5	21,3	20,8	21,1
2002	22,4	22,1	23,0	22,9	22,9	22,5	21,8	22,5
2003	23,7	24,0	24,0	24,0	23,8	23,1	23,1	23,7
2004	21,1	20,7	21,2	21,3	21,3	21,1	20,8	21,1
2005	20,1	20,2	20,6	20,6	20,8	20,4	20,2	20,4
2006	21,2	21,1	21,4	21,4	21,4	20,8	20,6	21,1
2007	22,8	22,6	23,2	23,5	23,2	23,0	22,4	23,0
2008	22,0	21,6	22,0	22,7	22,2	21,8	21,6	22,0
T_{l}	21,6	21,5	22,0	21,9	22,0	21,7	21,3	21,7



Slika 4.10 Prosečne letnje (a) i zimske (b) vrednosti toplotnih indeksa u Vojvodini (°C) u periodu 1992-2008. godina.

Prosečne vrednosti zimskih i letnjih vrednosti toplotnih indeksa i temperatura vazduha u naseljima u Vojvodini uprosečeni za period 1992-2008. godina prikazane su na slici 4.10, a njihove razlike u tabeli 4.14. Zimi su toplotni indeksi u svim naseljima bili manji od

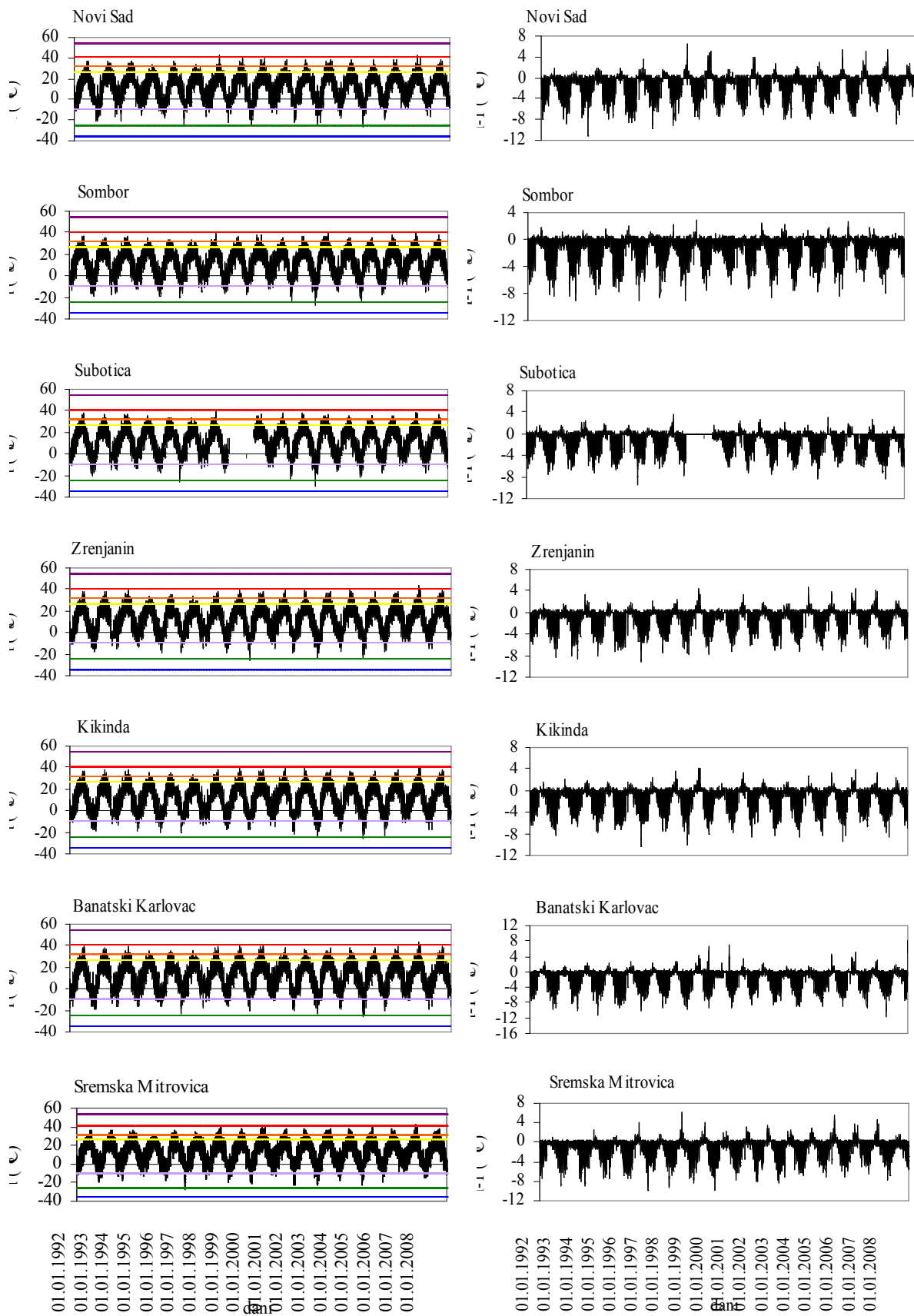
temperatura vazduha, a razlike su se kretale od $-3,2^{\circ}\text{C}$ u Banatskom Karlovcu do $-2,1^{\circ}\text{C}$ u Zrenjaninu, što je u skladu sa vrednostima brzine vetra. Leti je razlika između TI i T bila pozitivna u Novom Sadu ($0,1^{\circ}\text{C}$), gde je letnja relativna vlažnost vazduha bila među najvećim u Vojvodini ($70,1\%$). U Somboru je TI_7 bio manji od T_7 ($-0,1^{\circ}\text{C}$) što je rezultat niske vrednosti letnje relativne vlažnosti ($65,1\%$).

Tabela 4.14 Prosečne razlike između TI i T ($^{\circ}\text{C}$) u Vojvodini za period 1992-2008. godina.

	Zima	Leto
Novi Sad	-2,6	0,1
Sombor	-2,2	-0,1
Subotica	-2,5	0,0
Zrenjanin	-2,1	0,0
Kikinda	-2,8	0,0
Banatski Karlovac	-3,2	0,0
Sremska Mitrovica	-2,3	0,0

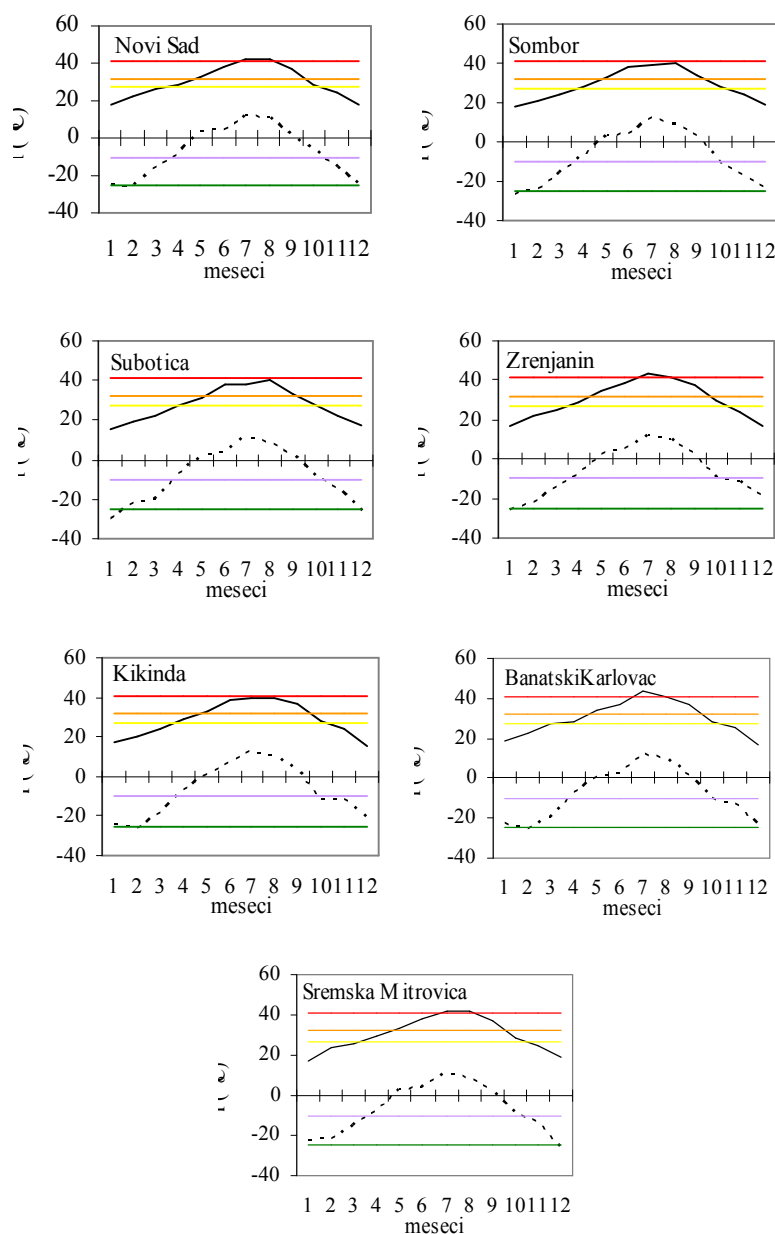
4.5.3 Terminski toplotni indeksi

Na slici 4.11 prikazane su vrednosti TI u 7, 14 i 21 čas i razlika između TI i T u naseljima Vojvodine. Linije različitih boja odgovaraju graničnim temperaturama pojedinih kategorija osećaja toplote izkazanih u tabelama 4.4 i 4.6. Slika 4.11 pokazuje da su razlike između TI i T češće i u većoj meri negativne, nego pozitivne. U svim naseljima najveće vrednosti TI uglavnom su odgovarale kategorijama I (pažnja) i II (naročita pažnja), a veoma retko su prelazile u kategoriju III (opasnost). Sa druge strane minimalne vrednosti TI su uglavnom su bile u okviru kategorija nizak i umeren stres usled hladnoće i veoma su se retko spuštale ispod nivoa kada postoji rizik od promrzlosti pri produženom izlaganju, odnosno ulazile u kategoriju jak stres usled hladnoće. Vrednosti TI nisu ulazile u kategorije IV (naročita opasnost) i veoma jak stres usled hladnoće. Najveće pozitivne i negativne razlike između TI i T bile su u Banatskom Karlovcu i Novom Sadu, redom negativne $-11,6^{\circ}\text{C}$ i $-11,0^{\circ}\text{C}$ i pozitivne $7,1^{\circ}\text{C}$ i $6,7^{\circ}\text{C}$.



Slika 4.11 Kretanje T i razlike između T i T' u Vojvodini u periodu 1992-2008. godina.

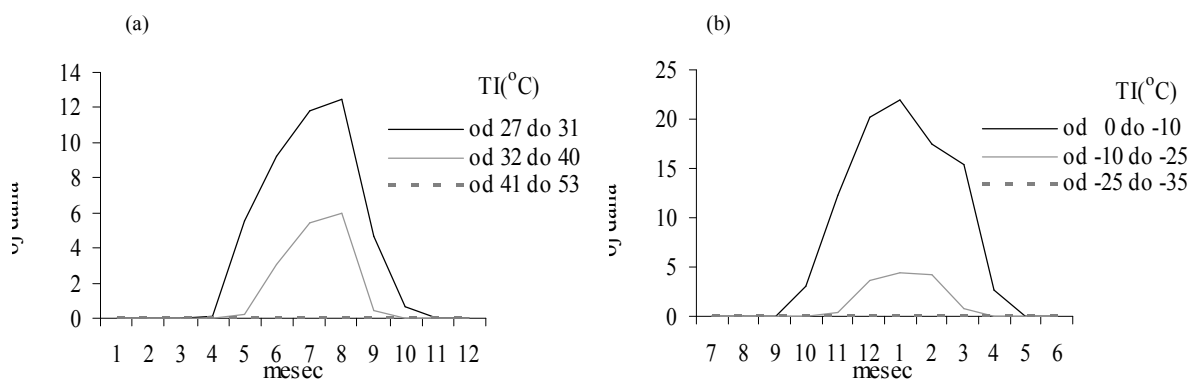
Mesečna distribucija apsolutnih dnevnih maksimuma i minimuma T_I tokom osamnaestogodišnjeg perioda u naseljima Vojvodine prikazana je na slici 4.12. Ekstremno niski apsolutni minimumi T_I u kategoriji jakog stresa usled hladnoće (-20 do -35°C) javljali su se od decembra do februara, dok se ekstremno visoki apsolutni maksimumi T_I kategorije III (41 do 53°C) javljali u julu i avgustu. U Subotici, Kikindi i Somboru T_I nisu prelazili u kategoriju III. Apsolutni maksimum od 43,8°C zabeležen je u Zrenjaninu 24.07.2007. godine, pri temperaturi vazduha 42,1°C i relativnoj vlažnosti od 23%. Apsolutni minimum u Vojvodini zabeležen je u Subotici 13.07.2003. godine i iznosio je -29,8°C, pri temperaturi od -22,8°C i vetru od 2,4 m/s. Najveću razliku između apsolutnih minimuma i maksimuma T_I imaju Banatski Karlovac (69,8°C), Zranjanin (69,6°C) i Subotica (69,6°C).



Slika 4.12 Mesečna distribucija apsolutnih dnevnih maksimuma (—) i minimuma (- - -) T_I u Vojvodini u periodu 1992-2008. godina.

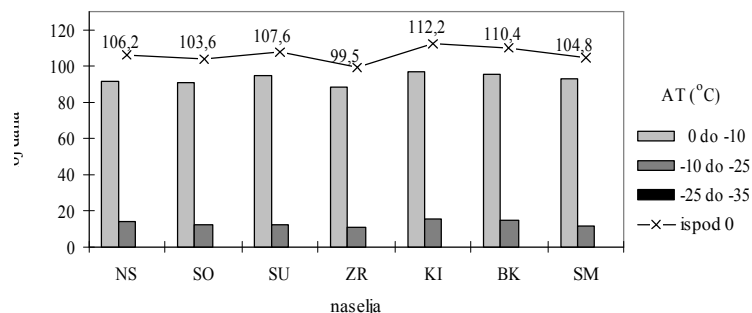
4.5.4 Učestalost pojave dana sa određenim kategorijama toplotnih indeksa

Mesečna distribucija prosečnog godišnjeg broja dana sa vrednostima TI u šest kategorija prikazana je na slici 4.13. Sa slike 4.13a vidi se da su se dani sa TI unutar kategorije I (27 do 31°C) javljali od aprila do oktobra, kategorije II (32 do 40°C) od maja do septembra i kategorije III (41 do 53°C) u julu i avgustu. Najveći broj dana TI u sve tri kategorije bio je u julu i avgustu. Slika 4.13b pokazuje da su se dani sa TI u kategoriji niskog stresa (0 do -10) usled hladnoće javljali od oktobra do aprila, u kategoriji umerenog stresa usled hladnoće (-10 do -25°C) od oktobra do marta, a u kategoriji jakog stresa usled hladnoće (-25 do -35°C) od decembra do februara. Najveći broj dana sa TI u kategorijama umerenog i jakog stresa usled hladnoće bio je u januaru i februaru.

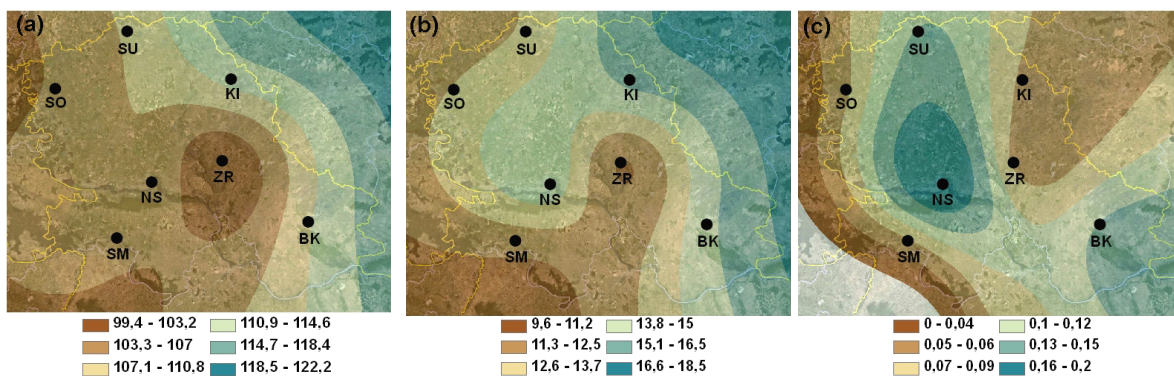


Slika 4.13 Mesečna distribucija prosečnog godišnjeg broja dana sa vrednostima TI u intervalima (a) 27 do 31 °C, 32 do 40 °C i 41 do 53 °C i (b) 0 do -10 °C, -10 do -25 °C i -25 do -35 °C u Vojvodini u periodu 1992-2008. godina.

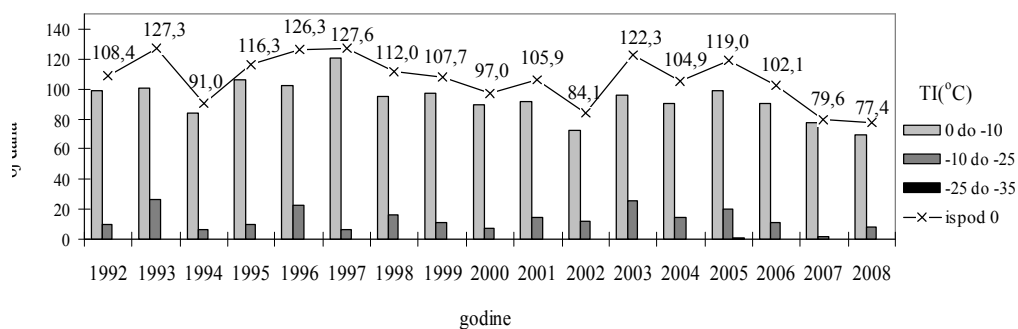
Prosečne godišnje brojeve dana sa vrednostima TI u određenim kategorijama u naseljima Vojvodine prikazuju slike 4.14, 4.15, 4.17 i 4.18, dok slike 4.16 i 4.19 pokazuju takođe srednje godišnje brojeve dana sa vrednostima TI u određenim kategorijama koji su izračunati kao aritmetička sredina vrednosti svih naselja za period 1992-2008. godina.



Slika 4.14 Prosečni godišnji broj dana sa vrednostima TI u intervalima (i) 0 do -10°C, (ii) -10 do -25°C, (iii) -25 do -35°C i (iv) ispod 0°C u Vojvodini u periodu 1992-2008. godina.

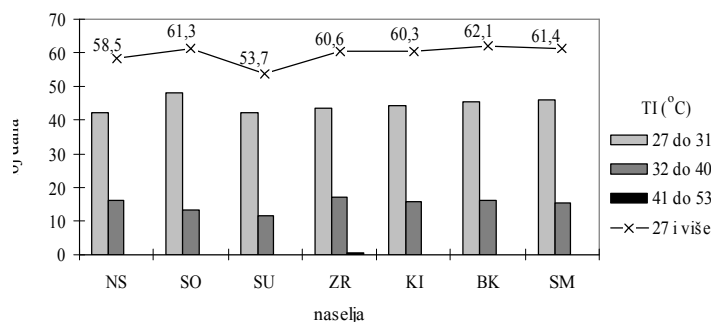


Slika 4.15 Prosečni godišnji broj dana sa vrednostima T_n (a) $\leq 0^\circ\text{C}$, (b) $\leq -10^\circ\text{C}$, (c) $\leq -25^\circ\text{C}$ u Vojvodini u periodu 1992-2008. godina.

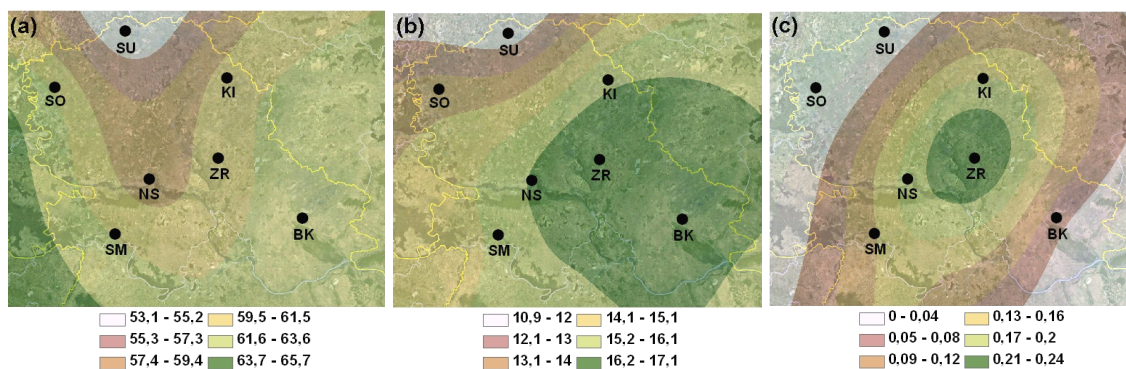


Slika 4.16 Prosečni godišnji broj dana sa vrednostima T_n u intervalu (i) 0 do -10°C , (ii) -10 do -25°C , (iii) -25 do -35°C i (iv) ispod 0°C u Vojvodini u periodu 1992.-2008. godina.

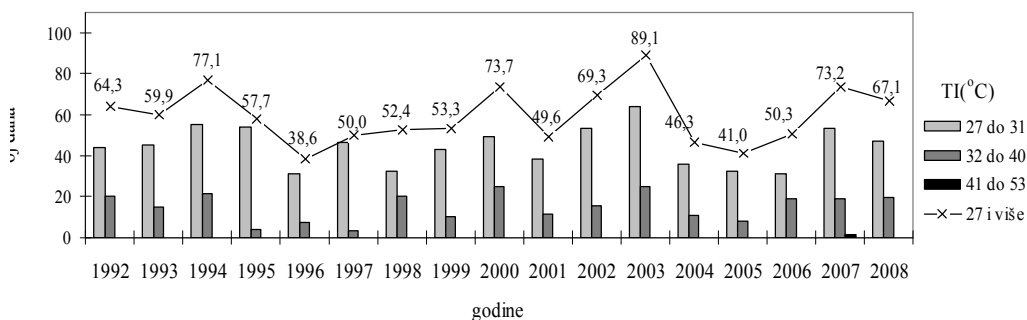
Na slikama 4.14 i 4.15 se vidi da je najveći prosečni godišnji broj dana sa T_n u kategoriji niskog i srednjeg stresa usled hladnoće bilo u Kikindi (96,8 i 15,4). Slika 4.15c pokazuje da su dani u kategoriji jakog stresa usled hladnoće veoma retki kao i da se najčešće javljaju u Novom Sadu (0,2). Ukupan prosečni godišnji broj dana sa niskim T_n vrednostima koje mogu da izazovu stres bio je najveći u Kikindi (112,2). Slika 4.16 pokazuje da su godine sa najvećim prosečnim godišnjim brojem dana sa niskim vrednostima T_n koje izazivaju stres na teritoriji Vojvodine bile 1997. (127,6), 1993. (127,3) i 1996. (126,3). Godina sa najvećim prosečnim godišnjim brojem dana sa ekstremno niskim vrednostima T_n , ispod -25°C , bila je 2005.(0,6).



Slika 4.17 Prosečni godišnji broj dana sa vrednostima Tl u intervalu (i) 27-31°C, (ii) 32-40°C, (iii) 41-53°C u (iv) 27°C i više u Vojvodini u periodu 1992-2008. godina.



Slika 4.18 Prosečni godišnji broj dana sa vrednostima Tl (a) $\geq 27^\circ C$, (b) $\geq 32^\circ C$, (c) $\geq 41^\circ C$ u Vojvodini u periodu 1992-2008. godina.



Slika 4.19 Prosečni godišnji broj dana sa vrednostima Tl u intervalu (i) 27-31 °C, (ii) 32-40 °C, (iii) 41-53 °C i (iv) 27 °C i više u Vojvodini u periodu 1992-2008. godina.

Na slici 4.17 se vidi da je najveći prosečni godišnji broj dana sa Tl u kategoriji I bilo u Somboru (47.9). Slika 4.18 pokazuje da je učestalost javljanja Tl u kategorijama II i III najveća u Zrenjaninu (16,8 i 0,2). Ukupan prosečni godišnji broj dana sa visokim Tl vrednostima koje mogu da izazovu stres bio je najveći u Banatskom Karlovcu (62,1). Slika 4.19 pokazuje da su godine sa najvećim prosečnim godišnjim brojem dana sa visokim vrednostima Tl koje izazivaju stres bile 2003. (89,1), 1994. (77,1) i 2007. (73,3). Godina sa najvećim prosečnim godišnjim brojem dana sa ekstremno visokim vrednostima Tl , preko 41°C, bila je 2007. (1,1).

5 Korelaciona snaga između posmatranih parametara

Korelaciona snaga između koncentracija zagađujućih materija, toplotnih indeksa i suma UV-B zračenja ispitana je pomoću Pirsonovog koeficijenta korelacije R (formula (2.53)) na prosečnim mesečnim podacima. Ovaj koeficijent može da ima vrednosti od +1,0 do -1,0, a tumačenje korelacione snage se vrši prema klasama prikazanim u tabeli 5.1 (Raič, 2005). Vrednosti Pirsonovog koeficijenta korelacije u naseljima Vojvodine prikazane su u tabeli 5.2.

Tabela 5.1 Kategorije Pirsonovog koeficijenta korelacije.

$R(+/-)$	Korelaciona snaga
0,0-0,2	Veoma slaba do zanemarljiva
0,2-0,4	Slaba
0,4-0,7	Umerena
0,7-0,9	Snažna
0,9-1,0	Veoma snažna

Tabela 5.2 Pirsonov koeficijent korelacije između mesečnih koncentracija zagađujućih materija, toplotnih indeksa i suma UV-B zračenja u Vojvodini u periodu 1992-2008. godina.

(a) Novi Sad	$\check{C}ad\check{d}$	SO_2	NO_2	O_3	TI_m	${}_mUVB_d$
UTM	-0,28	-0,01	-0,07	-0,03	0,39	0,41
$\check{C}ad\check{d}$		0,30	0,20	-0,04	-0,35	-0,34
SO_2			0,31	0,04	-0,17	-0,13
NO_2				-0,01	-0,12	-0,06
O_3					0,23	0,17
TI_m						0,93

(b) Subotica	$\check{C}ad\check{d}$	SO_2	NO_2	O_3	TI_m	${}_mUVB_d$
UTM	0,14	-0,29	0,27	-0,15	0,32	0,35
$\check{C}ad\check{d}$		0,24	0,60	-0,04	-0,41	-0,48
SO_2			0,15	0,00	-0,60	-0,54
NO_2				-0,14	-0,02	-0,02
O_3					-0,09	-0,11
TI_m						0,92

(c) Sombor	$\check{C}ad\check{d}$	SO_2	NO_2	TI_m	${}_mUVB_d$
UTM	-0,15	-0,20	-0,05	0,12	0,08
$\check{C}ad\check{d}$		0,60	-0,04	-0,52	-0,50
SO_2			-0,35	-0,81	-0,72
NO_2				0,53	0,54
TI_m					0,92

(d) Beočin	Čađ	SO ₂	NO ₂
UTM	-0,21	0,14	-0,12
Čađ		-0,11	0,59
SO ₂			-0,01

(e) Kikinda	Čađ	SO ₂	NO ₂	O ₃	TI _m	^m UVB _d
UTM	-0,11	0,29	0,33	-0,10	0,22	0,20
Čađ		-0,02	0,36	-0,16	-0,61	-0,64
SO ₂			0,22	0,05	0,24	0,22
NO ₂				-0,34	-0,21	-0,27
O ₃					-0,06	0,10
TI _m						0,92

(f) Vršac	Čađ	SO ₂	NO ₂
UTM	-0,39	-0,19	0,07
Čađ		0,28	-0,19
SO ₂			0,39

(g) Pančevo	Čađ	SO ₂	NO ₂
UTM	-0,16	0,04	-0,17
Čađ		0,71	0,32
SO ₂			0,12

(h) Zrenjanin	Čađ	SO ₂	NO ₂	O ₃	TI _m	^m UVB _d
UTM	-0,31	-0,02	-0,25	-0,12	0,37	0,39
Čađ		0,23	0,40	-0,00	-0,49	-0,67
SO ₂			0,32	-0,08	0,11	0,03
NO ₂				0,14	0,08	0,02
O ₃					-0,15	-0,13
TI _m						0,92

Analiza korelacione snage između koncentracija zagađujućih materija može da ukaže na iste izvore zagađenja. Podaci u tabeli 5.2 pokazuju da je korelaciona snaga između koncentracija zagađujućih materija u najvećem broju slučajeva zanemarljiva i slaba. Umerena pozitivna korelaciona snaga javlja se između čađi i NO₂ u Subotici, Beočinu i Zrenjaninu što upućuje na saobraćaj kao mogući zajednički izvor. Takođe se umerena pozitivna korelacija javlja između čađi i SO₂ u Somboru što može da uputi na individualna ložišta kao mogući zajednički izvor. U Pančevu je pronađena snažna pozitivna korelacija između čađi i SO₂ što takođe može da uputi na individualna ložišta i na rafineriju kao moguće zajedničke izvore. Između koncentracija prizemnog ozona sa jedne strane i suma UV-B zračenja i toplotnih

indeksa sa druge strane nije pronađena veća korelacija. Korelaciona snaga između NO_2 i O_3 je takođe veoma slaba. Suma UV-B zračenja i toplotni indeksi su veoma snažno povezani.

6 Organizacija podataka

Podaci koji su upotrebljeni u ovom istraživanju snimljeni su na CD koji je priložen uz ovaj rad. Podaci na CD-u su razvrstani u tri direktorijuma, Zracenje, KvalitetVazduha i ToplotniIndeksi.

Direktorijum Zracenje sadrži podatke o merenom *UVI* u Novom Sadu i podatke o dnevnom trajanju sunčevog sjaja, prosečnoj dnevnoj oblačnosti, dnevnoj sumi globalnog i UV-B zračenja u naseljima Vojvodine. Unutar direktorijuma nalaze se dva dokumenta u Excel-ovom formatu: UV i GLOB_UV.

Dokument UV.xls sadrži podatke o desetominutnim vrednostima *UVI* u Novom Sadu od 2003. do 2009. godine. U dokumentu se nalaze podaci za ukupno 1602 dana. Zbog ograničenja Excel-ovog dokumenata na ukupno 65 536 redova, unutar dokumenta podaci su podeljeni na tri radne površine: 2003-2005, 2006-2008 i 2009. Dokument sadrži sledeće kolone:

DATUM	- datum merenja <i>UVI</i> u formatu dan-mesec-godina (dd-mm-yy)
VREME	- sat, minut i sekunde desetominutnog perioda merenja (hh:mm:ss)
SR	- prosečna desetominutna vrednost <i>UVI</i>
MIN	- najmanja desetominutna vrednost <i>UVI</i>
MAX	- najveća desetominutna vrednost <i>UVI</i>
DAN	- dan u mesecu
MESEC	- mesec u godini
GODINA	- godina merenja
SAT	- sat merenja
MINUT	- minut merenja
WM2	- eritemalno zračenje

Dokument GLOB_UV.xls sadrži podatke o dnevnom trajanju sunčevog sjaja, prosečnoj dnevnoj oblačnosti, dnevnoj sumi globalnog zračenja i dnevnoj sumi UV-B zračenja naseljima Vojvodine. Podacima unutar dokumenta su podeljeni na osam radnih površina, za svako naselje po jedna: NS (Novi Sad), SU (Subotica), SO (Sombor), BK (Banatski Karlovac), KI (Kikinda), ZR (Zrenjanin), SM (Sremska Mitrovica) i PA (Pančevo). Podaci za Novi Sad obuhvataju period 1981-2009. godina, podaci za Pančevo obuhvataju period 15.08.2007.-31.12.2008. godina, dok podaci za ostala naselja obuhvataju period 1981-2008. godina. Pošto se u Pančevu merilo globalno zračenje, unutar radne površine PA imamo samo podatke za dnevnu sumu globalnog (Gd) i UV-B zračenja (UV-B320). Dokument sadrži sledeće kolone:

NASELJE	-	oznaka naselja
DATUM	-	datum merenja <i>UVI</i> u formatu dan-mesec-godina (dd-mm-yy)
DAN	-	dan u mesecu
MESEC	-	mesec u godini
GODINA	-	godina merenja
XDAY	-	redni broj dana u godini
INS	-	dnevno trajanje sunčevog sjaja izraženo u časovima
OBL	-	prosečna dnevna oblačnost u desetinama pokrivenosti neba
INSPOT	-	potencijalno dnevno trajanje sunčevog sjaja izraženo u časovima
GTOP	-	dnevna suma sunčevog zračenja na vrhu atmosfere u MJ/m ²
GINS	-	dnevna suma globalnog zračenja izračunata uz pomoć trajanja sunčevog sjaja u MJ/m ²
GOBL	-	dnevna suma globalnog zračenja izračunata uz pomoć prosečne dnevne oblačnosti u MJ/m ²
UVB320	-	dnevna suma UV-B zračenja u MJ/m ²

Direktorijum KvalitetVazduha sadrži podatke o izmerenim koncentracijama zagađujućih materija na svim mernim mestima u naselju i podatke o dnevnim (mesečnim za *UTM*) prosečnim koncentracijama za svako naselje. Unutar direktorijuma nalazi se deset dokumenata u Excel formatu. Za svaku zagađujuću materiju vezana su dva dokumenta. Dokumenti čiji je naziv sastavljen od imena zagađujuće materije i dodatka „_MM“ (na primer NO2_MM.xls) sadrži podatke o izmerenim koncentracijama zagađujućih materija na svim mernim mestima u svim naseljima. Ova vrsta dokumenata unutar sebe sadrži onoliko radnih površina koliko je naselja u kojima se meri zagađujuća materija, a kolone su joj DATUM i oznake mernih mesta koje su prikazane u tabeli 3.6. Dokumentni čiji je naziv sastavljen od imena zagađujuće materije i dodatka „_MER_BS“ (na primer NO2_MER_BS.xls) sadrži podatke o prosečnim koncentracijama zagađujuće materije u naselju. Ova vrsta dokumenata ima sledeće kolone:

DATUM	-	datum merenja zagađujuće materije u formatu dan-mesec-godina (dd-mm-yy)
DAN	-	dan u mesecu
MESEC	-	mesec u godini
GODINA	-	godina merenja
sezona	-	grejna sezona nosi oznaku 1, a vangrejna 2
XXmer	-	prosečne koncentracije zagađujuće materije izracunate na osnovu merenja
XXbs	-	prosečne koncentracije zagađujuće materije, kombinacija merenih i izvedenih vrednosti.

XX se odnosi na skraćenu oznaku naselja i to NS (Novi Sad), SU (Subotica), SO (Sombor), BC (Beočin), KI (Kikinda), ZR (Zrenjanin), VR (Vršac) i PA (Pančevo).

Direktorijum ToplotniIndeksi sadrži dokument TINDEKSI.xls koji sadrži podatke o temperaturama vazduha, brzini vetra, relativnoj vlažnosti vazduha, indeksu toplote, indeksu hladnoće i toplotnom indeksu u tri dnevna termina (7, 14 i 21 čas) za period 1992-2008. godina. Podacu unutar dokumenta su podeljeni na sedam radnih površina, za svako naselje po jedna, sa sledećim kolonama:

NASELJE	-	oznaka naselja
DAN	-	dan u mesecu
MESEC	-	mesec u godini
GODINA	-	godina merenja
DATUM	-	datum merenja meteoroloških parametara u formatu dan-mesec-godina (dd-mm-yy)
XDAY	-	redni broj dana u godini
SAT	-	sat merenja
T	-	temperatura vazduha (°C)
V	-	brzina vetra (m/s)
RH	-	relativna vlažnost vazduha (%)
HI	-	indeks toplote
WCI	-	indeks hladnoće
AT	-	toplotni indeks

7 Zaključak

Intenzivna industrijalizacija i urbanizacija tokom prošlog veka ima za posledicu narušavanje prirodne ravnoteže i negativan uticaj na zdravlje čoveka i čitav živi svet. Problemi koji su obeležili poslednjih nekoliko decenija, kada je u pitanju atmosfera, su povećanje intenziteta UV zračenja i povećanje koncentracija zagađujućih materija u vazduhu koje dovodi do globalnog zagrevanja. U ovom radu proučavan je intenzitet UV zračenja, zagađenje vazduha i meteorološki elementi koji imaju toplotno dejstvo na čovekov organizam sa ciljem da se dođe do što optimalnijih saznanja o stanju kvaliteta životne sredine na području Vojvodine. Za potrebe ovog istraživanja, kao i za potrebe budućih istraživanja, po prvi put su svi raspoloživi podaci o ispitivanim parametrima za teritoriju Vojvodine prikupljeni na jedno mesto i organizovani u središnji sistem.

Problem povećanja intenziteta UV zračenja koje dolazi na površinu Zemlje je jedan od trenutno najaktuelnijih kada je u pitanju zaštita životne sredine. I pored toga što je izučavanje i praćenje UV zračenja veoma važno zbog njegovog štetnog dejstva, prostorna gustina meteoroloških stanica koje su opremljene da mere UV zračenje u svetu je još uvek mala. U Vojvodini se UV zračenje poslednjih godina kontinuirano prati samo u Novom Sadu, pa je zbog toga korisno da se korišćenjem saznanja o procesima koji utiču na UV zračenje procene njegovi nivoi u mestima u kojima se ne meri. U ovom radu ispitivan je odnos između sunčevog globalnog i UV zračenja a zatim je konstruisana i verifikovana empirijska formula za procenu dnevnih suma UV-B zračenja za osam naselja u Vojvodini za period 1981-2008. godina. Rad na rekonstrukciji nivoa UV zračenja predstavlja nastavak aktivnosti koje su u ovoj oblasti započete 2003. godine kada je okviru Centra za meteorologiju i modeliranje životne sredine Univerziteta u Novom Sadu razvijen je parametarski numerički model za prognozu UV zračenja NEOPLANTA. Analiza merenih UVI u Novom Sadu u periodu 2003-2009. godina pokazuje da se vrednosti UVI veće od 8, kada je zaštita neophodna, mogu javiti od maja do avgusta. U toku juna i jula, kada UVI ima najveće vrednosti, zaštita je neophodna od 9 do 17 časova. Analiza rekonstruisanih suma UV-B zračenja pokazuje tendenciju rasta u svim naseljima. Meseci sa najvećim sumama UV-B zračenja bili su jun i jul, a godine u kojima su vrednosti ${}_tUVB_d$ bile najveće su 2000., 2007. i 2003. Rekonstruisane ${}_gUVB_d$ vrednosti najveće su u Banatskom Karlovcu i Kikindi, a najmanje u Somboru.

Zagađenost vazduha danas predstavlja jedan od najvećih ekoloških problema kako u razvijenim, tako i u zemljama u razvoju. Zbog toga što predstavlja potencijalnu opasnost za zdravlje, važan aspekt u očuvanju i poboljšanju kvaliteta vazduha čini praćenje stanja kvaliteta vazduha putem merenja. Iako je u Vojvodini sistematsko praćenje kvaliteta vazduha u većim naseljenim mestima započelo krajem 80-tih godina prošlog veka, analize prostornih i vremenskih promena koncentracija zagađivača vazduha su veoma retke i uglavnom se odnose na jedan grad ili kraći vremenski period. Razlozi za mali broj radova u ovoj oblasti su nepostojanje jedinstvene baze podataka o zagađenju za duži vremenski period, veoma česti prekidi merenja i promene mernih mesta na kojima se zagađujuće materije mere, pa su ovo i problemi na koje je ubuduće potrebno posebno obratiti pažnju. U ovom radu kvalitet vazduha

u Vojvodini analiziran je na osnovu podataka o koncentracijama UTM , čađi, SO_2 , NO_2 i prizemnog O_3 za period 2001-2008. godina. Analizirane su prosečne koncentracije svih navedenih zagađujućih materija u osam naselja u Vojvodini, dok je za grad Novi Sad izvršena i prostorna analiza po mernim mestima. Analiza za duži vremenski period nije bila moguća prvenstveno zbog toga što su mnogi podaci zbog neadekvatnog čuvanja nepovratno izgubljeni. Podaci koji su upotrebljeni u analizi, zbog prekida u merenju, popunjavani su kombinacijom splajna Katmul-Rum i neparametarskog „bootstrap“ metoda. Analizom zagađenosti vazduha utvrđeno je da dominantan uticaj na kvalitet vazduha u naseljima Vojvodine imaju čestice, odnosno UTM i čađ. Granična vrednost imisije najčešće je prelažena zbog UTM (7,9%) i čađi (2,9%), a najređe zbog SO_2 (0,1%). Najveće vrednosti i najveći procenat prekoračenja GVI za UTM zabeležene su u Beočinu i Vršcu, za čađ u Pančevu i Somboru i za SO_2 u Zrenjaninu. Najveće vrednosti NO_{2g} zabeležene su u Pančevu i Somboru, dok je najveći procenat prekoračenja 24-časovnih GVI zabeležen je u Vršcu i Pančevu. Koncentracije prizemnog O_3 u posmatranom periodu merene su u vidu 24-časovnih umesto u kraćim vremenskim intervalima koje preporučuju EU direktive. Merene 24-časovne koncentracije prizemnog O_3 najčešće su prelazile GVI u Novom Sadu. Ako se uzmu u obzir i prosečne godišnje koncentracije i prekoračenje GVI, 2005. godina je bila sa najlošijim kvalitetom vazduha kada je u pitanju zagađenje uzrokovano UTM , SO_2 , a 2006. godina kada je u pitanju zagađenje uzrokovano NO_2 i čađi. Analiza prostorne raspodele zagađenja vazduha u Novom Sadu pokazuje da su najviše vrednosti UTM bile u oblasti individualnog stanovanja i u industrijskim zonama, SO_2 u delovima grada sa individualnim stanovanjem, a čađi i NO_2 u područjima sa intenzivnim saobraćajem. Veliki uticaj na zagađenje vazduha NO_2 u Novom Sadu, pored saobraćaja, ima i Rafinerija nafte. Broj mernih mesta na kojima se prate koncentracije NO_2 i prizemnog O_3 u Novom Sadu je mali i da bi se ubuduće mogla dobiti bolja slika o razmeštaju zagađenja ovim zagađujućim materijama taj broj treba da se poveća i ravnomerno raspodeli po gradu.

Bioklimatska istraživanja klimatskih uticaja na organizam čoveka imaju značajno mesto u ocenjivanju stanja kvaliteta života stanovništva i kvaliteta životne sredine određenog područja. Radovi koji se bave analizom veoma važnih bioklimatskih parametara, toplotnih indeksa, na teritoriji Vojvodine su veoma retki i potrebno im je posvetiti više pažnje. U ovom radu su analizirani TI za sedam naselja Vojvodine u periodu 1992 - 2008. godina. Analiza pokazuje da su prosečni godišnji TI su u svim naseljima Vojvodine niži od prosečnih godišnjih temperatura vazduha i da imaju tendenciju rasta. Mesec sa najmanjim vrednostima TI i sa najvećim brojem dana sa TI u kategorijama koje izazivaju stres usled hladnoće bio je januar. Mesec sa najvećim vrednostima TI bio je jul, dok je učestalost pojavljivanja TI u kategorijama koje izazivaju stres usled toplote bio avgust. Subotica, Kikinda i Zrenjanin su naselja sa najvećim prosečnim letnjim TI . Zrenjanin je naselje sa najnepovoljnijim bioklimatskim uslovima u Vojvodini u toku leta jer pored visokih letnjih TI ima i najveću učestalost pojavljivanja TI iznad 32°C. Sa druge strane zbog najvećih zimskih TI i najmanje

učestalosti *TI* u kategorijama koje izazivaju stres usled hladnoće, Zrenjanin ima veoma povoljne bioklimatske uslove zimi. Najnepovoljnije bioklimatske uslove u toku zime imaju Subotica, Kikinda i Banatski Karlovac jer pored najnižih zimskih *TI* imaju i veliku učestalost dana sa vrednostima *TI* ispod -10°C . Iako ne spada u naselja sa najnižim zimskim vrednostima *TI* Novi Sad ima najveći broj dana sa vrednostima *TI* ispod -25°C , što ga takođe svrstava u grupu naselja sa nepovoljnim bioklimatskim uslovima u toku zime. Najnepovoljniji bioklimatski uslovi u toku posmatranog perioda bili su u 2003. godini koja je imala najniže zimske i najviše letnje vrednosti *TI*, kao i najveću učestalost *TI* u kategorijama koji izazivaju stres.

8 Literatura

1. Ahrens, C. D., 2007: Essentials of Meteorology: An Invitation to the Atmosphere, Cengage Learning.
2. Akpabio, L.E., 1992: Comparison between solar radiation energy and the characteristic of Wind power calculations in South eastern Nigeria. Nig. J. Phys., 4, 15-20.
3. Al-Aruri, S., M. Rasas, K. Al-Jamal, and N. Shaban, 1988: An assessment of global ultraviolet radiation in the range (0.290–385 μm) in Kuwait. Sol. Energy, 41 (2), 159–162.
4. Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith, 1998: Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.
5. APV, 2008: Atlas Vetrova AP Vojvodine. Pokrajinski sekretarijat za energetiku i mineralne sirovine. Dostupno na www.psemr.vojvodina.gov.rs
6. ASHRAE, 1966: Thermal comfort conditions, ASRAE standard 55.66, New York.
7. ASHRAE, 1992: Thermal environmental conditions for human occupancy. ANSI/ASHRAE standards, Atlanta. Atmospheric Environment Service.
8. Australijski meteorološki zavod, 2011: <http://www.bom.gov.au>
9. Aziz, R.A., 2002: Competition in hot nad humid environments, Medical guidance. FIH Medical Committee. Available online at <http://www.fih.ch/files/Sport/Medical/Hot%20and%20Humid%20Environments.pdf>
10. Basset, H.A., and M.H. Konary 2007: The global and UV-B radiation over Egypt, Atmosfera, 20 (4), 341-358.
11. Berger, D., 1976: The sunburning ultraviolet meter: design and performance. Photochem. Photobiol., 24, 587-593.
12. Bijelović, S., 2010: Činioci životne sredine kao pokazatelji uticaja na zdravlje ljudi. Doktorska disertacija. Univerzitet u Novom Sadu, Medicinski fakultet.
13. Bilbao J., P.S Gonzalez, and A. De Miguel Castrillo, 2008: UV-B climatology in Central Spain, Int. J. Climatol., 28, 1933–1941.
14. Bird, E.R., and C. Riordan, 1986. Simple solar spectral model for direct and diffuse irradiance on horizontal and tilted planes at the earth's surface for cloudless atmosphere. J. Clim. Appl. Meteorol., 25, 87–97.
15. Biswas, A.K., 1979: The Ozone Layer. Vol. IV, Pergamon Press, Oxford.
16. Blumthaler, M., W. Ambach, and R. Ellinger, 1997: Increase in solar UV radiation with altitude. J. Photochem. Photobiol. B: Biol., 39, 130-134.
17. Brauner, N., and M. Shacham, 1995: Meaningful wind chill indicators derived from heat transfer principles. Int. J. Biometeorol., 39, 46-52.
18. Brine, D.T., and M. Iqbal, 1983: Solar spectral diffuse irradiance under cloudless skies, Sol. Energy, Vol., 30, 447-453.
19. Browning, P.A., and B.P. Walawender, 2009: A climatology of apparent temperature. Proceeding of the 21st Conference on Climate Variability and Change. Phoenix.
20. Brys, G., M. Hubert, and A. Struyf, 2006: Robust measures of tail weight. Comput. Stat. Data An., 50, 733-759.

21. Burrows, W.R., M. Vallee, D.I. Wardle, J.B. Kerr, L.J. Wilson, and D.W. Tarasick, 1994: The Canadian operational procedure for forecasting total ozone and UV radiation. *Meteor. Appl.*, 1, 247–265.
22. Burton, A.C., and O.G. Edholm, 1955: *Man in a Cold Environment*. Edward and Arnold Ltd., 273 pp.
23. Catmull, E., and R. Rom, 1974: A Class of Local Interpolation Splines, in Barnhill R.E. and R.F. Riesenfeld (eds.), *Computer Aided Geometric Design*, Academic Press, New York.
24. CMEP, 2011: <http://www.cmep.rs>
25. Coulson, K.L., 1975: *Solar and terrestrial radiation*. New York, San Francisco, London, Academic Press, 322 pp.
26. Čubrilo D., M. Jevtić-Aćimović, L. Vajagić, Lj. Gluhović, M. Kristoforović-Ilić, Lj. Sokolova-Đokić, i M. Redžepovski, 1997: Analiza kvaliteta vazduha na području grada Sombora za period 1990-1995, XXV Savetovanje sa međunarodnim učešćem “Zaštita vazduha 97”, Knjiga radova, Beograd, 341-347.
27. Dalmacija B., 2009: Strategija vodosnabdevanja i zaštite voda u AP Vojvodini. Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet. Dostupno na <http://www.eko.vojvodina.gov.rs>
28. DEH, 2004: State of air: national ambient air quality status and trends report 1991-2001. Australian Department of Environment and Heritage.
29. Dixon, J.C., and M.J. Prior, 1987: Wind – chill indices – a review. *Meteorol. Mag.*, 116, 1-15.
30. Duffie J.A., and W.A. Beckman, 1994: *Solar Engineering of thermal Processes*. 2nd Edn. John Wiley, New York.
31. Đarmati, A.Š., 2007: *Zagađenje i zaštita vazduha*. Beogradska politehnika - visoka škola strukovnih studija, Beograd. Institut Politehnika, 290 str.
32. Efron, B., and R. Tibshirani, 1993: *An introduction to the bootstrap*, Chapman and Hall, London.
33. EU, 1980: Council directive of 15 July 1980 on air quality limit values and guide values for sulphur dioxide and suspended particulates (80/779/EEC), OJ No L 229, 30.8.1980., 30 pp.
34. EU, 2008: Directive 2008/50/EC of the European parliament and of the council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe, Official Journal of the European Union.
35. Eurowinter Group, 1997: Cold exposure and winter ischaemic heart diseases, cerebrovascular diseases, and all causes in warm and cold regions of Europe. *Lancet*, 349, 1341–1346.
36. EViews 7, 2011: <http://www.eviews.com>
37. Fanger, P.O., 1970: *Thermal comfort*. Danish Technical Press, Copenhagen.
38. Fiester, U., and K.H. Grasnack, 1992: Solar UV radiation measurements at Potsdam (52o 22 N, 31o 5 E). *Solar Energy*, 49, 541–548.
39. Foyo-Moreno, I., I. Alados, and L. Alados-Arboledas, 2007: Adaptation of an empirical model for erythemal ultraviolet irradiance. *Ann. Geophys.*, 25, 1499–1508.
40. Giese, A.C., 1982: *Living with our Suns' Ultraviolet Rays*. Plenum Press, New York.

41. Gueymard, C.A., 1995: SMARTS2 A Simple Model of the Atmospheric Radiative Transfer of Sunshine: Algorithms and performance assessment. Rep. FSEC-PF-270-95, Florida Solar Energy Center, Cocoa, FL.
42. Hess, M., P. Koepke, and I. Schult, 1998: Optical properties of aerosols and clouds: The software package OPAC. *B. Am. Meteorol. Soc.*, 79, 831-844.
43. Hoppe, P. 1999: The physiological equivalent temperature—a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *Int. J. Biometeorol.* 43, 71–75.
44. Ilić, P., 2008: Kvalitet vazduha i istraživanje uticaja aerozagađenja u funkciji zaštite i unapređenja životne sredine u Banjoj Luci. Doktorska disertacija. Univerzitet u Novom Sadu. ACIMSI.
45. ISO 7730, 1984: Moderate thermal environments— determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. ISO, Geneva.
46. Janković, A., 2009: Analiza empirijskih formula za izračunavanje dnevne sume globalnog zračenja, Diplomski rad, Univerzitet u Novom Sadu. PMF.
47. Jevtić, M., 1997: Analiza i trend zagađujućih materija u vazduhu grada Novog Sada. Specijalistički rad. Univerzitet u Novom Sadu.
48. Jevtić, M., Lj. Dimitrijević, S. Vučurović, i Z. Jovanović, 2002: Prikaz desetogodišnjeg perioda praćenja kvaliteta vazduha u gradu Novom Sadu. Savetovanje sa međunarodnim učešćem „Zaštita vazduha 2002“. Knjiga radova. Beograd, 109-114.
49. Jevtić-Aćimović, M., M., Kristoforović-Ilić, i L. Vajagić, 1996: Analiza kvaliteta vazduha pojedinih delova grada Novog Sada. XXIV Savetovanje sa međunarodnim učešćem „Zaštita vazduha 96“. Knjiga radova I. Beograd, 281-288.
50. Jovanović, G., 1992: Geografski faktori kvaliteta vazduha Novog Sada. Magistarski rad. Univerzitet u Novom Sadu. PMF.
51. Justus, C.G., and M.V. Paris, 1985: A model for solar spectral irradiance at the bottom and top of a cloudless atmosphere, *J. Climat. Appl. Meteorol.*, 24, 193-205.
52. Kalkstein, L.S., 2000: Biometeorology-looking at the links between weather, climate and health. *WMO Bull.* 50, 1–6.
53. Katić, P., D. Đukanović, i P. Đaković, 1979: Klima SAP Vojvodine. Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
54. Kirchhoff, V.W., A. Silva, and K. Pinheiro, 2002: Wavelength dependence of aerosol optical thickness in the UV-B band. *Geophys. Res. Lett.* 29, 1620. doi:10.1029/2001.
55. Kojić, Z., Lj. Šćepanović, B. Bulajić-Subotić, i S. Žižić-Borjanović, 2008: Uticaj toplih letnjih dana na zdravlje ljudi. Institut za zaštitu zdravlja Srbije "Dr Milan Jovanovic Batut". Beograd.
56. Koronakis, P.S., G.K. Sfantos, A.G. Paliatsos, J.K. Kaldellis, J.E. Farofalakis, and I.P., Koronaki, 2002: Interrelations of UV-global/global/diffuse solar irradiance components and UV-global attenuation on air pollution episode days in Athens, Greece. *Atmos. Environ.*, 36 (19), 3173–3181.
57. Kylling, A., A., Dahlback, and B. Mayer, 2000: The effect of clouds and surface albedo on UV irradiances at a high latitude site. *Geophys. Res. Lett.*, 27, 1411–1414.
58. Leckner, B., 1978: The spectral distribution of Solar radiation at the Earth's surface-elements of a model. *Sol. Energy*, 20, 143-150.
59. Lee, D.H.K., 1980. Sventy-five years of searching for a heat index. *Environ. Res.*, 22, 331-356.

60. Li, P.W., and S.T. Chan, 2000: Application of a weather stress index for alerting the public to stressful weather in Hong Kong. *Meteorol. Appl.*, 7, 369-375.
61. Liou, K.N., 1980: An introduction to atmospheric radiation; Academic Press, New York.
62. Liu, S., S.A. McKeen, and S. Madronich, 1991: Effect of anthropogenic aerosols on biologically active ultraviolet radiation *Geophys. Res. Lett.*, 18, 2265-2268.
63. Ljekar, V., i M. Jevtić, 2001: Kvalitet vazduha i rizici po zdravlje ljudi. Matica Srpska. U monografiji D. Popović (ur.) *Zdravlje ljudi u Vojvodini*, 75-84.
64. Luccini, E., A. Cede, and R.D. Piacentini, 2003: Effect of clouds on UV and total irradiance at Paradise Bay, Antarctic Peninsula, from a summer 2000 campaign. *Theor. Appl. Climatol.*, 75, 105–116.
65. Madronich, S., 2007: Analytic Formula for the Clear-sky UV Index. *Photochem. Photobiol.*, 83, 1537–1538.
66. Madronich, S., L.O. Björn, M. Ilyas, and M.M. Caldwell, 1998: Changes in biologically active ultraviolet radiation reaching the Earth's surface. *J. Photochem. Photobiol. B: Biol.*, 46, 5–19.
67. Madronich, S., and S. Flocke, 1997: Theoretical estimation of biologically effective UV radiation at the earth's surface. ASI Series, I 52, *Solar Ultraviolet Radiation Modelling, Measurements and Effects*. C.S. Zerefos and A.F. Bais, Eds. Springer-Verlog.
68. Malinović S., 2003: Model za prognozu intenziteta UV zračenja uz korišćenje modela za prognozu vremena. Magistarski rad. Univerzitet u Novom Sadu. ACIMSI.
69. Malinovic S., D.T. Mihailovic, Z. Mijatovic, D. Kapor and I. Arsenic, 2003: Estimating solar ultraviolet irradiance (290-400 nm) by means of the NEOPLANTA model: Model description and validation. *Proceedings of the 5th General Conference of the Balkan Physical Union*, 25-29 August 2003, CD edition, Vrnjacka banja
70. Malinovic, S., D.T. Mihailovic, D. Kapor, Z. Mijatovic, and I.D. Arsenic, 2006: NEOPLANTA: A Short Description of the First Serbian UV Index Model. *J. Appl. Meteorol.*, 45, 1171–1177.
71. Malinovic-Milicevic S., and D. Mihailovic, 2011: The use of NEOPLANTA model for evaluating the UV index in the Vojvodina region (Serbia), *Atmos. Res.*, 101, 621–630.
72. Masterton, J.M., and F.A. Richardson, 1979: Humidex: a method of quantifying human discomfort due to excessive heat and humidity. Ontario, Canada, Environment Canada, Atmospheric Environment Service.
73. McKenzie, R.L., L.O. Bjorn, A. Bais, and M. Ilyasd, 2003: Changes in biologically active ultraviolet radiation reaching the Earth's surface. *Photochem. Photobiol. Sci.*, 2, 5–15.
74. McKinley, A.F., and B.L. Diffey, 1987: A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin. *CIE Journal* 6, 17-22.
75. Meeus, J., 1999: *Astronomical Algorithms*, 2nd Edition, Willmann-Bell, Inc, Richmond, Virginia.
76. Michelozzi, P., U. Kirchmayer, K. Katsouyanni, A. Biggeri, G. McGregor, B. Menne, P. Kassomenos, H.R. Anderson, M. Baccini, G. Accetta, A. Analytis, and T. Kosatsky, 2007: Assessment and prevention of acute health effects of weather conditions in Europe, the PHEWE project: background, objectives, design. *Environ. health*, 6, 12.
77. Mihailovic, D.T., and F. Acs, 1984: A contribution to the relation between global radiation and sunshine duration or cloudiness. *Idojaras*, 88, 3, 134-138.

78. Mihailović, D.T., I. Arsenić, B. Lalić, D. Radlović, i I. Koči, 2001: Toplotni indeks tokom izrazito visokih temperatura u mesecu julu 2000. godine u Novom Sadu. Naučni skup Matice Srpske, Tematski zbornik, Novi Sad, 85-91.
79. Mihailovic, D. T., K. Alapaty, B. Lalic, I. Arsenic, B. Rajkovic, and S. Malinovic, 2004a: Turbulent transfer coefficients and calculation of air temperature inside the tall grass canopies in land-atmosphere schemes for environmental modeling. *J. Appl. Meteor.*, 43, 1498–1512.
80. Mihailović, D.T., B. Lalić, I. Arsenić, i S. Malinović, 2004b. Klimatski uslovi za proizvodnju semena, Poglavlje u knjizi: Semenarstvo: Monografija 1: 240-266. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, Srbija i Crna Gora.
81. Mihailović, D.T., B. Lalić, i I. Arsenić, 2008: Praktikum iz meteorologije. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
82. Mijatović, Z., Lj., Čonkić i S. Miljković, 2002: UV zračenje, izvori, osobine efekti i zaštita, PMF, Novi Sad.
83. Mijatović, Z., S. Malinović, I. Arsenić, D. Kapor, i D.T. Mihailović, 2004: Monitoring i modeliranje solarnog UV zračenja. Kongres fizičara SCG, Petrovac na Moru, 8-111.
84. Mol, W.J.A, P.R. van Hooydonk, and F.A.A.M. de Leeuw, 2011: The state of the air quality in 2009 and the European exchange of monitoring information in 2010. ETC/ACM Technical Paper 2011/1.
85. Molnar, G., 1960: An evaluation of wind chill. *Trans. Sixth Conf. on Cold Injury*, New York, NY, Josiah Macy Foundation, 175–221.
86. Mulaku, G.C., and L.W. Kariuki, 2001: Mapping and Analysis of Air Pollution in Nairobi, Kenya. International Conference on Spatial Information for Sustainable Development Nairobi, Kenya. Available online at <http://www.fig.net/pub/proceedings/nairobi/mulaku-kariuki-TS3-2.pdf>
87. NASA, 2010: Total Ozone Mapping Spectroradiometer. <http://toms.gsfc.nasa.gov/>
88. Oliver, E.J, 2005: *Encyclopedia of world climatology*. Springer.
89. Oszczewski, R.J., and M. Bluestein, 2005: The new wind chill equivalent temperature Chart. *Bulletin Amer. Meteor. Soc.* 86, 1453-1458.
90. Ostro, B., 1994: Estimating health effect of air pollutions: a methodology with an application to Jakarta. Washington (DC): The World Bank. Policy Research Working Paper 1301.
91. Parrish, J.A., R. Rox Anderson, F. Urbach, and D. Pitts, 1978: UV-A: Biological Effects of Ultraviolet Radiation with Emphasis on Human Responses to Longwave Ultraviolet. Plenum Press, New York and London, p.151.
92. Parsons, K.C., 2003: *Human thermal environments: the effect of hot, moderate and cold environments on human health, comfort and performance*, Taylor-Francis, London.
93. Paulescu, M., N. Stefu, E. Tulcan-Paulescu, D. Calinoiu, S. Neculae, and P. Gravila, 2010: UV solar irradiance from broadband radiation and other meteorological data. *Atmos. Res.* 96, 141-148.
94. Pavlović, A., 2009. Trendovi promene karaktera vodnog režima na reci Dunav na potezu Bezdán - Bogojevo - Novi Sad. Građevinsko – arhitektonski fakultet, Niš. Dostupno na www.gaf.ni.ac.rs/
95. Peak, M. J., and J.G. Peak, 1986: Molecular photobiology of UVA. *Biological Effects of UVA Radiation*, in Urbach, F and R W Gange (eds.), New York: Praeger.

96. Pollution Probe, 2004: Primer on climate change and human health. Toronto. Pollution Probe. Available online at <http://www.pollutionprobe.org/Reports/climatechangeprimer.pdf>
97. PKV, 2011: <http://www.pkv.rs>
98. Quayle, R.G., and R.G. Steadman, 1998: The Steadman Wind Chill: An Improvement over Present Scales. *Wea. Forecasting*, 13, 1187–1.
99. Raič, A., 2005: Uvod u metode istraživanja i statističku analizu, Beograd.
100. RHMZ, 2011: <http://www.hidmet.gov.rs>
101. RSZ, 2011: <http://webrzs.stat.gov.rs/>
102. Robaa, S. M., 2004: A study of ultraviolet solar radiation at the Cairo urban area, Egypt. *Sol. Energy*, 77, 251–259.
103. Robertson, D. F., 1972: Solar ultraviolet radiation in relation to human skinburn and cancer. Ph. D. Thesis. University of Queensland, Australia.
104. Roemer, W. H., and J. H. van Wijnen, 2001: Differences among black smoke, PM10, and PM1.0 levels at urban measurement sites. *Environ. Health Persp.*, 109:151–154.
105. Ruggaber, A., R. Dlugi, and T. Nakajima, 1994: Modeling of radiation quantities and photolysis frequencies in the troposphere. *J. Atmos. Chem.* 18, 171-210.
106. Sabburg, J., and J. Wong, 2000. The effect of clouds on enhancing UVB irradiance at the Earth's surface: A one year study. *Geophys. Res. Lett.*, 27, 3337- 3340.
107. Schwander, H., A. Kaifel, A. Ruggaber, and P. Koepke, 2001: Spectral Radiative-Transfer Modeling with Minimized Computation Time by Use of a Neural-Network Technique. *Appl. Opt.* 40, 331-335.
108. Siple, P.A., and C.F. Passel, 1945: Measurements of dry atmospheric cooling in subfreezing temperatures. *Proc. Amer. Philos. Soc.*, 89, 177–199.
109. SG RS, 2006: Pravilnik o graničnim vrednostima, metodama merenja imisije, kriterijumima za uspostavljanje mernih mesta i evidenciji podataka, 54/92, 30/99, 19/2006.
110. SG RS, 2009: Zakona o zaštiti vazduha, 36/09.
111. SG RS 2010a: Uredbu o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha. 11/2010.
112. SG RS, 2010b: Uredba o postupanju sa supstancama koje oštećuju ozonski omotač, kao i o uslovima za izdavanje dozvola za uvoz i izvoz tih supstanci. 22/2010.
113. SG RS, 2010c: Uredba o izmenama i dopunama Uredbe o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha. 75/2010.
114. Som, A.K., 1992: Solar UV-B radiation measurements over Bahrain. *Renewable Energy*, 2, 93–98.
115. Spencer, J.W., 1971: Fourier series representation of the position of the sun. *Search*, 2, p. 272.
116. Steadman, R. G., 1971: Indices of wind chill of clothed persons. *J. Appl. Meteor.*, 10, 674–683.
117. Steadman, R.G., 1979a: The assessment of sultriness. Part I: A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science. *J. Appl. Meteor.*, 18, 861-873.
118. Steadman, R.G., 1979b: The assessment of sultriness. Part II: Effects of wind, extra radiation and barometric pressure on apparent temperature. *J. Appl. Meteor.*, 18, 874-885.
119. Steadman, R.G., 1984: A Universal Scale of Apparent Temperature. *J. Clim. Appl. Meteorol.*, 23, 1674-1687.

120. Steadman, R.G., 1994: Norms of apparent temperature in Australia. *Aust. Met. Mag.*, 43, 1-16.
121. Straja, S.R., 1999: Excel Reference – Statistics Functions, Montgomery Investment Technology.
122. Tahbaz, M., 2010: Toward a New Chart for Outdoor Thermal Analysis. Proceedings of Conference: Adapting to Change: New Thinking on Comfort Cumberland Lodge. Windsor, UK, 9-11 April 2010. London.
123. Tomić, P., J. Romelić, S. Kicošev, i L. Lazić 2002: Vojvodina. Univerzitet u Novom Sadu. Prirodno-matematički fakultet.
124. Trivić, N., 2008: Pretpostavke za mapiranje zagađenja vazduha u Vojvodini, u: Anali Ekonomskog fakulteta u Subotici, 8. Ekonomski fakultet Subotica.
125. UN, 2007: Pregled stanja životne sredine, Republika Srbija. Drugi pregled, Ujedinjene nacije, Njujork i Ženeva, 183 str.
126. UNEP/WHO, 1992: Urban Air Pollution in Megacities of the World. Blackwell, Oxford.
127. Vajagić, L., Z. Jovanović, S. Vučurović, i M. Jevtić-Aćimović, 1995: Trend kretanja osnovnih zagađujućih materija u vazduhu grada Novog Sada u periodu 1989-1994. godine, XXIII Savetovanje sa međunarodnim učešćem „Zaštita vazduha '95“ Zbornik radova, Beograd, 185-190.
128. Vajagić, L., M. Kristoforović-Ilić, K. Švan, E., Švan, M. Jevtić-Aćimović, M. Vidović, D. Čubrilo, i Ž. Krpučin, 1996. Koncentracije osnovnih zagađujućih materija u vazduhu nekih gradova Vojvodine. XXIV Savetovanje sa međunarodnim učešćem „Zaštita vazduha 96“ Knjiga radova I, Beograd, 103-110.
129. Van der A, R.J., Eskes, H.J., Van Geffen, J.H.G.M., Van Oss, R.F., Pijters, A.J.M., Valks, P.J.M., and C. Zehner, 2000: GOME Fast delivery and value-Added Products (GOFAP). Proceedings ERS-ENVISAT symposium, Gothenburg, Sweden, 16-20 October, 2000. Dostupno na <http://josvg.home.xs4all.nl/KNMI/papers/374vandera.pdf>.
130. Vanicek, K., T. Frei, Z. Litynska, and A. Schmalwieser, 1999: UV-Index for the Public. A guide for publication and interpretation of the solar UV Index forecasts for the public prepared by the Working Group 4 of the COST-713 Action “UVB Forecasting, Brussels.
131. VDI, 1998: Methods for the human-biometeorological assessment of climate and air hygiene for urban and regional planning. Part I: Climate, VDI guideline 3787. Beuth, Berlin.
132. Vojvodina portal, 2011: <http://www.vojvodinaportal.com>
133. Vujić, B., 2010: Razvijanje opšteg modela za procenu nivoa koncentracije suspendovanih čestica primenom veštačkih neuronskih mreža. Univerzitet u Novom Sadu Fakultet tehničkih nauka.
134. Wanielista, M., R. Kersten, and R. Eaglin, 1997: Hydrology Water Quantity and Quality Control. John Wiley & Sons. 2nd ed.
135. Webb, A.R., B.G. Gardiner, T.J. Martin, K. Leszczynski, J. Metzendorf, V.A. Mohnen, and B. Forgan, 1999: Guidelines for Site Quality Control of UV monitoring. WMO, GAW Rep. 126, 39 pp.
136. Weihs, P., A.R. Webb, S.J. Hutchinson, and G.W. Middleto, 2000: Measurements of the diffuse UV sky irradiance during broken cloud conditions. *J. Geophys. Res.* 105, 4937-4944.
137. WHO, 1999: Monitoring ambient air quality for health impact assessment. WHO Regional Office for Europe, European Series, No. 85., Copenhagen, Denmark.

138. WHO, 2002: Global solar UV index: a practical guide. A joint recommendation of the World Health Organization, World Meteorological Organization, United Nations Environmental Programme, and the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. World Health Organization, Geneva. ISBN 92 4 159007 6.
139. WHO, 2003: Climate change and human health, RISKS AND RESPONSES. Geneva, Switzerland.
140. WHO, 2004a: Environmental Health indicators for Europe: A pilot indicator-based report. Background document of Fourth Ministerial Conference on Environment and Health. WHO Regional Office for Europe, Report No.: EUR/04/5046267/BD/4.
141. WHO, 2004b: Meta-Analysis Of Time Series And Panel Studies Of Particulate Matter (*PM*) And Ozone (O_3), Report of WHO Task Group, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark. Available online at www.euro.who.int/document/e82792.pdf.
142. WHO, 2004c: Outdoor air pollution. Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Geneva. Environmental Burden of Disease Series, No 5.
143. WHO, 2006: Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark.
144. WHO, 2010: Progress Assessment. Regional Office for Europe, Copenhagen.
145. WHO, 2011: WHO e-atlas of disaster risk. Volume 1. Exposure to natural hazards. Version 2.0: Heat wave hazard modelling. Methodology document for heat wave hazard modelling. Available online at <http://www.who-eatlas.org/eastern-mediterranean/>.
146. WMO, 2004: Guidelines on biometeorology and air quality forecasts. WMO/TD No. 1184. Geneva, Switzerland.
147. WMO, 2007: Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2006. Global Ozone Research and Monitoring Project–Report No. 50., 572 pp., Geneva, Switzerland.
148. WMO, 2011: Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2010. Global Ozone Research and Monitoring Project–Report No. 52., 516 pp., Geneva, Switzerland.
149. Yang, K., G.W. Huang, and N. Tamai, 2001: A hybrid model for estimating global solar irradiance. *Sol. Energy* 70, 13–22.
150. Yankee Environmental Systems Inc., 2002: Certificate of Calibration. p 1.
151. Yankee Environmental Systems Inc., 2008: UVB-1 Ultraviolet Pyranometer, Installation and User Guide, version 2.04. 53 pp.
152. Yamasawa, F., and H.C., Brown, 2011: Environmental Factors Affecting Human Performance. Chapter 11. eds C. Harmon Brown, M.D., FACP, IAAF Medical And Anti-Doping Commission. Available online at www.iaaf.org/mm/Document/imported/42030.pdf

Biografija

Slavica Malinović Milićević je rođena 15.02.1975. godine u Novom Sadu. Osnovnu školu je pohađala u Srpskom Brodu (Bosna i Hercegovina), a gimnaziju u Slavonskom Brodu (Hrvatska) i Novom Sadu. Studije je otpočela na Institutu za geografiju, PMF, u Novom Sadu 1993. godine., gde je i diplomirala 1998. godine sa prosečnom ocenom 8,59. Godine 1999. upisuje poslediplomske studije na smeru Zaštita vazduha, grupa: Inženjerstvo za zaštitu životne sredine u okviru Centra za interdisciplinarnu i multidisciplinarnu studije i razvojna istraživanja Univerziteta u Novom Sadu. Položila je sve ispite sa prosečnom ocenom 9,44. Magistarsku tezu pod vođstvom prof. dr Dragutina T. Mihailovića sa nazivom „Model za prognozu intenziteta UV zračenja uz korišćenje modela za prognozu vremena“ odbranila je 03.12.2003. godine sa ocenom 10. Zaposlena je od 2001. godine u ŠOSO „Milan Petrović“ u Novom Sadu, a od 2002. do 2005. godine radila je kao saradnik u Centru za meteorologiju i modeliranje životne sredine u Novom Sadu. Autor je ili koautor 14 naučnih radova koji su 4 objavljena u međunarodnim časopisima sa SCI liste. Udata je, majka jednog deteta.



Novi Sad, 2012. godine

Slavica Malinović Milićević

UNIVERZITET U NOVOM SADU
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj: RBR	
Identifikacioni broj: IBR	
Tip dokumentacije: TD	Monografska dokumentacija
Tip zapisa: TZ	Tekstualni štampani materijal
Vrsta rada : VR	Doktorska disertacija
Autor: AU	Mr Slavica Malinović Milićević
Mentor: MN	Prof. dr Dragutin Mihailović, redovni profesor Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu Prof. dr Vladimir Stojanović, docent PMF-a u Novom Sadu
Naslov rada: NR	Monitoring nejonizujućeg zračenja, zagađujućih materija i toplotnih indeksa u regionu Vojvodine
Jezik publikacije: JP	srpski
Jezik izvoda: JI	srp. / eng.
Zemlja publikovanja: ZP	Republika Srbija
Uže geografsko područje: UGP	Vojvodina
Godina: GO	2012.
Izdavač: IZ	autorski reprint
Mesto i adresa: MA	21000 Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 3
Fizički opis rada: FO	poglavlja (8), strana (154), lit. citata (152), broj slika i grafikona (71), tabela (52)
Naučna oblast: NO	Geografija
Naučna disciplina:	Zaštita životne sredine

ND	
Predmetna odrednica, ključne reči: PO	UV zračenje, toplotni indeksi, zagađenje vazduha, Vojvodina
UDK	
Čuva se: ČU	U biblioteci Departmana za geografiju, turizam i hotelijerstvo, Prirodno-matematički fakultet Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 3, 21000 Novi Sad
Važna napomena: VN	Nema
Izvod: IZ	<p>Predmet istraživanja ove disertacije je monitoring i analiza ultraljubičastog zračenja, toplotnih indeksa i zagađujućih materija u vazduhu većih naselja na teritoriji Vojvodine. Cilj istraživanja je da se prostornom i vremenskom analizom posmatranih parametara dođe do što optimalnijih saznanja o stanju kvaliteta životne sredine na području Vojvodine kao i stvaranje jedinstvene baze podataka koja će služiti za buduća istraživanja. U radu je ispitan odnos između sunčevog globalnog i UV zračenja, izvedena i verifikovana empirijska jednačina za procenu dnevnih suma UV-B zračenja u osam naselja za period 1981-2008, analizirane koncentracije pet zagađujućih materija u sedam naselja za period 2001-2008. godina i analizirani toplotni indeksi u sedam naselja u periodu od 1992. do 2008. Analiza pokazuje da rekonstruisane vrednosti dnevnih suma UV-B zračenja i srednji godišnji toplotni indeksi u svim naseljima pokazuju tendenciju rasta i da dominantan uticaj na kvalitet vazduha u naseljima Vojvodine imaju čestice. Napravljena je jedinstvena baze podataka sa vrednostima koncentracija zagađivača vazduha, toplotnih indeksa, UV i globalnog zračenja.</p>
Datum prihvatanja teme od strane NN veća: DP	15.01.2009.
Datum odbrane: DO	
Članovi komisije:	mentor: dr Dragutin Mihailović, redovni profesor

<p>(ime i prezime / titula / zvanje / naziv organizacije / status)</p> <p>KO</p>	<p>Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu</p> <p>mentor: dr Vladimir Stojanović, docent PMF-a u Novom Sadu</p> <p>predsednik: dr Zoran Mijatović, redovni profesor PMF-a u Novom Sadu</p> <p>član: dr Milan Radovanović, naučni saradnik Instituta “Jovan Cvijić” u Beogradu</p> <p>član: dr Marija Jevtić, docent Medicinskog fakulteta u Novom Sadu</p>
--	---

UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF SCIENCES
KEY WORD DOCUMENTATION

Accession number: ANO	
Identification number: INO	
Document type: DT	Monograph documentation
Type of record: TR	Textual printed material
Contents code: CC	PhD thesis
Author: AU	MSc Slavica Malinović Milićević
Mentor: MN	Ph.D. Dragutin T. Mihailović, full time professor at the Faculty of Agriculture, Novi Sad Ph.D. Vladimir Stojanović, associate professor at the Faculty of Sciences, Novi Sad
Title: TI	Monitoring of the non-ionizing radiation, air pollution and heat indexes in Vojvodina region
Language of text: LT	Serbian
Language of abstract: LA	Serbian/English
Country of publication: CP	Republic of Serbia
Locality of publication: LP	Vojvodina
Publication year: PY	2012.
Publisher: PU	Author's reprint
Publication place: PP	21000 Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 3
Physical description: PD	chapters (8), pages (154), references (152), figures and pictures (71), tables (52)
Scientific field SF	Geography

Scientific discipline SD	Environmental Science
Subject, Key words SKW	UV radiation, heat index, air pollution, Vojvodina
UC	
Holding data: HD	Library of Department of Geography, Tourism and Hotel Management, Faculty of Science, Trg Dositeja Obradovića 3, 21000 Novi Sad
Note: N	None
Abstract: AB	This study analyzes UV radiation, heat indexes and air pollution in town in Vojvodina region. Objective of the thesis is to provide scientific facts about environmental quality in Vojvodina, as well as, to generate unique data base for the future research. The relationship between UV-B and global radiation has been studied and correlation equation for estimating UV-B from global radiation has been deduced. Equation was used for UV-B radiation calculation in eight towns in Vojvodina region during the period 1981-2008. This study also analyzes concentrations of five air pollutant in during the period 2001-2008., and heat index during the period 1992-2008. in seven towns in Vojvodina. The results from this study show growth UV-B radiation and heat index in all towns, and denote particulate matters as main air pollutants in Vojvodina towns.
Accepted on Scientific Board on: AS	15.01.2009.
Defended: DE	
Thesis Defend Board: DB	mentor: Dragutin T. Mihailović, full time professor at the Faculty of Agriculture, Novi Sad mentor: Vladimir Stojanović, associate professor at the Faculty of Sciences, Novi Sad president: PhD Zoran Mijatović, full time professor at the Faculty of Sciences, Novi Sad member: Milan Radovanović, scientific collaborator at the Geographical institute "Jovan Cvijić", Belgrade member: PhD Marija Jevtić, associate professor at

