

Stručni rad

Professional paper

UDC: 504.3:66.074.32(497.6 Bijeljina)

DOI: 10.5825/afts.2012.0406.067D

UTICAJ METEOROLOŠKIH PARAMETARA NA KONCENTRACIJE SO₂ U VAZDUHU GRADA BIJELJINE

Durić Neđo¹, Babić Radenko¹, Savković Petar¹, Vidaković Mira¹

¹Tehnički institut, Bijeljina, E.mail: ekologija@tehnicki-institut.com

REZIME

Glavni uzrok zagađenja vazduha u gradu Bijeljini su ložišta u domaćinstvima, a malim dijelom saobraćaj i industrija. Zagađenje zavisi od jačine izvora zagađenja, a transport, razblaživanje i taloženje na okolinu zavisi od sledećih faktora: visine uzdizanja zagađujuće materije u zavisnosti od visine dimnjaka, turbulencije i razmjene vazдушnih masa, pravca i brzine vjetra i izgrađenosti terena. Osnovni parametar koji utiče na aerozagađenje je vjetar, njegova brzina i pravac, koji su usko vezani sa vertikalnim i horizontalnim gradijentima temperature u atmosferi.

U radu su prikazani odnosi koncentracija sumpor-dioksida i meteoroloških faktora: atmosferskog pritiska, brzine vjetra, relativne vlažnosti i temperature, bazirani na 24-časovnom kontinualnom mjerenju. Vršeno je poređenje rezultata mjerenja iz perioda povoljnih i nepovoljnih uslova za aerozagađenje – mjesec novembar 2009, 2010 i 2011. godine.

Ključne riječi: *aerozagađenje, pritisak, vlažnost vazduha, temperatura, brzina vjetra*

THE IMPACT OF METEOROLOGICAL PARAMETERS ON SO₂ CONCENTRATION IN AIR OF BIJELJINA CITY

ABSTRACT

The main cause of air pollution in the town of Bijeljina is combustion in households, and a small part of the transport and industry. Pollution depends on the strength of pollution sources and transport, dilution and deposition on the environment depends on the following factors: the height of ascent pollutants depending on the height of the chimney, turbulence and the exchange of air masses, wind direction and speed and construction field. The main parameter that affects the air pollution is the wind, its speed and direction, which are closely associated with vertical and horizontal temperature gradients in the atmosphere.

The paper shows the relation between concentrations of sulfur dioxide and meteorological factors: atmospheric pressure, wind speed, relative humidity and temperature, based on a 24-hour continuous measurement. Results of measurements were compared from the period favorable and unfavorable conditions for air pollution - the month November 2009, 2010 and 2011. year.

Keywords: air pollution, pressure, humidity, temperature, wind speed

UVOD

Opšte je poznato da meteorološki uslovi utiču na nivo zagađenja atmosfere. Transport, razblaživanje i taloženje zagađujućih materija na okolinu zavisi od visine uzdizanja u zavisnosti od visine dimnjaka, turbulencije i razmjene vazдушnih masa, pravca i brzine vjetra i izgrađenosti terena. Što je veća turbulencija u atmosferi to je potpunije rasturanje zagađujućih materija. Strujanje vazduha je uslovljeno opštom atmosferskom cirkulacijom i lokalnim uslovima, kao što su npr. uzane doline. Ukupna turbulencija vjetra sastoji se od mehaničke i termičke turbulencije. Mehanička turbulencija je izazvana strujanjem vjetra iznad aerodinamički hrapave Zemljine površine i proporcionalna je sa hrapavošću površine i sa brzinom vjetra, a smanjuje se sa visinom. Termička turbulencija je izazvana zagrijavanjem Zemlje od Sunca. Najveća je iznad Zemljine površine, a smanjuje se sa visinom.

Kada je vertikalni temperaturni gradijent donjeg dijela atmosfere veći od adijabatskog gradijenta, izazvano je vertikalno strujanje, a disperzija u vertikalnom pravcu je jače izražena. U stabilnoj atmosferi, kada je temperaturni gradijent izotermički ili pozitivan sa visinom, mora da bude utrošena znatna količina energije da bi se postiglo vertikalno strujanje. Usled stabilnosti u donjoj atmosferi obično je zagađivač ograničen u relativno niskim slojevima.

Dnevni hod temperaturnog gradijenta iznad otvorenog terena počinje sa uspostavljanjem nestabilnog gradijenta, koji se povećava u toku dana usled jakog zagrijavanja sunčevim zračenjem, i u vezi je sa dobro razvijenom turbulencijom. Neposredno pred zalazak Sunca vazduh iznad Zemlje se brzo hladi i počinje da se obrazuje stabilan gradijent, tj. porast temperature sa visinom, tzv. inverzija temperature, koja dostigne svoj maksimum između ponoći i doba minimalne temperature na zemljinoj površini. U to vrijeme zagađujuće materije se zadržavaju unutar ili ispod inverzionog sloja. Dolaskom dnevne svjetlosti, površina zemlje počinje da se zagrijeva i inverzija se postepeno povlači.

U uslovima jake inverzije temperature kada se inverzioni sloj stvara iznad dimnjaka te se onemogućuje difuzija nagore. U anticiklonskom stanju, magli, periodu bez vjetra pri jakoj inverziji stvaraju se veoma teški uslovi u pogledu akumulacije štetnih materija u atmosferi bliže okoline. Oblak dima ima karakter zadimljavajućeg strujanja i prekriva naselje i najbližu okolinu neprekidnom dimnom zavjesom. Vazdušni plafon je vrlo čvrst jer hladni vazduh iz donjih slojeva nije u stanju da difunduje u gornje slojeve.

Anticiklonske vremenske situacije u našoj zemlji javljaju se preko cijele godine, ali je njihova najveća čestina u zimskom periodu kada se one najviše zadržavaju. Ova najveća čestina javljanja poklapa se sa najintenzivnijim periodom loženja [1]. Najčešće karakteristike ovog perioda su pojave magle ili sumaglice, period bez vjetra i pajava inverzije. Zagađenje atmosfere utiče na smanjenje horizontalne vidljivosti. Efekat smanjenja vidljivosti koji nastaje usled magle, odnosno smoga, važan je zbog smanjenja transmisije Sunčeve energije prema Zemlji.

MJERNA OPREMA

Mjerna stanica (MM1) koja postavljena na platou pored zgrade Opštine Bijeljina, koristi automatski monitor za mjerenje sumpor-dioksida u atmosferskom vazduhu, i opremu za mjerenje osnovnih meteoroloških parametara čije su osnovne karakteristike:

APSA – 370 (HORIBA – Japan): monitor za mjerenje SO₂
mjerni opseg: 0 ppm do 0.05/0.1/0.2/0.5 ppm
minimalna osjetljivost: 0.5 ppb
princip mjerenja: UV – metoda.

110METEX00 Meteorological

Meteorološki senzor koji uključuje: UZ – senzor za brzinu i smjer vjetra, senzor za temperaturu i relativnu vlažnost i senzor za vazdušni pritisak. Na slici 1, dat je satelitski snimak lokacije mjerne stanice.



Slika 1. Satelitski snimak lokacije mjerne stanice
Figure 1 Satellite image of the location of measuring stations

Mjerna stanica postavljena je u centru grada i vrši mjerenja zagađujućih materija i meteoroloških parametara u kontinuitetu 24h, 365 dana u godini.

REZULTATI MJERENJA SUMPOR-DIOKSIDA I METEOROLOŠKIH PARAMETARA

U tabelama 1, 2 i 3 prikazani su rezultati mjerenja koncentracije SO₂ i meteoroloških parametara u mjesecu novembru 2009, 2010 i 2011. godine [4].

Tabela 1. Izmjerene vrijednosti koncentracija SO₂, brzine vjetra, temperature, vlažnosti vazduha i atmosferskog pritiska tokom novembra 2009. godine

Table 1 Measured values of SO₂ concentration, wind speed, temperature, humidity and atmospheric pressure during November 2009

Datum	SO ₂ [μg/m ³]		V _{vjetra} [m/s]	t [°C]	φ [%]	p [mbar]
	MM1*	VV**	MM1	MM1	MM1	MM1
1/11/2009	72.2	240	0.6	4.8	77	1016
2/11/2009	122.0	240	1.6	4.5	75	992
3/11/2009	77.6	240	2.2	2.6	90	995
4/11/2009	89.6	240	1.0	3.9	89	998
5/11/2009	64.6	240	1.1	7.6	90	999
6/11/2009	92.5	240	1.0	7.8	97	999
7/11/2009	107.0	240	0.7	9.6	90	993
8/11/2009	81.8	240	0.5	10.8	95	997
9/11/2009	66.3	240	1.1	12.2	84	993
10/11/2009	32.0	240	0.9	10.2	92	997
11/11/2009	37.3	240	0.7	8.1	79	1003
12/11/2009	40.8	240	0.9	8.8	73	1011

13/11/2009	49.0	240	1.3	8.5	75	1011
14/11/2009	58.0	240	1.5	10.4	72	1012
15/11/2009	49.5	240	1.3	13.2	70	1009
16/11/2009	63.4	240	1.1	13.7	76	1008
17/11/2009	36.4	240	1.1	14.9	71	1010
18/11/2009	42.4	240	0.8	14.0	76	1013
19/11/2009	40.1	240	0.8	11.9	83	1017
20/11/2009	56.3	240	1.4	10.6	71	1000
21/11/2009	86.0	240	0.9	9.7	78	1018
22/11/2009	36.8	240	1.1	5.9	93	1013
23/11/2009	81.3	240	0.9	7.2	89	1010
24/11/2009	60.6	240	1.0	10.1	78	1009
25/11/2009	55.4	240	1.0	10.4	74	1010
26/11/2009	55.8	240	0.7	10.4	70	1009
27/11/2009	69.0	240	0.9	10.9	69	1007
28/11/2009	35.9	240	0.8	9.4	87	1006
29/11/2009	53.1	240	1.2	6.8	90	1009
30/11/2009	115.1	240	1.4	10.6	71	1000
Prosjek	64.3	240	1.0	9.3	81	1005
Maksimum	122.0	240	2.2	14.9	97	1018

*MM1-Mjerno mjesto 1-plato pored zgrade opštine Bijeljina

**VV-Visoka vrijednost (Pravilnik o graničnim vrijednostima kvaliteta vazduha, Službeni glasnik RS br. 39/05)

Tabela 2. Izmjerene vrijednosti koncentracija SO₂, brzine vjetra, temperature, vlažnosti vazduha i atmosferskog pritiska tokom novembra 2010. godineTable 2 Measured values of SO₂ concentration, wind speed, temperature, humidity and atmospheric pressure during November 2010

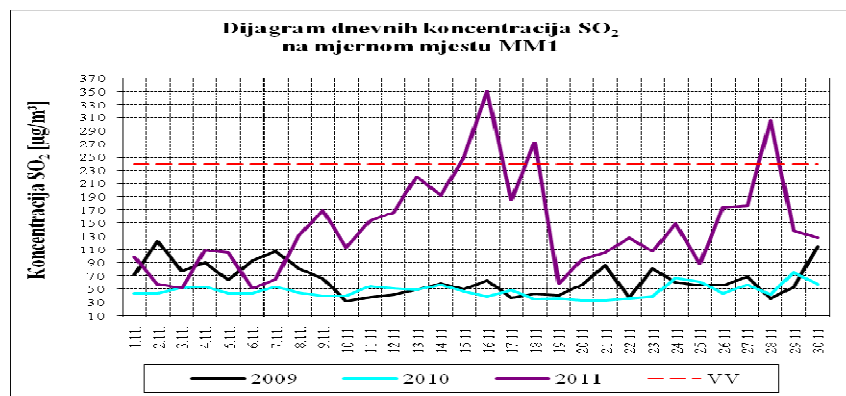
Datum	SO ₂ [µg/m ³]		V _{vjetra} [m/s]	t [°C]	φ [%]	p [mbar]
	MM1	VV	MM1	MM1	MM1	MM1
1/11/2010	43.2	240	0.79	11.9	72	1006
2/11/2010	43.3	240	0.65	13.7	67	1005
3/11/2010	51.6	240	0.73	12.6	74	1010
4/11/2010	53.2	240	0.62	13.3	76	1017
5/11/2010	42.9	240	0.70	15.3	69	1015
6/11/2010	43.1	240	0.63	14.2	70	1007
7/11/2010	53.9	240	0.78	12.9	72	998
8/11/2010	44.4	240	1.13	15.7	67	982
9/11/2010	39.1	240	0.95	14.9	76	980
10/11/2010	39.2	240	0.99	15.7	69	988
11/11/2010	54.9	240	0.66	12.6	72	1001
12/11/2010	50.6	240	0.90	11.5	75	1000
13/11/2010	48.8	240	0.75	12.4	66	1002
14/11/2010	56.9	240	0.67	12.7	71	1005
15/11/2010	46.5	240	0.68	13.8	68	1005
16/11/2010	38.2	240	0.76	14.3	70	1002
17/11/2010	48.2	240	0.65	12.7	88	999
18/11/2010	34.8	240	0.79	12.7	80	1003
19/11/2010	35.6	240	0.66	11.9	78	1007
20/11/2010	32.7	240	0.80	9.9	83	1009
21/11/2010	32.4	240	0.65	8.3	87	1002
22/11/2010	35.8	240	1.02	11.3	84	992
23/11/2010	37.9	240	1.07	8.5	89	989
24/11/2010	66.9	240	0.64	6.0	73	997

25/11/2010	61.1	240	0.97	5.3	78	998
26/11/2010	43.3	240	0.98	7.0	58	992
27/11/2010	56.9	240	1.02	4.2	79	999
28/11/2010	41.1	240	1.06	4.9	88	996
29/11/2010	75.3	240	1.02	7.7	81	993
30/11/2010	57.6	240	1.15	4.5	83	1004
Prosjek	47.0	240	0.83	11.1	75	1000
Maksimum	75.3	240	1.2	15.7	89	1017

Tabela 3. Izmjerene vrijednosti koncentracija SO₂, brzine vjetra, temperature, vlažnosti vazduha i atmosferskog pritiska tokom novembra 2011. godineTable 3 Measured values of SO₂ concentration, wind speed, temperature, humidity and atmospheric pressure during November 2011

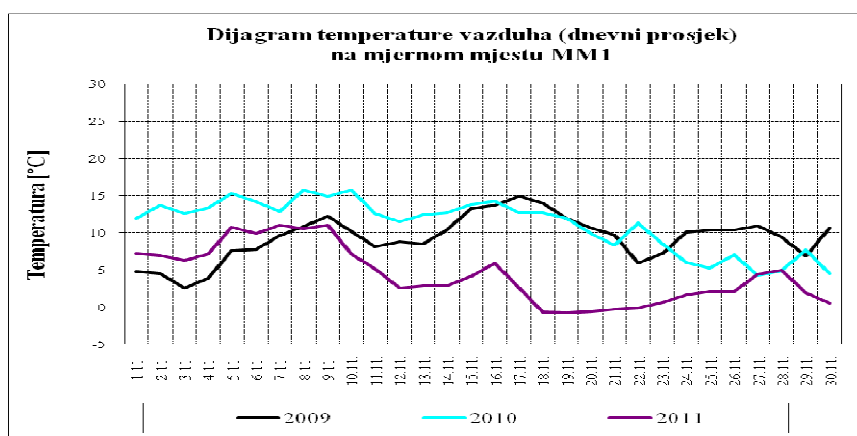
Datum	SO ₂ [µg/m ³]		V _{vjetra} [m/s]	t [°C]	φ [%]	p [mbar]
	MM1	VV	MM1	MM1	MM1	MM1
1/11/2011	98.3	240	0.64	7.2	92	1013
2/11/2011	57.2	240	0.69	6.9	93	1013
3/11/2011	51.8	240	0.61	6.3	90	1010
4/11/2011	109.0	240	0.55	7.1	85	1008
5/11/2011	105.0	240	0.67	10.7	68	1008
6/11/2011	50.3	240	1.40	9.9	68	1010
7/11/2011	65.56	240	1.25	11.0	72	1014
8/11/2011	130.8	240	0.66	10.5	75	1016
9/11/2011	168.7	240	0.61	11.0	78	1013
10/11/2011	113.4	240	0.85	7.1	94	1012
11/11/2011	153.4	240	1.02	5.2	91	1019
12/11/2011	166.4	240	0.58	2.6	70	1026
13/11/2011	220.3	240	0.57	2.8	69	1027
14/11/2011	192.0	240	0.65	2.8	70	1020
15/11/2011	250.6	240	0.56	4.1	68	1014
16/11/2011	350.8	240	0.46	5.9	62	1016
17/11/2011	185.1	240	0.58	2.6	74	1018
18/11/2011	272.6	240	0.65	-0.7	93	1018
19/11/2011	57.9	240	0.73	-0.8	95	1018
20/11/2011	95.0	240	0.69	-0.6	88	1018
21/11/2011	105.5	240	0.72	-0.3	84	1017
22/11/2011	128.1	240	0.92	-0.1	84	1016
23/11/2011	106.8	240	0.86	0.6	88	1020
24/11/2011	149.0	240	0.75	1.6	91	1026
25/11/2011	87.9	240	0.87	2.1	88	1024
26/11/2011	174.2	240	0.91	2.1	87	1022
27/11/2011	176.6	240	0.67	4.4	79	1017
28/11/2011	305.3	240	0.67	5.0	75	1019
29/11/2011	138.7	240	0.94	1.9	86	1018
30/11/2011	128.0	240	0.81	0.5	97	1019
Prosjek	146.5	240	0.75	4.3	82	1017
Maksimum	350.8	240	1.4	11.0	97	1027

Na slici 2, prikazane su koncentracije sumpor-dioksida u mjesecu novembru 2009, 2010 i 2011. godine.

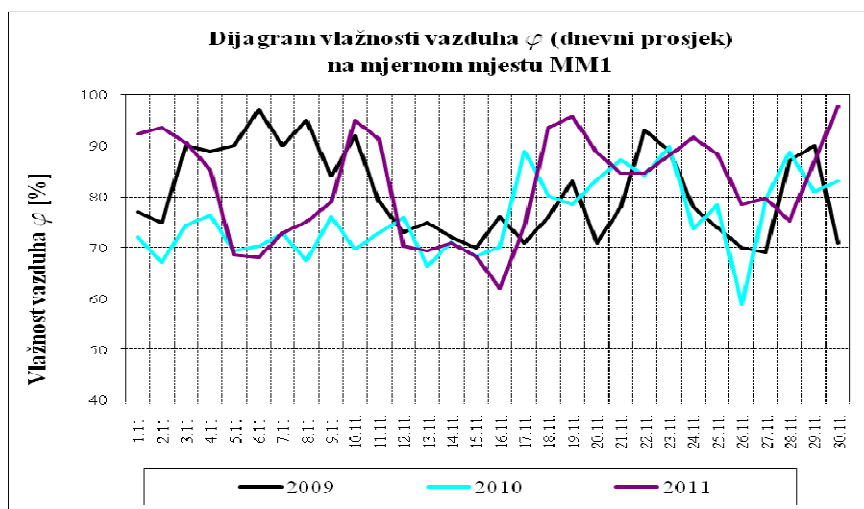


Slika 2. Dijagram koncentracija SO₂ u novembru 2009, 2010 i 2011. godine
Figure 2 Diagram of concentration of SO₂ for November 2009, 2010 and 2011. year

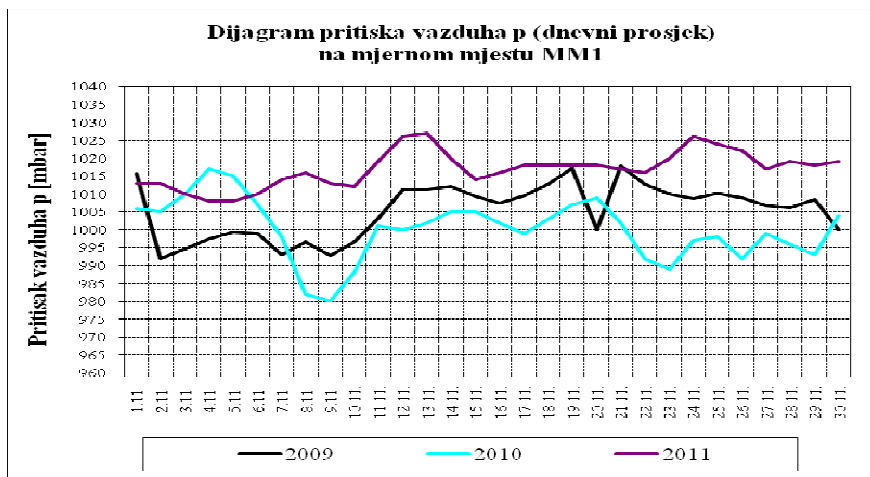
Na slikama 3 – 8 prikazane su izmjerene vrijednosti meteoroloških parametara: temperature, vlažnosti i pritiska vazduha i brzina vjetera za novembar 2009. 2010 i 2011. godine.



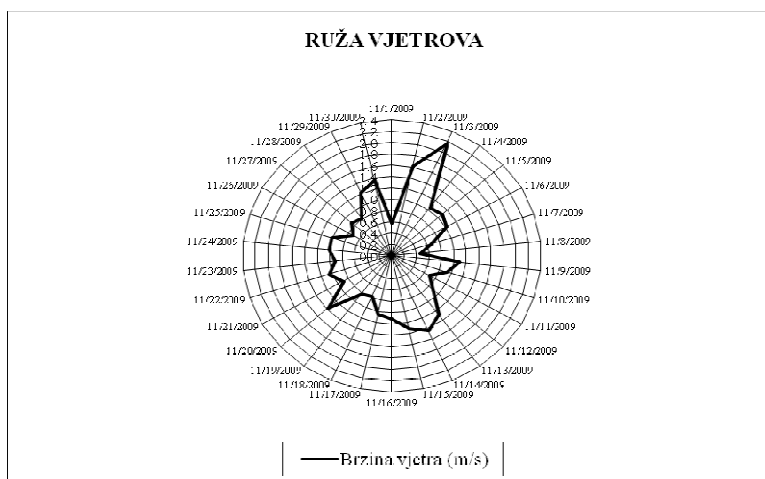
Slika 3. Dijagram temperature vazduha u novembru 2009, 2010 i 2011. godine
Figure 3 Diagram of air temperature for November 2009, 2010 and 2011. year



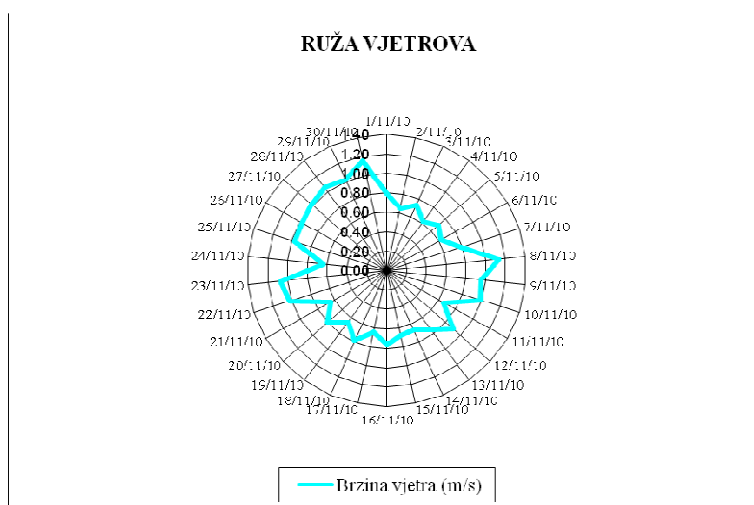
Slika 4. Dijagram vlažnosti vazduha u novembru 2009, 2010 i 2011. godine
Figure 4 Diagram of humidity for November 2009, 2010 and 2011. year



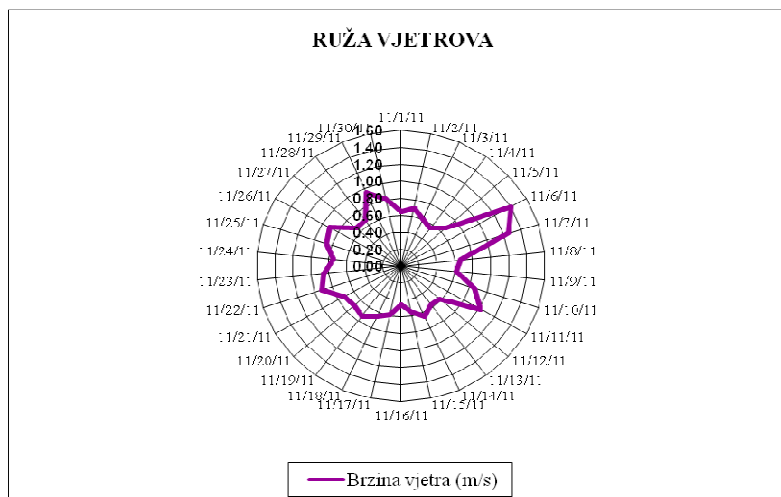
Slika 5. Dijagram pritiska vazduha u novembru 2009, 2010 i 2011. godine
 Figure 5 Diagram of air pressure for November 2009, 2010 and 2011. year



Slika 6. Ruže vjetrova za novembr 2009. godine
 Figure 6 Wind rose for November 2009



Slika 7. Ruže vjetrova za novembr 2010. godine
 Figure 7 Wind rose for November 2010



Slika 8. Ruže vjetrova za novembar 2011. godine
Figure 8 Wind rose for November 2011

RAZMATRANJE REZULTATA MJERENJA

Prosječne mjesečne vrijednosti koncentracija sumpor-dioksida za novembar iznosile su: 2009 god: 64.3 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], 2010 god: 47.0 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], 2011 god: 145.6 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Prosječne mjesečne vrijednosti brzine vjetra iznosile su: 2009 god: 1.0 [m/s], 2010 god: 0.83 [m/s], 2011 god: 0.75 [m/s].

Prosječne mjesečne vrijednosti temperatura vazduha iznosile su: 2009 god: 9.3 [°C], 2010 god: 11.5 [°C], 2011 god: 4.3 [°C].

Prosječne mjesečne vrijednosti vlažnosti vazduha iznosile su: 2009 god: 81 %, 2010 god: 75 %, 2011 god: 82 %.

Prosječne mjesečne vrijednosti pritiska vazduha iznosile su: 2009 god: 1005 [mbar], 2010 god: 1000 [mbar], 2011 god: 1017 [mbar].

Prema rezultatima najveća vrijednost prosječne mjesečne koncentracije sumpor-dioksida zabilježena je u novembru 2011. godine (145.6 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]) kada je prosječna mjesečna brzina vjetra iznosila 0.75 [m/s] što je i najmanja vrijednost zabilježena u promatranom periodu. U ovom periodu primjetan je i povišen atmosferski pritisak od 1017 [mbar], a bila je prisutna i magla i izmaglica koja se duži period zadržala iznad grada. Kapljice magle vezuju za sebe sumpor-dioksid, dobijaju na težini i spuštaju se u niže slojeve ne dozvoljavajući molekulima sumpor-dioksida da slobodno odlaze u više slojeve atmosfere. Svi ovi faktori su uticali da se zagađujuće materije gomilaju u vazduhu bez mogućnosti većeg provjetravanja i čišćenja vazduha.

Najveća izmjerena prosječna dnevna vrijednost koncentracije sumpor-dioksida za promatrani period zabilježena je 16.11.2011. godine a iznosila je 350.8 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] u isto vrijeme kada je i prosječna dnevna brzina vjetra imala najmanju vrijednost (0.46 [m/s]).

Novembar 2011. godine su pratile i niže temperature (prosječna mjesečna vrijednost: 4.3 [°C]) što je doprinijelo i pojačanom intenzitetu loženja uglja, a samim tim i povećanoj emisiji sumpor-dioksida u atmosferu.

ZAKLJUČAK

Prema rezultatima mjerenja meteorološki faktori su imali veoma nepovoljan uticaj na aerozagađenje tokom mjeseca novembra 2011. godine. Ovaj period karakteriše odsustvo padavina, česte pojave magle i sumaglice, povišene vrijednosti atmosferskog pritiska, slaba vazдушna strujanja, kao i niža temperatura u odnosu na isti period ranijih godina.

Najveći uticaj na prisustvo sumpor-dioksida u vazduhu grada Bijeljine ima vjetar, odnosno njegova brzina od koje zavisi u kojoj mjeri će zagađujuće materije biti odnešene van gradskog područja. Anticiklonske vremenske situacije, takođe negativno utiču na kvalitet vazduha a najčešće karakteristike ovog perioda su pojave magle ili sumaglice, period bez vjetra i pajava inverzije što doprinosi zadržavanju zagađujućih materija u gradskom području.

Obzirom da se ne može uticati na vremenske uslove jedini način sprečavanja ovakvih situacija je zamjena uglja kao energenta čistijim izvorima energije kao što je prirodni gas ili korišćenje geotermalnih voda za zagrijavanje stambenih objekata.

LITERATURA

- [1] Đuković, J. (2001). Hemija atmosfere. Beograd. Rudarski institut.
- [2] Ramzin S i saradnici, Priručnik za komunalnu higijenu, Medicinska knjiga Beograd - Zagreb 1966.
- [3] Pravilnik o graničnim vrijednostima kvaliteta vazduha, Službeni glasnik RS 39/05.
- [4] Tehnički institut Bijeljina, Mjerenje aerozagađenja na području grada Bijeljine, Mjesečni izvještaji za novembar 2009, 2010 i 2011 godine.
- [5] Zakon o zaštiti vazduha, Službeni glasnik RS 53/02.
- [6] Zakon o zaštiti životne sredine, Službeni glasnik RS 28/07.

