

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada
Jedinica za higijenu okoline
10000 Zagreb, Ksaverska cesta 2
PP. 291



CILJANA PERIODIČKA MJERENJA I PRAĆENJA ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI IZ PROMETA

Zagreb, prosinac 2014.

JEDINICA ZA HIGIJENU OKOLINE

Predstojnica Jedinice: dr. sc. Vladimira Vadić, dipl. ing. kem. tehn.

Izveštaj izradio: dr. sc. Krešimir Šega, dipl. ing. fiz.

Suradnici: dr. sc. Ivan Bešlić, dipl. ing. fiz., Silvije Davila, prof. inform. fiz.
dr. sc. Ranka Godec, dipl. ing. kem., Ivana Jakovljević, dipl. ing. kem.
dr. sc. Krešimir Šega, dipl. ing. fiz.

**Naziv i adresa Naručitelja: Gradski ured za energetiku, zaštitu okoliša i održivi razvoj
10 000 Zagreb, Dukljaninova 3**

Narudžbenica: 400-01/14-004/2976, **Urbroj:** 251-26-21/2-14-3

Broj Izveštaja: IMI-P-341/2014

Izveštaj se sastoji od ukupno 47 stranica.

Predstojnica Jedinice za higijenu okoline:

dr. sc. Vladimira Vadić, dipl. ing. kem. tehn.

Ravnateljica:

Dr. sc. Ana Lucić Vrdoljak, dipl. ing. med. biokem.

M. P.

UVOD

Na osnovi narudžbenice izdane od strane Ureda za javnu nabavu Grada Zagreba Klasa: 400-01/14-004/2976, Urbroj: 251-26-21/2-14-3 od 24. srpnja 2014. godine, a na traženje Gradskog ureda za energetiku, zaštitu okoliša i održivi razvoj, provedena su ciljana periodička mjerenja i praćenja onečišćujućih tvari iz prometa u zraku grada Zagreba.

Mjerenja su provedena su na sljedećim lokacijama: Jankomir, Slavonska avenija, Avenija Marina Držića i Avenija Dubrovnik

Ove lokacije su odabrane s obzirom na gustoću i obim prometa u neposrednoj blizini korištene pokretne mjerne postaje, a u suglasnosti s Gradskim uredom za energetiku, zaštitu okoliša i održivi razvoj grada Zagreba. Praćenje razine onečišćenja je trajalo minimalno tritjedna na svakom od mjernih mjesta.

Rezultati mjerenja uspoređeni su s graničnim i ciljnim vrijednostima propisanim Uredbom o razinama onečišćujućih tvari u zraku (N.N. 117/2012). U tablici 1 prikazane su granične vrijednosti za frakciju lebdećih čestica PM₁₀, SO₂, NO₂ i CO, a u tablici 2 ciljne vrijednosti za benzo(a)piren u PM₁₀ frakciji lebdećih čestica s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi. Za ostala onečišćenja (NO, OC, EC, TC, Flu, Pir, BaA, Kri, BeP, BbF, BkF, DahA, BghiP, IP) nisu propisane granične i ciljne vrijednosti.

Tablica 1. Granične vrijednosti koncentracija onečišćujućih tvari u zraku s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi

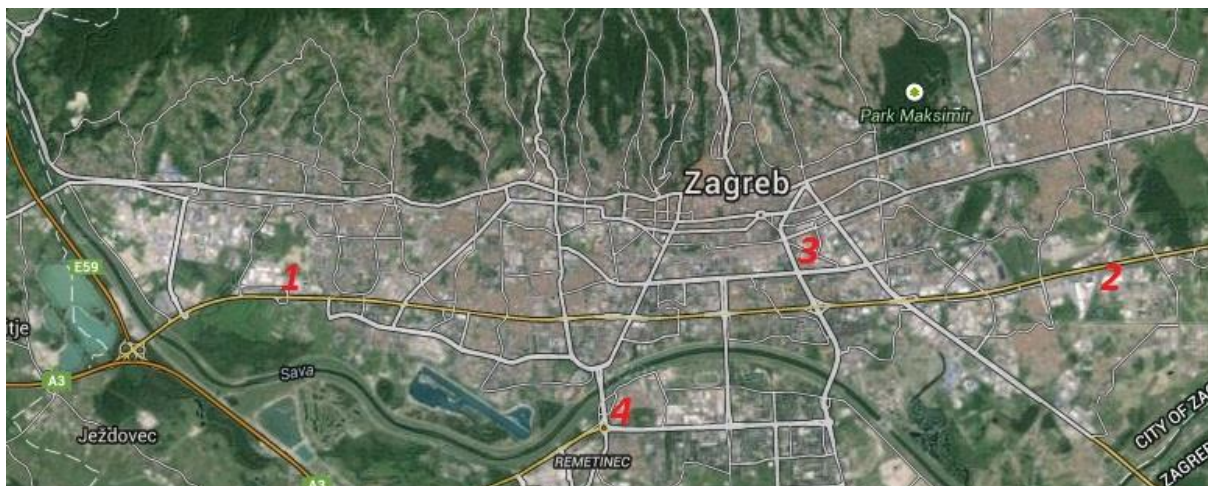
Onečišćujuća tvar	Vrijeme usrednjavanja	Razina granične vrijednosti (GV)	Učestalost dozvoljenih prekoračenja
PM ₁₀	24 sata	50 µg/m ³	GV ne smije biti prekoračena više od 35 puta tijekom kalendarske godine
	Kalendarska godina	40 µg/m ³	
Sumporov dioksid (SO ₂)	1 sat	350 µg/m ³	GV ne smije biti prekoračena više od 24 puta tijekom kalendarske godine
	24 sata	125 µg/m ³	GV ne smije biti prekoračena više od 3 puta tijekom kalendarske godine
Dušikov dioksid (NO ₂)	1 sat	200 µg/m ³	GV ne smije biti prekoračena više od 18 puta tijekom kalendarske godine
	Kalendarska godina	40 µg/m ³	
Ugljikov monoksid (CO)	maksimalna dnevna osmosatna srednja vrijednost	10 mg/m ³	

Tablica 2. Ciljne vrijednosti za benzo(a)piren s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi

Onečišćujuća tvar	Vrijeme usrednjavanja	Ciljna vrijednost (CV)
Benzo(a)piren u PM ₁₀	Kalendarska godina	1 ng/m ³

MJERENA ONEČIŠĆENJA ZRAKA

Mjerenja su provedena na četiri odabrana mjerna mjesta kroz razdoblje od 29. rujna do 21. prosinca 2014. godine. Razmještaj mjernih mjesta prikazan je na slici 1.



1 – Jankomir 2 – Slavonska avenija 3 – Avenija Marina Držića 4 – Avenija Dubrovnik

Slika 1. Razmještaj mjernih mjesta

Mjerene su koncentracije sljedećih onečišćenja zraka:

Plinovita onečišćenja

- Sumporov dioksid (HRN EN 14212:2012; ultraljubičasta fluorescencija)
- Dušikov monoksid (HRN EN 14211:2012; kemiluminiscencija)
- Dušikov dioksid (HRN EN 14211:2012; kemiluminiscencija)
- Ugljikov monoksid (HRN EN 14626:2012; NDIR spektroskopija)

Fracija lebdećih čestica PM 10 i njihov sadržaj

- Frakcija lebdećih čestica PM10 (HRN EN 12341:2006, gravimetrija, ekvivalentna metoda)
- Organski, elementni i ukupni ugljik u PM10 - OC/EC/TC (SIS-TPCEN/TR16243:2011; TOT)
- Policiklički aromatski ugljikovodici – PAU (Flu, Pir, BaA, Kri, BeP, BbF, BkF, BaP, DahA, BghiP, IP) (BaP - HRN EN 15549:2008; HPLC)

Jedinica za higijenu okoline akreditirana je za navedene metode pri Hrvatskoj akreditacijskoj agenciji:

http://www.akreditacija.hr/akreditacija/files/read.php?%20re=5139__akredFile&wr=1288

Mjerno mjesto JANKOMIR



Mjerno mjesto bilo je smješteno na lokaciji ROBNIH TERMINALA, Jankomir 45 (N 45° 47' 57" E 15° 52' 49").

Trotjedno razdoblje mjerenja trajalo je od 29. rujna do 19. listopada 2014.

Vremensko kretanje satnih koncentracija plinovitih onečišćenja (CO, NO, NO₂ i SO₂) prikazano je na slikama 2-5. Izmjerene koncentracije bile su niske u usporedbi s propisanim graničnim vrijednostima.

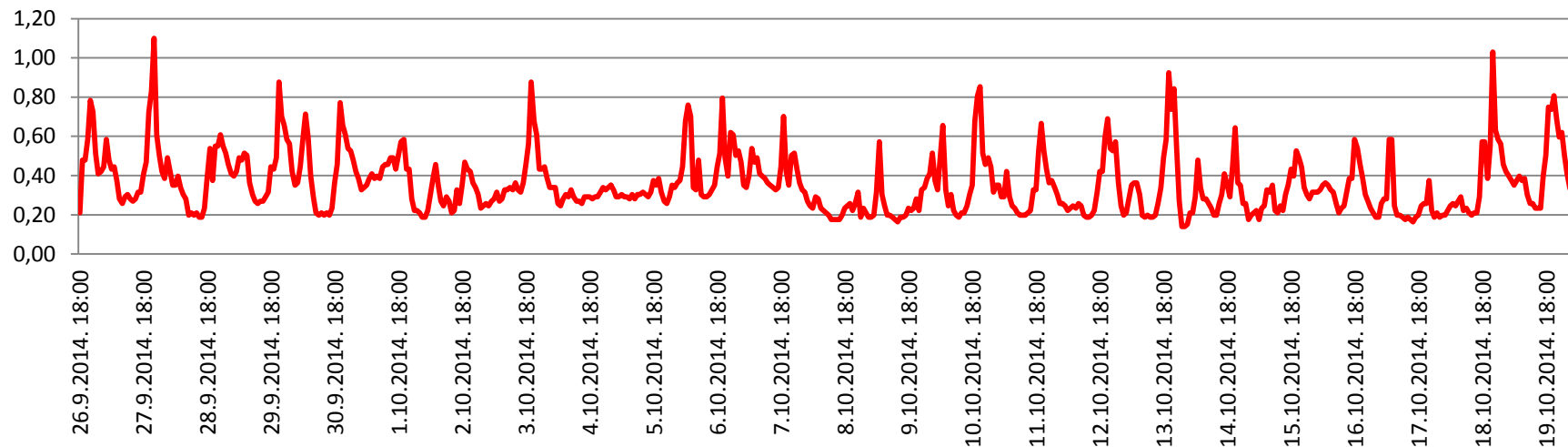
Srednje dnevne koncentracije plinovitih onečišćenja prikazane su na slikama 6-9. Izmjerene koncentracije bile su niske u usporedbi s propisanim graničnim vrijednostima. Na slikama 10-12 prikazano je kretanje koncentracija plinovitih onečišćenja tijekom dana, usrednjeno za mjerno razdoblje. Koncentracije onečišćenja vezanih uz promet (CO i NO₂) pokazuju jutarnji maksimum za 8-9 sati, te poslijepodnevni porast nakon 16 sati s večernjim maksimumom tijekom 20-22 sata. Koncentracije SO₂ pokazuju mnogo blaže maksimume za razdoblja 8-9 te 15-18 sati uz veliko rasipanje rezultata uz općenito niske vrijednosti koncentracija.

Učestalost vjetera s obzirom na smjer prikazano je na slici 13. Prevladavalo je strujanje zapadnih i istočnih smjerova. Na slikama 14-17 prikazane su srednje vrijednosti izmjerenih koncentracija o odnosu na smjer strujanja zraka. Više vrijednosti koncentracija CO, NO i NO₂ zabilježene su tijekom sjevernog strujanja, dok su koncentracije SO₂ bile neovisne o smjeru vjetera.

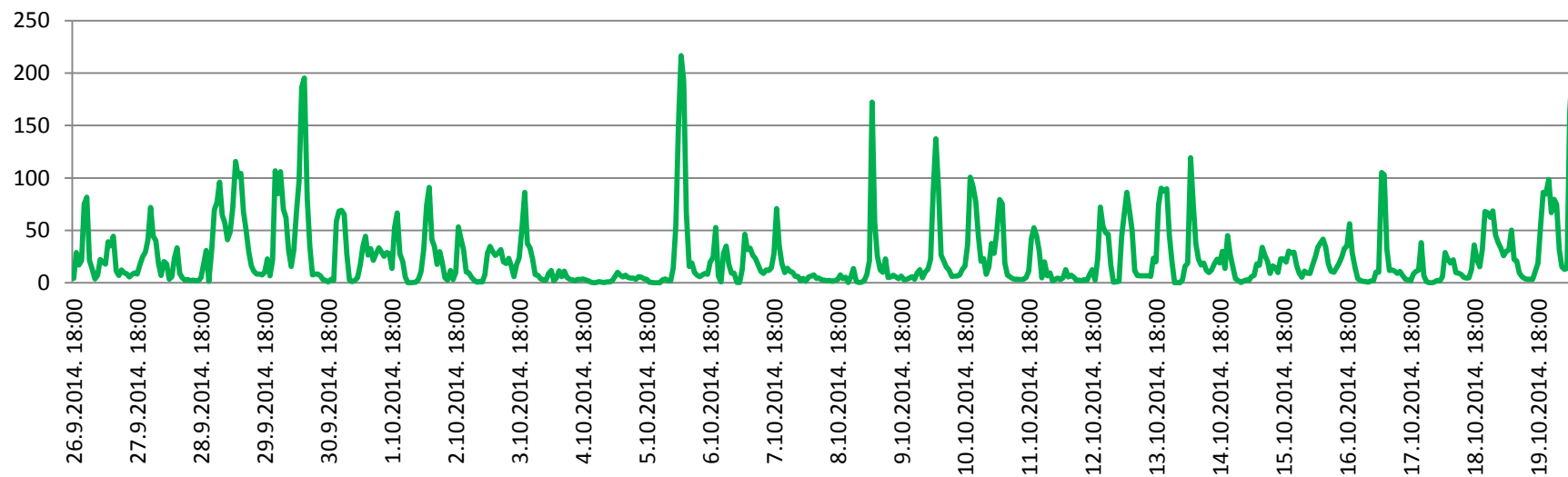
Koncentracije frakcije lebdećih čestica PM₁₀ te sadržaj organskog, elementnog i ukupnog ugljika u njima prikazani su u tablici 3. Zasebno su prikazani rezultati za vikend (subota, nedjelja) te radne dane. Ujedno su prikazani rezultati za tri različita doba dana (6-14, 14-22 i 22-6 sati). Izmjerene koncentracije čestica bile su niže od propisane granične vrijednosti, a vrijednosti tijekom vikenda bile su niže u odnosu na radne dane. Visoki udjeli ukupnog ugljika u PM₁₀ (66% vikendom i 42% radnim danom) uz niske vrijednosti omjera OC/EC ukazuju na promet kao glavni izvor onečišćenja lebdećim česticama.

U tablici 4 prikazane su koncentracije policikličkih aromatskih ugljikovodika, zasebno za dane vikenda i radne dane, kao i za tri ranije navedena doba dana. Koncentracije policikličkih aromatskih ugljikovodika vezanih uz promet (BghiP, IP i DahA) ne pokazuju povišenje u odnosu na mjerna mjesta državne i gradske mjerne mreže.

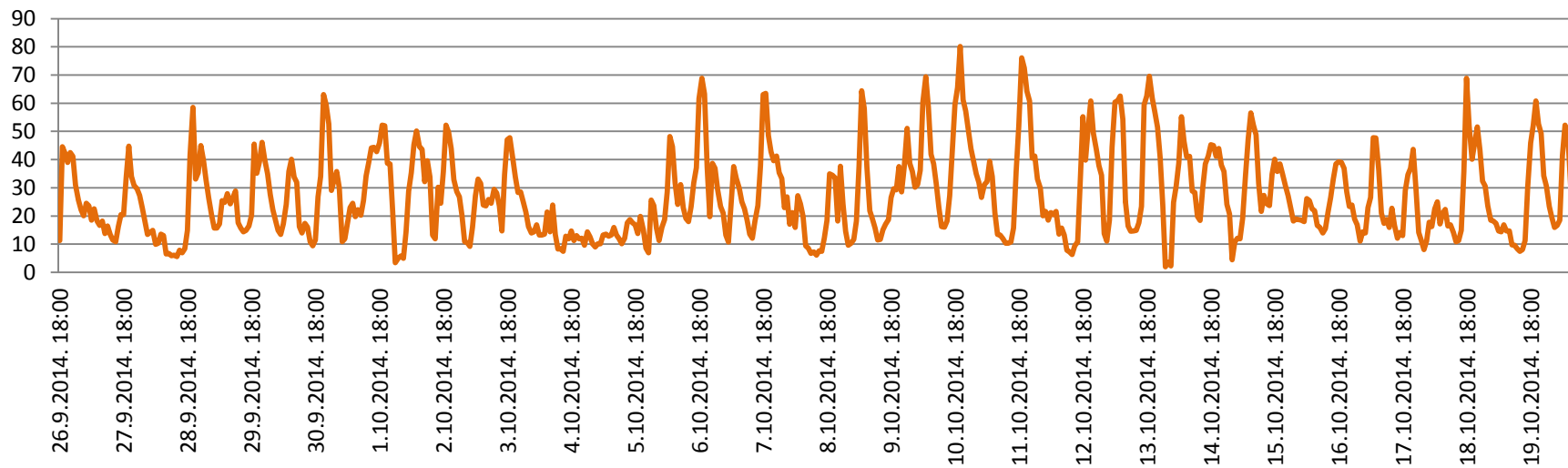
U Dodatku I. dani su grafički prikazi koncentracija PM₁₀, OC, EC i PAU.



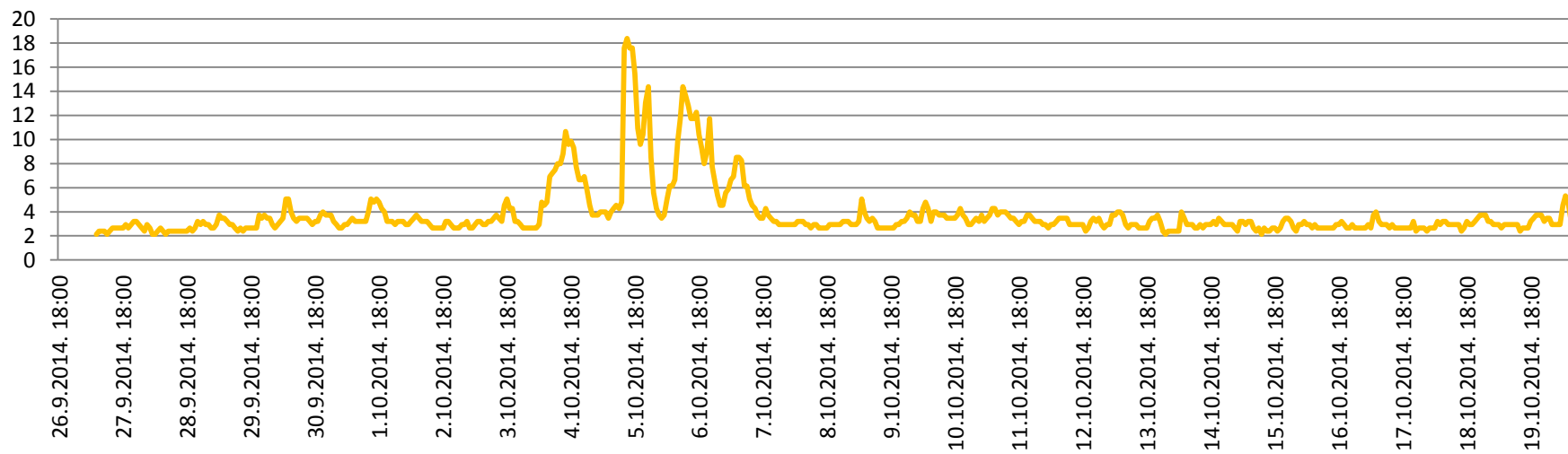
Slika 2. Kretanje satnih koncentracija ugljikovog monoksida na mjernom mjestu Jankomir [mg m^{-3}]



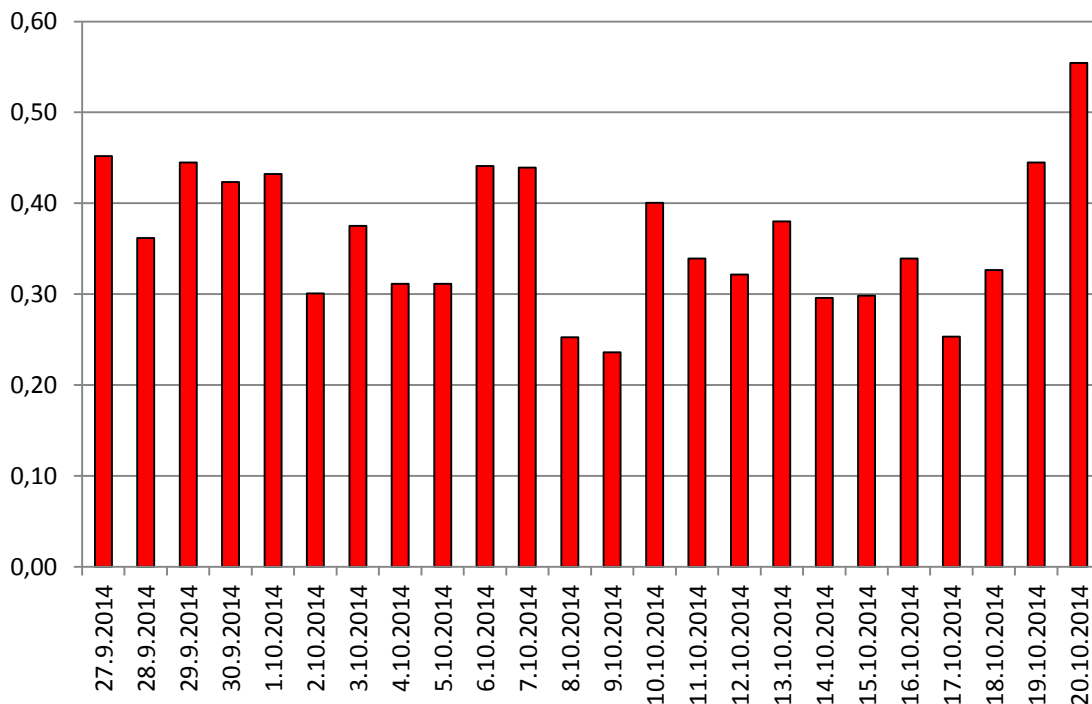
Slika 3. Kretanje satnih koncentracija dušikovog monoksida na mjernom mjestu Jankomir [$\mu\text{g m}^{-3}$]



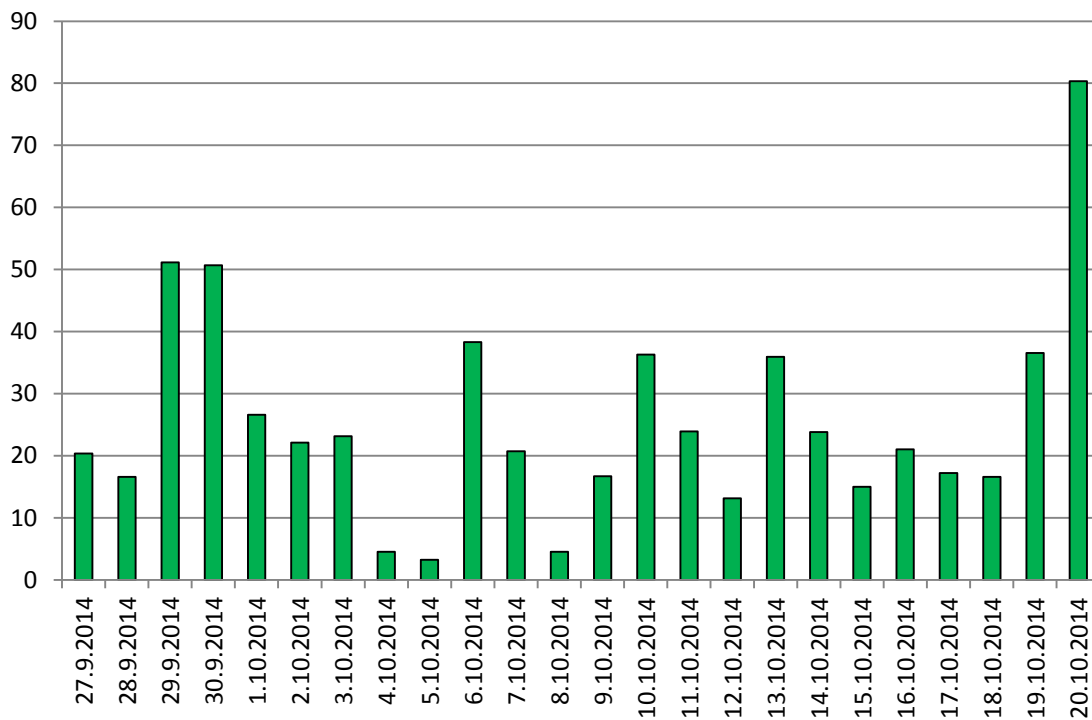
Slika 4. Kretanje satnih koncentracija dušikovog dioksida na mjernom mjestu Jankomir [$\mu\text{g m}^{-3}$]



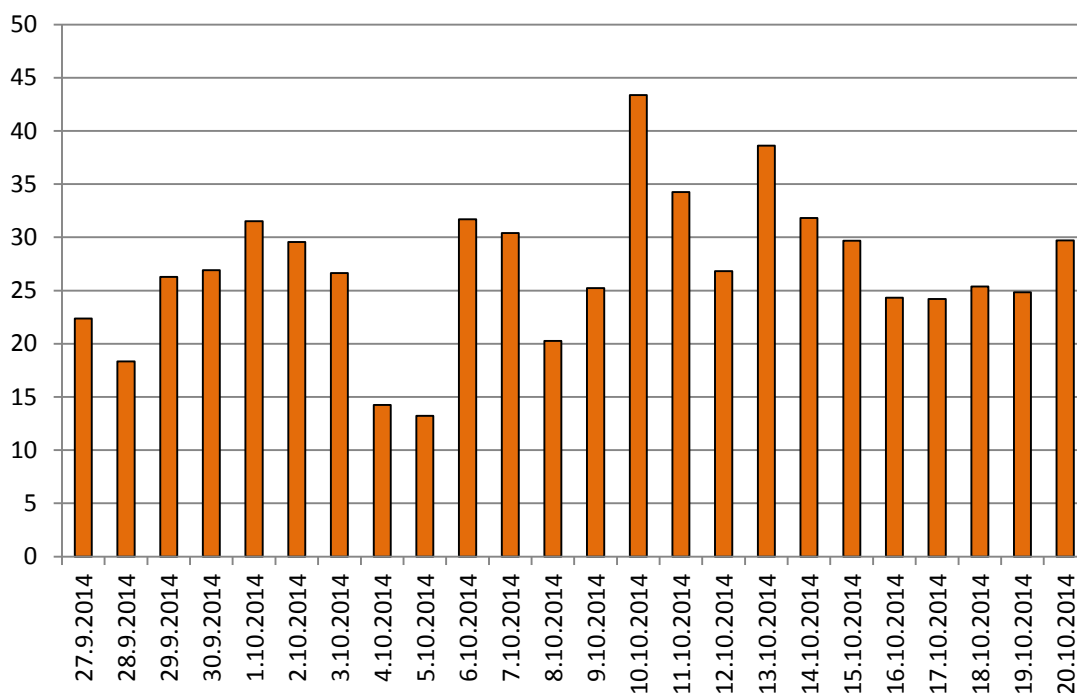
Slika 5. Kretanje satnih koncentracija sumporovog dioksida na mjernom mjestu Jankomir [$\mu\text{g m}^{-3}$]



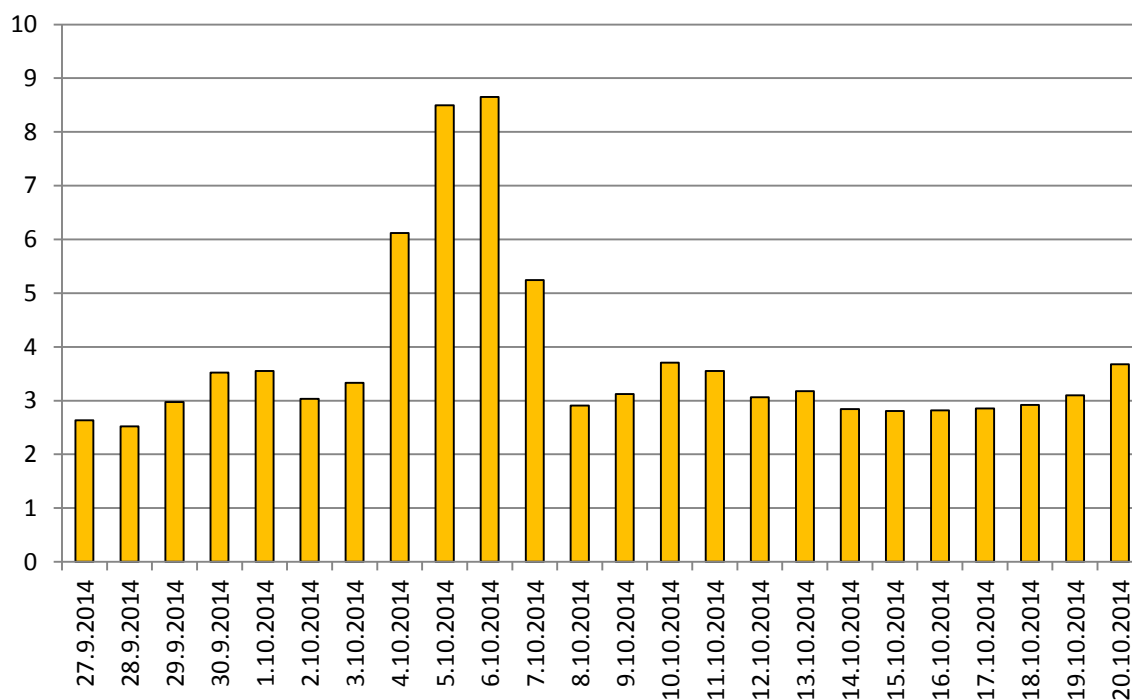
Slika 6. Kretanje dnevnih koncentracija ugljikovog monoksida na mjernom mjestu Jankomir [mg m⁻³]



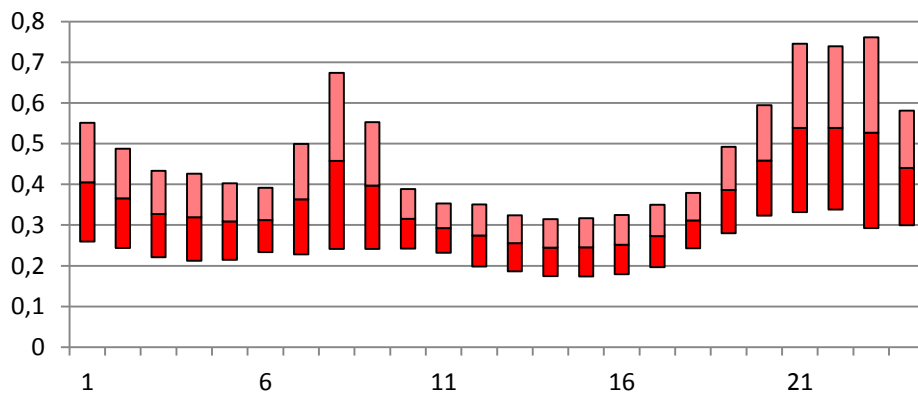
Slika 7. Kretanje dnevnih koncentracija dušikovog monoksida na mjernom mjestu Jankomir [µg m⁻³]



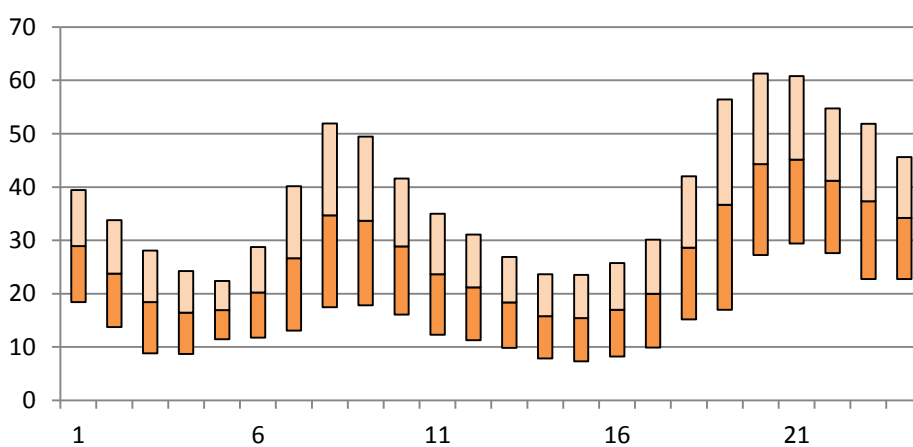
Slika 8. Kretanje dnevnih koncentracija dušikovog dioksida na mjernom mjestu Jankomir [µg m⁻³]



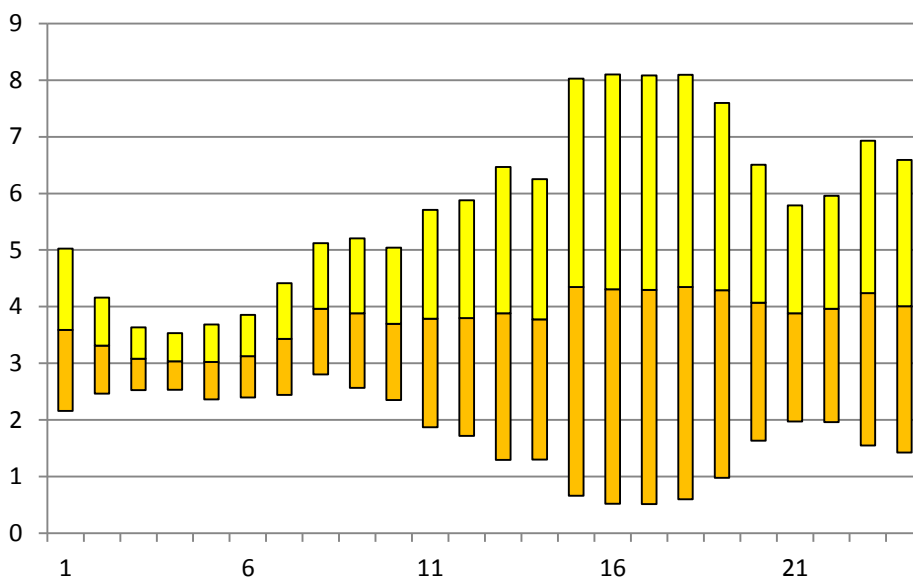
Slika 9. Kretanje dnevnih koncentracija sumporovog dioksida na mjernom mjestu Jankomir [µg m⁻³]



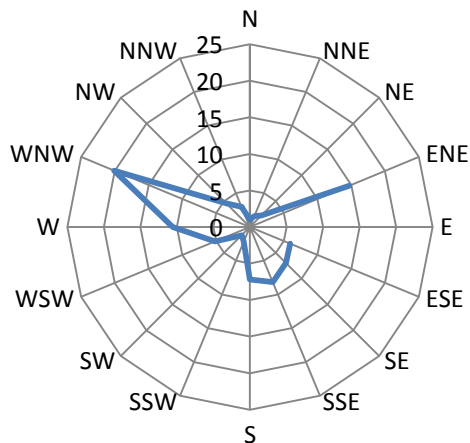
Slika 10. Prosječne satne koncentracije ($C \pm \text{STD}$) ugljikovog monoksida na mjernom mjestu Jankomir [mg m^{-3}]



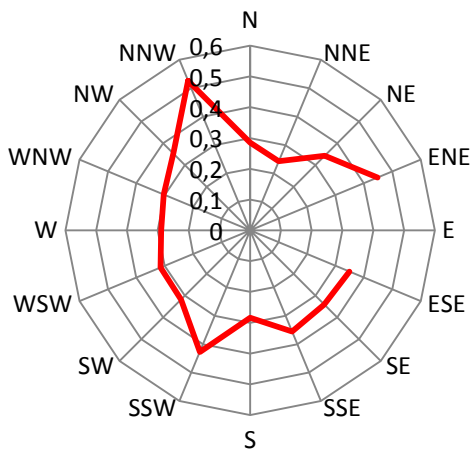
Slika 11. Prosječne satne koncentracije ($C \pm \text{STD}$) dušikovog dioksida na mjernom mjestu Jankomir [$\mu\text{g m}^{-3}$]



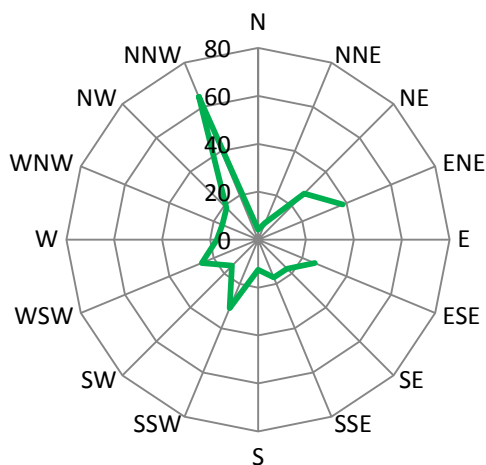
Slika 12. Prosječne satne koncentracije ($C \pm \text{STD}$) sumporovog dioksida na mjernom mjestu Jankomir [$\mu\text{g m}^{-3}$]



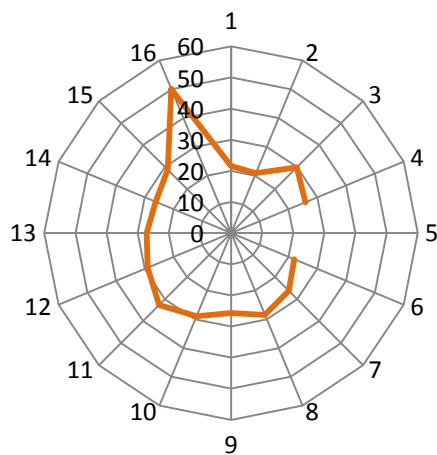
Slika 13. Učestalost vjetra na mjernom mjestu Jankomir s obzirom na smjer [%]



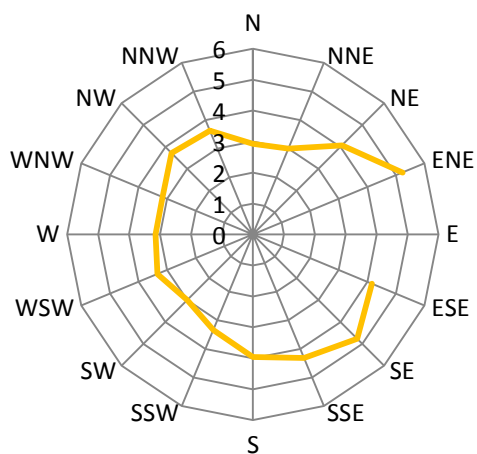
Slika 14. Srednja koncentracija ugljikovog monoksida na mjernom mjestu Jankomir s obzirom na smjer [mg m⁻³]



Slika 15. Srednja koncentracija dušikovog monoksida na mjernom mjestu Jankomir s obzirom na smjer [µg m⁻³]



Slika 16. Srednja koncentracija dušikovog dioksida na mjernom mjestu Jankomir s obzirom na smjer [$\mu\text{g m}^{-3}$]



Slika 17. Srednja koncentracija sumporovog dioksida na mjernom mjestu Jankomir s obzirom na smjer [$\mu\text{g m}^{-3}$]

Tablica 3. Koncentracije PM10, koncentracije OC, EC i TC te njihov udio u masi lebdećih čestica na mjernom mjestu Jankomir

	PM10 µg m⁻³	OC µg m⁻³	OC %	EC µg m⁻³	EC %	TC µg m⁻³	TC %	OC/EC
Jankomir V	20,3	11,77	57	1,71	9	13,49	66	6,9
<i>Jankomir V 06-14</i>	26,1	16,92	65	0,55	2	17,47	67	30,7
<i>Jankomir V 14-22</i>	16,2	8,48	52	2,21	14	10,69	66	3,8
<i>Jankomir V 22-06</i>	18,7	9,92	53	2,38	13	12,30	66	4,2
Jankomir R	25,4	7,93	32	2,45	10	10,37	42	3,2
<i>Jankomir R 06-14</i>	31,3	7,35	23	3,04	10	10,39	33	2,4
<i>Jankomir R 14-22</i>	20,6	7,61	37	2,61	13	10,21	50	2,9
<i>Jankomir R 22-06</i>	24,4	8,82	36	1,68	7	10,51	43	5,2

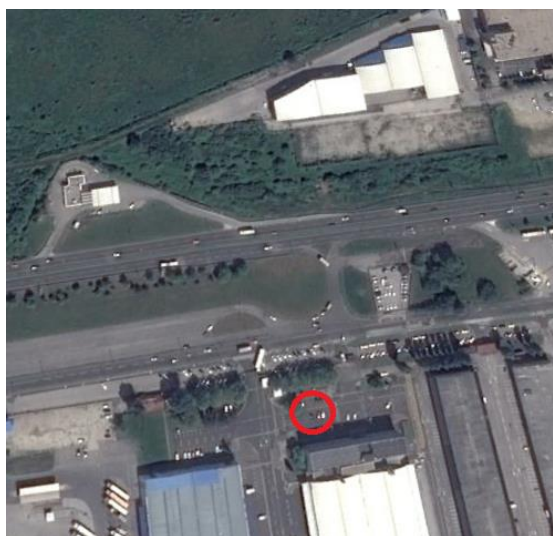
V – subota, nedjelja R – ponedjeljak, utorak, srijeda, četvrtak, petak

Tablica 4. Koncentracije policikličkih aromatskih ugljikovodika na mjernom mjestu Jankomir

	Flu ng m⁻³	Pir ng m⁻³	BaA ng m⁻³	Kri ng m⁻³	BeP ng m⁻³	BbF ng m⁻³	BkF ng m⁻³	BaP ng m⁻³	DahA ng m⁻³	BghiP ng m⁻³	IP ng m⁻³
Jankomir V	0,53	0,53	0,24	0,38	0,39	0,69	0,28	0,50	0,06	1,84	0,69
<i>Jankomir V 06-14</i>	0,61	0,72	0,35	0,58	0,56	0,85	0,32	0,54	0,00	2,17	0,84
<i>Jankomir V 14-22</i>	0,48	0,35	0,16	0,24	0,27	0,45	0,20	0,35	0,00	1,21	0,55
<i>Jankomir V 22-06</i>	0,51	0,52	0,21	0,31	0,33	0,77	0,33	0,60	0,17	2,14	0,68
Jankomir R	1,00	0,81	0,53	0,45	0,18	0,91	0,38	0,53	0,00	2,26	1,45
<i>Jankomir R 06-14</i>	1,16	1,32	0,58	0,53	0,00	0,91	0,36	0,56	0,00	2,44	1,65
<i>Jankomir R 14-22</i>	1,09	0,63	0,61	0,51	0,00	1,02	0,45	0,61	0,00	1,88	1,75
<i>Jankomir R 22-06</i>	0,74	0,50	0,40	0,31	0,54	0,79	0,33	0,40	0,00	2,46	0,94

V – subota, nedjelja R – ponedjeljak, utorak, srijeda, četvrtak, petak

Mjerno mjesto SLAVONSKA AVENIJA



Mjerno mjesto bilo je smješteno na lokaciji ROBNIH TERMINALA, Slavonska avenija 52 (N 45° 48' 01" E 16° 03' 24")

Četverotjedno razdoblje mjerenja trajalo je od 20. listopada do 16. studenog 2014.

Vremensko kretanje satnih koncentracija plinovitih onečišćenja (CO, NO, NO₂ i SO₂) prikazano je na slikama 18-21. Izmjerene koncentracije bile su niske u usporedbi s propisanim graničnim vrijednostima.

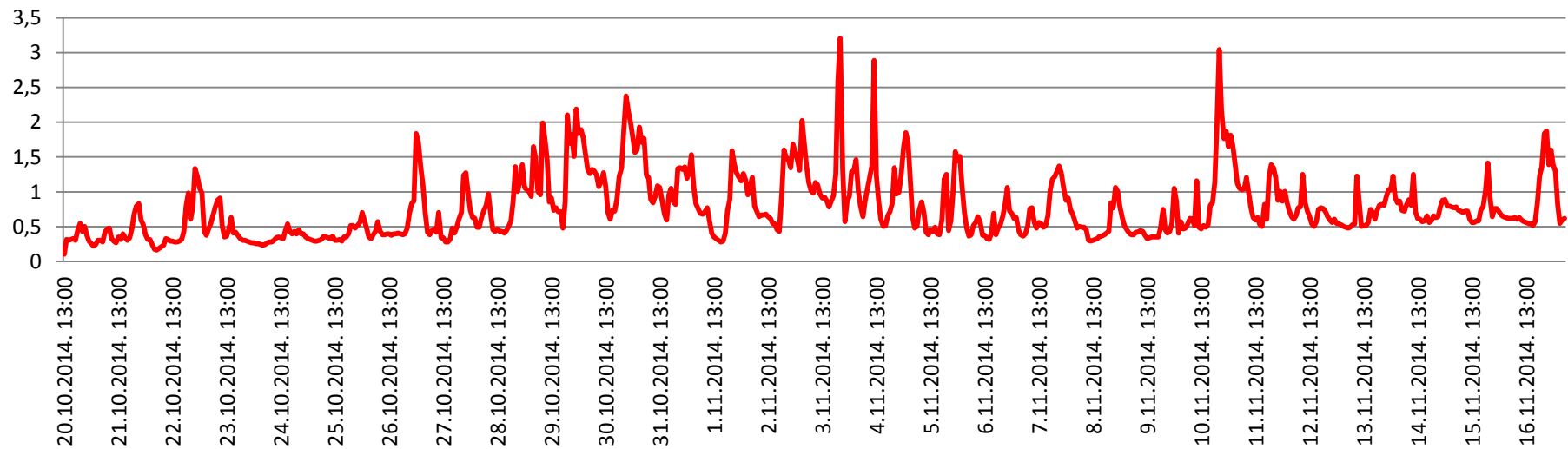
Srednje dnevne koncentracije plinovitih onečišćenja prikazane su na slikama 22-25. Izmjerene koncentracije bile su niske u usporedbi s propisanim graničnim vrijednostima.

Na slikama 26-28 prikazano je kretanje koncentracija plinovitih onečišćenja tijekom dana, usrednjeno za mjerno razdoblje. Koncentracije onečišćenja vezanih uz promet (CO i NO₂) pokazuju jutarnji maksimum za 10-12 sati, te poslijepodnevni porast nakon 16 sati s večernjim/noćnim maksimumom tijekom 21-02 sata. Srednje satne koncentracije SO₂ bile su ujednačene tijekom dana uz veliko rasipanje rezultata uz općenito niske vrijednosti koncentracija.

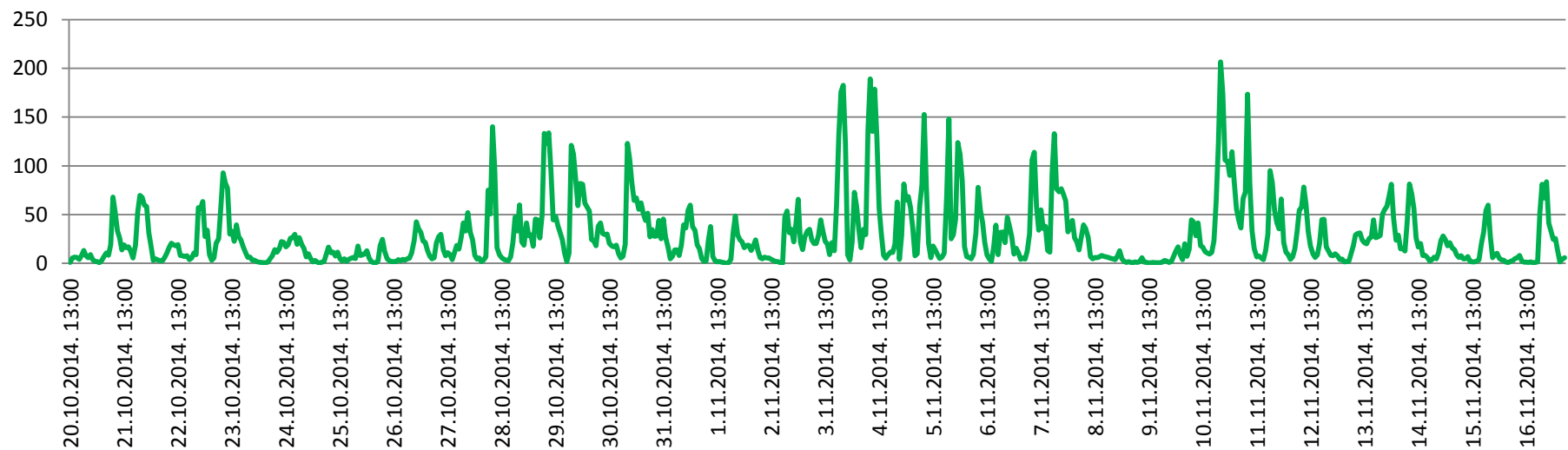
Učestalost vjetra s obzirom na smjer prikazano je na slici 29. Prevladavalo je strujanje iz smjerova sjeveroistok-istok te i jug-jugozapad. Na slikama 30-33 prikazane su srednje vrijednosti izmjerenih koncentracija o odnosu na smjer strujanja zraka. Nešto više vrijednosti koncentracija CO i NO zabilježene su tijekom jugoistočnog strujanja, dok su koncentracije SO₂ i NO₂ bile neovisne o smjeru vjetra s laganim porastom iz smjera sjever-sjeverozapad.

Koncentracije frakcije lebdećih čestica PM₁₀ te sadržaj organskog, elementnog i ukupnog ugljika u njima prikazani su u tablici 5. U tablici 6 prikazane su koncentracije policikličkih aromatskih ugljikovodika. Zasebno su prikazani rezultati za vikend (subota, nedjelja) te radne dane. Ujedno su prikazani rezultati za tri različita doba dana (6-14, 14-22 i 22-6 sati). Izmjerene koncentracije čestica bile su niže tijekom vikenda dok su radnim danima bile više od propisane granične vrijednosti. Visoki udjeli ukupnog ugljika u PM₁₀ (od ~40 %) kao i više vrijednosti koncentracija elementnog ugljika, te lagano povišene vrijednosti BghiP ukazuju na promet kao glavni izvor onečišćenja lebdećim česticama. Visoke vrijednosti omjera OC/EC ukazuju da znatan dio organskog ugljika potječe i iz drugih izvora onečišćenja.

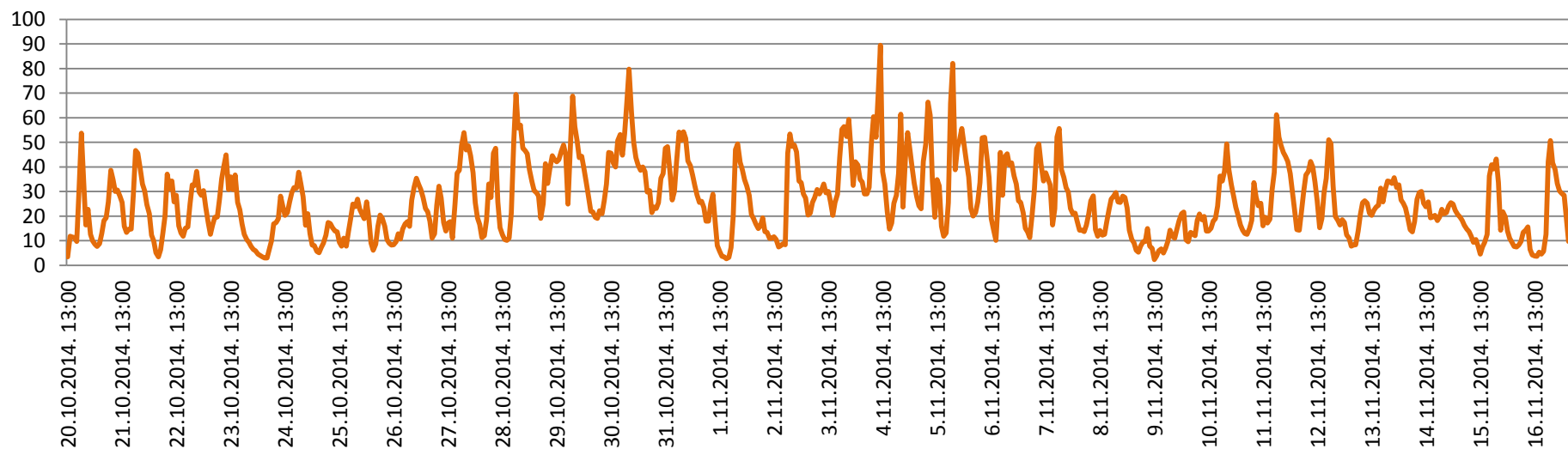
U Dodatku I. dani su grafički prikazi koncentracija PM₁₀, OC, EC i PAU.



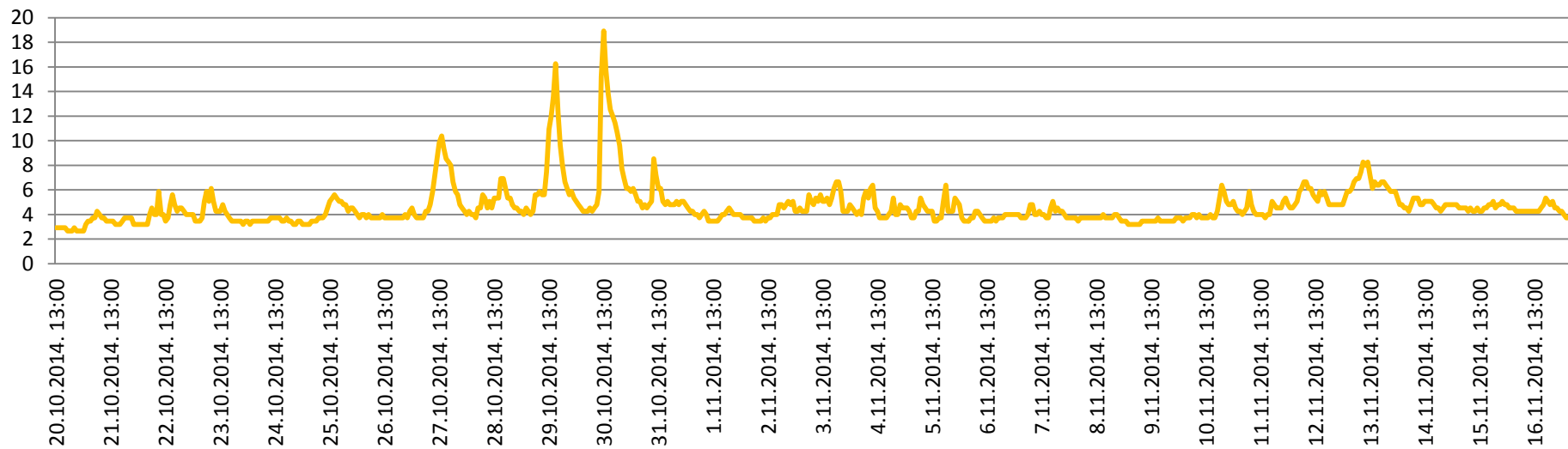
Slika 18. Kretanje satnih koncentracija ugljikovog monoksida na mjernom mjestu Slavonska Av. [mg m^{-3}]



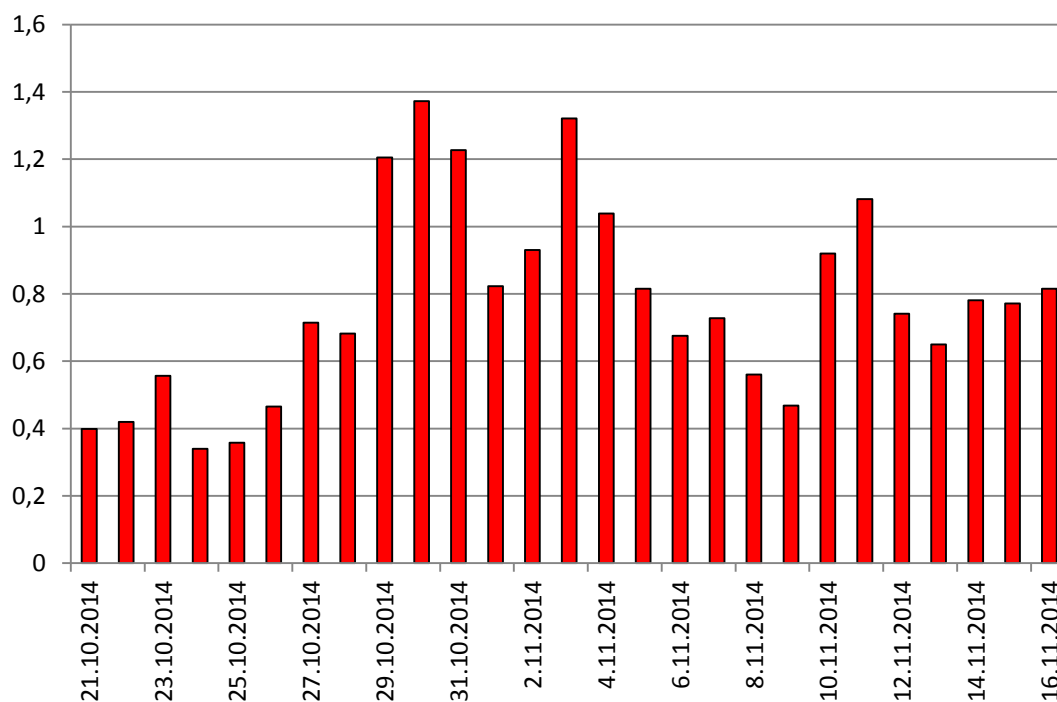
Slika 19. Kretanje satnih koncentracija dušikovog monoksida na mjernom mjestu Slavonska Av. [$\mu\text{g m}^{-3}$]



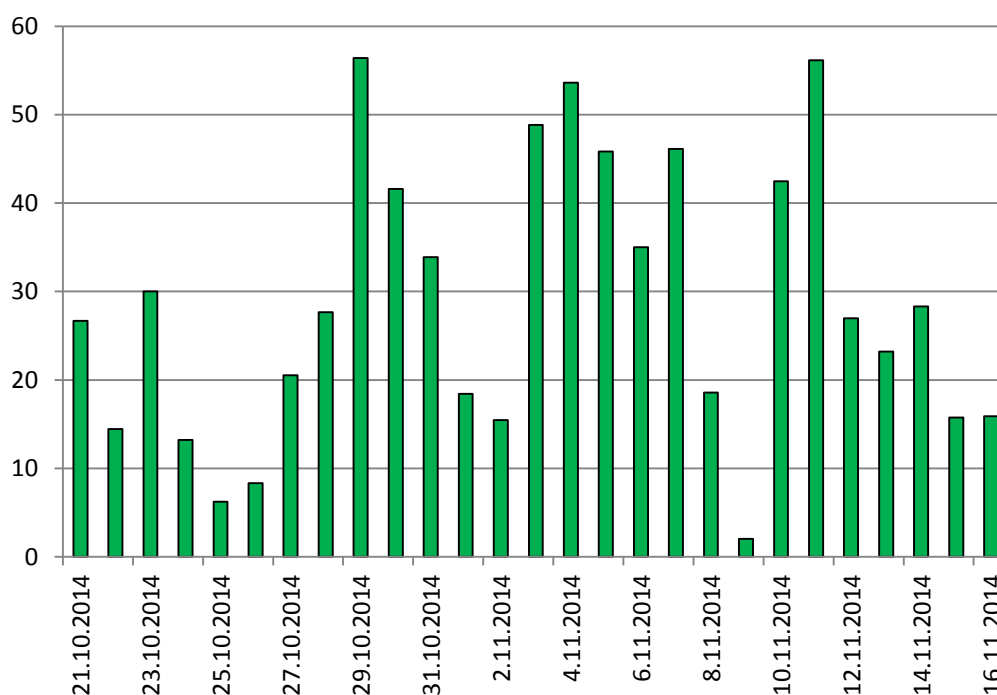
Slika 20. Kretanje satnih koncentracija dušikovog dioksida na mjernom mjestu Slavonska Av. [$\mu\text{g m}^{-3}$]



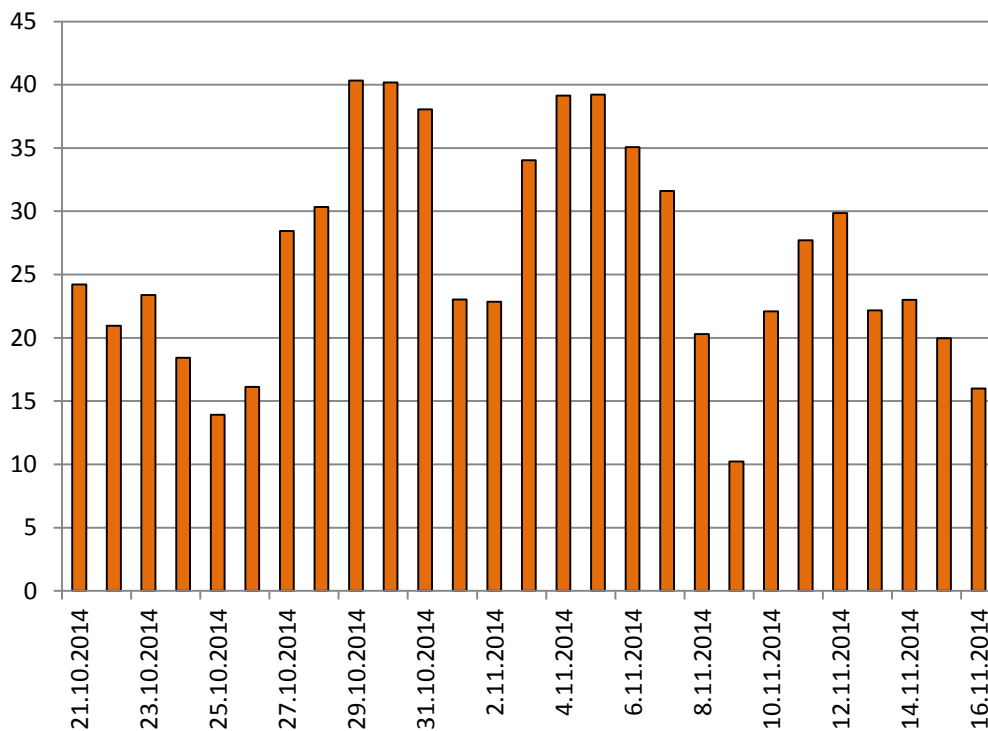
Slika 21. Kretanje satnih koncentracija sumporovog dioksida na mjernom mjestu Slavonska Av. [$\mu\text{g m}^{-3}$]



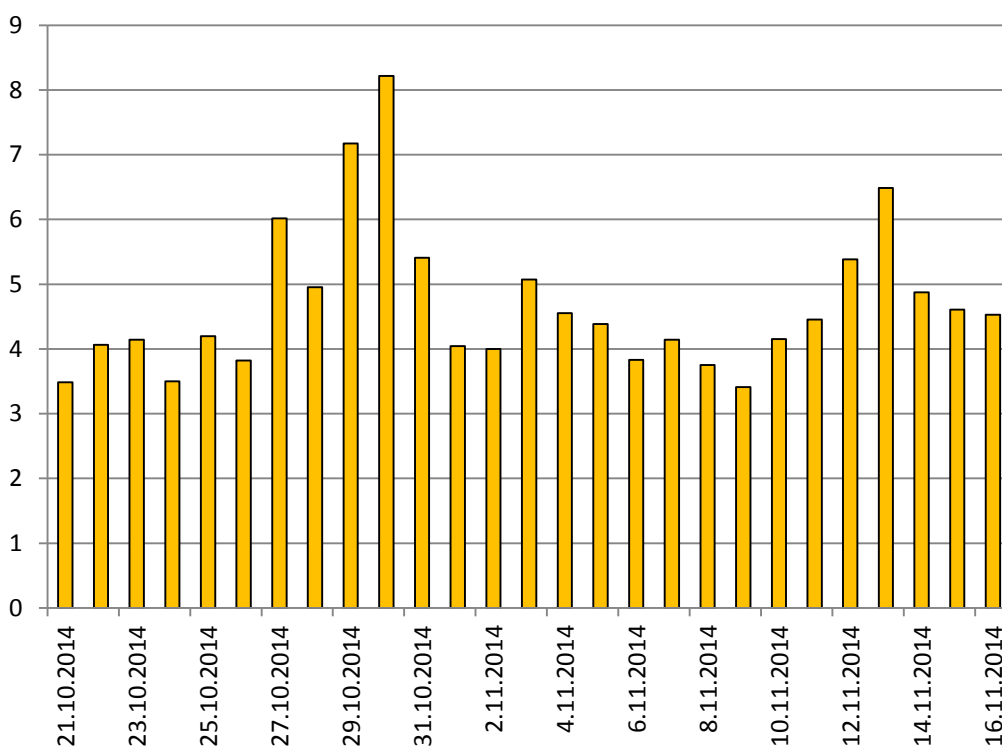
Slika 22. Kretanje dnevnih koncentracija ugljikovog monoksida na mjernom mjestu Slavonska Av. [mg m⁻³]



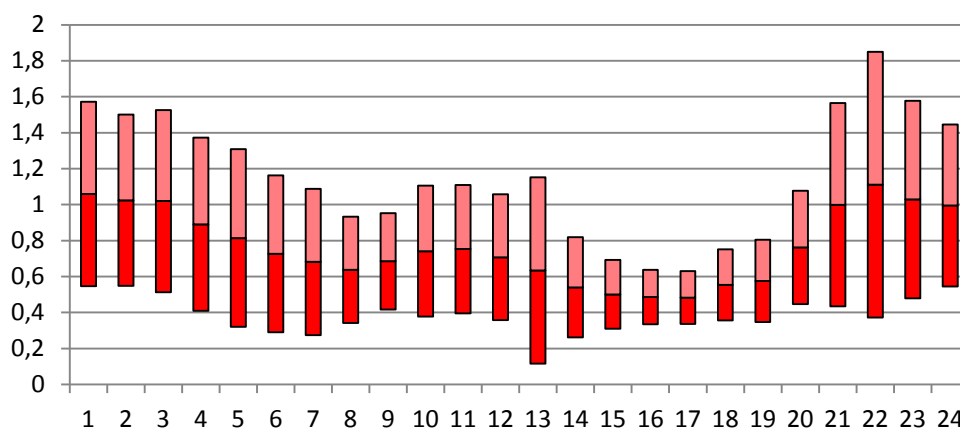
Slika 23. Kretanje dnevnih koncentracija dušikovog monoksida na mjernom mjestu Slavonska Av. [µg m⁻³]



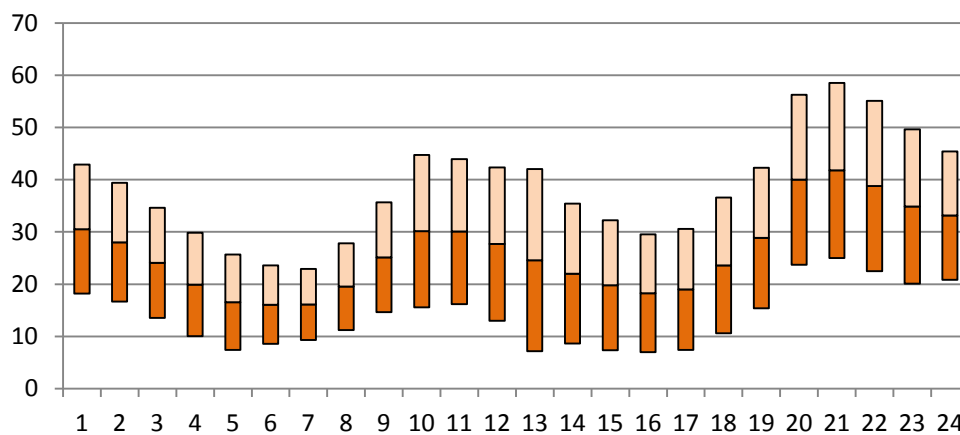
Slika 24. Kretanje dnevnih koncentracija dušikovog dioksida na mjernom mjestu Slavonska Av. [$\mu\text{g m}^{-3}$]



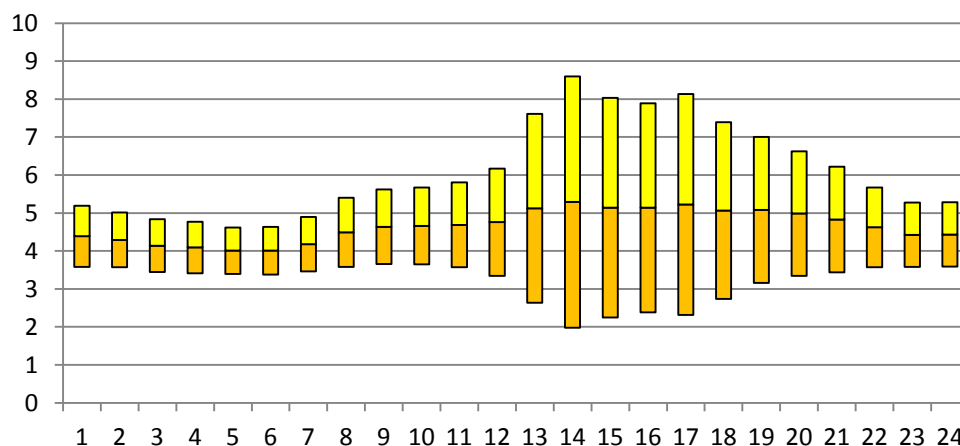
Slika 25. Kretanje dnevnih koncentracija sumporovog dioksida na mjernom mjestu Slavonska Av. [$\mu\text{g m}^{-3}$]



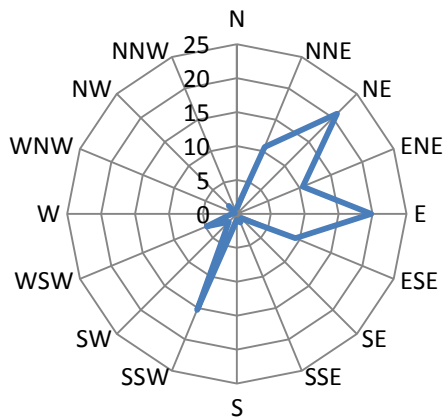
Slika 26. Prosječne satne koncentracije (C±STD) ugljikovog monoksida na mjernom mjestu Slavonska Av. [mg m⁻³]



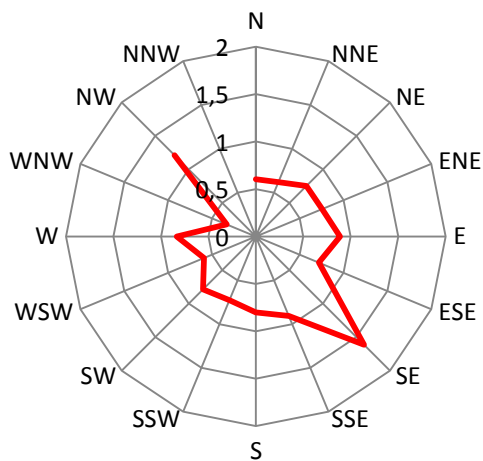
Slika 27. Prosječne satne koncentracije (C±STD) dušikovog dioksida na mjernom mjestu Slavonska Av. [µg m⁻³]



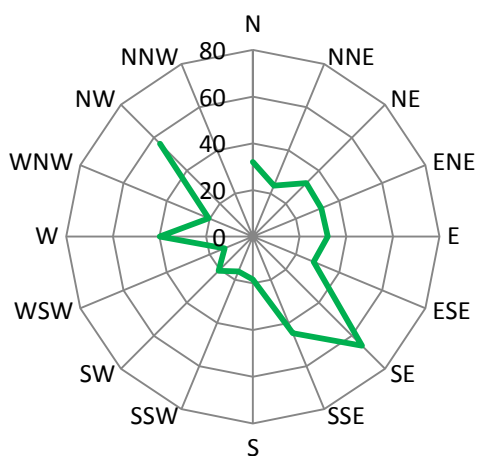
Slika 28. Prosječne satne koncentracije (C±STD) sumporovog dioksida na mjernom mjestu Slavonska Av. [µg m⁻³]



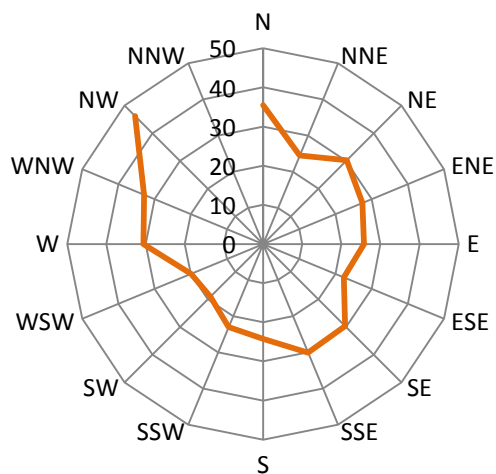
Slika 29. Učestalost vjetra na mjernom mjestu Slavenska Av. s obzirom na smjer [%]



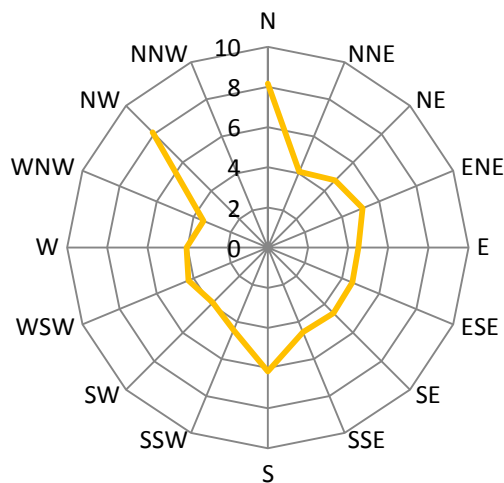
Slika 30. Srednja koncentracija ugljikovog monoksida na mjernom mjestu Slavenska Av. s obzirom na smjer [mg m⁻³]



Slika 31. Srednja koncentracija dušikovog monoksida na mjernom mjestu Slavenska Av. s obzirom na smjer [µg m⁻³]



Slika 32. Srednja koncentracija dušikovog dioksida na mjernom mjestu Slavonska Av. s obzirom na smjer [$\mu\text{g m}^{-3}$]



Slika 33. Srednja koncentracija sumporovog dioksida na mjernom mjestu Slavonska Av. s obzirom na smjer [$\mu\text{g m}^{-3}$]

Tablica 5. Koncentracije PM10, koncentracije OC, EC i TC te njihov udio u masi lebdećih čestica na mjernom mjestu Slavonska avenija

	PM10 µg m⁻³	OC µg m⁻³	OC %	EC µg m⁻³	EC %	TC µg m⁻³	TC %	OC/EC
Slavonska V	34,5	14,25	41	1,36	4	15,61	45	10,5
<i>Slavonska V 06-14</i>	23,9	9,63	40	0,99	4	10,62	44	9,7
<i>Slavonska V 14-22</i>	33,4	13,70	41	1,71	5	15,41	46	8,0
<i>Slavonska V 22-06</i>	46,1	19,42	42	1,38	3	20,79	45	14,1
Slavonska R	58,1	20,49	36	2,79	5	23,28	41	7,6
<i>Slavonska R 06-14</i>	75,3	24,21	32	3,20	4	24,21	36	7,6
<i>Slavonska R 14-22</i>	54,3	19,39	36	3,04	6	19,39	41	6,4
<i>Slavonska R 22-06</i>	44,6	17,87	40	2,12	5	17,87	45	8,4

V – subota, nedjelja R – ponedjeljak, utorak, srijeda, četvrtak, petak

Tablica 6. Koncentracije policikličkih aromatskih ugljikovodika na mjernom mjestu Slavonska avenija

	Flu ng m⁻³	Pir ng m⁻³	BaA ng m⁻³	Kri ng m⁻³	BeP ng m⁻³	BbF ng m⁻³	BkF ng m⁻³	BaP ng m⁻³	DahA ng m⁻³	BghiP ng m⁻³	IP ng m⁻³
Slavonska V	1,78	1,53	1,05	1,27	1,17	3,14	1,01	1,94	0,69	8,03	2,29
<i>Slavonska V 06-14</i>	0,45	0,31	0,18	0,30	0,26	0,70	0,26	0,44	0,12	2,28	0,64
<i>Slavonska V 14-22</i>	2,86	2,01	1,50	1,78	1,59	4,05	1,27	2,68	0,91	10,46	2,86
<i>Slavonska V 22-06</i>	2,03	2,27	1,49	1,73	1,67	4,67	1,50	2,71	1,02	11,35	3,37
Slavonska R	1,75	2,12	1,73	2,08	1,73	5,08	1,70	3,61	0,90	14,05	3,35
<i>Slavonska R 06-14</i>	2,55	2,98	1,70	2,14	1,77	5,64	1,84	3,84	0,80	14,43	3,54
<i>Slavonska R 14-22</i>	1,05	1,87	1,81	2,18	1,84	4,99	1,78	3,58	0,90	14,61	3,38
<i>Slavonska R 22-06</i>	1,65	1,51	1,70	1,91	1,58	4,62	1,49	3,42	0,98	13,10	3,14

V – subota, nedjelja R – ponedjeljak, utorak, srijeda, četvrtak, petak

Mjerno mjesto AVENIJA MARINA DRŽIĆA



Mjerno mjesto bilo je smješteno na lokaciji URIHO, Avenija Marina Držića 1 (N 45° 48' 18" E 15° 59' 37")

Trotjedno razdoblje mjerenja trajalo je od 17. studenog do 7. prosinca 2014.

Vremensko kretanje satnih koncentracija plinovitih onečišćenja (CO, NO, NO₂ i SO₂) prikazano je na slikama 34-37. Izmjerene koncentracije bile su niske u usporedbi s propisanim graničnim vrijednostima.

Srednje dnevne koncentracije plinovitih onečišćenja prikazane su na slikama 38-41. Izmjerene koncentracije bile su niske u usporedbi s propisanim graničnim vrijednostima.

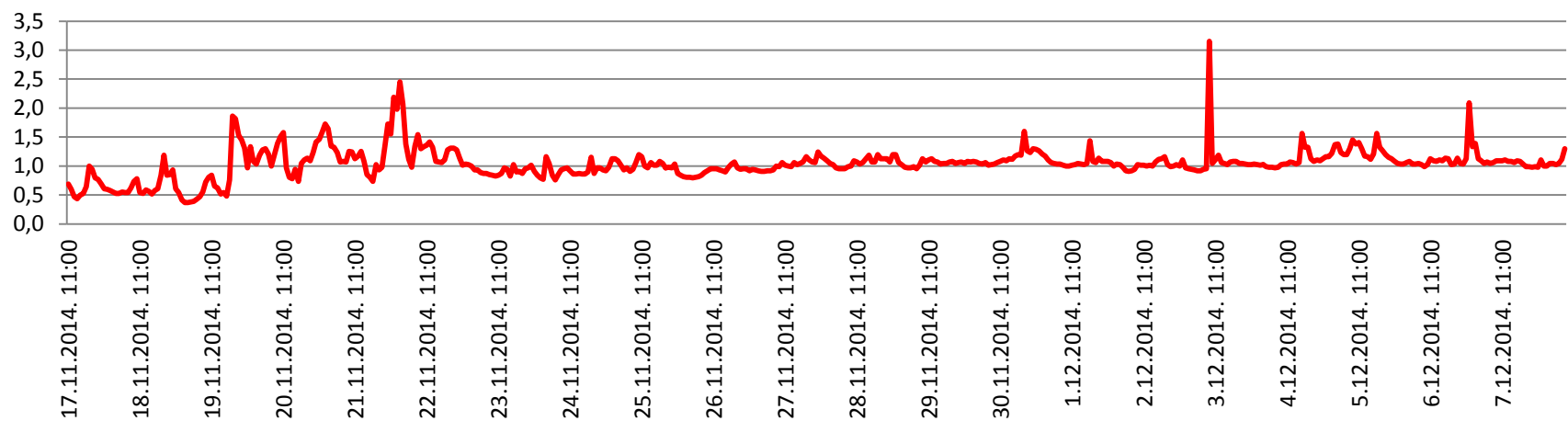
Na slikama 42-44 prikazano je kretanje koncentracija plinovitih onečišćenja tijekom dana, usrednjeno za mjerno razdoblje. Koncentracije CO bile su ujednačene tijekom dana dok su koncentracije NO₂ pokazivale jutarnji maksimum za 10-12 sati, te večernji porast nakon 18 pa sve do 23 sata. Koncentracije SO₂ pokazuju porast u poslije podnevnim i večernjim satima, uz veliko rasipanje rezultata.

Učestalost vjetra s obzirom na smjer prikazano je na slici 45. Strujanja zraka tijekom mjernog razdoblja bila su isključivo iz smjera jug-jugoistok. Na slikama 46-49 prikazane su srednje vrijednosti izmjerenih koncentracija o odnosu na smjer strujanja zraka. Koncentracije CO bile su ujednačene s obzirom na smjer. Više vrijednosti koncentracija NO i NO₂ zabilježene su tijekom zapadnih strujanja, dok su koncentracije SO₂ bile povišene za sjeveroistočne smjerove vjetra.

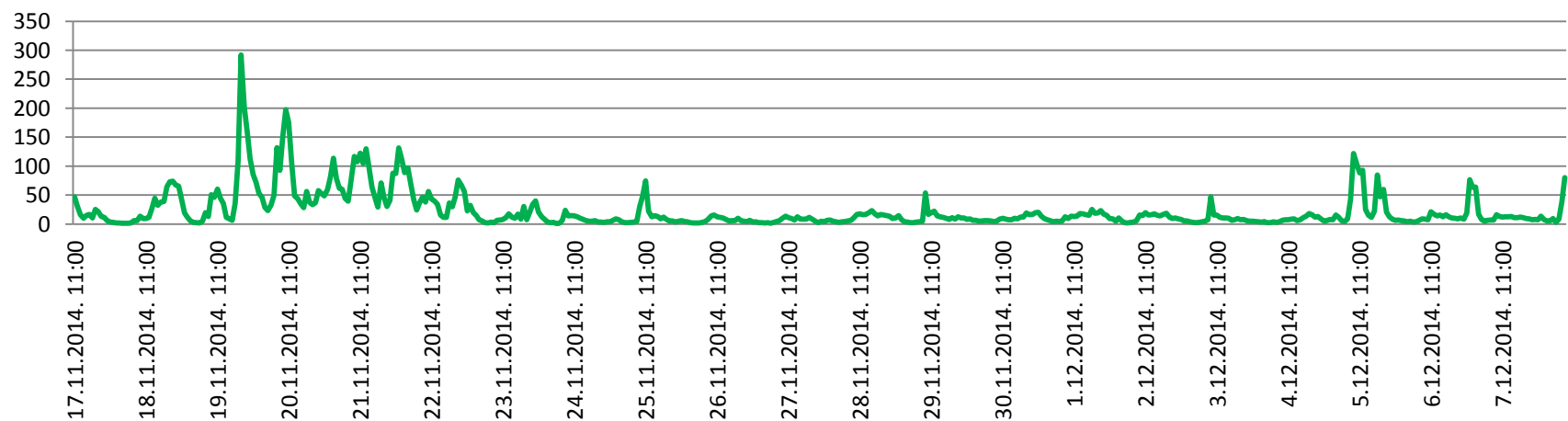
Koncentracije frakcije lebdećih čestica PM₁₀ te sadržaj organskog, elementnog i ukupnog ugljika u njima prikazani su u tablici 7. Zasebno su prikazani rezultati za vikend (subota, nedjelja) te radne dane. Ujedno su prikazani rezultati za tri različita doba dana (6-14, 14-22 i 22-6 sati). Izmjerene koncentracije čestica bile su niže od propisane granične vrijednosti, a vrijednosti tijekom vikenda bile su nešto više u odnosu na radne dane. Vrijednosti omjera OC/EC ukazuju da promet više utječe na onečišćenje radnim danima no vikendom.

U tablici 8 prikazane su koncentracije policikličkih aromatskih ugljikovodika, zasebno za dane vikenda i radne dane, kao i za tri ranije navedena doba dana. Koncentracije policikličkih aromatskih ugljikovodika vezanih uz promet (BghiP, IP i DahA) ne pokazuju povišenje u odnosu na mjerna mjesta državne i gradske mjerne mreže.

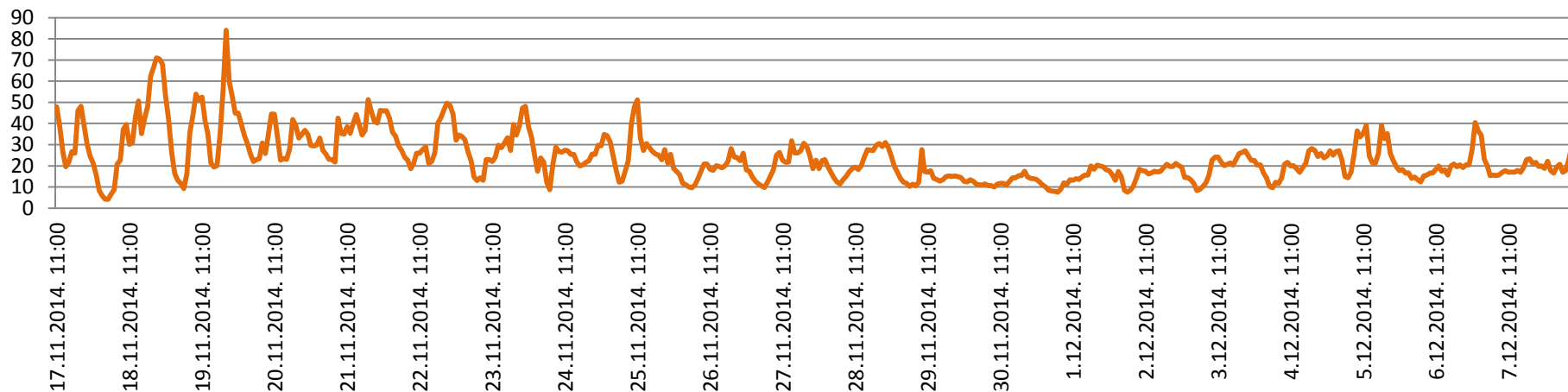
U Dodatku I. dani su grafički prikazi koncentracija PM₁₀, OC, EC i PAU.



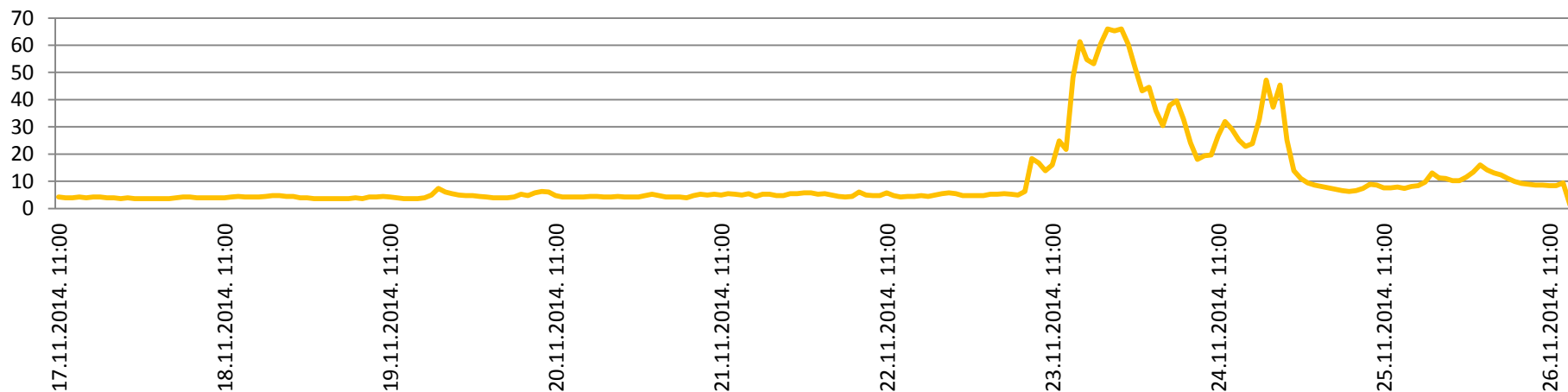
Slika 34. Kretanje satnih koncentracija ugljikovog monoksida na mjernom mjestu Av. Marina Držića [mg m^{-3}]



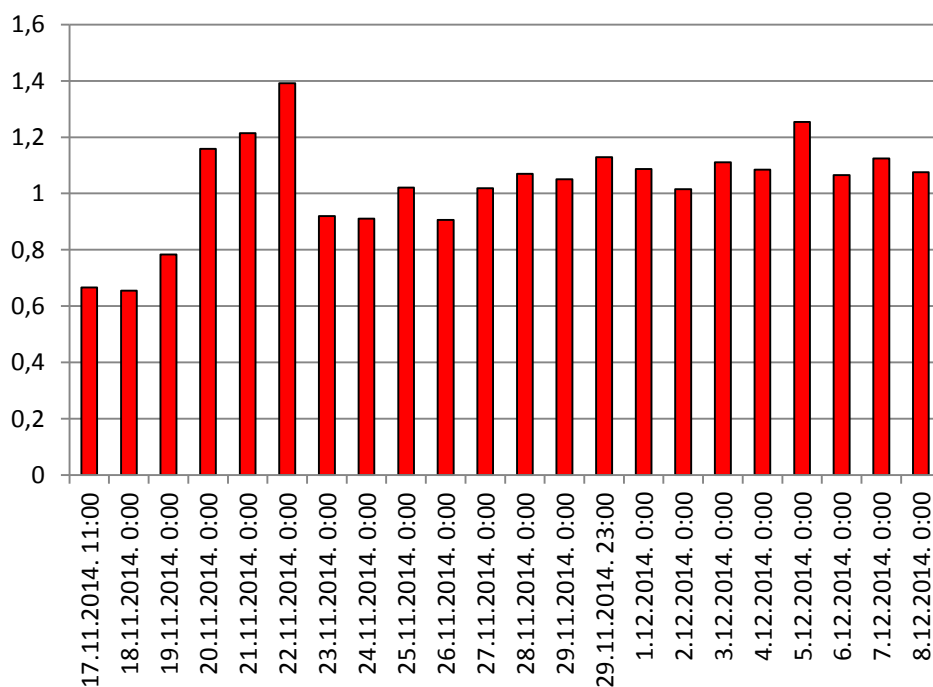
Slika 35. Kretanje satnih koncentracija dušikovog monoksida na mjernom mjestu Av. Marina Držića r [$\mu\text{g m}^{-3}$]



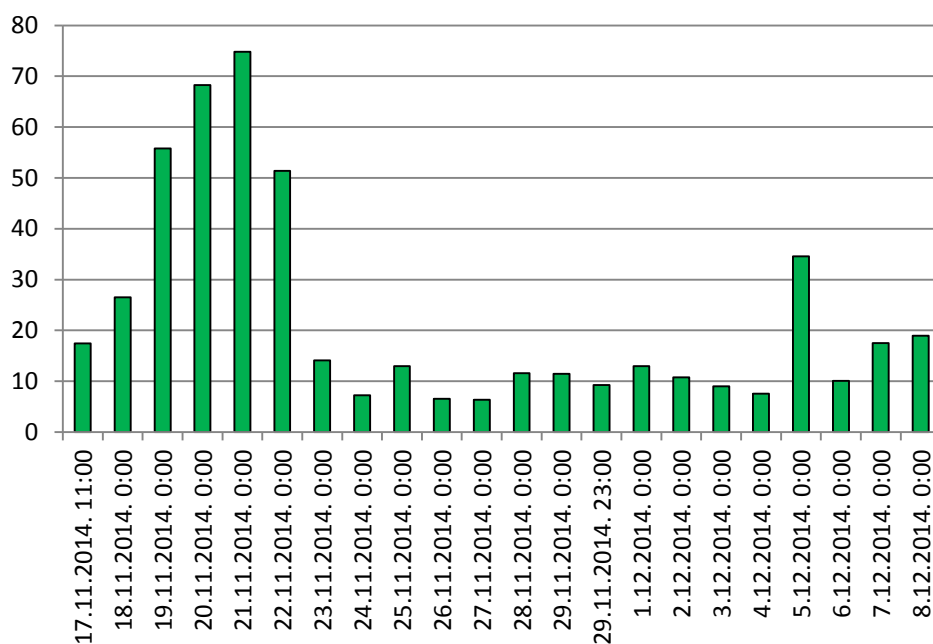
Slika 36. Kretanje satnih koncentracija dušikovog dioksida na mjernom mjestu Av. Marina Držića [$\mu\text{g m}^{-3}$]



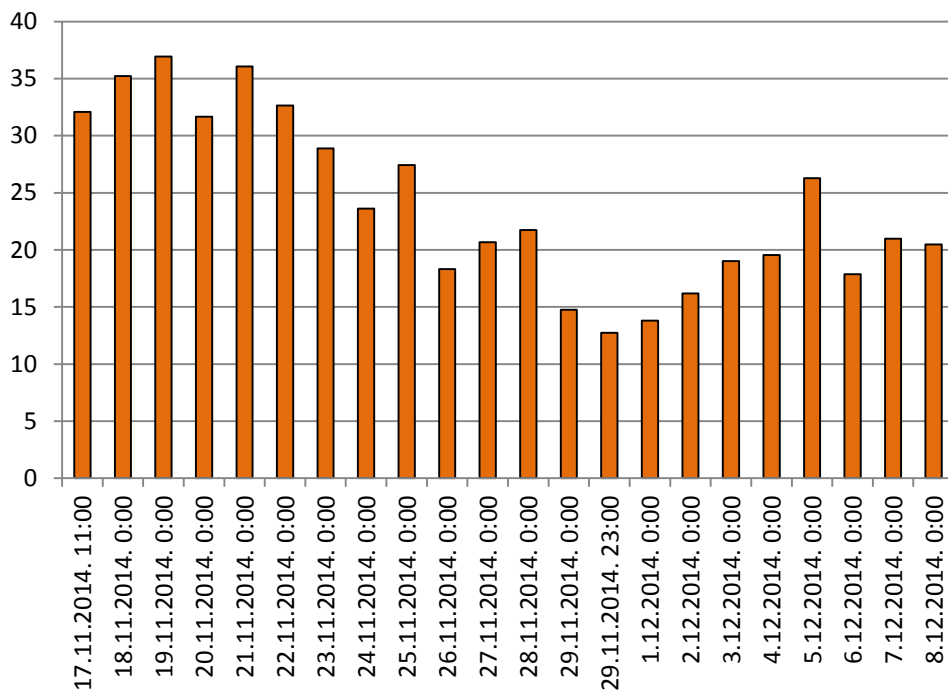
Slika 37. Kretanje satnih koncentracija sumporovog dioksida na mjernom mjestu Av. Marina Držića [$\mu\text{g m}^{-3}$]



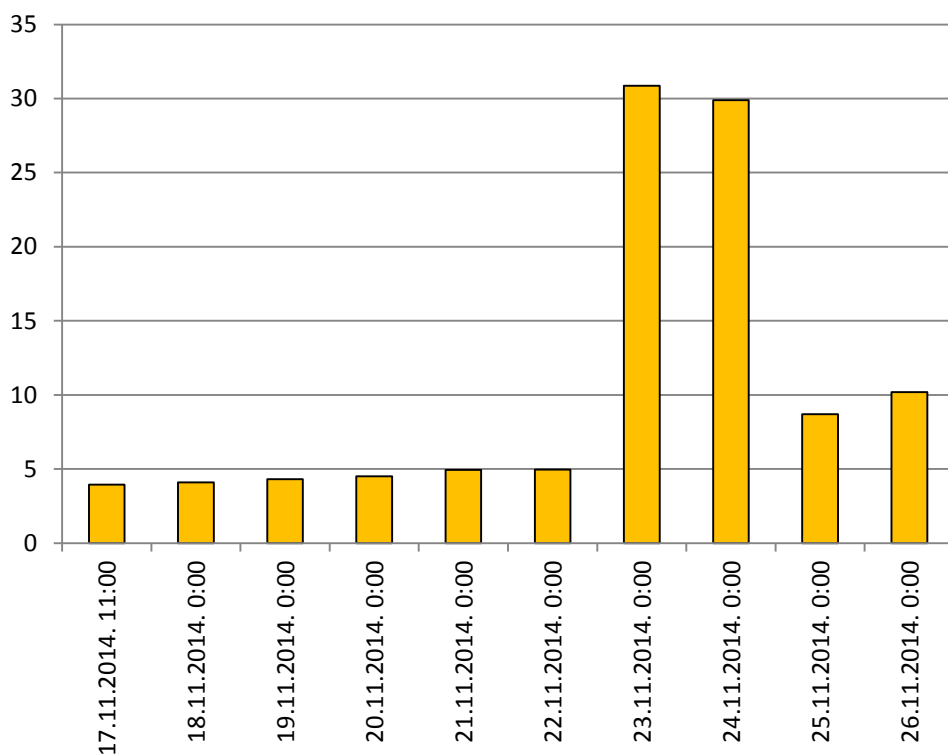
Slika 38. Kretanje dnevnih koncentracija ugljikovog monoksida na mjernom mjestu Av. Marina Držića [mg m⁻³]



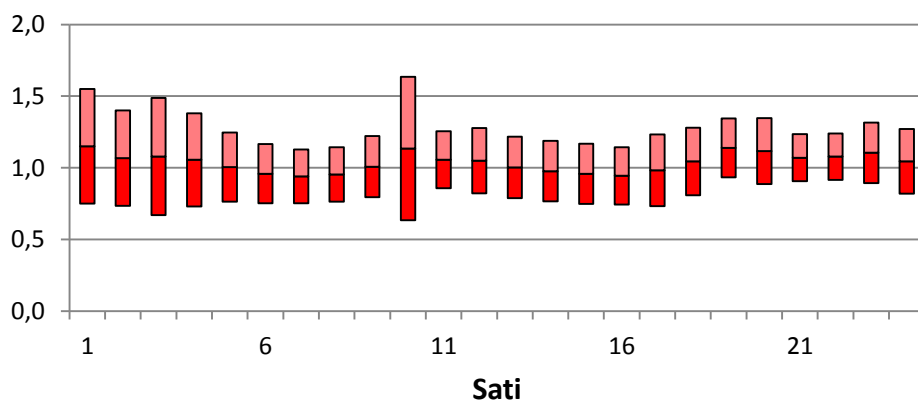
Slika 39. Kretanje dnevnih koncentracija dušikovog monoksida na mjernom mjestu Av. Marina Držića [µg m⁻³]



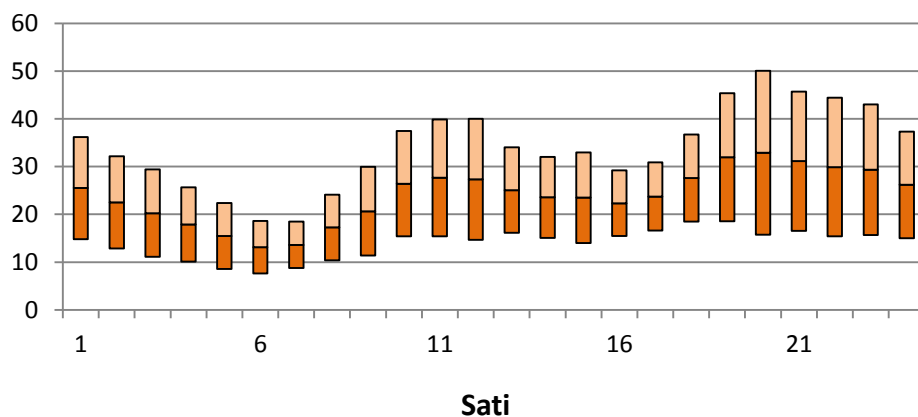
Slika 40. Kretanje dnevnih koncentracija dušikovog dioksida na mjernom mjestu Av. Marina Držića [$\mu\text{g m}^{-3}$]



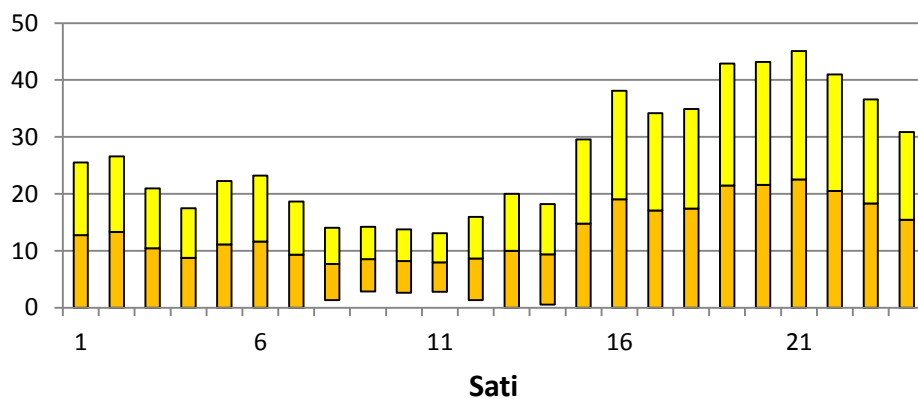
Slika 41. Kretanje dnevnih koncentracija sumporovog dioksida na mjernom mjestu Av. Marina Držića [$\mu\text{g m}^{-3}$]



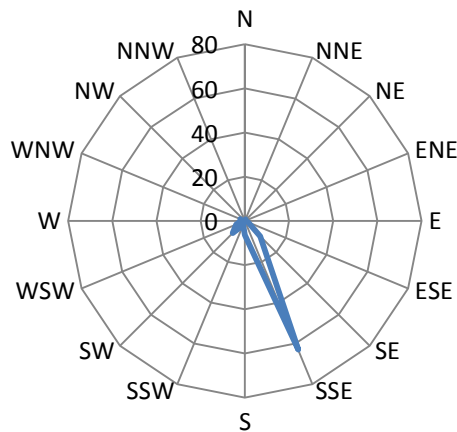
Slika 42. Prosječne satne koncentracije ($C \pm \text{STD}$) ugljikovog monoksida na mjernom mjestu Av. Marina Držića [mg m^{-3}]



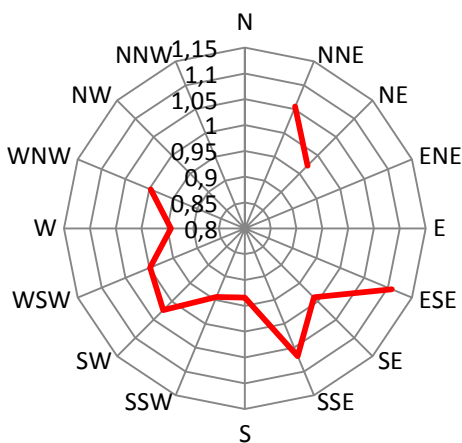
Slika 42. Prosječne satne koncentracije ($C \pm \text{STD}$) dušikovog dioksida na mjernom mjestu Av. Marina Držića [mg m^{-3}]



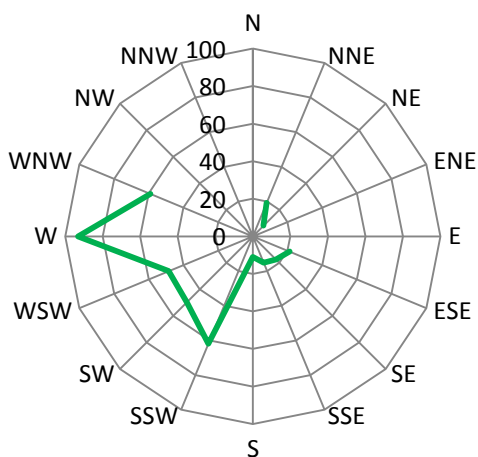
Slika 42. Prosječne satne koncentracije ($C \pm \text{STD}$) sumporovog dioksida na mjernom mjestu Av. Marina Držića [mg m^{-3}]



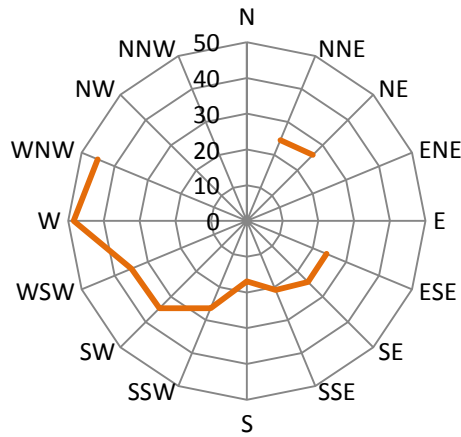
Slika 45. Učestalost vjetra na mjernom mjestu Av. Marina Držića s obzirom na smjer [%]



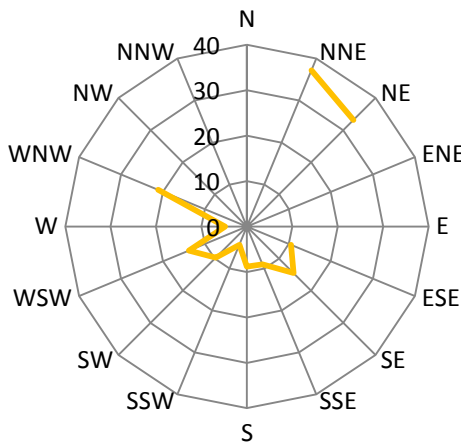
Slika 46. Srednja koncentracija ugljikovog monoksida na mjernom mjestu Av. Marina Držića s obzirom na smjer [mg m^{-3}]



Slika 47. Srednja koncentracija dušikovog monoksida na mjernom mjestu Av. Marina Držića s obzirom na smjer [$\mu\text{g m}^{-3}$]



Slika 48. Srednja koncentracija dušikovog dioksida na mjernom mjestu Av. Marina Držića s obzirom na smjer [$\mu\text{g m}^{-3}$]



Slika 49. Srednja koncentracija sumporovog dioksida na mjernom mjestu Av. Marina Držića s obzirom na smjer [$\mu\text{g m}^{-3}$]

Tablica 7. Koncentracije PM10, koncentracije OC, EC i TC te njihov udio u masi lebdećih čestica na mjernom mjestu Av. Marina Držića

	PM10 $\mu\text{g m}^{-3}$	OC $\mu\text{g m}^{-3}$	OC %	EC $\mu\text{g m}^{-3}$	EC %	TC $\mu\text{g m}^{-3}$	TC %	OC/EC
Držićeva V	26,2	9,44	36	1,17	4	10,61	40	8,1
<i>Držićeva V 06-14</i>	<i>29,1</i>	<i>10,44</i>	<i>36</i>	<i>1,16</i>	<i>4</i>	<i>11,59</i>	<i>40</i>	<i>9,0</i>
<i>Držićeva V 14-22</i>	<i>24,8</i>	<i>9,13</i>	<i>37</i>	<i>1,27</i>	<i>5</i>	<i>10,39</i>	<i>42</i>	<i>7,2</i>
<i>Držićeva V 22-06</i>	<i>24,8</i>	<i>8,75</i>	<i>35</i>	<i>1,09</i>	<i>4</i>	<i>9,84</i>	<i>40</i>	<i>8,0</i>
Držićeva R	23,0	7,34	35	1,41	8	8,75	43	5,2
<i>Držićeva R 06-14</i>	<i>11,8</i>	<i>4,98</i>	<i>42</i>	<i>1,63</i>	<i>14</i>	<i>6,61</i>	<i>56</i>	<i>3,1</i>
<i>Držićeva R 14-22</i>	<i>42,9</i>	<i>12,14</i>	<i>28</i>	<i>1,65</i>	<i>4</i>	<i>13,79</i>	<i>32</i>	<i>7,4</i>
<i>Držićeva R 22-06</i>	<i>14,1</i>	<i>4,90</i>	<i>35</i>	<i>0,95</i>	<i>7</i>	<i>5,85</i>	<i>41</i>	<i>5,2</i>

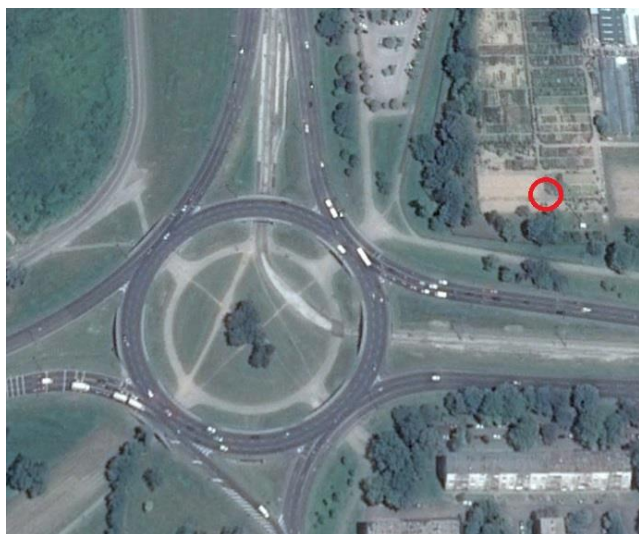
V – subota, nedjelja R – ponedjeljak, utorak, srijeda, četvrtak, petak

Tablica 8. Koncentracije policikličkih aromatskih ugljikovodika na mjernom mjestu Av. Marina Držića

	Flu ng m^{-3}	Pir ng m^{-3}	BaA ng m^{-3}	Kri ng m^{-3}	BeP ng m^{-3}	BbF ng m^{-3}	BkF ng m^{-3}	BaP ng m^{-3}	DahA ng m^{-3}	BghiP ng m^{-3}	IP ng m^{-3}
Držićeva V	0,92	1,13	0,66	1,46	0,69	2,08	0,97	1,56	0,51	5,48	1,26
<i>Držićeva V 06-14</i>	<i>0,86</i>	<i>1,50</i>	<i>0,83</i>	<i>1,75</i>	<i>0,74</i>	<i>2,40</i>	<i>1,09</i>	<i>1,92</i>	<i>0,93</i>	<i>6,80</i>	<i>1,46</i>
<i>Držićeva V 14-22</i>	<i>1,08</i>	<i>1,03</i>	<i>0,63</i>	<i>1,45</i>	<i>0,65</i>	<i>2,00</i>	<i>1,07</i>	<i>1,61</i>	<i>0,33</i>	<i>5,34</i>	<i>1,26</i>
<i>Držićeva V 22-06</i>	<i>0,83</i>	<i>0,84</i>	<i>0,52</i>	<i>1,18</i>	<i>0,67</i>	<i>1,83</i>	<i>0,76</i>	<i>1,15</i>	<i>0,27</i>	<i>4,30</i>	<i>1,05</i>
Držićeva R	1,02	0,94	0,58	1,14	0,60	1,56	0,61	0,97	0,31	3,93	1,02
<i>Držićeva R 06-14</i>	<i>0,72</i>	<i>0,41</i>	<i>0,29</i>	<i>0,64</i>	<i>0,32</i>	<i>0,88</i>	<i>0,41</i>	<i>0,65</i>	<i>0,13</i>	<i>2,44</i>	<i>0,56</i>
<i>Držićeva R 14-22</i>	<i>1,86</i>	<i>1,91</i>	<i>1,22</i>	<i>2,38</i>	<i>1,49</i>	<i>3,20</i>	<i>1,17</i>	<i>2,03</i>	<i>0,81</i>	<i>7,99</i>	<i>1,86</i>
<i>Držićeva R 22-06</i>	<i>0,47</i>	<i>0,49</i>	<i>0,22</i>	<i>0,40</i>	<i>0,00</i>	<i>0,60</i>	<i>0,25</i>	<i>0,23</i>	<i>0,00</i>	<i>1,36</i>	<i>0,64</i>

V – subota, nedjelja R – ponedjeljak, utorak, srijeda, četvrtak, petak

Mjerno mjesto AVENIJA DUBROVNIK



Mjerno mjesto bilo je smješteno na lokaciji ZAGREBAČKI HOLDING d.o.o. PODRUŽNICA ZRINJEVAC Remetinečka cesta 15 (N 45° 46' 41" E 15° 57' 18")

Trotjedno razdoblje mjerenja trajalo je od 8. do 21. prosinca 2014.

Vremensko kretanje satnih koncentracija plinovitih onečišćenja (CO, NO, NO₂ i SO₂) prikazano je na slikama 50-53. Izmjerene koncentracije bile su niske u usporedbi s propisanim graničnim vrijednostima.

Srednje dnevne koncentracije plinovitih onečišćenja prikazane su na slikama 54-57. Izmjerene koncentracije bile su niske u usporedbi s propisanim graničnim vrijednostima.

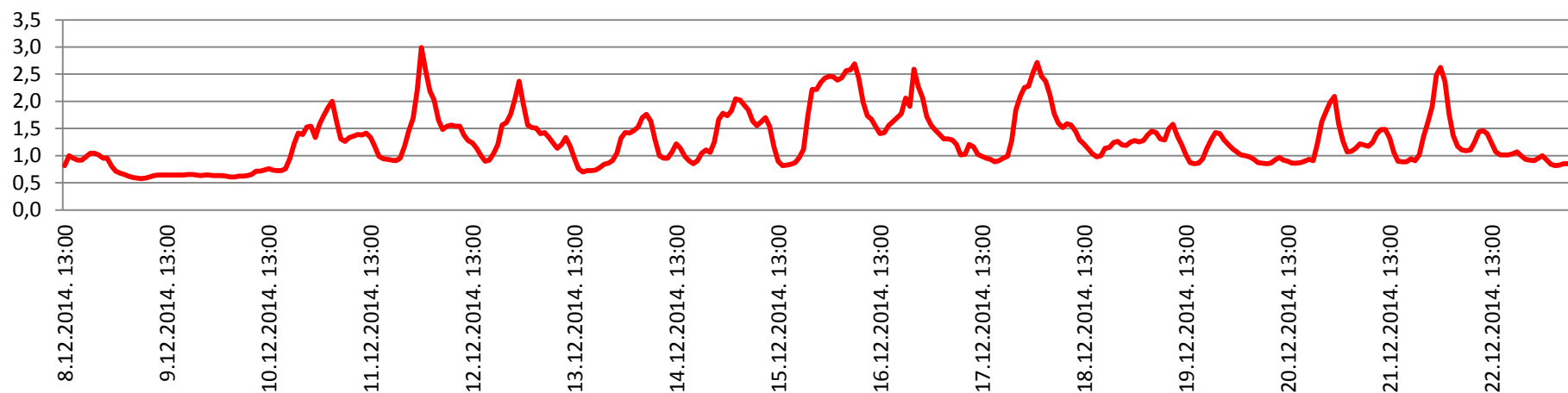
Na slikama 58-60 prikazano je kretanje koncentracija plinovitih onečišćenja tijekom dana, usrednjeno za mjerno razdoblje. Koncentracije CO i SO₂ bile su ujednačene tijekom dana. Koncentracije NO₂ pokazuju jutarnji porast uz maksimum za 11-12 sati, te poslijepodnevni porast nakon 16 sati s večernjim maksimumom tijekom 21-22 sata.

Učestalost vjetra s obzirom na smjer prikazano je na slici 61. Prevladavalo je strujanje jugozapadnog smjera. Na slikama 62-65 prikazane su srednje vrijednosti izmjerenih koncentracija o odnosu na smjer strujanja zraka. Koncentracije CO, NO i NO₂ nisu pokazivale ovisnost o smjeru vjetra, dok su koncentracije SO₂ bile povišene prilikom strujanja iz smjera jugozapada.

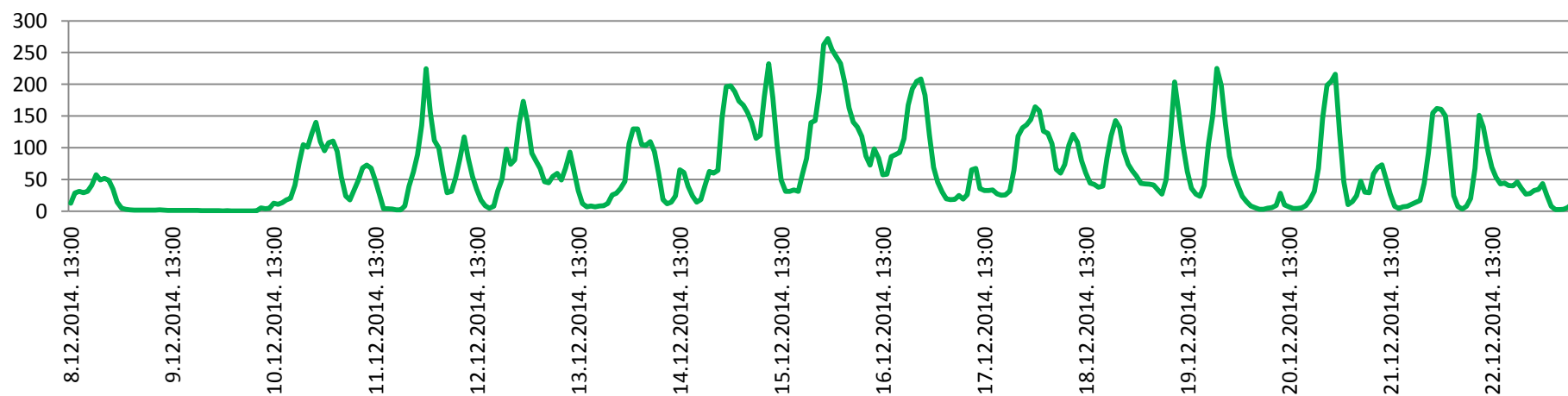
Koncentracije frakcije lebdećih čestica PM₁₀ te sadržaj organskog, elementnog i ukupnog ugljika u njima prikazani su u tablici 9. Zasebno su prikazani rezultati za vikend (subota, nedjelja) te radne dane. Ujedno su prikazani rezultati za tri različita doba dana (6-14, 14-22 i 22-6 sati). Izmjerene koncentracije čestica tijekom vikend bile su na razini granične vrijednosti dok su radnim danima bile značajno više od propisane granične vrijednosti. Sadržaj organskog ugljika bio je viši tijekom vikenda no radnim danima dok su koncentracije elementnog ugljika bile visoke i ujednačene. Vrijednosti omjera OC/EC ukazuju da je promet jedan od značajnih izvora onečišćenja lebdećim česticama.

U tablici 10 prikazane su koncentracije policikličkih aromatskih ugljikovodika, zasebno za dane vikenda i radne dane, kao i za tri ranije navedena doba dana. Koncentracije policikličkih aromatskih ugljikovodika vezanih uz promet (BghiP, IP) pokazuju povišene vrijednosti u odnosu na mjerna mjesta državne i gradske mjerne mreže. Općeniti je zaključak da je promet značajan izvor onečišćenja zraka u okolnom području.

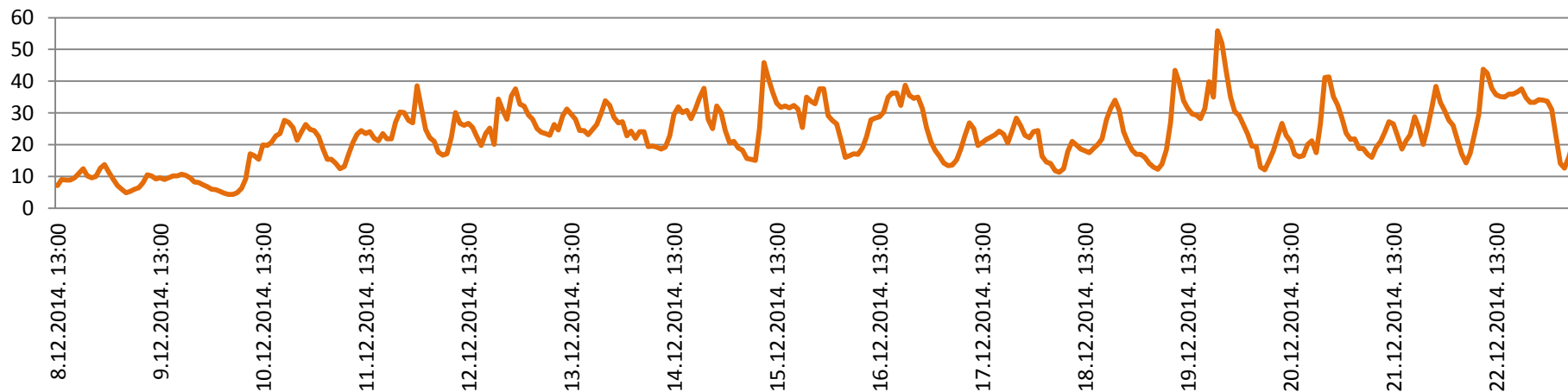
U Dodatku I. dani su grafički prikazi koncentracija PM₁₀, OC, EC i PAU.



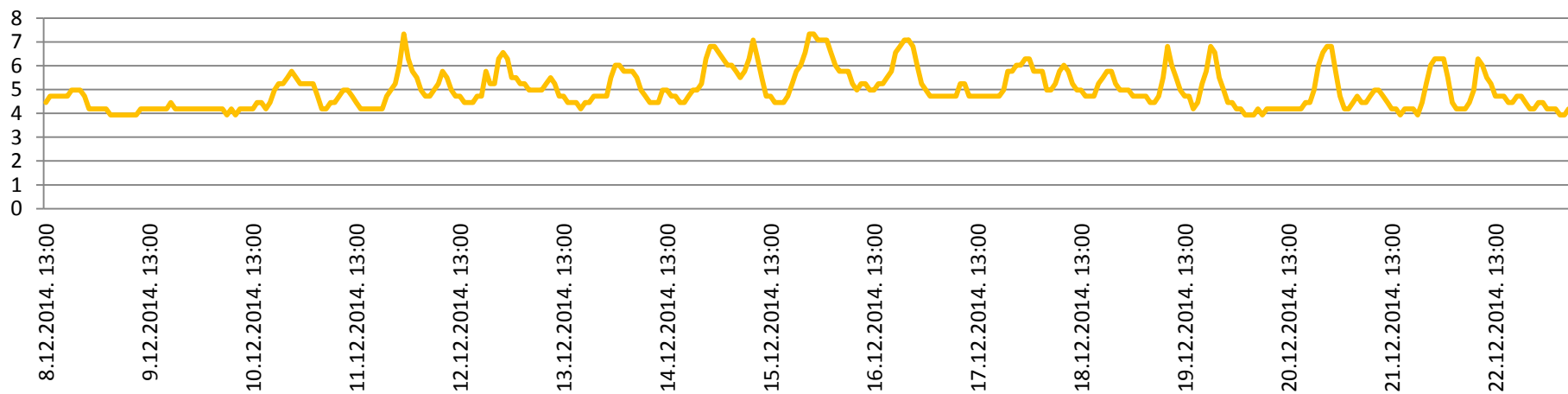
Slika 50. Kretanje satnih koncentracija ugljikovog monoksida na mjernom mjestu Av. Dubrovnik [mg m⁻³]



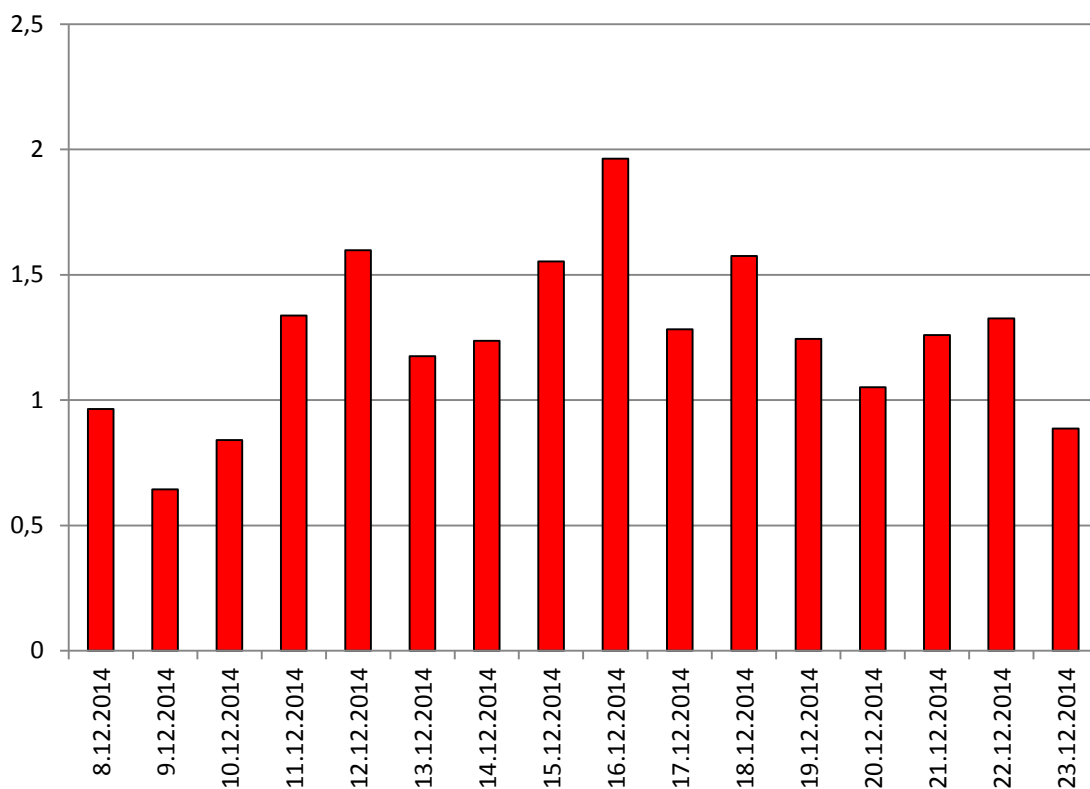
Slika 51. Kretanje satnih koncentracija dušikovog monoksida na mjernom mjestu Av. Dubrovnik [µg m⁻³]



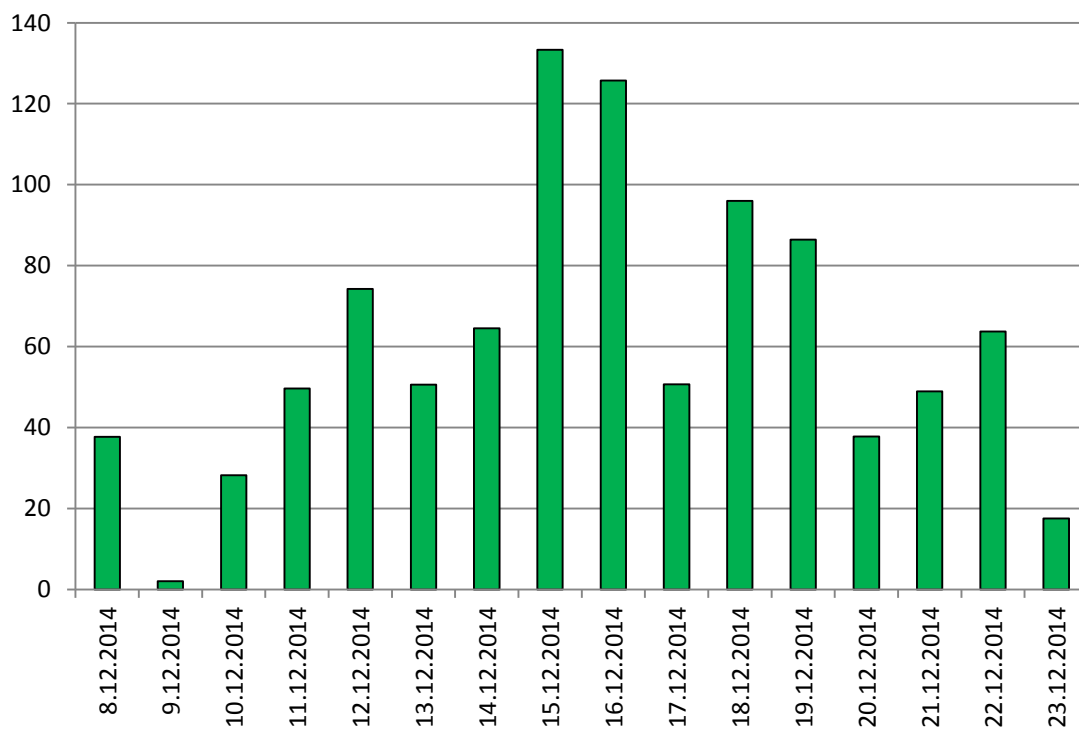
Slika 52. Kretanje satnih koncentracija dušikovog dioksida na mjernom mjestu Av. Dubrovnik [$\mu\text{g m}^{-3}$]



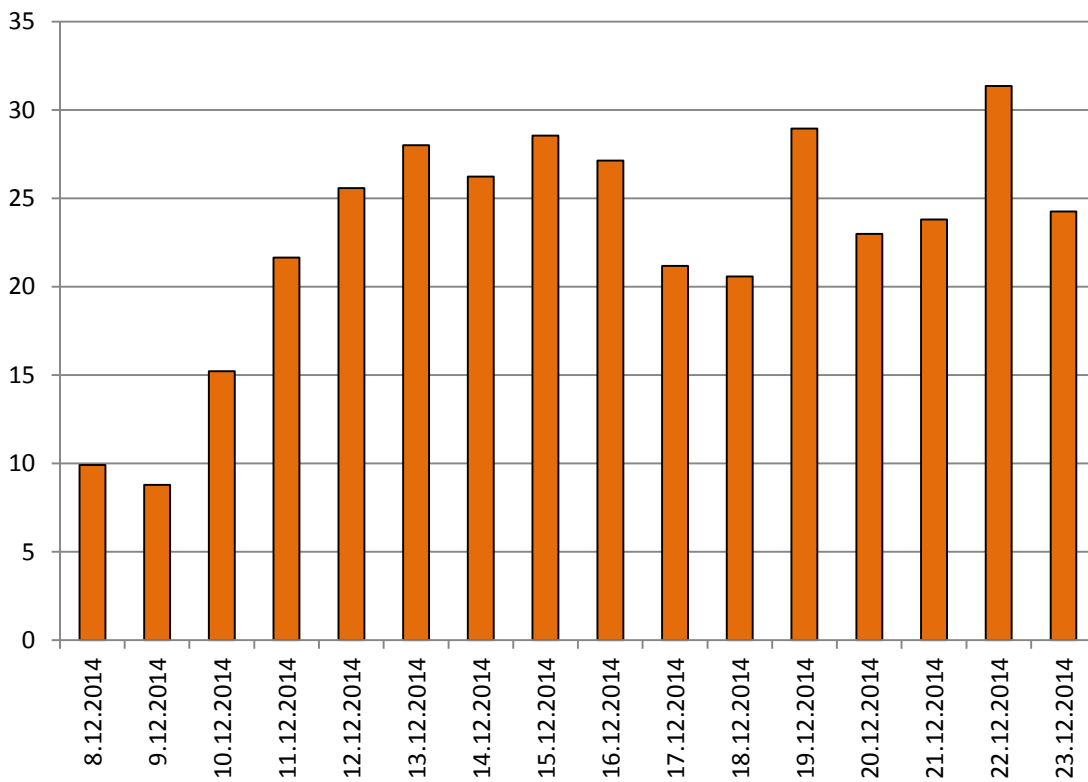
Slika 53. Kretanje satnih koncentracija sumporovog dioksida na mjernom mjestu Av. Dubrovnik [$\mu\text{g m}^{-3}$]



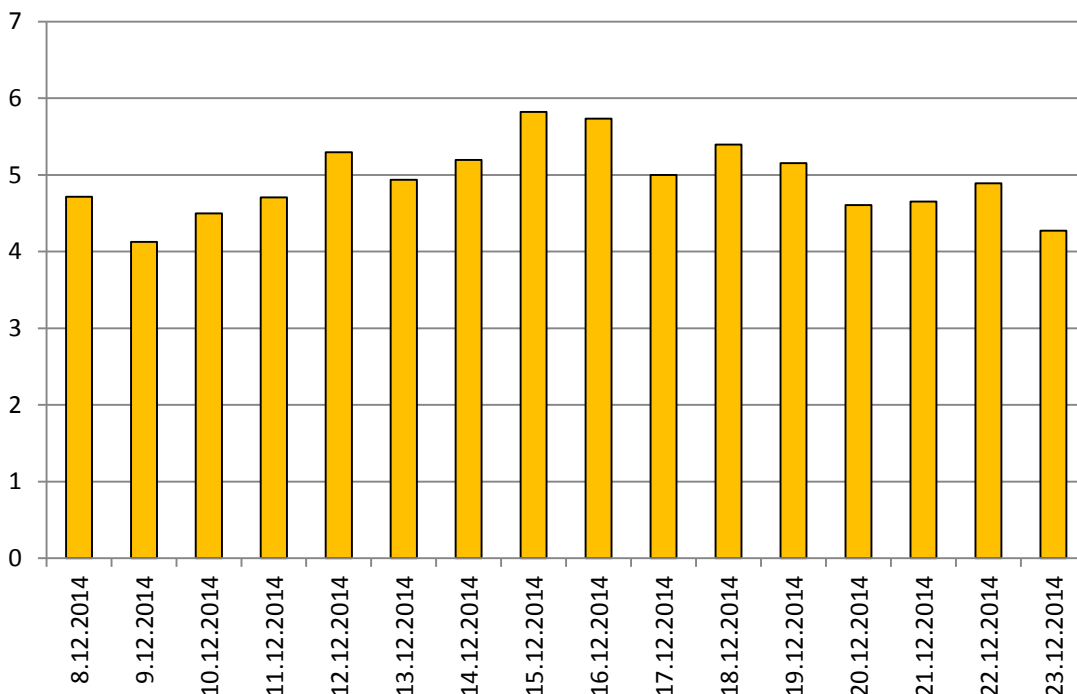
Slika 54. Kretanje dnevnih koncentracija ugljikovog monoksida na mjernom mjestu Av. Dubrovnik [mg m⁻³]



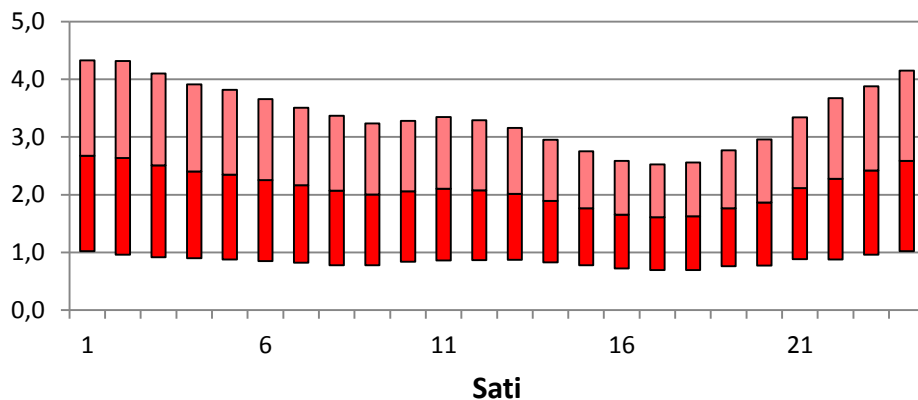
Slika 55. Kretanje dnevnih koncentracija dušikovog monoksida na mjernom mjestu Av. Dubrovnik [µg m⁻³]



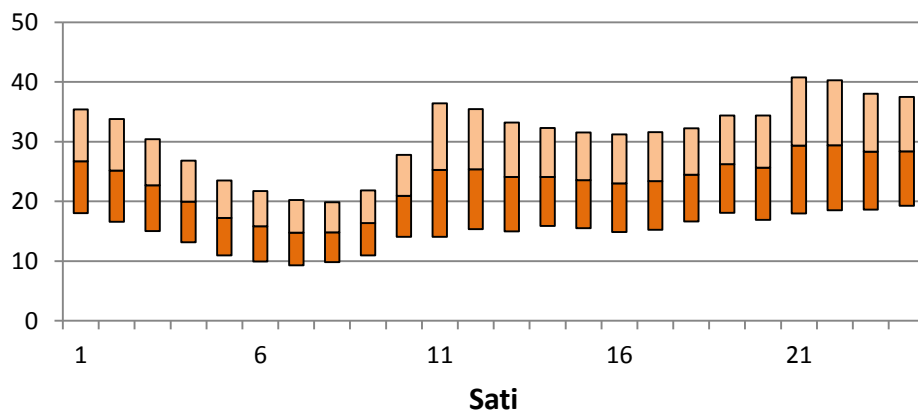
Slika 56. Kretanje dnevnih koncentracija dušikovog dioksida na mjernom mjestu Av. Dubrovnik [$\mu\text{g m}^{-3}$]



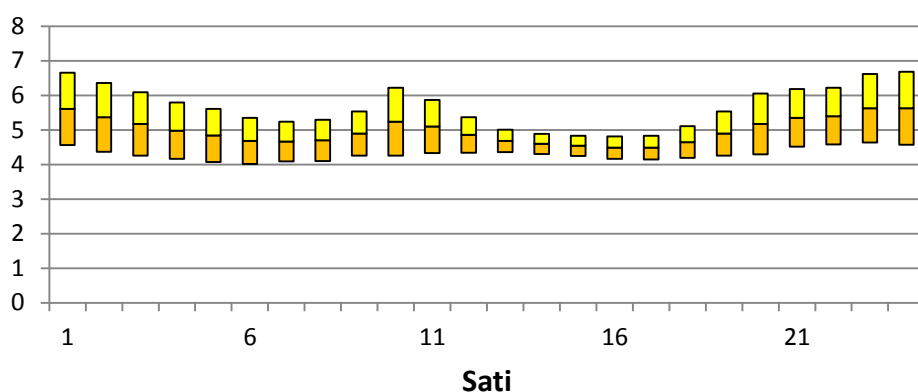
Slika 57. Kretanje dnevnih koncentracija sumporovog dioksida na mjernom mjestu Av. Dubrovnik [$\mu\text{g m}^{-3}$]



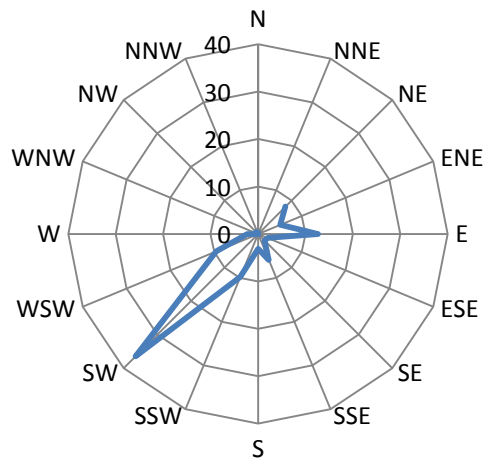
Slika 58. Prosječne satne koncentracije ($C \pm \text{STD}$) ugljikovog monoksida na mjernom mjestu Av. Dubrovnik [mg m^{-3}]



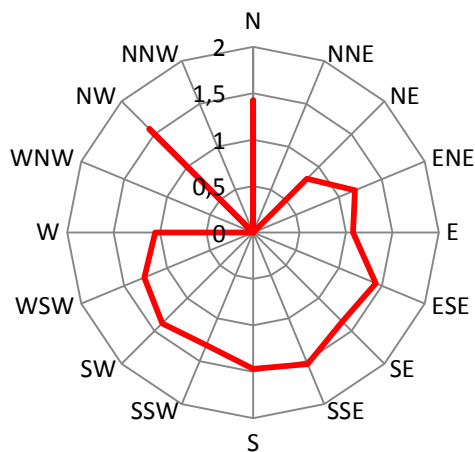
Slika 59. Prosječne satne koncentracije ($C \pm \text{STD}$) dušikovog dioksida na mjernom mjestu Av. Dubrovnik [mg m^{-3}]



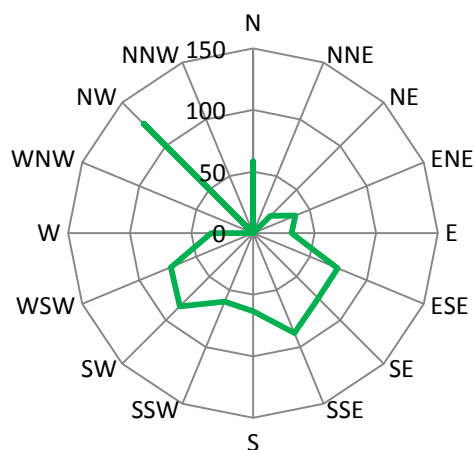
Slika 60. Prosječne satne koncentracije ($C \pm \text{STD}$) sumporovog dioksida na mjernom mjestu Av. Dubrovnik [mg m^{-3}]



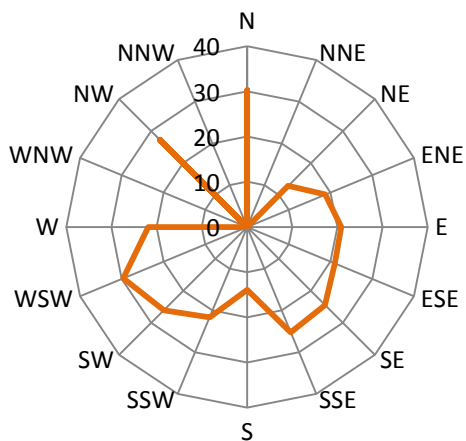
Slika 61. Učestalost vjetra na mjernom mjestu Av. Dubrovnik obzirom na smjer [%]



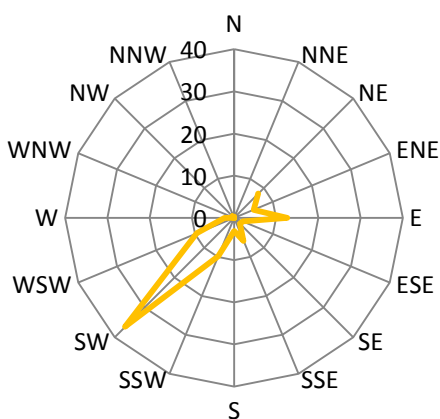
Slika 62. Srednja koncentracija ugljikovog monoksida na mjernom mjestu Av. Dubrovnik s obzirom na smjer [mg m^{-3}]



Slika 63. Srednja koncentracija dušikovog monoksida na mjernom mjestu Av. Dubrovnik s obzirom na smjer [$\mu\text{g m}^{-3}$]



Slika 64. Srednja koncentracija dušikovog dioksida na mjernom mjestu Av. Dubrovnik s obzirom na smjer [$\mu\text{g m}^{-3}$]



Slika 65. Srednja koncentracija sumporovog dioksida na mjernom mjestu Av. Dubrovnik s obzirom na smjer [$\mu\text{g m}^{-3}$]

Tablica 9. Koncentracije PM10, koncentracije OC, EC i TC te njihov udio u masi lebdećih čestica na mjernom mjestu Avenija Dubrovnik

	PM10 $\mu\text{g m}^{-3}$	OC $\mu\text{g m}^{-3}$	OC %	EC $\mu\text{g m}^{-3}$	EC %	TC $\mu\text{g m}^{-3}$	TC %	OC/EC
Dubrovnik V	49,5	25,15	51	5,83	11	30,97	62	4,3
<i>Dubrovnik V 06-14</i>	36,2	18,25	50	3,31	9	21,56	60	5,5
<i>Dubrovnik V 14-22</i>	54,3	23,80	44	7,04	13	30,84	57	3,4
<i>Dubrovnik V 22-06</i>	58,0	33,40	58	7,12	12	40,52	70	4,7
Dubrovnik R	80,1	33,12	41	5,97	8	39,09	49	5,5
<i>Dubrovnik R 06-14</i>	63,9	26,35	41	5,43	8	31,79	50	4,9
<i>Dubrovnik R 14-22</i>	72,5	27,50	38	6,47	9	33,97	47	4,3
<i>Dubrovnik R 22-06</i>	103,8	45,49	44	6,02	6	51,51	50	7,6

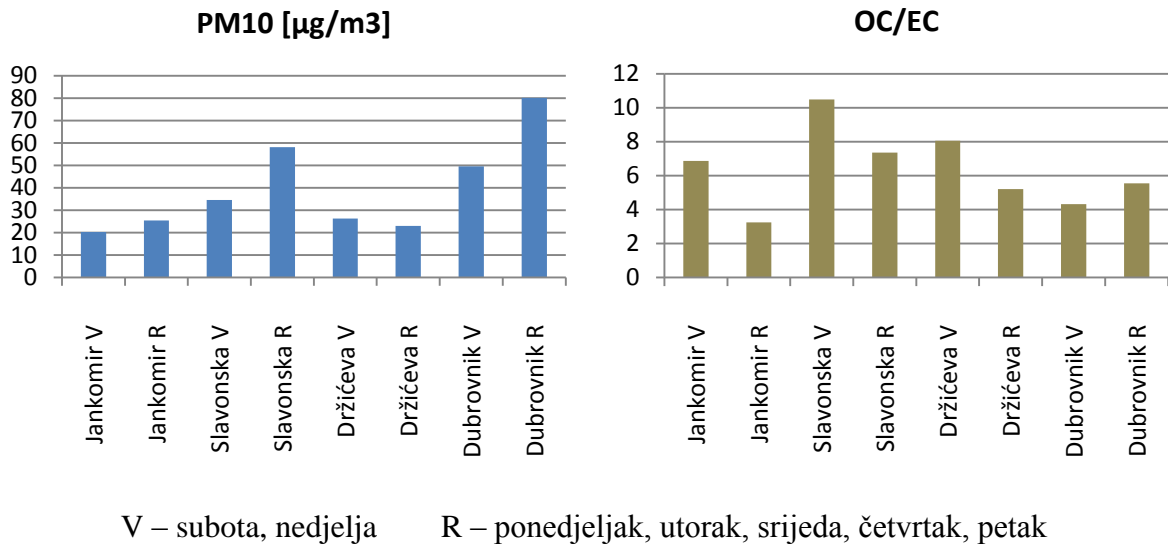
V – subota, nedjelja R – ponedjeljak, utorak, srijeda, četvrtak, petak

Tablica 10. Koncentracije policikličkih aromatskih ugljikovodika na mjernom mjestu Avenija Dubrovnik

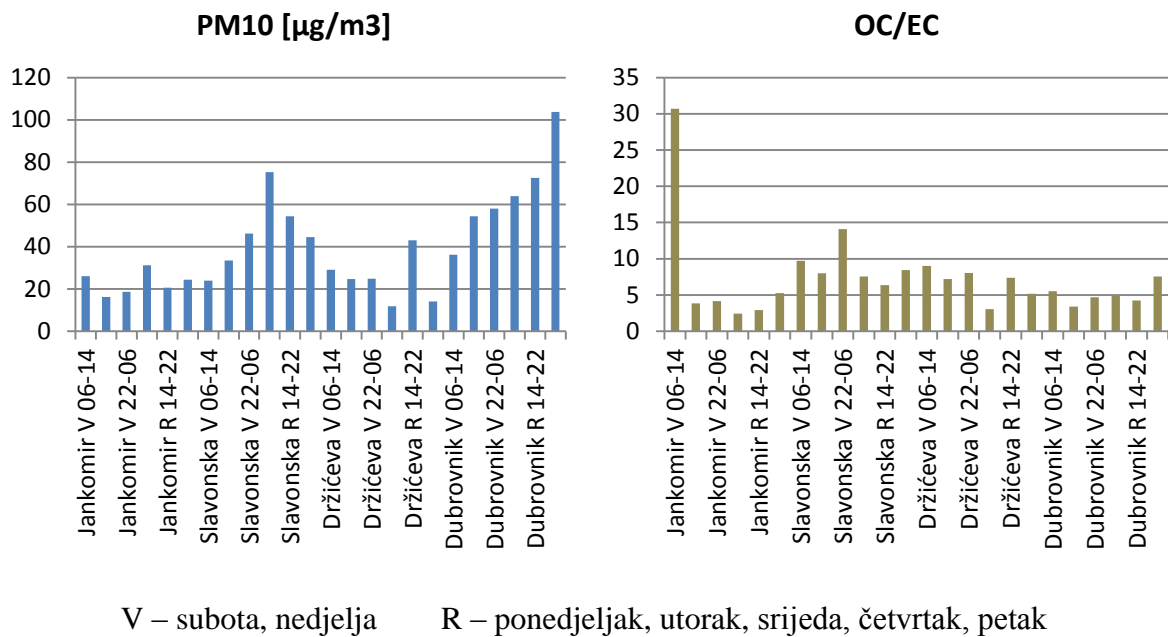
	Flu ng m^{-3}	Pir ng m^{-3}	BaA ng m^{-3}	Kri ng m^{-3}	BeP ng m^{-3}	BbF ng m^{-3}	BkF ng m^{-3}	BaP ng m^{-3}	DahA ng m^{-3}	BghiP ng m^{-3}	IP ng m^{-3}
Dubrovnik V	1,85	1,28	2,43	4,10	1,34	4,45	2,07	3,96	0,10	11,98	3,23
<i>Dubrovnik V 06-14</i>	0,38	0,14	0,58	1,94	0,68	2,69	1,06	1,53	0,31	5,60	1,26
<i>Dubrovnik V 14-22</i>	2,54	1,49	2,54	4,15	1,49	4,98	2,20	4,05	0,00	11,69	4,02
<i>Dubrovnik V 22-06</i>	2,63	2,20	4,18	6,22	1,86	5,69	2,94	6,31	0,00	18,66	4,42
Dubrovnik R	2,74	2,61	4,94	7,34	2,32	9,12	3,48	7,98	1,46	19,92	7,17
<i>Dubrovnik R 06-14</i>	1,57	1,94	3,11	5,06	1,36	5,20	2,25	3,56	0,68	12,59	5,50
<i>Dubrovnik R 14-22</i>	1,78	1,55	4,43	6,19	1,98	7,13	3,11	5,76	2,75	16,36	5,60
<i>Dubrovnik R 22-06</i>	4,88	4,33	7,26	10,78	3,61	15,05	5,08	14,62	0,94	30,81	10,42

V – subota, nedjelja R – ponedjeljak, utorak, srijeda, četvrtak, petak

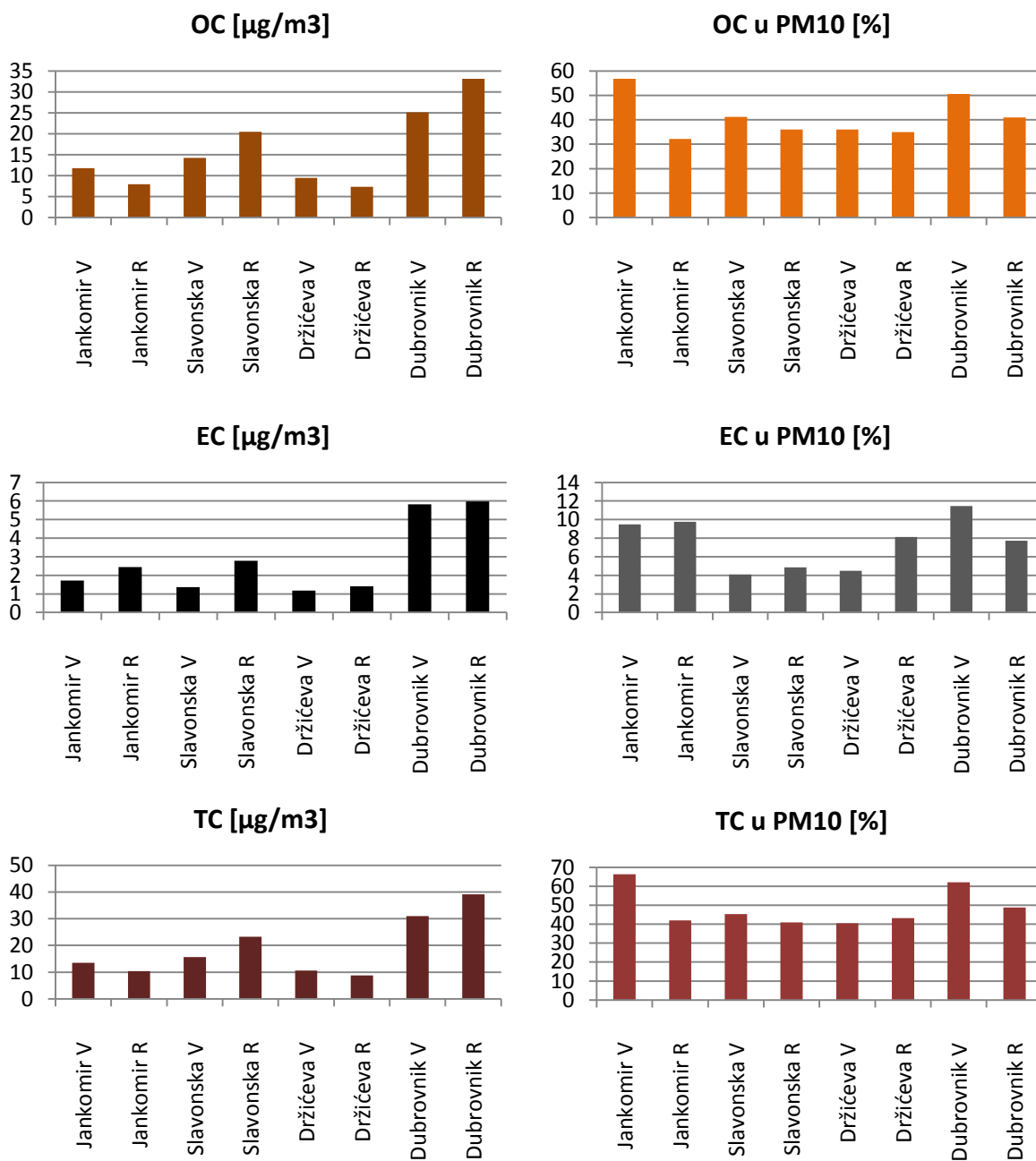
Dodatak I. Grafički prikazi koncentracija PM10, OC, EC i PAU



Slika 66. Srednje dnevne koncentracije PM10 i omjera OC/EC u njima

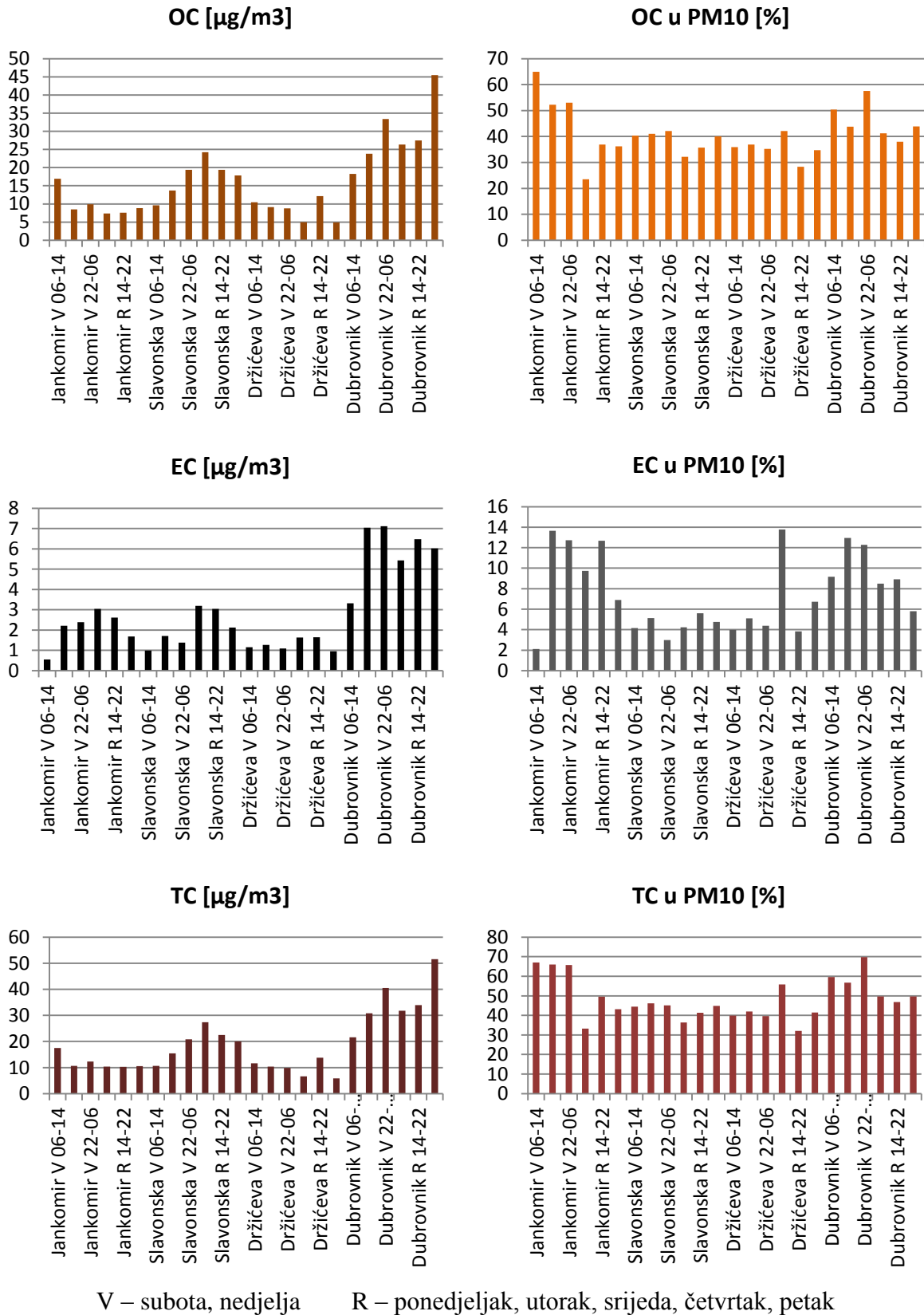


Slika 67. Srednje koncentracije po razdobljima dana za PM10 i omjer OC/EC u njima

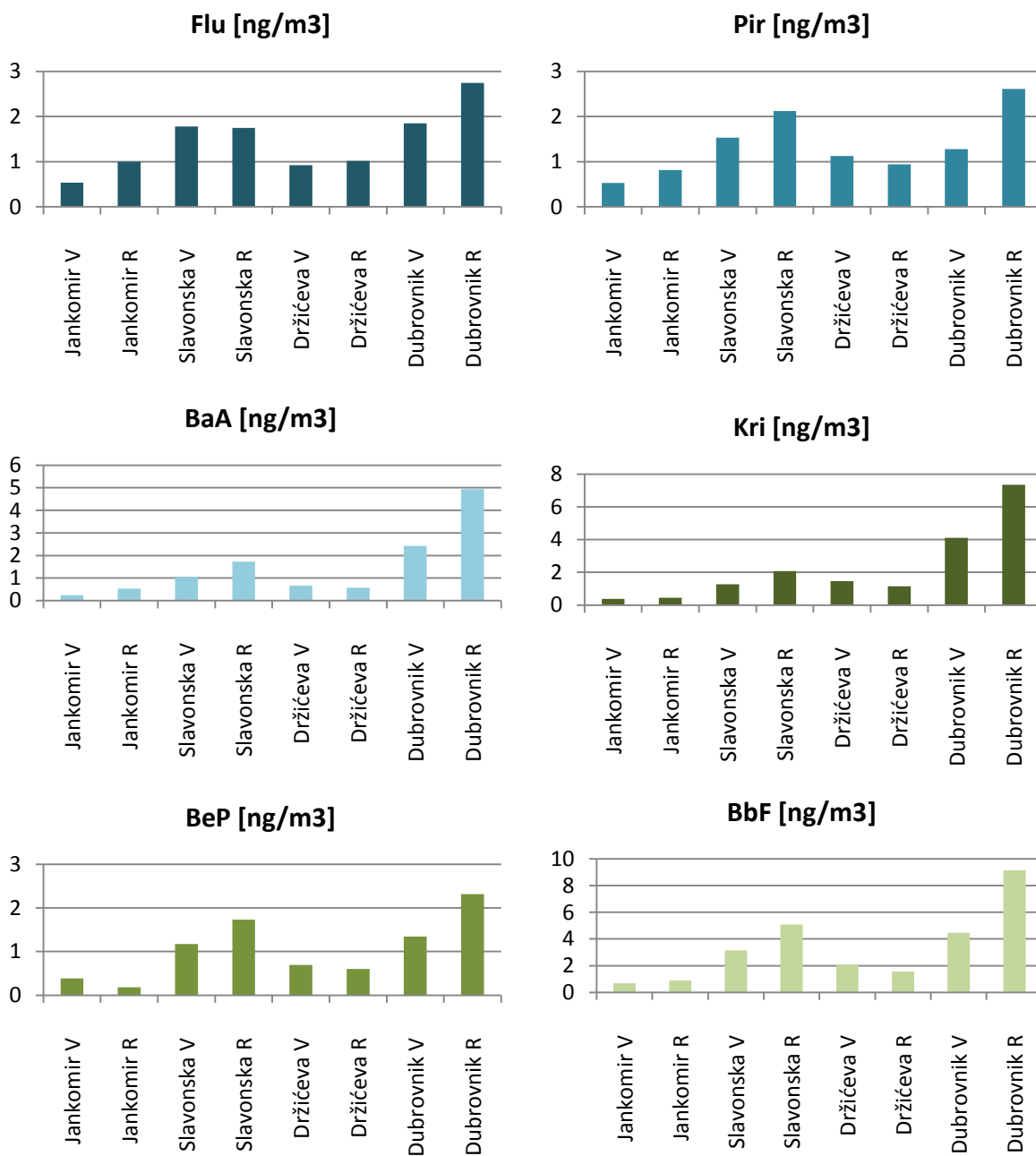


V – subota, nedjelja R – ponedjeljak, utorak, srijeda, četvrtak, petak

Slika 68. Srednje dnevne koncentracije organskog, elementnog i ukupnog ugljika

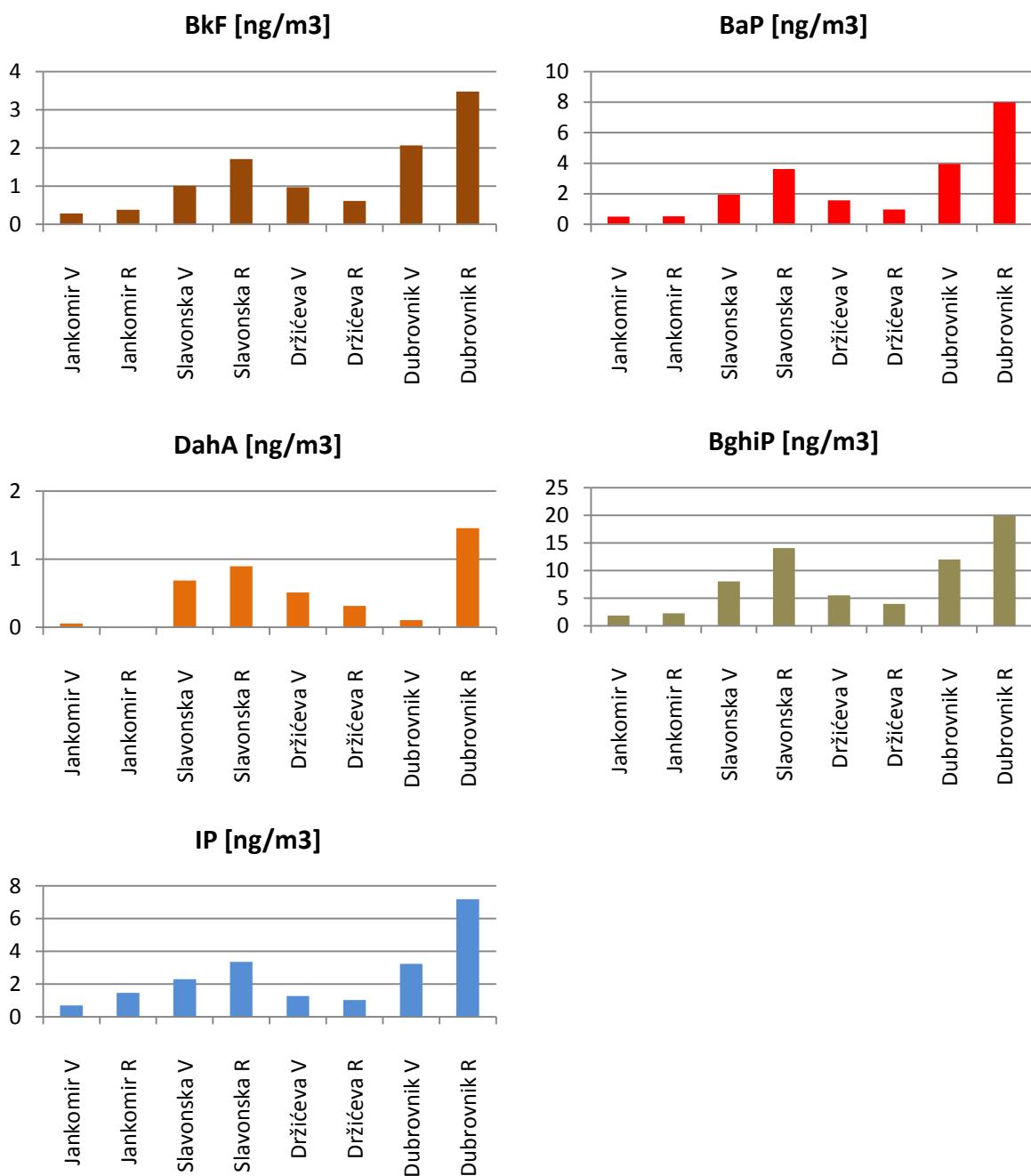


Slika 69. Koncentracije organskog, elementnog i ukupnog ugljika po dobu dana



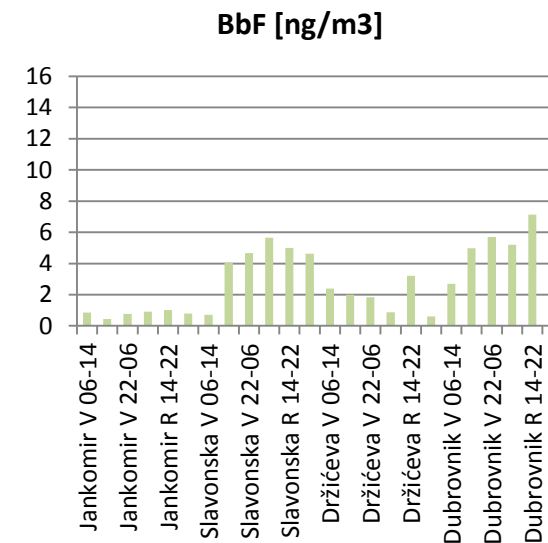
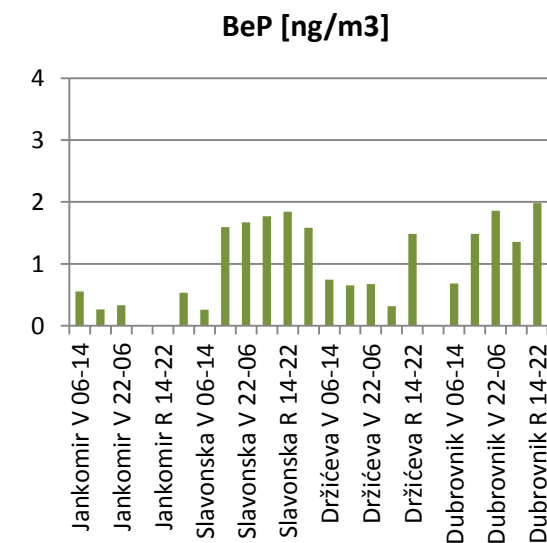
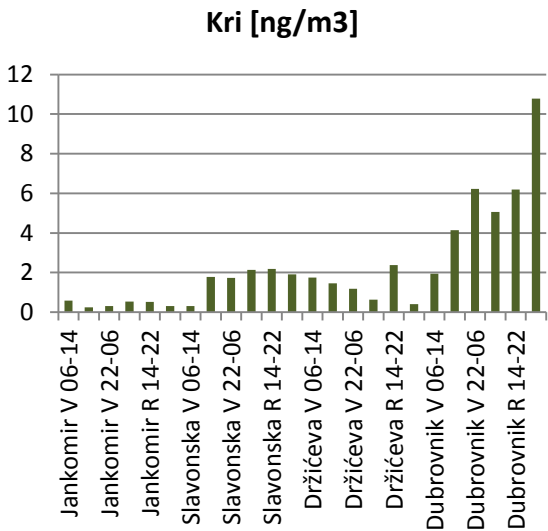
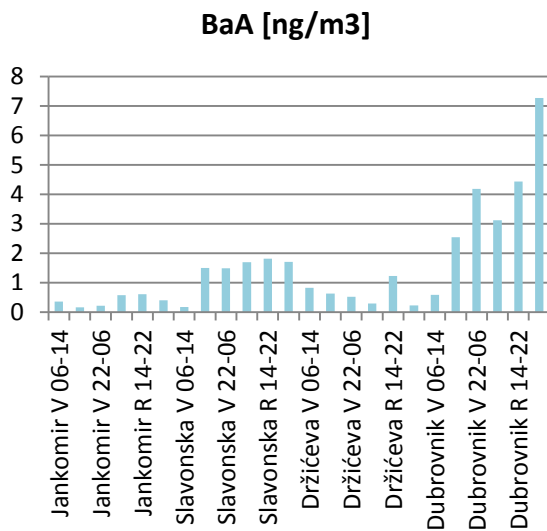
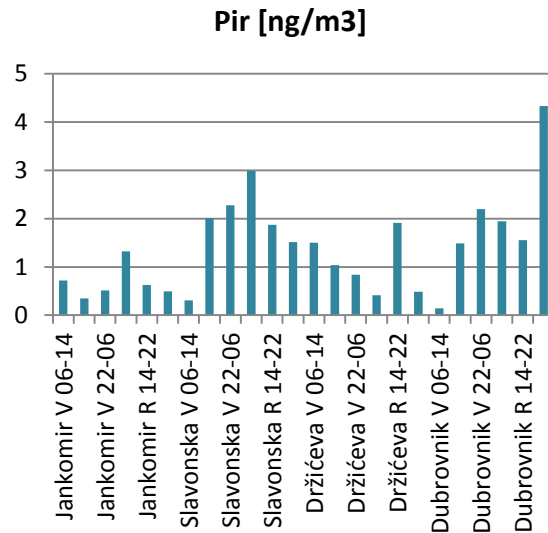
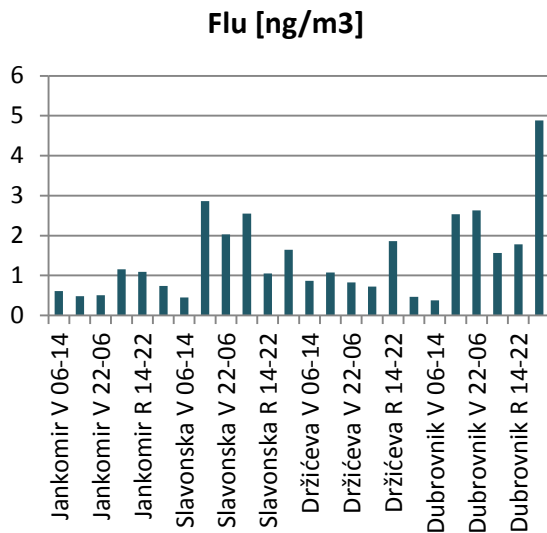
V – subota, nedjelja R – ponedjeljak, utorak, srijeda, četvrtak, petak

Slika 70. Srednje dnevne koncentracije policikličkih aromatskih ugljikovodika



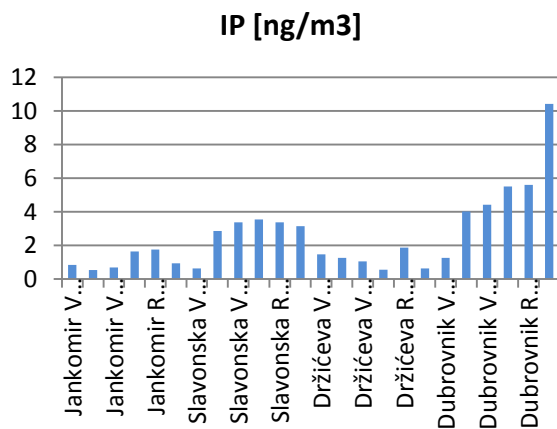
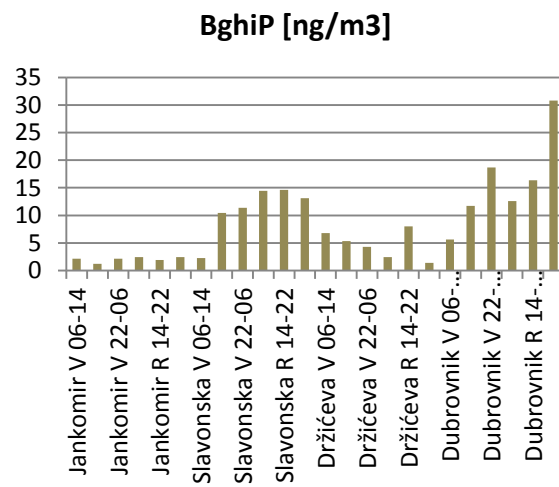
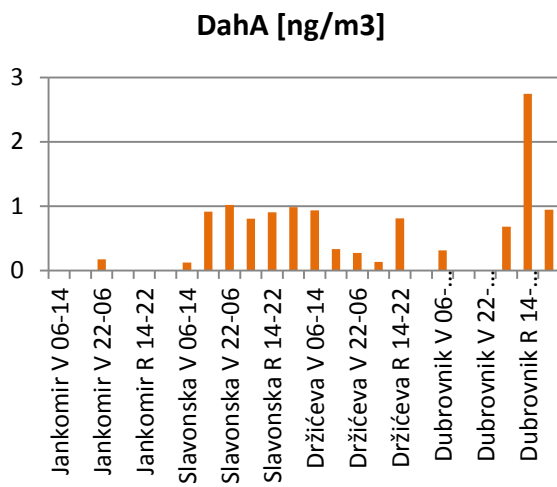
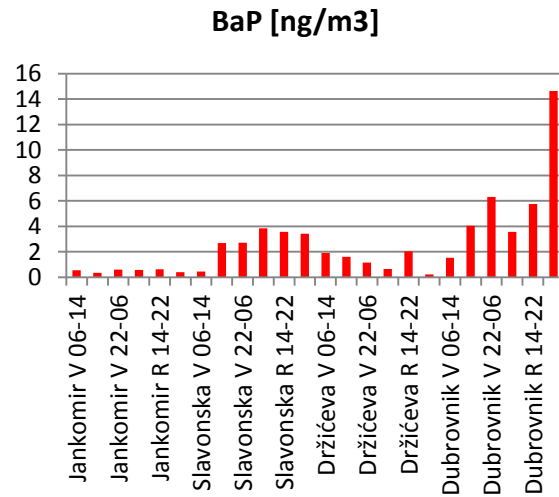
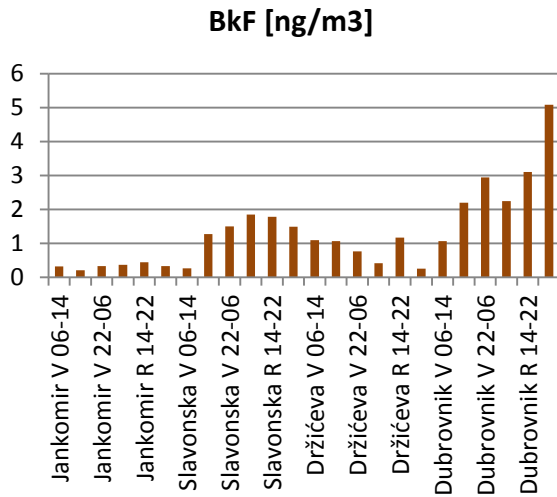
V – subota, nedjelja R – ponedjeljak, utorak, srijeda, četvrtak, petak

Slika 71. Srednje dnevne koncentracije policikličkih aromatskih ugljikovodika (nastavak)



V – subota, nedjelja R – ponedjeljak, utorak, srijeda, četvrtak, petak

Slika 72. Koncentracije policikličkih aromatskih ugljikovodika po dobu dana



V – subota, nedjelja R – ponedjeljak, utorak, srijeda, četvrtak, petak

Slika 73. Koncentracije policikličkih aromatskih ugljikovodika po dobu dana (nastavak)