

**UNIVERZITET EDUKONS**  
**Fakultet zaštite životne sredine**  
**Sremska Kamenica**

**EKOLOŠKI ASPEKTI RADA**  
**TERMOENERGETSKIH POSTROJENJA**  
**U NOVOM SADU - AEROZAGAĐENJE**

**Doktorska disertacija**

**Mentor:**  
**Prof. dr Mirjana Radovanović**

**Kandidat:**  
**Julka Petrović**

**Sremska Kamenica, 2017.**

**KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

Redni broj: RBR	
Identifikacioni broj: IBR	
Tip dokumentacije: TD	Monografska dokumentacija
Tip zapisa: TZ	Tekstualni štampani materijal
Vrsta rada (dipl, mag, dr): VR	Doktorska disertacija
Ime i prezime autora: AU	Julka Petrović
Mentor (titula, ime, prezime, zvanje): MN	Prof. dr Mirjana Radovanović
Naslov rada: NR	Ekološki aspekti rada termoenergetskih postrojenja u Novom Sadu-aerozagađenje
Jezik publikacije: JP	srpski
Jezik izvoda/apstrakta: JI	srpski /engleski
Zemlja publikovanja: ZP	Republika Srbija
Uže geografsko područje: UGP	Autonomna pokrajina Vojvodina
Godina: GO	2017.
Izdavač: IZ	Autorski reprint
Mesto i adresa: MA	Vojvode Putnika 87, 21208 Sremska Kamenica
Fizički opis rada: FO	(broj poglavlja, stranica, tabela, slika, referenci) 8 / 180/ 40/ 71 / 187 / 0
Naučna oblast: NO	Nauke o zaštiti životne sredine
Naučna disciplina: ND	Zaštita životne sredine
Predmetna odrednica, ključne reči: PO	Aerozagađenje, termoenergetska postrojenja, emisija zagađujućih materija, životna sredina, ljudsko zdravlje
UDK	

Čuva se u: ČU	Biblioteka Fakulteta zaštite životne sredine, Univerzitet Educons
Važna napomena: VN	
Izvod/Apstrakt IZ	<p>Problem aerozagađenja usled rada termoenergetskih postrojenja (toplana) jedan je od glavnih ekoloških problema velikih gradova, pa i drugog grada po veličini u Republici Srbiji – Novog Sada. Javno komunalno preduzeće „Novosadska toplana“ sa svoja četiri velika objekta snage preko 50MW i velikim brojem emitera toplana smeštenih u zonama stanovanja ima značajan uticaj na kvalitet vazduha u gradu. Osnovni cilj rada je ispitivanje ekoloških aspekata rada termoenergetskih postrojenja u Novom Sadu sa posebnim akcentom na aerozagađenje. Istraživanjem je obuhvaćeno četiri najveća postrojenja JKP „Novosadska toplana“ i monitoring CO, NOX, SO<sub>2</sub> i praškastih materija za period od 2011.-2015. godine. Rezultati istraživanja imaju za cilj da pokažu da li je nivo aerozagađenja nastao kao posledica rada termoenergetskih postrojenja koja koriste prirodni gas kao osnovni energent u okviru zakonske regulative, odnosno ne prelaze vrednosti (graničnih vrednosti emisije GVE) i ne utiču bitno na kvalitet vazduha grada Novog Sada. Takođe je vršeno istraživanje uticaja meteoroloških parametara na nivo aerozagađenja kao i uticaj aerozagađenja na pojavu hroničnih respiratornih bolesti. Na osnovu dobijenih rezultata dat je predlog mera za unapređenje ekoloških performansi termoenergetskih postrojenja. Ovo istraživanje ukazuje na potrebu daljih teorijskih i praktičnih studija na polju smanjenja emisije štetnih supstanci u životnu sredinu, a kada su u pitanju termoenergetska postrojenja to se najviše odnosi na smanjenje emisije NO<sub>x</sub>, CO i praškastih materija.</p>
Datum prihvatanja od strane NN veća: DP	24.04.2017.
Datum odbrane: DO	
Članovi komisije (ime i prezime, titula, zvanje, naziv institucije, status): KO	<p>Predsednik: Doc. dr Snežana Štrbac, docent, Univerzitet EDUCONS, Fakultet zaštite životne sredine, Predsednik Komisije Član: Prof. dr Matilda Vojnović, vanredni profesor, Univerzitet u Novom Sadu, Medicinski fakultet, član Član (mentor): Prof. dr Mirjana Radovanović, vanredni profesor, Univerzitet EDUCONS, Fakultet zaštite životne sredine, mentor</p>

**KEY DOCUMENT INFORMATION**

Number *consecutive: ANO	
Identification number: INO	
Document type: DT	Monograph documentation
Type of record: TR	Textual printed material
Contents code (BA/BSc, MA/MSc, PhD): CC	Environnemental aspects of thermal power plants utilization in Novi Sad - air pollution
Author: AU	Julka Petrović
Mentor (title, name, post): MN	Mirjana Radovanović, Phd
Document title: TI	
Language of main text: LT	Serbian
Language of abstract: LA	English/Serbian
Country of publication: CP	Serbia
Locality of publication: LP	Vojvode Putnika 87, 21208 Sremska Kamenica
Year of publication: PY	2017
Publisher: PU	Author
Place of publication: PP	Sremska Kamenica
Physical description: PD	(chapters, pages, tables, figures, references) 8 / 180 / 40 / 71 / 187 / 0
Scientific field: SF	Science on environmental protection
Scientific discipline: SD	Environmental protection
Subject, Key words SKW	Air pollution, thermal power plants (heating plants), emission of harmful materials, environment, human health.
UC (universal class. code)	
Holding data: HD	Library of the University Educons – Sremska Kamenica

Note: N	
Abstract: AB	<p>The air pollution, which occurs in period when the thermal power plants (heating plants) are operating, is one of the main environmental problems in all big urban areas, as well as in the second largest town in Republic of Serbia - Novi Sad. Public Utility Company „Novosadska toplana“ with its four big plants powered over 50MW and a large number of emitters located in the living zones have significant influence on the quality of air in the city. The main aim of this research is studying environmental aspects of heating plants while they are working in Novi Sad with the special turn to air pollution. The research includes the biggest four plants of PUC “Novosadska toplana“ and observing the level of CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> and particulate matter in period from 2011 to 2015. The results of the research are showing that the level of air pollution (during the period when the heating plants are operative, while using use natural gas as a primary source of energy) is within the legal limits - doesn't pass that limits (upper limits of emission) and does not have significant effect on the quality of air in Novi Sad. The research also shows the impact of the meteorological parameters on the level of air pollution. In the end, research shows impact of air pollution on number of chronic respiratory system diseases. Suggestion of measures for improving the environmental performances of the power plants are given, according to the research results. This research points to the need for further theoretical and practical studies in the field of reducing emissions of harmful substances into the environment, but when it comes to power plants the most attention should be paid on the reduction in emissions of NO<sub>x</sub>, CO and particulate matter.</p>
Accepted by Sc. Board on: AS	24.04.2017.
Defended/Viva voce Ph Dexam. on:DE	
PhD Examination Panel: DB	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Chairperson: Doc. dr Snežana Štrbac, docent, EDUCONS University, Faculty of Environmental Protection, chairperson</li><li>2. Member: Prof. dr Matilda Vojnović, Associate Professor, University of Novi Sad, Faculty of medicine, member</li><li>3. Member (Mentor): Prof. dr Mirjana Radovanović, Associate Professor, EDUCONS University, Faculty of Environmental Protection, mentor</li></ol>

## SAŽETAK

Problem aerogađenja usled rada termoenergetskih postrojenja (toplana) jedan je od glavnih ekoloških problema velikih gradova, pa i drugog grada po veličini u Republici Srbiji – Novog Sada. Javno komunalno preduzeće „Novosadska toplana“ sa svoja četiri velika objekta snage preko 50MW i velikim brojem emitera toplana smeštenih u zonama stanovanja ima značajan uticaj na kvalitet vazduha u gradu. Osnovni cilj rada je ispitivanje ekoloških aspekata rada termoenergetskih postrojenja u Novom Sadu sa posebnim akcentom na aerogađenje. Istraživanjem je obuhvaćeno četiri najveća postrojenja JKP „Novosadska toplana“ i monitoring CO, NOX, SO2 i praškastih materija za period od 2011-2015.godine. Rezultati istraživanja imaju za cilj da pokažu da li je nivo aerogađenja nastao kao posledica rada termoenergetskih postrojenja koja koriste prirodni gas kao osnovni energent u okviru zakonske regulative, odnosno ne prelaze vrednosti (graničnih vrednosti emisije GVE) i ne utiču bitno na kvalitet vazduha grada Novog Sada. Takođe je vršeno istraživanje uticaja meteoroloških parametara na nivo aerogađenja kao i uticaj aerogađenja na pojavu hroničnih respiratornih bolesti. Na osnovu dobijenih rezultata dat je predlog mera za unapređenje ekoloških performansi termoenergetskih postrojenja. Ono što se najviše nameće kao potreba jeste smanjenje emisije štetnih supstanci u životnu sredinu, gledano sa aspekta termoenergetskih postrojenja to se najviše odnosi na smanjenje emisije NO<sub>x</sub>, CO, kao i praškastih materija.

**Ključne reči:** Aerogađenje, termoenergetska postrojenja, emisija zagađujućih materija, životna sredina, ljudsko zdravlje

## **ABSTRACT**

*The trouble of the air pollution in period when the thermal power plants (heating plants) work is one of the main ecological problems for all big towns, and it is the same with the second large town in Republic of Serbia- Novi Sad. Public Utility Company „Novosadska toplana“ with its four big plants powered over 50MW and a large number of emitters located in the living zones have significant influence on the quality of air in town. The main aim of this project is studying ecological aspects of heating plants while they are working in Novi Sad with the special turn to air pollution. The research includes the biggest five plants of PUC“Novosadska toplana“ and observing the level of CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> and powdery materials in period from 2011 to 2015. The results of the research have to show that the level of air pollution during the period when the heating plants, which use natural gas as a primary source of energy within the limits of the law, are in operation doesn't pass that limits (upper limits of emission) and does not have much effect on the quality of air in Novi Sad. The research is also conducted on the influence of the meteorological parameters on the level of air pollution as well as on the influence of the air pollution on increase in number of chronic diseases of respiratory system. According to the results a suggestion of measures for improving the ecological performances of the power plants has been made. All of this open the question about finding the best way to minimize the emission of harmful substances into the environment, watching from the aspect of thermal power plants it mostly means decreasing the level NO<sub>x</sub>, CO, as well as the powdery materials in the air.*

**Key words:** *airpollution, thermal power plants(heating plants), emission of harmful materials, environment, human health.*

## SADRŽAJ

<b>Uvod</b>	5
<b>1. Metodološke postavke rada</b>	6
1.1 Problem i predmet istraživanja	6
1.2 Ciljevi istraživanja	13
1.3 Istraživačke hipoteze	14
1.4 Istraživačke metode	15
1.5 Definisavanje strukture rada	16
<b>2. Atmosfera</b>	18
2.1 Struktura atmosfere	21
2.2 Sastav atmosferskog vazduha	26
2.3 Značaj vazduha	26
<b>3. Kvalitet vazduha</b>	27
3.1 Prirodni faktori koji utiču na kvalitet vazduha	27
3.1.1 Geografski položaj Novog Sada – geomorfološke karakteristike	27
3.1.2. Klimatske karakteristike Novog Sada	29
3.1.2.1 Temperatura vazduha	30
3.1.2.2 Vetar	30
3.1.2.3 Padavine i vlažnost vazduha	31
3.1.2.4 Insolacija i oblačnost	32
3.2 Antropogeni faktori koji utiču na stanje kvaliteta vazduha	35
3.2.1 Morfologija i zoniranost naselja	36
3.2.2 Raspored industrije i saobraćaja	38
<b>4. Zagađenje vazduha i uticaj polutanata na ljudsko zdravlje</b>	42
4.1 Aerozagađenje u sistemu emisija – imisija - transmisija	42
4.1.1 Izvori zagađenja	47
4.1.2 Distribucija zagađujućih supstanci	49
4.1.3 Monitoring kvaliteta vazduha	52
4.2.1 Koncentracija azotnih oksida u Novom Sadu i efekti na ljudsko zdravlje	56
4.2.2 Koncentracija sumpor dioksida u Novom Sadu i efekti na ljudsko zdravlje	57
4.2.3 Koncentracija ugljen monoksida u Novom Sadu i efekti na ljudsko zdravlje	60
4.2.4 Koncentracija suspendovanih čestica u Novom Sadu i efekti na ljudsko zdravlje	61
4.2.5 Ekspozicija i uticaj POPs jedinjenja	66
4.2.6 Uticaj fotohemijiskog smoga na zdravlje ljudi	67
4.2.7 Supstance koje oštećuju ozonski omotač	68



<b>5. Termoenergetska postrojenja i životna sredina</b>	71
5.1 Uticaj rada termoenergetskih postrojenja na zdravlje stanovništva u Evropi	71
5.2 Sistem daljinskog grejanja u Evropskoj uniji	75
5.3 Sistem daljinskog grejanja u zemljama u tranziciji	78
5.4 Sistem daljinskog grejanja u Republici Srbiji	81
5.5 Prirodni gas kao energent u sistemu daljinskog grejanja	84
5.6 Energetska efikasnost termoenergetskih postrojenja	88
5.7 Termoenergetska postrojenja i aerozagađenje	90
5.8 Primena BAT (Best Available Technology) tehnologije u proizvodnji toplotne energije	92
5.9 Zaštita vazduha u zakonodavstvu Evropske unije i Republike Srbije	90
5.10 Monitoring kvaliteta vazduha na području grada Novog Sada	95
<b>6. Istraživanje</b>	99
6.1 JKP “Novosadska toplana”, Novi Sad	99
6.2 Uzorak istraživanja	100
6.3 Rezultati istraživanja	102
6.3.1 Emisije pojedinačnih zagađujućih materija po pojedinačnim izvorima	102
6.3.2 Emisije svih zagađujućih materija po pojedinačnim izvorima	129
6.3.3 Zbirna emisija svih zagađujućih materija iz svih izvora	133
6.3.4 Vremenski uslovi i emisija zagađujućih materija	138
6.3.5 Respiratorna oboljenja u Novom Sadu	148
6.4 Diskusija istraživačkih rezultata	156
6.5 Poređenje rezultata istraživanja sa istraživačkim hipotezama	157
<b>7. Predlog mera za unapređenje ekoloških performansi termoenergetskih postrojenja</b>	159
<b>8. Zaključak</b>	163
<b>9. Literatura</b>	165
<b>Spisak tabela</b>	175
<b>Spisak slika</b>	177

## **LISTA SKRAĆENICA**

- AD – Akcionarsko društvo  
AMS – Automatska merna stanica  
BAT- *Best Available Technology* (Najbolja dostupna tehnologija)  
CDM – *Clean Development Mechanisms* (Mehanizmi čistog razvoja)  
CO – Ugljen monoksid  
C33-C34 - Zloćudni tumor dušnika, bronhija i pluća  
D-EMS sistem – *Data - Environmental Management System*  
DOO – Duštvo sa ograničenom odgovornošću  
DTD – Kanal Dunav-Tisa-Dunav  
EEA – *European Environment Agency*  
EEC – *European Economic Community* (Evropska ekonomska zajednica)  
EMEP - *European Monitoring and Evaluation Program*  
ET – *Emission Trading* (trgovanje emisijama)  
EU – Evropska unija  
EZ – Evropska Zajednica  
GHG – *Green House Gases* (gasovi staklene bašte)  
GRS – Gradska razdelna stanica  
GVE – Granična vrednost emisije  
GVI – Granična vrednost imisije  
IPPC – *Integrated pollution prevention and control*  
JKP – Javno komunalno preduzeće  
J45.0 – Pretežno alergijska astma  
J40-J44 - Hronične obstruktivne bolesti pluća  
J45-J46 – Astma  
MDK – Maskimalna dozvoljena koncentracija  
MMS – Manuelna merna stanica  
NO<sub>x</sub> – Azotni oksidi  
PM – Praškaste materije  
POPs – *Persistent Organic Pollutants* (trajni organski zagađivači)  
RS – Republika Srbija  
SO<sub>2</sub> – Sumpor dioksid  
SZO – Svetska Zdravstvena Organizacija  
Sr – Srednja vrednost  
TE-TO – Termoelektrana – toplana  
TO – Toplana  
TPV – Topla potrošna voda  
UN – Ujedinjene Nacije  
US EPA – *United States Environment Protection Agency*  
WHO – *World Health Organization*

*“Svet sutrašnjice nije predodreden da bude ni dobar ni loš. On će biti onakav kakavim  
ga mi stvorimo.”*

*Džon Mekonel, Vodič za staratelje planete Zemlje (1915-2012)*

## UVOD

Sagledavanje antropogenog uticaja na životnu sredinu jedan je od prioriteta savremenog sveta. Činjenica da je priroda veoma narušena ljudskim delovanjem, u fokus postavlja zaštitu životne sredine i održivi razvoj. Osnov za očuvanje ljudske egzistencije, zdravog razvoja društva, životinja i biljaka jeste zdrava životna sredina. Zbog toga je briga o životnoj sredini prioritet koji je od sveukupnog značaja za celokupnu planetu.

Uz sve odgovarajuće pogodnosti koje pruža život čoveka u savremenoj urbanizovanoj sredini, taj život je praćen zagađenjem vazduha, vode, zemljišta, bukom i ostalim oblicima zagađenja. Stanovnici velikih gradova i industrijskih centara najizloženiji su i prvi osećaju posledice zagađenja vazduha. Podaci govore da se u velikim industrijskim gradovima, koji su često pokriveni sivim omotačem visine često i do tri kilometra, količina Sunčeve radijacije leti smanjuje za jednu petinu, a zimi za polovinu.

Zaštita životne sredine je uvedena je u pravni sistem Republike Srbije 1990. godine, međutim sve do 2000. godine po tom pitanju nije bilo značajnijih unapređenja. Stoga se može zaključiti da pravni okvir ne predstavlja ključni osnov za promene u sferi zaštite životne sredine, jer njen kvalitet i dalje nije na zavidnom nivou. U procesu pridruživanja Republike Srbije Evropskoj uniji, usklađenost zaštite i očuvanja životne sredine sa evropskim standardima je ocenjeno najslabijom ocenom od strane Evropske komisije, čime je potvrđeno da će u ovoj oblasti Republika Srbija trebati da uloži najviše napora za potpuno postizanje i zadovoljavanje evropskih standarda.

Ekološki problem u Republici Srbiji su brojni i složeni, a problem aerozagađenja koje nastaje kao posledica rada termoenergetskih postrojenja (toplana) jedan je od glavnih ekoloških problema velikih gradova, pa tako i drugog po veličini grada Republike Srbije - Novog Sada.

# 1. METODOLOŠKE POSTAVKE RADA

## 1.1 Problem i predmet istraživanja

Zagađujućim materijama u vazduhu smatraju se one materije čije prisustvo u određenoj koncentraciji može imati direktne ili indirektne negativne uticaje na zdravlje ljudi i životnu sredinu. Zaštita životne sredine i zdravlje ljudi od negativnih uticaja zagađenja vazduha nije jednostavan i lak zadatak. On zahteva stalno praćenje kvaliteta vazduha u skladu sa prihvaćenim međunarodnim standardima, analizu emisija zagađujućih materija u vazduhu, njihovo povezivanje sa izvorom navedenih emisija i ispitivanje uticaja zagađenja na receptore respiratornog trakta (*WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, 2005*). Ako se izuzmu ekstremne situacije kao što su npr. industrijske havarije gde uticaji zagađenja vazduha nastupaju neposredno i mogu biti izuzetno opasni, negativan uticaj zagađenja vazduha na zdravlje ljudi i životnu sredinu uopšte je obično rezultat dugoročnog procesa emisije i taloženja zagađujućih materija. Stoga je neophodno pratiti ove dugoročne procese otkrivajući veze zagađujućih materija i mera zaštite preduzetih radi sprečavanja njihovih negativnih uticaja, kreirati politike upravljanja kvalitetom vazduha i definisati strategije pristupa rešavanju ovog pitanja (Holgate i dr., 1999).

Novi pravni okvir kojim je u Republici Srbiji uređena zaštita životne sredine, a samim tim i zaštita vazduha, usklađena je sa zakonodavstvom Evropske unije i zahteva blagovremeno reagovanje nadležnih organa u slučaju prekoračenja propisanih standarda kvaliteta vazduha (Vodič kroz EU politike – životna sredina, 2010). U svakom slučaju (bez pojave prekoračenja propisanih koncentracija) neophodno je utvrditi mere za zaštitu i očuvanje kvaliteta vazduha kada je on u okvirima propisanog standarda i sprečiti narušavanje kvaliteta vazduha planiranjem održivog razvoja, a naročito u sektorima koji značajno doprinose aerozagađenju, sa posebnim osvrtom na sektor energetike (Quaddus i Siddique, 2010).

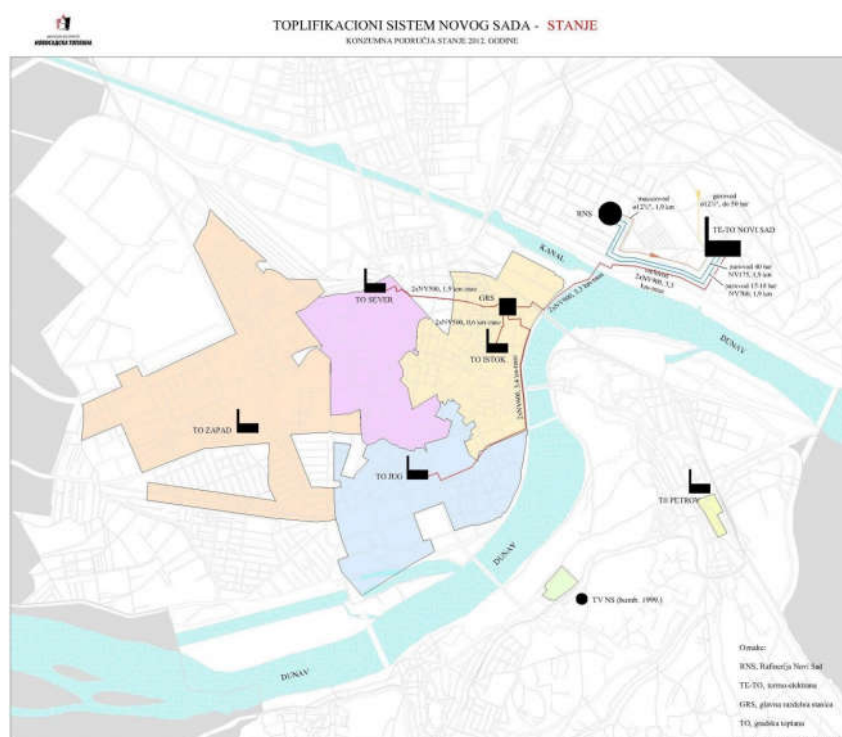
Termoenergetska postrojenja predstavljaju vrlo značajne izvore zagađenja vazduha u zavisnosti od pogonskog goriva koje koriste. Termoenergetska postrojenja koja kao energent koriste prirodni gas daju najmanji doprinos aerozagađenju, termoelektrane i toplane na čvrsta i tečna goriva mogu biti značajni zagađivači - u zavisnosti od kvaliteta i hemijskog sastava goriva i sistema za prečišćavanje otpadnih gasova. Na listi od 622 postrojenja koja predstavljaju vrlo značajne izvore zagađenja u Evropi prva 22 su termoenergetska postrojenja. Broj zakonskih regulativa koje regulišu ovu oblast raste iz dana u dan, tako da organizacije, agencije, državna uprava i akademska zajednica koje se bave ovom problematikom moraju da im posvećuju sve veću pažnju (Milovanović, Dumonjić-Milovanović i Škundrić, 2015).

Uzrok zagađenja vazduha karakterističan za termoenergetska postrojenja je sagorevanje goriva, prilikom kog nastaje velika količina dimnih gasova koji najčešće imaju visok sadržaj oksida azota (NO<sub>x</sub>), sumpor(IV)-oksida (SO<sub>2</sub>) i suspendovanih čestica, dok pri nepotpunom sagorevanju nastaje ugljen-monoksid (CO) i ugljen-dioksid (CO<sub>2</sub>). Takođe, termoelektrane su najveći emiteri gasova sa efektom staklene bašte, te je po novim propisima Evropske unije za ova postrojenja ukinuta mogućnost pribavljanja besplatnih

dozvola za emisiju GHG (*Green House Gases*) gasova (*Environmental, Health, and Safety Guidelines for Thermal Power Plants*, 2008).

Sistemi daljinskog grejanja u urbanim sredinama umerenih klimatskih podnebljima predstavljaju jedan od najefikasnijih i najekonomičnijih načina snabdevanja stanovništva toplotnom energijom. Danas se u svetu 80% primarne energije dobija sagorevanjem fosilnih goriva (Filipović, Verbič i Radovanović, 2015). Najveći deo od toga se transformiše u električnu ili toplotnu energiju u termoenergetskim objektima. Termoenergetski objekti imaju značajno mesto u ekonomskom i socijalnom razvoju, odnosno u poboljšanju kvaliteta života, međutim u isto vreme predstavljaju velike zagađivače životne sredine (Tanaka i Wicks, 2010).

Delatnost snabdevanja građana Novog Sada toplotnom energijom sprovodi JKP „Novosadska toplana”. Toplifikacioni sistem Novog Sada (TSNS) se sastoji od četiri toplotna izvora na levoj obali Dunava (TO „Jug”, TO „Istok”, TO „Sever” i TO „Zapad”) i jednog toplotnog izvora na desnoj strani Dunava (TO „Petrovaradin”) zajedno sa svojim vrelovodnim sistemom. Pored navedenih izvora u sistemu JKP „Novosadska toplana” nalazi se i Gradska razdelna stanica (GRS) koja služi kao pumpna stanica u spregnutom radu sa TE-TO „Novi Sad”. Pored GRS-a u sistemu JKP „Novosadska toplana” su i povezani vodovi GRS-JUG, GRS-ISTOK i GRS-SEVER. Veza sa TE-TO se ostvaruje tranzitnim vodom DN900 GRS-TE-TO „Novi Sad” koji je u sistemu Elektroprivrede Srbije U opštini Sremski Karlovci, a u sastavu JKP „Novosadske toplane” operativna je toplana „Dudara”. Pregled i raspored toplana i konzumnih područja na teritoriji Novog Sada prikazan je na Slici 1.



Slika 1. Konzumna područja JKP „Novosadska toplana”: TO „Sever” (ljubičasto), TO „Istok” (žuto), TO „Jug” (plavo) i TO „Zapad” (narandžasto)

U periodu veoma niskih zimskih temperatura, kada je potrošnja električne energije iznad proseka, obezbeđeni su svi uslovi da se bazna energija preuzima iz TE-TO na način da njen rad nije uslovljen zahtevima iz sistema daljinskog grejanja. Dakle, toplifikacioni sistem Novog Sada u sadašnjim uslovima funkcioniše radeći u sledećim karakteristikama režima:

- ostrvski rad svih toplana obično traje na početku i kraju grejne sezone, kada toplanski kotlovi obezbeđuju svu potrebnu energiju;
- spregnuti režim toplanskih područja TO „Istok”, TO „Jug”, TO „Sever” uz obezbeđenje celokupne toplotne energije iz postrojenja TE-TO i ostrvski rad TO „Zapad”, TO „Petrovaradin” i TO „Dudara” obično traje od druge polovine novembra pa do početka najhladnijeg perioda godine (temperature vazduha viših od  $-1^{\circ}\text{C}$ ), kao i pri kraju zime, kada temperature vazduha počinje da raste;
- spregnuti režim toplanskih područja TO „Istok”, TO „Jug” i TO „Sever” uz obezbeđenje bazne toplotne energije iz postrojenja TE-TO i vršne toplotne energije iz kotlovnih postrojenja u ovim toplanama, kao i ostrvski rad toplane „Zapad”, TO „Petrovaradin” i „Dudara”.

Kao osnovno gorivo sve toplane koriste prirodni gas, s tim što se kao alternativno gorivo (i to samo u havarijskim slučajevima) može koristiti mazut, ali samo na TO „Jug” i TO „Sever”. Ove toplane se nalaze u području grada koju karakteriše velika gustina naseljenosti, tako da korišćenje mazuta, goriva koje sadrži sumpor u sebi, nije preporučljivo.

Sa razvojem Novog Sada, intenzivirala se i izgradnja novih stambenih i poslovnih objekata čijim priključenjem dolazi do popunjavanja, pa i do prevazilaženja kapaciteta postojećih toplana. Porast toplotnih konzuma je poslednjih godina izraženiji jer se pored izgradnje novih objekata, na novim lokacijama, intenzivno vrši nadogradnja postojećih objekata, ili izgradnja većih objekata na mestima starih. Samim tim, planirana gradnja na području grada takođe uslovljava i povećanje toplotnog konzuma za grejanje koji je već u 2008. godini dostigao veličinu od 830 MW.

Termoenergetska postrojenja na teritoriji Novog Sada imaju određeni uticaj na kvalitet životne sredine. Komponente životne sredine na koje deluju energetske objekti mogu se grupisati u tri celine: vazduh, voda i tlo. Posredno preko njih uticaji se šire na floru i faunu, a posebno na kvalitet života i zdravlje ljudi. Takođe, ne može se zanemariti ni uticaj buke koja nastaje usled rada termoenergetskih postrojenja.

Svaka od navedenih celina se sastoji od većeg broja komponenti na koje deluju pojedinačne aktivnosti povezane sa procesom proizvodnje energije. Svakako da detaljna analiza uticaja pojedinih aktivnosti procesa proizvodnje energije na svaku od navedenih komponenti može i treba da se sprovede za svaki energetske objekat pojedinačno.

## TO „JUG”

Toplana „Jug” snabdeva toplotnom energijom područja Liman 1, 2, 3 i 4, deo Starog Grada i naselje Grbavica. Pored toga, toplotnom energijom za pripremu tople potrošne vode (TPV) snabdeva Limane 3 i 4. Putem sistema za TPV toplotnom energijom se snabdevaju i veliki objekti (SPENS, NIS i Merkator), a hotel „Aleksandar” u Ulici Cara Lazara se snabdeva i toplotnom energijom za rad apsorpcione rashladne mašine. Na Slici 2. prikazana je TO „Jug”.



Slika 2. JKP „Novosadska toplana”- Toplana „Jug”

Toplana „Jug” ima dva nova kotla za grejanje ukupne instalisane snage od 116 MW iz 2003. godine. Pored navedenih kotlova, raspolaže sa još tri kotla instalisane snage od po 23 MW, od kojih dva sistemom povezivanja mogu da rade za pripremu tople potrošne vode. U toplani „Jug” se nalazi i jedan kotao za pripremu tople potrošne vode snage od 9,3 MW i jedan parni kotao kapaciteta 8 tona pare na sat koji služi samo za grejanje mazuta i vazduha za dva kotla snage od po 23 MW.

Zbog blizine stambenih objekata koja se tu nisu nalazila prilikom izgradnje kotlovskih jedinica, (šezdesetih godina prošlog veka) poseban problem predstavlja buka, za koju je potrebno pronaći adekvatno rešenje u određenom vremenskom periodu. Takođe, u narednom periodu je potrebno sagledati mogućnost izgradnje jednog visokog dimnjaka sa posebnim dimovodnim kanalima za svaki kotao u cilju smanjenja zagađenja jer je izgradnjom visokih objekata (zgrada Elektrovojvodine) u blizini toplane poremećena ruža vetrova.



## **TO „ISTOK“**

Toplana „Istok“ je najopterećenija toplana u pogledu pokrivenosti konzuma. Naime, sadašnji konzum toplane „Istok“ u koju je uključen i deo konzuma toplane „Sever“ prelazi oko dva puta instalisane kotlovske kapacitete. Izgled Toplane „Istok“ prikazan je na Slici 3.



Slika 3. JKP „Novosadska toplana“- Toplana „Istok“

Dva starija kotla deklarisanе snage po 23 MW, (K1) i (K2) povezana su na jedan emiter dimnih gasova. Ako se uzme u obzir i njihova starost (preko 35 godina) evidentno je da je neophodna njihova zamena sa jednim većim kotlom snage oko 70 MW - koja je planirana.

U cilju mogućnosti kvantitativne regulacije, kao i zbog velike starosti postrojenja, rekonstruisano je cirkulaciono postrojenje ugradnjom novih pumpnih agregata ekvivalentno cirkulacionom postrojenju u toplani „Jug“. Dodatno je potrebno automatizovati toplanu „Istok“ i povezati je na zajednički sistem za nadzor i upravljanje. Projekat je realizovan zahvaljujući kreditu nemačke razvojne banke (KfW faza IV).

## **TO „SEVER“**

Toplana „Sever“ je jedna od najstarijih (izgrađena 1964. godine) i za sada snabdeva toplotnom energijom područje omeđeno sledećim ulicama: Bulevar Jaše Tomića, Rumenačka, Hajduk Veljkova, Novosadskog sajma i Bulevar oslobođenja.

Jedan od najprioritetnijih zadataka JKP „Novosadska toplana“ jeste kompletna rekonstrukcija toplane „Sever“. Prva faza rekonstrukcije toplane „Sever“ izvršena je

2014.godine i sastojala se od dogradnje kotlarnice i ugradnje vrelovodnog kotla snage 58 MW, izgradnje novog cirkulacionog postrojenja kapaciteta oko 3000 m<sup>3</sup>/h i napora od 0 bar, kao i izgradnja postrojenja za hemijsku pripremu vode i transformatorske stanice. Savremeni kotao kapaciteta 58 MW sa visokim stepenom energetske efikasnosti ima mogućnost korišćenje dva energenta: prirodni gas kao osnovni energent i niskosumporni mazut kao alternativno gorivo u slučaju nestanka prirodnog gasa. Mogućnost automatske regulacije procesa sagorevanja ima za cilj povećanu energetske efikasnosti kotla kao i uštedu energenta, ali i smanjenje emisije gasova koji izazivaju efekat „staklene bašte”. Rekonstrukcija je omogućila rad toplane sa kvalitativnom i kvantitativnom regulacijom, a cirkulaciono postrojenje povezivanje u spregnuti sistem sa TE-TO „Novi Sad”.

Kao sledeći korak izgrađen je povezni vod DN 500 od GRS do toplane „Sever” u dužini od oko 1900 m. Ovoj izgradnji prethodila je tehno-ekonomska analiza opravdanosti, kao i dugoročan Ugovor o isporuci toplotne energije od TE-TO „Novi Sad”. Slika 4. prikazuje Toplanu „Sever”.



Slika 4. JKP „Novosadska toplana”- Toplana „Sever”

Uzimajući u obzir da su se rekonstrukcija i proširenje planiranih kapaciteta morali uklopiti sa postojećim stanjem, lokacija proširenja nije imala mnogo alternativnih mogućnosti. Nakon završetka neophodne rekonstrukcije pripao joj je deo konzuma koji sada pokriva toplana „Jug” i toplana „Istok”, a u skladu sa kartom konzumnih područja.

## **TO „ZAPAD“**

Toplana „Zapad“ snabdeva toplotnom energijom područje Bistrice, Satelita, Avijatičarskog naselja, Premis naselja, Detelinare, Sajma, Bolnice, Subotički bulevar, Somborsku prugu sa delom Telepa i Rasadnik. Na većini navedenih područja toplana isporučuje i toplotnu energiju za pripremu tople potrošne vode. Toplana „Zapad“ ima instalirano ukupno šest kotlova: od toga su tri kotla za toplu potrošnu vodu, snage od po 9,3 MW (što ukupno iznosi 27,9 MW), dva kotla snage 58 MW iz 1992 i 1988 godine, kao i najveći kotao snage 140 MW. Kotao snage 140 MW pušten je u pogon početkom 2008. godine čime je toplana „Zapad“ dobila ukupnu instaliranu snagu od 256 MW, što je dovoljno za pouzdano i kvalitetno snabdevanje toplotnom energijom za grejanje do 2021. godine. Do tada je potrebno izvršiti rekonstrukciju kotla broj 4 snage 58 MW. Postojeći mali kotlovi snage 9,3 MW su u radu preko 30 godina i sa oko 7000 do 8000 sati rada godišnje po kotlu oni su već tri puta prevazišli svoj predviđeni radni vek. Pored toga, konzum potrošača za TPV se iz godinu u godinu povećava, tako da prelazi instaliranu snagu kotlova. Shodno tome u narednom period potrebno je izvršiti zamenu starih kotlova novim, ali većeg kapaciteta. Toplana „Zapad“ prikazana je na Slici 5.



Slika 5. JKP „Novosadska toplana“- Toplana „Zapad“

Prema studiji rekonstrukcije ili izgradnje novog gasno-parnog bloka u TE-TO „Novi Sad“ pokazana je isplativost priključenja i toplane „Zapad“ na novu TE-TO „Novi Sad“. Novo kogenerativnog postrojenja na TO „Zapad“ snage 9,98 MW izgrađeno je 2016. godine. Eventualnom povezivanju toplane „Zapad“ na sistem TE-TO „Novi Sad“ treba da prethodi studija opravdanosti, ali sa stanovišta JKP „Novosadska toplana“ i Grada, ovo povezivanje bi imalo veliki značaj na polju smanjenja nivoa aerozagađenja u delu grada koje pokriva.

Zagađenje vazduha koje nastaje kao posledica rada JKP „Novosadska toplana” meri i kontrolišu akreditovane institucije koje poseduju rešenje nadležnog ministarstva (Institut za zaštitu na radu, Institut Vatrogas). Redovno se prati koncentracija (CO), (NO<sub>x</sub>) i (SO<sub>2</sub>) kao i praškastih materija.

Do sada nisu rađena istraživanja koja bi pokazala visinu zagađenja nastala kao posledica korišćenja različitog goriva u termoenergetskim postrojenjima u Novom Sadu. Takođe, nisu rađena istraživanja koja bi kao rezultat pružila predlog mera za unapređenje performansi termoenergetskih postrojenja, a u cilju očuvanja životne sredine.

U Republici Srbiji su za sada rađena istraživanja o uticaju rada termoenergetskih postrojenja na kvalitet životne sredine u Nišu, čiji rezultati pokazuju da je najveće zagađenje vezano za grejnu sezonu. Ne postoje podaci o sličnom istraživanju u ostalim gradovima Republike Srbije koje imaju sistem daljinskog grejanja, odnosno sa njima povezana termoenergetska postrojenja. Takođe, ne postoje podaci o poređenju posledica rada termoenergetskih postrojenja na kvalitet životne sredine iz Republike Srbije sa najboljom svetskom praksom.

## **1.2 Ciljevi istraživanja**

*Osnovni cilj* doktorske disertacije je dobijanje i poređenje podataka koji će ukazati na uticaj rada termoenergetskih postrojenja na aerozagađenje Novog Sada.

*Sekundarni ciljevi* istraživanja su sledeći:

1. Rangiranje termoenergetskih postrojenja u okviru JKP „Novosadska toplana” na osnovu stepena zagađenja vazduha koje nastaje kao posledica njihovog rada.
2. Definisanje doprinosa termoenergetskih objekata celokupnom aerozagađenju Novog Sada (indirektno).
3. Upoznavanje stručne i šire javnosti sa posledicama rada termoenergetskih postrojenja u Novom Sadu na kvalitet životne sredine, sa posebnim osvrtom na aerozagađenje.
4. Utvrđivanje stepena pojave respiratornih oboljenja u 4 objekta Doma zdravlja „Novi Sad” i analiza sa aspekta blizine termoenergetskih postrojenja.
5. Predlog mera za unapređenje rada termoenergetskih postrojenja u Novom Sadu.
6. Realno sagledavanje pozicije rada termoenergetskih postrojenja i njihovog uticaja na aerozagađenje u odnosu na zakonodavstvo Evropske unije (sa kojim su u potpunosti usaglašeni relevantni zakonski propisi Republike Srbije).

Naučni doprinos ove doktorske disertacije ogleda se u tome da se po prvi put razmatra i sagledava uticaj četiri velike toplane (snage preko 50MW) na kvalitet vazduha u Novom Sadu, uz korišćenju prirodnog gasa kao osnovnog energenta, u period od pet godina. Uticaj velikih termoenergetskih objekata na aerozagađenje Novog Sada do sada nije naučno razmatran sve od osnivanja JKP „Novosadska toplana” (1961. godine). Rezultati dobijeni realizacijom doktorske disertacije svakako mogu biti multidisciplinarno dragoceni, jer mogu da unaprede rad u sferi zaštite životne sredine, tehnologije, termoenergetike, kao i medicine.

Kao društveno odgovorno preduzeće, JKP „Novosadska toplana” na ovaj način prezentuje javnosti: građanima, zaposlenima, poslovnim saradnicima i partnerima, strukovnim udruženjima (Udruženja toplana Srbije), preduzećima sličnih delatnosti u zemlji i region (Toplifikacija Skoplje, Makedonija; Toplana Banja Luka, Republika Srpska; Toplana Maribor, Slovenija; Toplana Zadar, Hrvatska) svoj uticaj na životnu sredinu kao i mere kontrole i sprečavanje negativnog uticaja na aerozagađenje. U saradnji sa nevladinim sektorom, podaci bi mogli da se iskoriste prilikom aplikacije za evropske projekte iz oblasti zaštite životne sredine, da se daju na uvid lokalnoj samoupravi, inspekcijским službama, Pokrajinskom sekretarijatu za zaštitu životne sredine kao i Agenciji za zaštitu životne sredine Republike Srbije kao i drugim zainteresovanim stranama.

### **1.3 Istraživačke hipoteze**

Veoma značajna faza u postupku naučnog saznanja je postavljanje hipoteze, na bazi prethodnih teorijskih saznanja ili novootkrivenih empirijskih činjenica. Hipoteze se formulišu kao misaone pretpostavke o odnosima među pojavama ili među činionicima jedne pojave koja je predmet istraživanja.

#### *Osnovna istraživačka hipoteza*

Nivo aerozagađenja nastao kao posledica rada termoenergetskih postrojenja JKP „Novosadska toplana” koja koriste prirodni gas kao osnovni energent nalaze se u okviru zakonske regulative (graničnih vrednosti emisije - GVE).

#### *Pomoćne istraživačke hipoteze*

1. *Pomoćna hipoteza H1:* Koncentracija CO nastala kao posledica rada termoenergetskih postrojenja JKP „Novosadska toplana” nalazi se u okvirima GVE.
2. *Pomoćna hipoteza H2:* Koncentracija NO<sub>x</sub> nastala kao posledica rada termoenergetskih postrojenja JKP „Novosadska toplana” nalazi se u okvirima GVE.
3. *Pomoćna hipoteza H3:* Koncentracija „SO<sub>2</sub> nastala kao posledica rada termoenergetskih postrojenja JKP „Novosadska toplana” nalazi se u okvirima GVE.
4. *Pomoćna hipoteza H4:* Nivo aerozagađenja koje nastaje kao posledica rada termoenergetskih postrojenja JKP „Novosadska toplana” najveće je tokom grejne sezone.
5. *Pomoćna hipoteza H5:* Vremenski uslovi utiču na koncentraciju zagađujućih materija (CO, NO<sub>x</sub>, praškaste materije) koje nastaje kao posledica rada termoenergetskih postrojenja JKP „Novosadska toplana”
6. *Pomoćna hipoteza H6:* Aerozagađenje koje nastaje radom termoenergetskih postrojenja JKP „Novosadska toplana” je u nivou aerozagađenja u zemljama Evropske unije.

## 1.4 Istraživačke metode

### *Primenjena literature*

Za potrebe izrade doktorske disertacije korišćena je adekvatna metodologija naučno-istraživačkog rada. Pre svega, koristio se pregled literature na sprskom i stranim jezicima (engleski i nemački), uz adekvatno i ograničeno korišćenje elektronskih izvora podataka, uz pregled, sistematizaciju i analizu podataka JKP „Novosadska toplana” i Doma zdravlja „Novi Sad”. Obrada podataka i prezentacija rezultata istraživanja urađena je primenom adekvatnih statističkih metoda (određivanje srednje vrednosti i metoda *Panel Data Analysis*). Korišćena je sledeća literatura:

1. Strana i domaća literatura (oblast zaštita životne sredine, zaštite vazduha, termoenergetike, energetske efikasnosti, zaštite zdravlja stanovništva), Zakonska regulativa Republike Srbije,
2. Interna dokumentacija JKP „Novosadska toplana“,
3. Zakonska regulativa zemalja članica Evropske unije,
4. Izveštaj o merenju emisije EMEP (*European Monitoring and Evaluation Program*), *Web Dab-Officially reported trends* i ostala relevantna literatura,
5. Elektronski izvori.

*Standardi koji su primenjeni za uzimanje uzoraka i analizu zagađujućih materija su sledeći:*

- a) EKS 031 određivanje karakteristika otpadnog gasa (temperatura, protok, brzina strujanja, apsolutni i diferencijalni pritisak) (automatski analizator)
- b) DM-34-208 merenje koncentracije kiseonika (O<sub>2</sub>) na principu elektrohemijske detekcije.
- c) DM-34-203 merenje koncentracije ugljen-monoksida (CO) na principu NDIR detekcije.
- d) DM-34-206 merenje koncentracije ukupnih azotovih oksida (NO<sub>x</sub>) na principu elektrohemijske detekcije.
- e) DM-34-205 merenje emisije sumpor-dioksida (SO<sub>2</sub>) na principu NDIR detekcije.
- f) SRPS EN 13284-1:2009 određivanje prašine u opsegu niskih masenih koncentracija

### *Uslovi i način sakupljanja uzoraka*

Za svaku zagađujuću materiju korišćena je propisana procedura detekcije, kao i merni instrument:

1. Zagađujuće materije (NO<sub>x</sub>), (O<sub>2</sub>) – analiza gasnih uzoraka vrši se na licu mesta uz pomoć automatskog analizatora, pomoću elektrohemijske detekcije. Merni instrument koji se koristi je *MRU VarioPlus Industrial*.

2. Zagađujuće materije (CO) i (SO<sub>2</sub>) – analiza gasnih uzoraka vrši se na licu mesta, pomoću nedisperzione infracrvene spektroskopije. Merni instrument koji se koristi je *MRU VarioPlus Industrial*.
3. Postupak uzrokovanja praškastih materija – vrši se izokinetičkom metodom. Merni instrument koji se koristi za tu svrhu je *TCR Tecora –Isostack basic HV*.

Merenja su vršena u vidu internih i kontinuiranih merenja emisije dimnih gasova na emiterima kotlova: TO „Istok (kotao 3), TO „Zapad (kotlovi 4, 5 i 6), Toplana „Jug (kotlovi 4 i 5). Kontinuirano merenje vrši se pomoću dva sistema:

- a) D-EMS sistem (*Environmental Data Management System*) i
- b) WIN-D-EVA klijentska aplikacija.

D-EMS 2000 je informaciono- tehnički sistem za praćenje i obradu podataka iz prostora odnosno iz životne sredine u kojoj dolazi do emisije gasova kao produkta sagorevanja. Sistem obezbeđuje dugoročno arhiviranje i vizuelizaciju mernih podataka iz različitih sredina koje vrše emisiju štetnih gasova kao i svih relevantnih klimatskih mernih podataka. Za reprezentaciju mernih i obrađenih podataka za mesta koja su dislocirana, koristi se klijentska aplikacija WIN-D-EVA koja može biti priključena na više D-EMS servera koji su ujedno i emisioni računari tj. D-EMS 2000 radne stanice preko TCP/IP konekcije. Fizičke veličine koje je moguće pratiti su: (CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO, HCL, HF, H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub>), praškaste materije, protok, temperaturu i pritisak.

## **1.5 Definisane strukture rada**

Doktorska disertacija sastoji se iz osam glavnih poglavlja u kojima su detaljno opisani i objašnjeni problematika aerozagađenja koje nastaje kao posledica rada termoenergetskih postrojenja JKP „Novosadska toplana”. Predstavljeni su rezultati istraživanja na osnovu dobijenih uzoraka, kao i predlog mera za unapređenje performansi termoenergetskih postrojenja, a sve sa ciljem očuvanja životne sredine.

Na samom početku disertacije objašnjene su metodološke postavke rada. Osnovni problem i predmet istraživanja jeste zagađenje vazduha od strane termoenergetskih postrojenja, kojih u Novom Sadu ima četiri. Samim tim kao glavni cilj i svrha istraživanja je dobijanje i poređenje podataka vezanih za aerozagađenje u gradu od strane različitih termoenergetskih postrojenja, koja kao osnovni energent koriste prirodni gas. Postavljene su osnovne i pomoćne istraživačke hipoteze, objašnjene su istraživačke metode, način prikupljanja podataka i definisana je struktura rada.

Značaj i struktura atmosfere, kao i sastav i značaj vazduha predstavljeni su u drugom poglavlju.

Prirodni i društveni faktori koji utiču na kvalitet vazduha grada Novog Sada opisani su u trećem poglavlju disertacije. Detaljno su opisani prirodni faktori koji utiče na stanje kvaliteta vazduha: geomorfološke karakteristike odnosno geografski položaj Novog Sada, klima, temperature vazduha, vetar, padavine, vlažnost, kao i insolacija i oblačnost.

Prikazani su i antropogeni faktori koji utiču na stanje kvaliteta vazduha, koji se odnose na morfologiju i zoniranost naselja, kao i na raspored industrije i saobraćaja.

Uticaj polutanata na ljudsko zdravlje, kao i na samo zagađenje vazduha opisani su u četvrtom poglavlju. Aerozagađenja javljaju se u sistemu emisija-imisija-transmisija, pa su iz tog razloga u ovom poglavlju prikazani izvori zagađenja i distribucija zagađujućih materija. Takođe, prikazani su efekti koje zagađujuće materije (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO), suspendovane čestice i praškaste materije (PM) imaju po zdravlje ljudi, kao i ekspozicija i uticaj POPs jedinjenja. Ovim radom obuhvaćen je i fotohemijski smog.

U petom poglavlju opisan je uticaj rada termoenergetskih postrojenja na životnu sredinu, a samim tim i na kvalitet vazduha. Sva četiri postrojenja koja se nalaze u Novom Sadu kao osnovni energent koriste prirodni gas čijom je kontrolom i samim unapređenjem procesa, kao i redovnim monitoringom emisije zagađujućih materija moguće dostići visoke standard u oblasti zaštite životne sredine. Prikazana je energetska efikasnost postrojenja, zajedno sa merama koje bi trebalo da se preuzmu sa ciljem smanjenja aerozagađenja, kao i mera koje bi trebalo preduzeti da bi se poboljšala energetska efikasnost. Objašnjena je primena BAT-a (*Best Available Technology*) u proizvodnji toplotne energije, čijom se primenom povećava energetska efikasnost i smanjuje se emisija štetnih gasova u životnu sredinu. Predstavljena je i upoređena zakonska regulativa u domaćem i evropskom zakonodavstvu. Prikazan je način na koji se vrši monitoring vazduha na području grada Novog Sada.

Šesto poglavlje prikazuje rezultate istraživanja. Nakon prikupljanja uzoraka i analize dokumentacije, primenjene su adekvatne statističke metode za obradu podataka i prezentaciju rezultata istraživanja. Urađeno je poređenje rezultata istraživanja sa osnovnom i sa sporednim istraživačkim hipotezama, kao i sa svetskom praksom.

Zahvaljujući dobijenim rezultatima, u sedmom poglavlju, dat je predlog mera za unapređenje performansi termoenergetskih postrojenja, a sa ciljem povećanja kvaliteta životne sredine, što se pre svega odnosi na smanjenje emisije (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO) i praškastih materija. U osmom poglavlju data su zaključna razmatranja, nakon kojih sledi pregled korišćene literature i prilozi (pregled tabela i slika).



## 2. ATMOSFERA

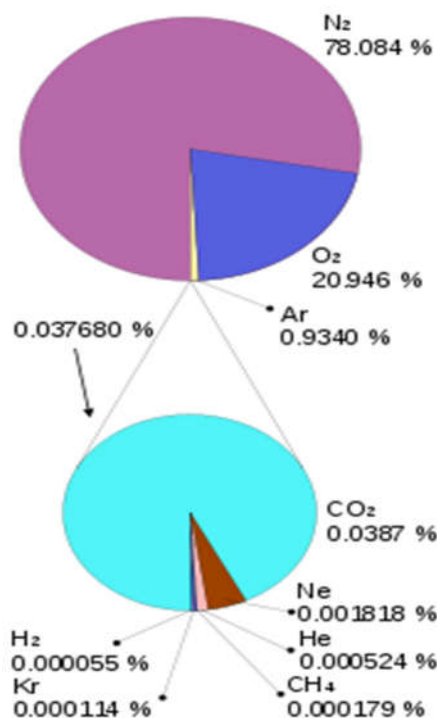
**Atmosfera** (grč. *atmos* - para; *sphaira* - lopta) je gasoviti omotač koji se prostire na visini od 970 km, okružuje planetu Zemlju, obezbeđuje kiseonik svim živim bićima na Zemlji, kao i ozonski omotač koji predstavlja zaštitu od ultraljubičastog i kosmičkog zračenja. Predstavlja smešu gasova koji se nalaze u finoj ravnoteži iznad Zemljine površine i koje zadržava Zemljina gravitacija. Pored gasova, u atmosferi se nalaze velike količine mikroskopski malenih čestica prašine, raznih soli, bakterija i drugih mikroorganizama, kao i bezbroj kapljica i snežnih kristala. U normalnim uslovima u atmosferi uvek ima primesa, ona nikad nije sasvim suva i čista, pa je to razlog zašto je ona uvek u manjoj ili većoj meri mutna i vlažna. Procenjena ukupna masa atmosfere iznosi  $5.136 \times 10^{15}$  tona. Atmosfera sadrži oko četiri petine azota (oko 78%) i jednu petinu kiseonika (oko 20%), dok su količine ostalih gasova neznatne i predstavljaju tzv plemenite gasove. (Nešić, Marinković i Kostić-Pulek, 2007).

**Azot** se u slobodnom obliku javlja u vidu dvoatomnog jedinjenja. U normalnim uslovima javlja se u gasovitom agregatnom stanju i tada se ponaša kao inertni gas, bez mirisa, transparentan je, nije otrovan, ali je zagušljiv. Nema važniju ulogu u atmosferskim procesima, ali igra značajnu ulogu u biološkim procesima, zato što je sastavni deo belančevina.

**Kiseonik** se, kao i azot, javlja u slobodnom obliku i to u vidu dvoatomnog jedinjenja. Predstavlja veoma reaktivni i oksidacioni gas, bez boje, ukusa i mirisa, koji lako formira okside sa većinom elemenata. Po masi je treći najrasprostranjeniji element u svemiru, posle vodonika i helijuma. Neophodan je za opstanak svih živih bića na Zemlji. Snažno apsorbuje ultraljubičasto zračenje (Štajner i Kevrešan, 2014).

Plemeniti gasovi koji se nalaze u atmosferi su: argon, neon, helijum, kripton i kseonon, i nemaju ulogu u atmosferskim procesima. Za razliku od navedenih inertnih gasova, **ugljen-dioksid** predstavlja vrlo značajan atmosferski gas iako je njegova količina srazmerno mala i varira od 0,02% do 0,05%. Atmosferski ugljen-dioksid je glavni izvor ugljenika za život na Zemlji i najviše ga ima u velikim industrijskim gradovima. To je gas koji izaziva efekat staklene bašte, apsorbuje i emituje infracrveno zračenje kroz svoje dve aktivne vibracione frekvencije. Usled ovog procesa zagreva se površina i donja atmosfera, dok se gornja atmosfera hladi. Povećanje atmosferske koncentracije ( $\text{CO}_2$ ), predstavlja razlog za porast prosečne globalne temperature od sredine XX veka (*Climate change 2014 – impact, adaptation and vulnerability: regional aspects, 2014*).

Sastav atmosfere, sa koncentracijom gasova, prikazan je na Slici 6 (Internet izvor 1).



Slika 6. Sastav atmosfere

**Voda** u gasovitom stanju, tzv. vodena para, predstavlja mali, ali značajni deo atmosfere. Najveći deo vode (oko 99,3%) nalazi se u troposferi. Kondenzacijom vodene pare u tečno ili čvrsto stanje stvaraju se oblaci, kiša, sneg i druge padavine. Ono što je manje očigledno jeste latentna toplota usled isparavanja, koja se oslobađa u atmosferu prilikom svake kondenzacije. Kada toplota dođe u dodir sa atmosferskim strujanjima direktno je zaslužna za napajanje destruktivnih nepogoda kao što su tropski cikloni i velike oluje. Vodena para predstavlja i najjači gas staklene bašte zahvaljujući prisustvu hidroksilnih veza koje snažno apsorbuju infracrveno zračenje (Schlager, Grewe i Roiger, 2012).

**Čestice** u atmosferi mogu imati čitav spektar veličina - od 0,0002  $\mu\text{m}$  sve do 500  $\mu\text{m}$ . U zavisnosti od veličine, čestice se mogu podeliti u dve grupe (Chen i Lipmann, 2009):

- taložne materije – prečnik ovih čestica veći je od 10  $\mu\text{m}$ , pa se one zbog svoje veličine tačnije težine talože, pošto ne mogu dugo da lebde i
- čestice u suspenziji (aerosoli) – prečnik ovih čestica manji je od 10 $\mu\text{m}$  i one dugo lebde u atmosferi (po nekoliko dana).

Aerosoli mogu biti prirodni i antropogeni. Prirodni aerosoli su oni koji su nastali prirodnim putem, a najčešće kao posledica vulkanskih erupcija, peščanih oluja, šumskih požara, morskog rasprskavanja i fiziološkim procesima u raznim biljkama. Antropogeni aerosoli nastale su kao posledica ljudske aktivnosti i zauzimaju i više od 10% od ukupnih aerosola u atmosferi (Jacob, 1999).

Zahvaljujući atmosferi, samo neznatni deo Sunčevog zračenja dolazi do Zemljine površine. Najveći deo zračenja apsorbovan je od strane atmosfere i taj ostatak dopire do Zemljine površine u obliku svetlosne energije. Zagrevanje atmosfere znatno utiče na

vremenske prilike, a pre svega na kretanje vazduha, kao i na obim i količinu padavina (Brasseur, Prinn i Pzenny, 2003).

Atmosfera deluje na ljudski život najneposrednije od svih činilaca geografskog prostora. Zbog svoje najmanje gustine u odnosu na ostale delove geosfere, atmosfera je najpodložnija degradacijama i zagađivanjima, ali ima i najbolju moć autoregeneracije (Namiešnik i Wardencki, 2002).

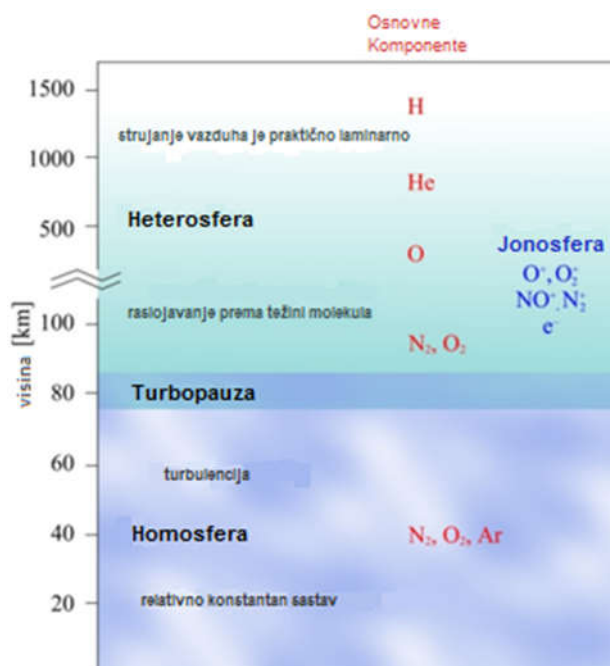
Gustina vazduha u atmosferi opada sa visinom zahvaljujući gravitacionoj sili koja privlači molekule vazduha ka centru Zemlje. U prvih 16 km se nalazi preko 90% svih molekula koji se nalaze u atmosferi.

Prema homogenom sastavu atmosfere ona se može podeliti na dva sloja (Zaitseva, 2014):

- homosfera i
- heterosfera.

*Homosfera* predstavlja donji sloj atmosfere i prostire se na visini od oko 80 km. Zbog stalnog turbulentnog mešanja, u ovom sloju, sastav atmosfere je relativno konstantan za hemijske komponente koje se u njemu zadržavaju duže. Značajan je za čoveka. Na samom kraju homosfere nalazi se tanki tranzitni sloj *turbopauza*.

*Heterosfera* je sloj koji karakterišu molekularne difuzije, dok hemijski sastav atmosfere postaje slojevit i varira, kako od molekularnih masa hemijskih komponenti koje se u njemu nalaze, tako i od visine. U donjem delu heterosfere dominiraju molekuli azota i kiseonika, kao i lakši gasovi koji su koncentrisani u višim slojevima. Na visinama iznad 1000 km molekuli helijuma i vodonika postaju dominantni. Vertikalna struktura atmosfere prikazana je na Slici 7 (*Atmospheric Structure Determined from Sattelite Data*, 1981).



Slika 7. Vertikalna struktura atmosfere

## 2.1 Struktura atmosfere

Atmosfera je na visini do 200 km stabilna i njena forma je pravilna, iznad tih visina ona se sažima i pulsira, te je zbog toga njena forma nepravilna. Podeljena je na slojeve na osnovu temperature. Postoje pet osnovnih slojeva atmosfere (Barry i Chorley, 2003):

- troposfera,
- stratosfera,
- mezosfera,
- jonosfera ili termosfera,
- egzosfera.

**Troposfera** se prostire do visine od 12 km i predstavlja najniži i najgušći deo (80% mase) atmosfere, u kojem se događaju svi klimatski procesi i pojave. U ovom sloju temperatura opada sa visinom. Hemijski sastav troposfere u suštini je jedinstven, sa izuzetkom vodene pare. Izvor vodene pare se nalazi na površini i to kroz procese isparavanja, pa se njena količina koja može postojati u atmosferi direktno smanjuje sa visinom. Zbog navedene činjenice, najveći udeo vodene pare se nalazi blizu površine Zemlje. Temperatura na gornjoj granici atmosfere se kreće u rasponu od  $-50^{\circ}\text{C}$  do  $-80^{\circ}\text{C}$ . Pritisak je maksimalan iznad površine mora i opada sa nadmorskom visinom. U troposferi je koncentrisano više od  $\frac{3}{4}$  mase atmosfere, zato što je gustina vazduha najveća pri dnu. Uslovno, troposfera se može podeliti na tri sloja (Póstaí i Buseck, 2010):

- Prizemni sloj – koji se prostire do 2m, u kojem dolazi do najvećih promena temperature i gustine vazduha usled naglog zagrevanja i hlađenja podloge u toku dana i noći.
- Planetarni ograničeni (pogranični) sloj – koji se prostire na visini od 2 m do 1,5 km, u kojem se mešaju topli prizemni vazduh male gustine i hladniji vazduh veće gustine. U ovom sloju gube se velike promene u temperaturi sa povećanjem visine i dolazi do formiranja oblaka. Do formiranja oblaka dolazi kada se zagrejani prizemni vazduh nađe u području niskog vazdušnog pritiska, gde se širi i troši energiju. Sa povećanjem zapremine, vazduh se hladi, što pogoduje i ubrzava pretvaranje vodene pare u kapljice vode i kristale leda.
- Slobodna troposfera – ovaj sloj prostire se na visini od 1,5 km do 11 km. U ovom sloju ne dolazi do dnevnih promena temperature vazduha, već se na svakih 100 m ona smanjuje za  $0,6^{\circ}\text{C}$  do  $0,7^{\circ}\text{C}$ .

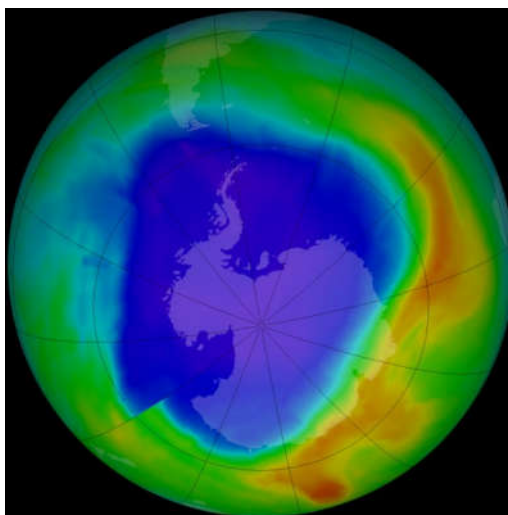
U troposferi su najjače konvektivne struje, te se zbog toga ovaj sloj često naziva i konvektivni pojas. Pored konvektivnih (vertikalnih) struja, u ovom sloju postoje još i horizontalna (advektivna), kosa i vrtložna (turbulentna) strujanja (Gettelman, Salby i Sassi, 2002).

Prelazni sloj, koji se nalazi između troposfere i stratosfere naziva se **tropopauza**, čija debljina varira i kreće se od nekoliko stotina metara do 3 km. Ovaj sloj nije jedinstven, na nekim mestima može upotpunosti da nestane, dok se na nekim mestima javlja u dva do tri sloja. Promena temperature je veoma mala - na svakih 100 m opada za manje od  $0,2^{\circ}\text{C}$  (Chen, Tsao i Nee, 2004).

**Stratosfera** se prostire na visini oko 50 km iznad Zemljine površine. Na visini od 25 do 50 km nalazi se najviše ozona, pa se često ovaj sloj naziva i ozonosfera. U poređenju sa troposferom ovaj sloj atmosfere mnogo je ređi, dok temperatura raste sa nadmorskom visinom. Vetrovi koji duvaju u ovom sloju dostižu brzinu i od nekoliko stotina km/h (Brasseur i Solomon, 2005).

**Ozon.** U okviru ovog sloja temperatura raste sa nadmorskom visinom. Do porasta temperature dolazi usled apsorpcije ultravioletnog Sunčevog zračenja, prilikom čega dolazi do razbijanja molekula ozona ( $O_3$ ) u atomski kiseonik (O) ili mnogo češće u molekularni kiseonik ( $O_2$ ). U srednjem delu stratosfere ima mnogo manje ultravioletnog zračenja, pa samim tim ima i mnogo manje energije za razbijanje molekula ozona. Kao rezultat toga ozon se stvara na najnižem nivou stratosfere, spajanjem (O) i ( $O_2$ ) molekula. Stvaranjem i razbijanjem molekula ozona raslojava se temperatura u stratosferi i samim tim štiti se život na Zemlji od štetnog dejstva ultraljubičastog zračenja. Do nižih slojeva atmosfere stiže veoma malo ultraljubičastog zračenja, tako da se u ovim slojevima ozon ne formira. Zahvaljujući ovakvim vertikalnim raslojavanjima, gde se topliji slojevi nalaze iznad, a niži ispod, stratosfera je dinamički stabilna, stoga u ovom delu atmosfere ne postoje redovna strujanja i turbulencije (Jennings, 2005).

Postojanje rupa na ozonskom omotaču otkriveno je u XX veku a najveće ozonske rupe su detektovane na Antarktiku (Slika 8), ali njihov nastanak, kao i čovekov uticaj još uvek se ne može sa sigurnošću potvrditi. Iako metan ( $CH_4$ ) ne utiče direktno na uništavanje ozona, on dovodi do formiranja jedinjenja koja uništavaju ozon, tako što jednoatomski kiseonik (O) reaguje sa metanom, pri čemu se formiraju hidroksilni radikali (OH). Stvoreni radikali reaguju sa nerastvorljivim jedinjenjima kao što su hlorofluorougjenici, dok ultraljubičasto zračenje iz ovog jedinjenja odvaja radikale hlora. Radikali hlora reaguju sa atomom kiseonika iz ozona, stvarajući molekul kiseonika ( $O_2$ ) i hipohloritne radikale. Novonastali radikal ponovo reaguje sa atomom kiseonika, stvarajući novi molekul kiseonika i drugi radikal hlora i samim tim sprečava reakciju jednoatomskog kiseonika sa ( $O_2$ ), sprečavajući stvaranje prirodnog ozona. Prikaz ozonske rupe iznad Antarktika dat je na Slici 8 (Thompson i dr., 2011).



Slika 8. Velika Ozonska rupa iznad Antarktika

Najveća količina ozona nalazi se iznad Severnog i Južnog pola, a najmanja iznad tropskih predela. Gledano sa stanovišta godišnjih doba najviše ga ima u proleće, a najmanje u jesen.

**Stratopauza** je tanak sloj koji se nalazi između stratosfere i mezofere, u kojem ne dolazi do promene temperature sa povećanjem visine (Chandran, Collins, Garcia i Marsh, 2011).

**Mezosfera** je sloj atmosfere koji se nalazi na visini od 80 km. Temperatura u ovom sloju opada sa nadmorskom visinom i kreće se na gornjoj granici između  $-70^{\circ}\text{C}$  do  $-80^{\circ}\text{C}$ . Glavne dinamičke karakteristike u ovom region su jaki zonalni (istok-zapad) vetrovi, atmosferske plime i oseke, unutrašnji atmosferski gravitacioni talasi (poznati kao „gravitacioni talasi”) i planetarni talasi. Većina plima i talasa počinju u troposferi i donjoj stratosferi i prostiru se duž mezofere. U mezosferi, amplitude gravitacionih talasa mogu postati toliko velike da talasi postaju nestabilni i rasipaju se. Ovo rasipanje talasa u najvećem delu utiče na globalnu cirkulaciju (Sinnhuber, Nieder i Wieters, 2012).

U ovom sloju nalaze se i tzv. noćni svetleći oblaci (noktilucentni oblaci), koji se mogu videti samo noću kada se Sunce nalazi ispod horizonta. Gornji deo mezofere je takođe i oblast jonosfere poznat kao D sloj. D sloj je prisutan samo u toku dana, kada dolazi do jonizacije oksida azota. Navedena jonizacija je toliko slaba da se u toku noći, kada ne postoji izvor jonizacije, slobodni elektron i jon vraćaju nazad u neutralni molekul.

**Mezopauza** je tanak sloj koji se nalazi na prelasku mezofere u termosferu, debljine oko 10 km. Temperatura vazduha se u ovom sloju ne menja i iznosi oko  $-90^{\circ}\text{C}$  (Savigny i dr., 2007).

**Jonosfera ili termosfera** se prostire u pojasu iznad mezofere. Predstavlja najviši sloj atmosfere i prostire se između 80 i 600 km iznad zemljine površine. Ovaj sloj odlikuje naglo povećanje i kolebanje temperature. Kolebanje je uzrokovano Sunčevim zračenjem, dok se temperature kreću i preko  $1700^{\circ}\text{C}$ . Molekuli gasa, koji se nalaze u ovom sloju, apsorbuju Sunčevo zračenje, što dovodi do fotohemijskih reakcija i jonizacije gasova. Usled ovih procesa, ovaj sloj nosi naziv jonosfera.

Iako su u ovom sloju temperature veoma visoke tokom dana, subjektivni osećaj toplote termosfere nije takav usled njegove velike blizine vakuumu zbog čega nema dovoljno kontakta između atoma gasa da bi se prenela toplota. Normalna temperatura noću može biti značajno ispod  $0^{\circ}\text{C}$ , zato što je energija koja se gubi prilikom toplotne radijacije veća od energije dobijene od atmosferskog gasa u direktnom kontaktu. U neakustičnoj zon, koja se prostire iznad 160 km, ne postoji prenos zvuka zbog gustine koja toliko mala da veoma retko dolazi do interakcije između molekula (Bilitza i Reinisch, 2008).

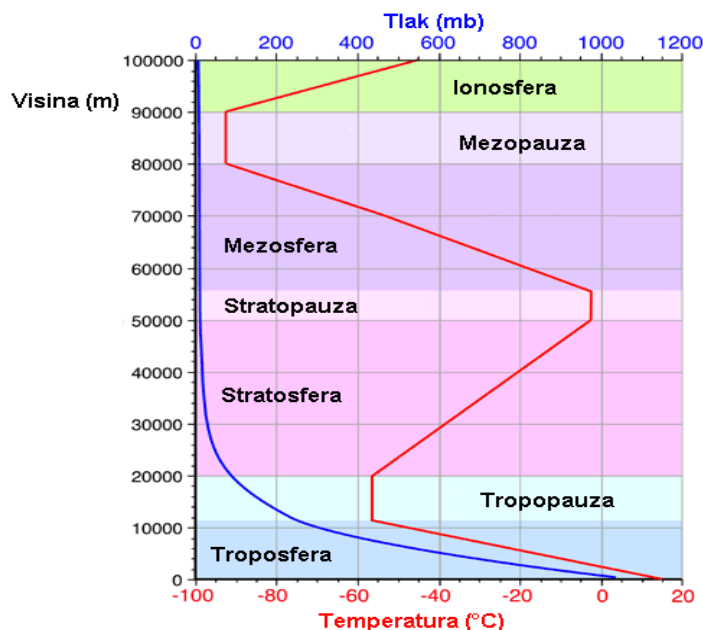
Dinamikom termosfere dominiraju atmosferske plime, koje su vođene veoma značajnim dnevnim zagrevanjem. Iznad ovog nivoa rasipaju se atmosferski talasi, usled sudara neutralnog gasa i jonizovane plazme.

Međunarodna Svemirska Stanica kruži oko Zemlje u sredini termosfere, između 330 km i 435 km (Budden, 2009).

**Egzosfera** se prostire na visinama iznad 600 km od Zemljine površine, koje karakteriše veoma razređen gas, u kojem se atmosfera postepeno gubi i predstavlja prelazno područje prema vakuumu. Temperatura je u ovom sloju izuzetno visoka i kreće se i do  $4000^{\circ}\text{C}$ . Egzosfera se uglavnom sastoji od vodonika, helijuma i nekoliko težih molekula uključujući azot, kiseonik i ugljen-dioksid, koji se nalaze bliže samoj bazi. Atomi i molekuli su toliko udaljeni da mogu putovati stotinama kilometara bez međusobnih sudara. Atomi gasova kreću se haotično i nalaze se u stanju plazme. Egzosfera se više ne

ponaša kao gas, pa čestice konstatno odlaze u svemir. Ove čestice se slobodno kreću prateći balističku trajektoriju i mogu da migriraju u i izvan magnetosfere ili solarnog vetra (Forbes i dr., 2009).

Ovaj sloj nalazi se previše daleko od Zemlje da bi bilo koje meteorološke pojave bile primetne na Zemlji. Međutim, *Aurora Borealis* i *Aurora Australis*, poznatije kao polarna svetlost, se ponekad javljaju u donjem delu egzozfere, tačnije u delu gde se preklapa sa termosferom. Egzosfera sadrži većinu satelita koji kruže oko Zemlje. Osnovni slojevi atmosfere prikazani su na Slici 9 (Internet izvor 2).



Slika 9. Slojevi atmosfere

Kao posledica Sunčevog i kosmičkog zračenja javlja se jonizacija vazduha. U zavisnosti od koncentracije jona i elektrona, atmosfera se može podeliti i prema električnoj provodljivosti. Njihova koncentracija naglo se povećava na visini od 50 km do 60 km i zato se ovaj sloj atmosfere naziva jonosfera, a uključuje termosferu, delove mezosfere i egzozferu. Jonosfera predstavlja unutrašnje ivice magnetosfere, a između ostalih funkcija, ima praktičan značaj, zato što apsorbira, reflektuje i propušta radio talase i samim tim direktno utiče na efikasnost telekomunikacija. Može se podeliti na nekoliko slojeva: D, E i F sloj (Goncharenko i Zhang, 2008).

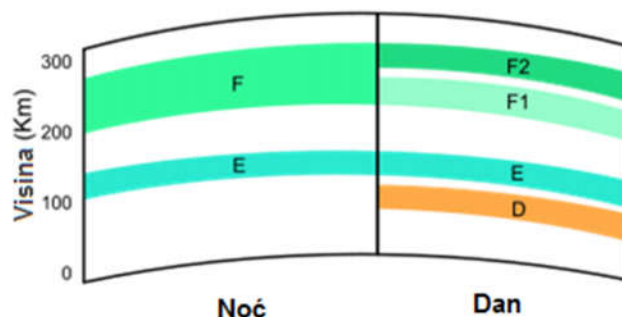
U toku noću jedini sloj koji je prisutan tokom jonizacije jeste F sloj, dok je u D i E slojevima jonizacija izuzetno niska. Tokom dana slojevi D i E postaju mnogo više jonizovani, baš kao i F sloj koji razvija dodatni slabiji region jonizacije poznat kao F<sub>1</sub> sloj. Sloj F<sub>2</sub> javlja se i danju i noću i on je uglavnom odgovoran za prelamanje radio talasa (Hunsucker i Hargreaves, 2003).

D sloj prostire se na visini između 60 km i 80 km iznad Zemljine površine. Stvara se apsorpcijom ultraljubičastog Sunčevog zračenja. U ovom sloju postoji mnogo više neutralnih molekula od jona usled visokih stopa rekombinacije azotnog oksida (NO). U ovom sloju dugi radio talasi se reflektuju, srednji se najvećim delom apsorbuju, dok kratki

radio talasi lako prolaze. Snaga radio talasa srednjih i visokih frekvencija se značajno smanjuju u D sloju, zato što svojim kretanjem uzrokuju pomeranje elektrona, koji se potom sudaraju sa neutralnim molekulima i tokom tih sudara odaju energiju. Radio talasi niskih frekvencija pomeraju elektrone brže usled čega stvaraju veću šansu za sudare. Ovo je i glavni razlog zašto dolazi do apsorpcije dugih radio talasa, posebno na frekvencijama od 10 MHz i nižim, dok se na višim apsorpcija progresivno smanjuje. Ovaj efekat vrhunac dostiže oko podneva i smanjuje se noću usled smanjenja debljine D sloja (Bilitza, 2003).

E sloj (poznat i kao *Heaviside*-ov sloj) se nalazi u sredini na visinama od 90 km do 150 km iznad Zemljine površine. Jonizovan je usled slabih X-zraka (1-10 nm). Ovaj sloj može samo da reflektuje radio talase frekvencija nižih od 10 MHz i može malo učestvovati u apsorpciji većih frekvencija. Noću se ovaj sloj gubi zato što primarni izvor jonizacije nestaje. Tokom dana dolazi do znatnog slabljenja srednjih talasa, dok se noću ovi talasi odbijaju sa malim slabljenjem (Sorokin i Yaschenko, 2000).

F sloj (*Appleton-Barnett*-ov sloj) prostire se između 150 km i 500 km iznad Zemljine površine. To je najgušća tačka jonosfere, što znači da signali koji prodiru u ovaj sloj odlaze u svemir. Na većim visinama, broj kiseonikovih jona opada, tako da lakši joni kao što su vodonik i helijum postaju dominantini. F sloj stokom noći sadrži samo jedan sloj, ali tokom dana formira se se još jedan sloj nazvan F<sub>1</sub>. F<sub>2</sub> sloj je stalan, odnosno postoji i tokom dana i noću. Odgovoran je za prostiranje većine radio talasa reflektovanih i prelomljenih nazad ka Zemlji iz jonosfere, kao i za prenos visokih frekvencija radio komunikacije na velikim udaljenostima. Slojevi jonosfere i njihov raspored tokom dana i noći prikazan je na slici 10 (Rishbeth i dr., 2000).



Slika 10. Slojevi jonosfere u toku dana i noći

U toku godine mogu se pojavljivati dodatni slojevi, ali se njihovo postojanje kao i trajanje ne mogu ranije predvideti. Takav je sloj E<sub>s</sub>, sporadični E sloj, koji se odlikuje malim, tankim oblacima intenzivne jonizacije, koji mogu da podrže refleksiju radio talasa do 225 MHz. Sporadični E slojevi se pojavljuju vrlo retko i mogu trajati od nekoliko minuta do nekoliko sati. Javljaju se nekoliko puta godišnje, a najčešće u letnjem period (Yokohama i dr., 2009).



## **2.2 Sastav atmosferskog vazduha**

**Atmosferski vazduh** predstavlja smešu gasova, od kojih 78% čini azot, 21% kiseonik, 0,03% ugljen dioksid, a ostatak čine male količine drugih gasova (neon, argon...), vodene pare, prašine i bakterije. Vazduh obavija površinu Zemlje slojem koji se prostire do 600 km. U sastav vazduha ulaze (Jacobson, 2005).

**Azot** se u normalnim uslovima javlja u gasovitom agregatnom stanju, bez boje i mirisa, nije otrovan, zagušljiv je, ali ne pomaže gorenje i u njemu živa bića ne mogu da opstanu. Ima ga četiri puta više od kiseonika i pod normalnim tehnološkim uslovima ponaša se kao inertan gas.

**Kiseonik** je najznačajniji sastojak vazduha, neophodan za disanje i opstanak svih živih bića. To je gas bez boje, ukusa i mirisa, čija se količina u vazduhu ne menja, iako ga organizmi neprekidno troše. Njegovom obnavljanju doprinose biljke koje tokom procesa fotosinteze oslobađaju kiseonik. Predstavlja najrasprostranjeniji element na Zemlji, čini 20,8% Zemljine atmosfere, dok u zemljinoj kori količina kiseonika iznosi 45%. Potpomaže gorenje.

**Ugljen dioksid** je treći sastojak vazduha koga u poređenju sa azotom i kiseonikom ima mnogo manje, ali je od vitalnog značaja za život na Zemlji. Čovek, biljke i životinje ispuštaju ga disanjem u vazduh, a nastaje i prilikom sagorevanja drveta, truljenjem organizama u zemlji, kao i u hemijskim procesima vrenja. Teži je od vazduha i pada u niže slojeve. Biljkama je neophodan u procesu fotosinteze. Biljke ga apsorbuju svojim zelenim delovima i uz pomoć vode i Sunčeve energije, stvaraju hranu (šećer). Za razliku od kiseonika, ugljen dioksid sprečava sagorevanje i gasi plamen. U većim količinama štetan je i za čoveka i za životinje.

## **2.3 Značaj vazduha**

Čist vazduh je osnov za zdravlje i život kako ljudi, tako i čitavog ekosistema. Da bi se sanirale posledice već zagađenog vazduha, da bi se sprečilo novo zagađenje i samim tim da bi se životna sredina vratila u svoje izvorno i prirodno stanje potreban je niz aktivnosti. Jedan od prvih koraka za rešavanje problema aerozagađenja jeste istraživanje i praćenje kvaliteta vazduha. Uticaj zagađenja vazdušnog omotača planete ima i dalekosežne posledice po promenu klime na Zemlji, pojavu kiselih kiša i oštećenje ozonskog omotača u stratosferi. Najveći broj zemalja, uključujući Republiku Srbiju, započele su kontinuirani monitoringom kvaliteta vazduha, procenom nastalih promena i trendova u budućnosti, a sve sa ciljem da se predupredi dalje zagađivanje vazduha (Novitović i dr., 2013).

### **3. KVALITET VAZDUHA**

Prelaskom sve većeg broja stanovništva u gradove, gradovi se šire i rastu što je jedan od razloga zbog kojeg urbano zagađenje utiče na sve veći broj ljudi širom sveta. Oko polovina svetske populacije živi u velikim gradovima, a u mnogim gradovima ne postoji nikakav oblik monitoringa kvaliteta vazduha, što se naričito odnosi na gradove koji se nalaze u zemljama u razvoju (Akimoto, 2003). Grad Novi Sad se susreće sa pet glavnih izvora aerozagađenja industrijskih i urbanih sredina (Sofilić, 2014):

1. Sagorevanje čvrstih, tečnih i gasovitih goriva u energetskim postrojenjima (uključujući toplifikaciju gradskih naselja),
2. Sagorevanje čvrstih, tečnih i gasovitih goriva u motornim vozilima,
3. Industrijski procesi,
4. Odlagališta čvrstog otpada,
5. Isparavanje različitih organskih rastvarača.

Nije lako definisati koji od navedenih izvora ima najveći uticaj na ukupno aerozagađenje, imajući u vidu da sve navedeno zavisi od intenziteta saobraćaja, meteoroloških uslova, kao i od samog područja ako se u njemu nalaze industrijska i energetska postrojenja, kao i od brojnih drugih faktora.

#### **3.1 Prirodni faktori koji utiču na kvalitet vazduha**

Na prirodne faktore koji utiču na stanje kvaliteta vazduha čovek ima relativno ili gotovo nikakav uticaj i oni se mogu podeliti u nekoliko grupa (Phalen i Phalen, 2013):

- geografski položaj,
- klima,
- temperatura vazduha,
- vetar,
- padavine i vlažnost vazduha,
- insolacija i oblačnost.

##### **3.1.1 Geografski položaj Novog Sada – geomorfološke karakteristike**

Grad Novi Sad nalazi se na severu Republike Srbije, u središnjem delu Autonomne Pokrajine Vojvodine. Po broju stanovnika je drugi grad u Srbiji sa 341.625 stanovnika zajedno sa prigradskim naseljima (Republički zavod za statistiku, popis iz 2011. godine). Grad Novi Sad obuhvata površinu od 702,7 km<sup>2</sup> zajedno sa 15 prigradskih naselja. Njegov

geografski položaj je veoma povoljan zato što predstavlja raskrnicu svih glavnih puteva u Vojvodini (kako kopnenih tako i vodenih).

Grad se nalazi na 45°15' severne geografske širine i 19°51' istočne geografske dužine. Prosečna nadmorska visina Novog Sada iznosi 80 m. Spada u grupu podunavskih naselja zato što se nalazina 1255-om km toka reke Dunav, koji predstavlja jednu od najznačajnijih reka u Evropi. Najveći deo naselja nalazi se na aluvijalnoj terasi Dunava, na levoj strani reke, u području Panonske nizije. To se posebno odnosi na starije delove grada, dok se mnogi novi kvartovi prostiru na nepogodnom terenu - plavljenj ravni Dunava. Ako bi se gledalo položaj u odnosu na makromorfološke celine moglo bi se reći da je grad nastao na kontaktu dela Panonske nizije (tzv. Bačka ravnica) i Fruškogorskog masiva. Položaj grada Novog Sada u Evropi i Autnomnoj Pokrajni Vojvidini, kao i položaj susednih većih gradova prikazan je na Slici 11 (Internet izvor 3).



Slika 11. Položaj grada Novog Sada u Evropi i Republici Srbiji

Novi Sad je drugi grad po veličini u Republici Srbiji. Nastao je od tri samostalna i u različitim vremenima nastala naselja: na levoj obali Dunava nalazi se Novi Sad, a na desnoj obali Petrovaradin i Sremska Kamenica, koja su se vremenom fizički, funkcionalno i socijalno integrisala, stvarajući jedinstvenu celinu (konurbaciju). Po tipu grada, Novi Sad spada u urbano-industrijsku aglomeraciju (Martinov, 2004).

Posmatrano sa strane aerozagađenja, pri čemu se saobraćaj javlja kao pretežni izvor zagađenja, morfološke karakteristike naselja dolaze posebno do izražaja. Pored saobraćaja odnosno broja vozila, na velike koncentracije zagađujućih materija u vazduhu, utiče i širina puteva, visina i raspored zgrada, kao i sam nagib ulica. Trgovi, takođe, imaju ulogu u aerozagađenju i ta uloga se odnosi na saobraćajne potrebe grada, ali se u njima u većini slučajeva oseća i nedostatak zelenih površina, koje su od velikog značaja za smanjenje aerozagađenja.

Indirektan uticaj na kvalitet vazduha ima reljef. Najveći deo geomorfoloških odlika užeg i šireg gradskog područja sastavljen je od lesa ili peska, vrlo rastresitih materija, koji se lako vazдушnim strujanjima mogu podići u vazduh. Područje grada može se podeliti na dve posebne reljefne celine to su: ravničarska i brdovita. Ravničarski ili bački deo nalazi se na levoj strani Dunava i njegova nadmorska visina iznosi od 72 do 80 m. Brdoviti ili sremski deo nalazi se na desnoj obali Dunava, na obroncima Fruške gore, pa nadmorska visina ovog dela ide do oko 250 m (Jovanović i Tivadar, 2009).

### 3.1.2 Klimatske karakteristike Novog Sada

Panonska nizija, u kojoj se nalazi Vojvodina, okružena je najvećim delom planisnim masivima, što ima veliki uticaj na formiranje osnovnih klimatskih obeležja Pokrajine. Uticaji vazдушnih strujanja i vremenskih promena najveći uticaj imaju sa severne i zapadne strane usled veće otvorenosti vojvođanskog područja ka njima. Grad Novi Sad nalazi se na takvom geografskom položaju da klima prelazi iz umereno kontinentalne u kontinentalnu. Uz velika godišnja kolebanja temperature vazduha, grad ima sva četiri godišnja doba kod kojih se proleće i jesen odlikuju promenljivim vremenskim uslovima, leti se nalazi pod uticajem tzv. Azorskog anticiklona što donosi dosta stabilne vremenske prilike i povremeno lokalne pljuskove, dok je u zimskom vremenskom periodu pod uticajem Atlanskog okeana i Sredozemnog mora (tzv. sibirskog anticiklona) tokom kojih duva košava, hladan vetar koji najčešće traje od tri do sedam dana. Prosečna količina padavina iznosi 578 mm na godišnjem nivou, dok je broj dana sa padavinama 122. Poslednjih godina, sa promenom klime na svetskom nivou, povećala se i količina padavina. Obilne padavine koje se s vremena na vreme pojave u Novom Sadu izazivaju poplave u pojedinim delovima grada, zato što postojeći gradski kanalizacioni sistem nije projektovan za ovakve izmenjene klimatske uslove. Osnovni klimatski pokazatelji za Novi Sad dati su u Tabeli 1 (Internet izvor 4).

Tabela 1. Klimatske karakteristike Novog Sada  
(Republički hidrometeorološki zavod Srbije)

Klima Novog Sada													
Mes.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Maj	Jun	Jul	Avg.	Sep.	Okt.	Nov.	Dec.	God.
Max. °C (°F)	3 (37)	6 (43)	12 (54)	17 (63)	23 (73)	25 (77)	27 (81)	27 (81)	24 (75)	18 (64)	10 (50)	5 (41)	16 (61)
Min. °C (°F)	4 (25)	2 (28)	1 (34)	6 (43)	11 (52)	14 (57)	15 (59)	14 (57)	11 (52)	6 (43)	2 (36)	2 (28)	6 (43)
Padavine (mm)	38 (15)	35 (13,8)	41 (16,1)	47 (18,5)	57 (22,4)	82 (32,3)	61 (24)	55 (21,7)	36 (14,2)	35 (13,8)	46 (18,1)	44 (17,3)	577 (227,2)

### 3.1.2.1 Temperatura vazduha

Da bi se razumela distribucija zagađujućih komponenti u vazduhu od velikog značaja je prostorna raspodela temperatura. Postoje dve raspodele temperatura: vertikalna i horizontalna. Ono što je tipično za horizontalnu raspodelu jeste formiranje toplotnog ostrva iznad grada ili industrijskog basena, dok je za vertikalnu raspodelu tipično sprečavanje odlaska različitih primesa na veće visine u atmosferu usled pojave inverzije, zbog čega se te strane primese koncentrišu na manjim visinama. Usled navedene specifičnosti, turbulentna difuzija presudno zavisi od vertikalne raspodele temperature, a samim tim i širenje aerozagađenja kao i promene koncentracije zagađujućih materija (Santamouris i Kolokotsa, 2016).

Za period od 1981–2010 godine prosečna temperatura vazduha u Novom Sadu iznosila je 11,4°C. Tropski dani najčešće se javljaju u julu i avgustu i tada se temperature kreću i iznad 33°C. U toku godine prosečan broj ovakvih dana iznosi 22,5. Prema podacima Meteorološke opservatorije Novi Sad, Najhladniji dani su u januaru i februaru, kada se temperature spušta ispod 0°C, a srednji broj ovih dana iznosi 22,4 (Tabela 2).

Tabela 2. Temperaturni ekstremi i srednje godišnje vrednosti temperature vazduha u Novom Sadu (2004–2014)

God	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>T(°C) Min.</b>	-18,3	-24	-13,8	-7,4	-12,1	-21,2	-15,1	-13,4	-28,7	-8,1	-16,6
<b>T(°C) Max.</b>	37,2	34,4	34,5	41,6	37,8	36,2	36,1	37,4	39,7	37,5	33,7
<b>T (°C) Sr.</b>	11,4	10,6	11,7	12,5	12,7	12,5	11,6	11,7	12,6	12,3	13,0

Tabela 2. Pokazuje da je najniža srednja mesečna temperatura vazduha izmerena u Novom Sadu 2012. godine i iznosila je –28,7°C, a najviša je izmerena 2007. godine, kada je zabeleženo 41,6°C.

### 3.1.2.2 Vetar

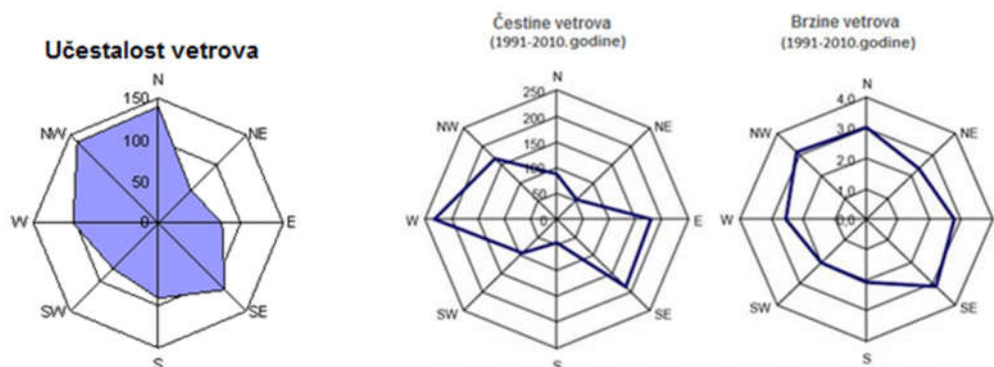
Vetar direktno utiče na kvalitet vazduha tako što određuje koncentraciju i smer rasprostiranja zagađujućih materija. Da bi se mogla predvideti disperzija zagađujućih materija koje su emitovane u vazduhu potrebno je znati pravac i intenzitet vetrova. Zahvaljujući poznavanju pravca moguće je odrediti smer kretanja aerozagađenja, dok intenzitet ukazuje na koliku će udaljenost zagađujuće materije biti odnete u odnosu na

sam izvor zagađenja. Čestina tišine, pored čestine i pravca vetra, je vrlo bitna zato što ona stvara uslove u kojima dolazi do zadržavanja i taloženja zagađujućih materija (Agarwal, 2005). Prikaz vrste i jačine vetrova u Novom Sadu dat je u Tabeli 3 (Internet izvor 5).

Tabela 3. Srednje vrednosti čestina i jačina vetrova u Novom Sadu (2000–2014)

Pravac	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
Čestina (broj dana)	88,9	49,8	155,6	177,4	42,9	70,7	210,4	167,1	37,2
Jačina (m/s)	2,9	2,3	2,7	3,1	2,2	2,2	2,5	3,0	-

Učestalost, čestina i brzina vetrova zabeleženih u Novom Sadu dati su na Slici 12 (Katić, 2014).

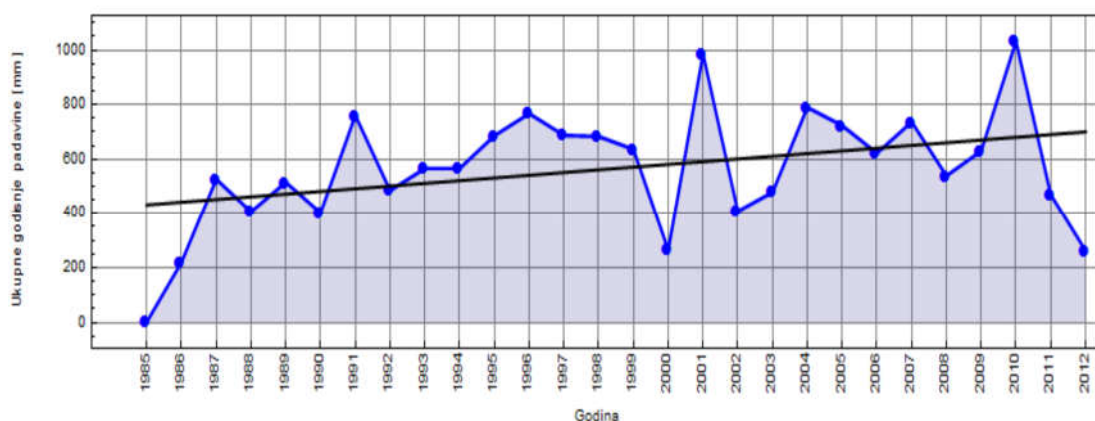


Slika 12. Prikaz učestalosti, čestine i brzine vetrova na teritoriji Novog Sada

Po pitanju učestalosti, u Novom Sadu prevlađuju severni, severo-istočni i severo-zapadni vetar. Brzina svih zabeleženih vetrova iznosi između 2,2 i 3,1 m/s.

### 3.1.2.3 Padavine i vlažnost vazduha

Raspored padavina u toku jedne godine (padavnski režim) je važan u procesima u kojima dolazi do prenosa i transformacije stranih primesa u atmosferi. Atmosferske padavine predstavljaju jednu vrstu filtera, pošto se zahvaljujući njima na najbolji način, prirodnim putem, uklanjaju zagađujuće materije iz vazduha. Međutim, ukoliko se u vazduhu nađe veća količina vlage ona utiče na zagađujuće materije u vazduhu sa kojima stupa u hemijske reakcije što za posledicu ima stvaranje tzv. kiselih kiša, koje imaju štetno dejstvo na životnu sredinu kao i materijalna dobra (Wondyfraw, 2014). Teritorija Novog Sada zajedno sa Fruškom gorom predstavlja teritoriju sa najvećom količinom padavina u Vojvodini. Prosečna godišnja suma padavina u Novom Sadu prikazana je na Slici 13 (Internet izvor 4).



Slika 13. Grafički prikaz ukupne godišnje sume padavina (mm) u Novom Sadu (1985–2012)

Iz grafičkog prikaza je evidentno da količina padavina u periodu između 1985. do 2012. godine ima tendenciju linernog rasta.

Količina vodene pare u vazduhu, pod određenim uslovima temperature i pritiska, predstavlja vlažnost vazduha i najčešće se izražava u vidu relativne vlažnosti. Relativna vlažnost vazduha je obrnuto proporcionalna sa temperaturom, što znači da opada sa njenim porastom. Položaj Novog Sada uz reku Dunav značajno povećava relativnu vlažnost vazduha u priobalnom području. Karakteristike čitavog Podunavlja jesu jake rose i magle. Pojava magle vezuje se za zimski period, a dužina njenog trajanja zavisi od stabilnosti atmosfere. Sve vodene površine utiču na formiranje mikroklimatskih karakteristika određenog područja modifikujući pojedine klimatske elemente i to je razlog zašto se vremenske karakteristike razlikuju u dolinama reka u odnosu na njihovu okolinu. Ova pojava se najlakše može iskazati praćenjem temperature vazduha u toku dana. Jutarnje temperature u dolinama reka su niže, a večernje više u odnosu na njihovu okolinu (Sandholt, Rasmunssen i Andersen, 2002).

U Novom Sadu se takođe javlja razlika u temperaturi vazduha između gradskih četvrti koje se nalaze uz Dunav i onih drugih koje su od njega udaljene. Zahvaljujući tim temperaturnim razlikama stvara se veća mogućnost za pojavu magle. Ovo se posebno odnosi na zimski period, zbog čega se tokom ovog perioda javlja intenzivnije zagađenje prizemnih slojeva atmosfere. U isto vreme se usled te razlike javljaju manja lokalna strujanja vazduha što dovodi do većeg provetravanja delova grada uz Dunav, pa se ti delovi odlikuju čistijim vazduhom.

#### 3.1.2.4 Insolacija i oblačnost

Insolacija predstavlja količinu energije solarnog zračenja primljenu na datoj površini u određenom vremenskom periodu. Prolaskom kroz atmosferu gubi se između 25–50% ukupne energije sunčevog zračenja, pa ipak oko 109 TW godišnje ove energije dospeva do Zemljine površine, što predstavlja oko 170 puta veću energiju od ukupne energije koja se nalazi u rezervama uglja u svetu. Mnogobrojni faktori utiču na dužinu trajanja

insolacije, a najvažniji od njih su: dužina obdanice, nadmorska visina, ekspozicije terena, stepen oblačnosti itd. U odnosu na leto snaga Sunčevog zračenja veća je zimi za oko 5,8% zato što je tada Zemlja bliža Suncu za oko 3%. Međutim, za neka područja ukupna insolacija je veća leti zbog duže obdanice (Aberlin i Eppel, 2012). Osnovne karakteristike sunčevog zračenja za Novi Sad date su u Tabelama 4 i 5 (Kojić, 2016).

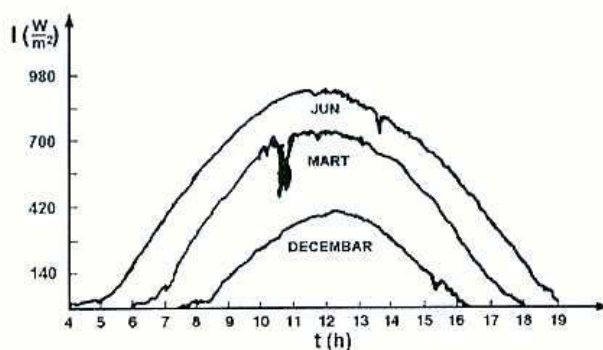
Tabela 4. Srednje dnevne sume energije globalnog sunčevog zračenja na horizontalnu površinu ( $\text{kWh/m}^2$ ) za Novi Sad (2016)

Mesto	Jan.	Feb.	Mart	Apr.	Maj	Jun	Jul	Avg.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	Ukupno godišnje	Srednje Godišnje
Novi Sad	1,45	2,35	3,20	4,65	5,80	6,20	6,35	5,75	4,40	2,90	1,45	1,20	1392,64	3,82

Tabela 5. Srednje vrednosti insolacije (u časovima) za meteorološku stanicu Rimski Šančevi (1951–2000)

Mesec	Jan.	Feb.	Mart	Apr.	Maj	Jun	Jul	Avg.	Sep.	Okt.	Nov.	Dec.	Ukupno
Insolacija	65,9	96,2	150,0	179,9	237,7	259,0	294,3	279,7	211,4	167,5	83,3	59,8	2050,7

Na osnovu podataka koji su sadržani u Tabelama 4 i 5 može se zaključiti da je insolacija u Novom Sadu najduža tokom letnjih meseci, a najkraća u toku zimskog perioda. Proračunata srednja vrednost sunčanih sati na godišnjem nivou iznosi 2050,7. Posmatrano po godišnjim dobima najveća osunčanost je u toku leta i iznosi 820 sati, a najmanja je zimi (221,6 sata), usklađeno sa prosečnim vrednostima prikazanim za umereno-kontinentalno klimatsko područje, Slika 14 (Klimatske karakteristike Srbije, 2014).



Slika 14. Sunčevo zračenje u umereno-kontinentalnim područjima u različitim godišnjim dobima



Sunčevo zračenje na Zemlji dostiže gustinu snage (fluks) od 970–1030 (lx) pri čemu korisno dozračena količina energije na jedinicu slobodno orijentisane površine zavisi od same orijentacije i zato je najefikasnije da ona bude orijentisana prema jugu, zatim od njenog nagiba, doba dana, godišnjeg doba, dužine insolacije, atmosferskih uslova i dr. Prosečne mesečne vrednosti Sunčevog zračenja za Novi Sad date su u Tabeli 6 (Rajs, 2016).

Tabela 6. Približne mesečne vrednosti dozračene energije Sunčevog zračenja (kJH/m<sup>2</sup>) na južno orijentisanu površinu, nagnuto pod uglom, za grad Novi Sad

Mesec	Nagib	Novi Sad
Januar	35	107,90
	45	119,10
	55	127,20
Februar	35	124,70
	45	133,60
	55	137,70
Mart	35	150,78
	45	155,74
	55	155,74
April	35	178,56
	45	178,56
	55	174,38
Maj	35	210,37
	45	204,97
	55	192,38
Jun	35	212,04
	45	208,32
	55	193,44
Jul	35	230,31
	45	224,41
	55	208,66
Avgust	35	226,38
	45	224,60
	55	219,25
Septembar	35	196,68
	45	203,28
	55	201,96
Oktobar	35	162,72
	45	173,51
	55	178,00

Novembar	35	103,10
	45	113,59
	55	121,36
Decembar	35	102,67
	45	116,44
	55	125,36
<b>Ukupno godišnje</b>	<b>35</b>	<b>2006,21</b>
	<b>45</b>	<b>2056,50</b>
	<b>55</b>	<b>2035,44</b>

Oblačnost se nalazi u obrnutoj proporciji u odnosu na insolaciju, a razlog za navedeno je činjenica da insolacija, pored navedenih faktora, zavisi i od stepena prekrivenosti neba oblacima. Najčešće se izražava u % pokrivenosti neba oblacima i predstavlja jednu od najvažnijih klimatskih elemenata. Za merenje ove pojave ne postoji nikakav instrument, već se ona procenjuje prostim posmatranjem neba. Godišnji stepen oblačnosti u Vojvodini je srazmerno mali i iznosi svega 56%, pri čemu je najmanji u julu i avgustu (između 37–40%), a najveći u decembru, kada iznosi 73%. Prosečni stepen oblačnosti u Novom Sadu dat je u Tabeli 7 (Profil zajednice – Novi Sad, 2011).

Tabela 7. Srednja mesečna i srednja godišnja vrednost oblačnosti (%) u Novom Sadu (1951–2000)

Mesec	Jan.	Feb.	Mar	Apr.	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt.	Nov	Dec.	Prosek
Oblačnost	70,2	63,9	58,8	58,6	54,9	51,0	41,2	37,6	42,6	48,1	67,8	71,3	55,5

Ono što se može zaključiti iz Tabele 7 jeste da se kretanje oblačnosti u Novom Sadu podudara sa gore navedenim podacima vezanim za Vojvodinu. U toku decembra oblačnost je najveća i iznosu 71,3%, a najmanja tokom leta (u avgustu) kada iznosi svega 37,6%. Tokom zime se najčešće pored oblačnosti u vazduhu mere najveće koncentracije pojedinih zagađujućih materija, što znači da oblačnost predstavlja jedan od prirodnih faktora koji utiču na pogoršanje kvaliteta vazduha.

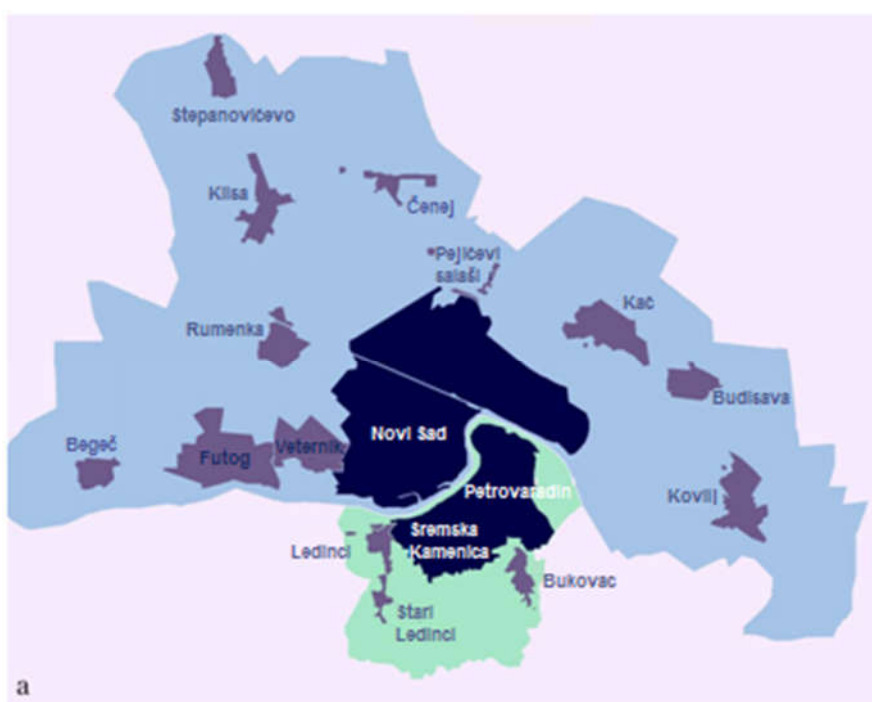
### 3.2 Antropogeni faktori koji utiču na stanje kvaliteta vazduha

Antropogeni faktori koji direktno utiču na stanje kvaliteta vazduha nekog mesta mogu se podeliti u dve grupe. U prvu grupu spadaju morfologija i zoniranost samog naselja, dok se druga grupa odnosi na raspored saobraćaja i industrije u naselju (Klimatske promene – studije i analize, 2010).

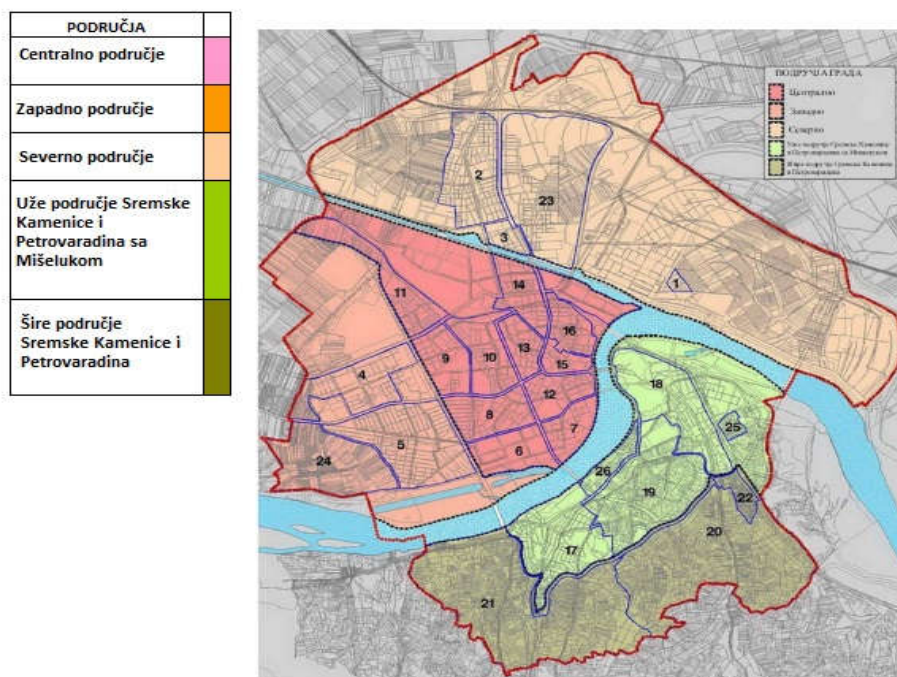
### **3.2.1 Morfologija i zoniranost naselja**

Grad Novi Sad se graniči sa devet opština i u isto vreme obuhvata dve gradske opštine: gradska opština Novi Sad i gradska opština Petrovaradin. Gradska opština Novi Sad obuhvata bački deo sa svim okolnim naseljima grada Novog Sada, sa sedištem u Novom Sadu, dok sremski deo sa svim okolnim naseljima pripada gradskoj upravi Petrovaradin u kojem se nalazi i sedište.

Na teritoriji Grada Novog Sada nalazi se ukupno 16 naselja koji su podeljeni u 18 katastarskih opština. U uže područje grada spadaju Novi Sad, Petrovaradin i Sremska Kamenica, dok je sam Novi Sad dodatno podeljen na 46 mesnih zajednica. Prikaz opština i mesnih zajednica Novog Sada, kao i područja stanovanja u Novom Sadu data su na Slici 15 i 16 (Bubalo-Živković, Dragin i Đerčan, 2009).



Slika 15. Opštine i mesne zajednice na području Grada Novog Sada



Slika 16. Područja stanovanja u užem području grada Novog Sada

Celokupno područje grada Novog Sada podeljeno je na 4 zone: stanovanja i centra, privredne i radne zone, turističko-sportsko-rekreativnu zonu i zonu mešovite namene - Jugovićevo. U centralnoj zoni nalazi se jedanaest zona stanovanja, centar i dve radne zone. Ova zona je veoma gusto naseljena i odlikuje se kompaktnošću urbanog tkiva, zato što se u ovom delu nalaze kako stambeni tako i poslovni prostori, dok su uz glavne gradske saobraćajnice koncentrisane gradske funkcije.

U radnim zonama nalaze tri gradske toplane i dva objekta prehrambene industrije („Imlek i „Matijević“). Nalazi se uz kanal DTD i obuhvata luku kao i prostore koji su namenjeni za komunalne, sekundarne i tercijarne delatnosti.

U zapadnoj zoni nalaze se tri zone stanovanja, jedna radna zona, zatim se uz Dunavac nalazi turističko-sportsko-rekreativna zona, kao i zona mešovite namene – Jugovićevo. Stambenu zonu čine naselja Bistrica, Adice i Telep. Za razliku od Adica i Telepa koje karakterišu uglavnom individualna stanovanja u porodičnim kućama, Bistricu odlikuju objekti višeporodičnog stanovanja i velika gustinu naseljenosti. Niz manjih privrednih objekata, kao i objekata porodičnog stanovanja nalaze se uz put ka Veterniku, koji predstavlja i jedan od glavnih ulaznih pravaca u grad. Toplana „Zapad“ se nalazi u radnoj zoni.

U severnoj zoni nalaze se četiri zone stanovanja, koje karakterišu individualna stanovanja, kao i tri radne zone. Radna zona obuhvata objekte: Naftna industriju Srbije (NIS), Termoelektrana toplana „Novi Sad“ (TE-TO „Novi Sad“) i AD „Neoplanta“. U ovoj zoni se nalaze i dva veoma prometna ulazna pravca (Sentandrejski i Temerinski put), uz koje se nalaze objekti porodičnog stanovanja i poslovni objekti.

Sremsku gradsku zonu odlikuju objekti porodičnog stanovanja, mala gustina naseljenosti, kulturno istorijski i turistički objekat Petrovaradinska tvrđava, samo jezgro grada Petrovaradina i dosta zelenih površina. U radnoj zoni se nalazi toplana „Petrovaradin“ a uz levu obalu Dunava radna zona „Istok“.

Odlika prigradskih zona jesu objekti za pretežno individualno porodično stanovanja, naselja su najčešće neplanska i neorganizovana i često nisu opremljene adekvatnom infrastrukturom i saobraćajnicama. Odlikuju se i po poljoprivrednom zemljištu i površinama pod šumom.

Na uže i šire područje grada veliki uticaj imaju Fruška gora i predeli Panonske nizije, pa samim tim utiču i na kvalitet vazduha Grada. Bitno je napomenuti da se Novi Sad nalazi na kontaktu dva predela: nižeg, zaravnjenog-nizijskog i višeg dela, što pogoduje stvaranju temperaturnih inverzija, a samim tim posebno utiče na kretanje i koncentraciju zagađujućih materija u vazduhu. Najpogodnije vreme za stvaranje ovih temperaturnih inverzija jeste u momentu kada su vertikalna strujanja u atmosferi svedena na minimum, tačnije kada je ona stabilna. Najčešće se to dešava u zimskim mesecima, a razlog za to je otvorenost ravnice ka severnim hladnim masama u oblasti hladnog vazduha, dok je u isto vreme temperatura vazduha na obroncima i samoj Fruškoj gori nešto viša.

### **3.2.2 Raspored industrije i saobraćaja**

Najveći procenat industrije koji se nalazi na teritoriji grada Novog Sada smešten je u industrijskim zonama i njen najveći deo nalazi u industrijskim zonama Sever i Jug, sa obe strane kanala DTD. Svaka industrijska zona podeljena je na manje oblasti, tako da se u radnoj zoni Sever nalazi šest manjih zona, dok su radne zone Jug i Istok podeljene svaka na po dve manje zone (Plan industrijskog razvoja Grada Novog Sada, 2009).

- Radna zona sever
  - a) Radna zona sever I (Industrijska zona sever)
  - b) Radna zona sever II (Industrijska zona jug)
  - c) Radna zona sever III
  - d) Radna zona sever IV
  - e) Rimski Šančevi
  - f) Deponija
- Radna zona zapad
  - a) Zapadna privredna zona (Radna zona zapad)
  - b) Rasadnik (Radna zona zapad)
- Radna zona istok
  - a) Pobeda (Radna zona istok)
  - b) Marija Snežna (Radna zona istok).

Raspored radnih zona u Novom Sadu prikazan je na slici 17 (Internet izvor 6).



Slika 17. Lokacije glavnih industrijskih zona u Novom Sadu

Radna zona sever I (Industrijska zona sever) nalazi se na severnoj strani kanala DTD. U ovoj zoni nalazi se industrija za proizvodnju mesa i mesnih prerađevina „Neoplanta”, hemijska industrija „HINS”, JKP „Ciklonizacija”, „Tehnogas”, „Stoteks” i dr. Privredni objekti koji se nalaze na Vidovdanskom naselju i Malom Beogradu takođe pripadaju ovoj zoni.

Radna zona sever II (Industrijska zona jug) nalazi se južno od kanala DTD. U njoj se nalazi stadion fudbalskog kluba „Novi Sad”, Almaško i Nazarensko groblje, autobuska stanica „ATP Vojvodina”, fabrika kablova i provodnika „Novkabel”, „Neobus”, fabrika sredstava za higijenu i kozmetiku „Albus”, mesna industrija „Matijević”, robna kuća „Merkur” i dr. U ovoj zoni 60 godina nalazila se i Novosadska mlekarica, koja je 2012. godine zatvorena.

Južno od kanala DTD nalazi se radna zona Sever III u kojoj se nalaze Luka Novi Sad, fabrika „Danubius”, supermarket „Tempo”, kao i neki privredni objekti na Salajci.

Posmatrano površinski radna zona sever IV obuhvata najveću industrijsku zonu i smeštena je na severoistočnoj periferiji grada Novog Sada. U njoj se nalaze Rafinerija

nafta, Termoelektrana toplana, a planirana je i izgradnja velike luke na Dunavu, kao i preseljenje Brodogradilišta iz Dunavca.

Industrijska zona Rimski Šančevi, kao i Deponija nalaze se u severnom delu grada. Na Rimskim Šančevima nalaze se meteorološka stanica, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, „Agrocop AD”, „Univerexport”, „Shipons” itd. U zoni Deponija smeštena je Gradska deponija.

Radna zona zapad smeštena je na Novom Naselju i Telepu, sa obe strane Futoškog puta. U delu koji pripada Telepu nalaze se „Minakva”, „Alba”, „Novitet”, „Enterijer Janković” itd., dok se u delu koji pripada Novom Naselju nalaze na istoku Zapadna privredna zona i na zapadu Rasadnik. U zapadnoj privrednoj zoni (Radna zona zapad) nalaze se fabrike „Jugoalat”, „Jugodent”, „Dunav” itd., a u delu Radne zone zapad Rasadnik nalazi se “Javno Gradsko Saobraćajno Preduzeće”.

Radna zona istok podeljena je na dve zone: Pobeda i Marija Snežna, koje se nalaze na Petrovaradinu. Najznačajnije preduzeće u industrijskoj zoni Pobeda je fabrika „Pobeda”.

Ukupna površina koju obuhvataju sve radne zone, tačnije poslovni sadržaj u njima, iznosi 1761,9 ha. Na ovom prostoru postoji veliki potencijal za razvoj privrede kako u već postojećim kompleksima tako i na površinama koje se mogu iskoristiti za izgradnju novih objekata.

Od velikog značaja za privredu Novog Sada je poljoprivreda, jer površina planskog područja iznosi 53 hiljade hektara, od kojih oko 42 hiljade (oko 79%) čini poljoprivredno zemljište.

Prostornim planom Republike Srbije (Službeni list Grada Novog Sada, broj 11/2012) definisane su glavne saobraćajnice koje su važne za funkcionisanje kako samog grada Novog Sada tako i šireg regiona, a samim tim od izuzetnog značaja su i za Republiku Srbiju.

Železnička stanica u Novom Sadu predstavlja jednu od značajnih u Srbiji zato što se u njoj spaja šest železničkih pruga iz različitih područja Vojvodine. Od svih, najznačajniju ulogu ima međunarodna pruga zahvaljujući kojoj je Novi Sad povezan sa zemljama Evrope i Azije.

Drumski saobraćaj obuhvata nekoliko važnih saobraćajnica: autoput E-75 (M-22) koji predstavlja deo međunarodne saobraćajnice, državne puteve I reda: M-21 Novi Sad-Ruma-Šabac, M-7 ka Zrenjaninu, kao i veliki broj regionalnih puteva (R102, R107, R110, R120). U samom gradu postoji autobuski javni prevoz, koji dobro povezuje sve delove grada. Ono što predstavlja najveći saobraćajni problem je broj parking mesta i garaža. Otvaranjem novih Bulevara u Novom Sadu došlo je do značajnog povećanja protoka i rasterećenja gotovo svih raskrsnica u Gradu. Najprometniji saobraćaj odvija se na svim Bulevarima, a na prvom mestu na Bulevaru Oslobođenja.

Uz svu prednost koju omogućavaju Bulevari i drumski saobraćaj, ne može se izostaviti količina zagađujućih materija koja odlazi u vazduh zbog izduvnih gasova automobile, autobusa i motora. Najveće koncentracije ugljenikovih oksida javlja se u izuvnim gasovima prilikom rada motora i stajanju motornog vozila. Tokom kretanja motornih vozila u najvećoj koncentraciji javljaju se (NO<sub>x</sub>) i (CO<sub>2</sub>). Prilikom povećanja brzine kretanje u najvećoj koncentraciji u izduvnim gasovima nalaze se (NO<sub>x</sub>), dok se u toku smanjenja brzine kretanja pored (CO<sub>2</sub>) javljaju još i aldehid. Količina zagađujućih materija koja se emituje u atmosferu zavisi od sastava i kvaliteta goriva, kao i od potpunosti sagorevanja goriva i uslova vožnje. Do emitovanja velike koncentracije (SO<sub>2</sub>)

dolazi tokom sagorevanja goriva koje je slabijeg kvaliteta. Veoma često se u gradovima koji imaju dobro razvijenu saobraćajnu infrastrukturu i industriju izmerena koncentracija ovih zagađujućih materija kreće iznad dozvoljenih graničnih vrednosti, a grad Novi Sad nije izuzetak. Uticaj saobraćaja na aerozagađenje u Novom Sadu prikazano je na Tabeli 8 (Kojić, 2016).

Tabela 8. Prosečan udeo motornih vozila u ukupnoj emisiji pojedinih zagađujućih materija u Novom Sadu

<b>Zagađujuće materije</b>	<b>Udeo motornih vozila u ukupnoj emisiji (%)</b>
Ugljenik (II) – oksid (CO <sub>2</sub> )	60
Ugljovodonici (C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> ) (x = 1,2,3 ..., y = 2,3,4....)	45
Azotni oksidi (NO <sub>x</sub> )	34
Sumpor (IV) - oksid (SO <sub>2</sub> )	5,9
Čvrste čestice	6,8

Vodni saobraćaju grada Novog Sada može se reći nije dovoljno iskorišćen, ali postoji veliki potencijal za razvoj grada kao centra za regionalni rečni transport, usled dobro razvijene mreže plovnih puteva. Ovakav vid transporta smatra se najekonomičnijim i od velikog je značajau turističkom i robnom saobraćaju. Osim toga, vodni saobraćaj je, sa ekološkog stanovišta, mnogo povoljniji od drumskog saobraćaja (Bundalo, 2000).



## 4. ZAGAĐENJE VAZDUHA I UTICAJ POLUTANATA NA LJUDSKO ZDRAVLJE

Svaka promena sastava vazduha u odnosu na prirodne uslove usled prisustva drugih gasova, pare, čestica u koncentracijama koje utiču na zdravlje ljudi ili utiču na biosferu smatra se aerozagađenjem. Ljudskim delovanjem u vazduh dospevaju različite materije od kojih su najštetniji sumporni i azotni oksidi, organska jedinjenja, ugljen dioksid, različite vrste čestica, kao i radioaktivne materije. Deo tih materija u atmosferu stiže kao posledica hemijskih i fotohemijskih reakcija (Trumbulović-Bujić i Aćimović-Pavlović, 2008).

Posmatrano sa medicinske strane, sve lošiji kvalitet vazduha prouzrokuje čitav niz oboljenja: veći broj alergija kod ljudi, pogoršavanje astme, bolesti srca, rak pluća kao i mnoge druge bolesti. Posledice koje na zdravlje ljudi izaziva zagađenje vazduha mnogo je dva do tri puta veće nego što se smatralo u prošlosti. Naime, rizik od prerane smrti, za svako povećanje koncentracije čestica od 10 µg povećava se sa 11% na 17%. Prema procenama Svetske zdravstvene organizacije od zagađenja vazduha svake godine umre 2 miliona ljudi. Uništavanjem ekosistema, useva, biljaka zagađenje vazduha utiče i na globalnu ekonomiju i održivi razvoj (*WHO's Urban Ambient Air Pollution database - Update*, 2016).

U gradovima sa razvijenom industrijom i saobraćajem (urbanim sredinama) izvore aerozagađenja je moguće podeliti u nekoliko grupa (Nešić, Marinković i Kostić-Pulek, 2007):

- sagorevanje čvrstih, tečnih i gasovitih goriva u energetskim postrojenjima (uključujući toplifikaciju gradskih naselja),
- sagorevanje čvrstih, tečnih i gasovitih goriva u motornim vozilima,
- industrijski procesi,
- odlagališta čvrstog otpada,
- isparavanje različitih organskih rastvarača.

### 4.1 Aerozagađenje u sistemu emisija – imisija - transmisija

Briga o zaštiti vazduha, odnosno zabrinutost usled njegovog zagađenja javlja se još početkom industrijske revolucije. Prvi grad u svetu koji se suočio sa problemom aerozagađenja je London. Procenjeno je da je u periodu od 1840 do 1900. godine londonska magla (smog) usmrtila 1.400.000 ljudi (Škrbić, 2006). Krajem XX veka zaštita vazduha sve se više javlja kao prioritet čitavog stanovništva, a u novije vreme poprima sve veće razmere koje zahtevaju veliku i posebnu pažnju radi preduzimanja mera zaštite, posebno u velikim aglomeracijama. Kao jedan od imperativa razvoja samog društva, kvaliteta života i očuvanja životne sredine i njenog potencijala javlja se potreba zaštite vazduha od zagađenja. Da bi se sanirale posledice zagađenja vazduha, kao i da bi se sprečila nova zagađenja i samim tim pokušaj vraćanja životne sredine u njeno prvobitno

stanje zahteva niz aktivnosti. Pored analize postojećeg stanja životne sredine, potrebno je utvrditi izvore emisije zagađujućih materija, njihove distribucije u atmosferu, međusobne reakcije, uticaj klimatski uslova na prenos zagađenja, kao i uspostavljanje pravnog i institucionalnog okvira za zaštitu vazduha, zahvaljujući kom bi se donele odgovarajuće dugoročne strategije za upravljanje kvalitetom vazduha (Barry i Chorley, 2003).

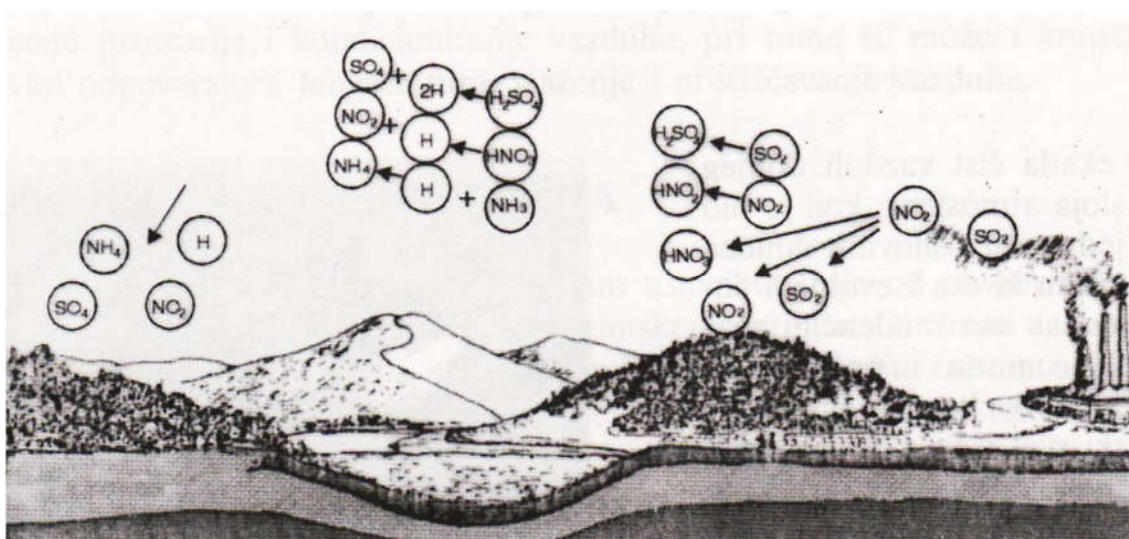
Čovekova potreba za energijom koja se postiže sagorevanjem nafte, uglja, prirodnog gasa ili drveta predstavlja osnovu gotovo svih oblika aerozagađenja. Gasovi oslobođeni tokom sagorevanja fosilnih goriva, kada se jednom nađu u atmosferi, iniciraju različite hemijske reakcije, a kao posledica toga nastaju mnoga opasna jedinjenja. Pojavom sumporne i azotne kiseline, recimo, stvaraju se kisele kiše koje ugrožavaju kompletan ekosistem uništavanjem šuma, potom dospevaju u reke i jezera u kojima uništavaju floru i faunu ovih ekosistema. Sva novija istraživanja kao najvažniju posledicu aerozagađenja izdvajaju klimatske promene koje svojim uticajem deluju ne samo na kompletno stanovništvo Zemlje, već i na njenu kompletnu floru i faunu.

**Emisija** (*lat. emissio* – odavanje, izbacivanje, ispuštanje) zagađujućih materija predstavlja neposredno ili posredno ispuštanje čestica, gasova, pare, aerosola i svih drugih zagađujućih materija u vazduh, vodu i zemljište, odnosno predstavlja nivo koncentracije zagađujućih materija na mestu nastanka. Količina zagađujućih materija u jedinici vremena predstavlja brzinu emisije. Razlikuju se dve vrste emisije aerozagađenja: opšta i posebna. Opšta emisija obuhvata sve moguće izvore na Zemlji koji emituju zagađujuće materije u atmosferu, dok se posebna emisija odnosi na jedan ili više izvor koji ispuštaju zagađujuće materije u atmosferu u određenoj oblasti (Reiner i Reis, 2004).

**Imisija** (*lat. immissio* – upućivanje, puštanje) predstavlja koncentraciju zagađujućih materija u vazduhu nastao kao rezultat svih emisija na jednom mestu u određeno vreme, kojom se izražava kvalitet životne sredine, a samim tim i kvalitet vazduha. Pod imisiju se ubrajaju i zagađujuće materije koje su na posmatranu teritoriju pristigle iz drugih krajeva, pa i iz drugih zemalja. Vrednosti imisije, u zavisnosti od dužine trajanja, mogu se podeliti na kratkotrajne i srednje. Kratkotrajne imisije se mere u razmaku od 0,5 do 4 sata, dok se srednje dnevne imisije mere 24 sata. Kao i emisija, mogu se razlikovati dve vrste imisije: opšta i posebna. Pod opštom se podrazumevaju sve zagađujuće materije upućene u atmosferu iz svih izvora na Zemlji, dok se pod posebnom imisijom nečistoća podrazumeva koncentracija zagađujućih materija upućenih od strane jednog ili više izvora u atmosferu na određenom području. Najviši dozvoljeni nivo koncentracije pojedinih zagađujućih materija u vazduhu određen je propisom i predstavlja graničnu vrednost imisije. Nivo prekoračenja granične vrednosti imisije, takođe, je propisom određen, predstavlja imisiju upozorenja i izražava stepen zagađenosti vazduha na određenom području. Ponekad, usled nepovoljnih vremenskih uslova, može doći do prekoračenja granične vrednosti imisije, a da se pri tome vrednosti emisije ne menjaju, što predstavlja tzv. epizodno zagađenje vazduha (Phalen i Phalen, 2003).

Širenje zagađujućih materija i njihovo prenošenje na udaljena mesta od izvora emisije naziva se **transmisija**. Rasprostiranje zagađujućih materija kroz atmosferu najviše zavisi od atmosferskog pritiska i stepena vertikalnog mešanja tog dela atmosfere. Izbačeni gasovi i čestice koje se nađu u atmosferi podižu se samo do određene visine i tamo ostaju. Što se topao vazduh sa površine Zemlje tokom podizanja sporije hladi, to će se zagađujuće materije zajedno sa njim podići što više. Sa stanovišta životne sredine ovakav sled događaja je povoljan zato što se zagađujuće materije disperzuju visoko i daleko od izvora, ali se sa ovim svakako ne rešava problem zagađenja vazduha, zato što zagađujuće

materije mogu i na velikim daljinama da izazovu nepoželjne efekte. Emisija, disperzija i transformacija zagađujućih materija prikazane su na Slici 18 (Colls, 2000).



Slika 18. Emisija, disperzija i transformacija zagađujućih materija

Da bi se izvršilo merenje aerzagadenja važno je poznavati dva pravilnika:

- Pravilnik koji se odnosi na granične vrednosti emisije, način i rokovima merenja, kao i beleženje podataka,
- Pravilnik koji se odnosi na granične vrednosti imisije, način i metode koje se odnose na merenje imisije, određivanje mernih mesta i beleženje podataka.

Količina toksičnih supstanci koje se nalaze u okolini radnog mesta tzv. radnoj atmosferi koja ne izaziva oštećenje zdravlja zaposlenih tokom niza godina izloženosti i ne zahteva primenu posebnih mera za zaštitu na radu predstavlja maksimalno dozvoljenu koncentraciju (MDK). Za utvrđivanje MDK ne postoje standardizovani načini. Maksimalno dozvoljena koncentracija može se podeliti u tri grupe (Uredba o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija iz postrojenja za sagorevanje, 2016):

- prva grupa se odnosi na supstance sa akutnim toksičnim dejstvom i one ne smeju uopšte biti prekoračene, obeležavaju se sa jednom zvezdicom (\*);
- druga grupa se odnosi na supstance koje deluju pojačano pri ponovnom izlaganju i obeležavaju se sa dve zvezdice (\*\*);
- treća grupa se odnosi na kancerogene materije koje su zabranjene u bilo kojoj količini kako za kontakt bilo kojim putem tako i unošenje u organizam, čak i u malim tragovima, a obeležavaju se sa tri zvezdice (\*\*\*)

Granična vrednost emisije (GVE) predstavlja nivo količine i koncentracije štetnih i opasnih materija maskimalno dozvoljenih na mestu na kom se nalazi izvor zagađenja. Meri se na temperaturi od  $0^\circ\text{C}$  i pritisku od 1013 mbar u suvom otpadnom gasu i izražava

se u oblicima masene koncentracije, masenog protoka, faktora emisije i stepena emitovanja.

Granična vrednost imisije (GVI) predstavlja najviši dozvoljeni nivo koncentracije zagađujućih materija u vazduhu. Za uzorkovanje gasovitih sastojaka potrebno je najmanje 60 minuta, čvrstih supstanci 24 sata, dok se koncentracija SO<sub>2</sub> i čađi u vazduhu određuju svakodnevno. U nastanjenom području za merenje koje se vrši u toku 24 sata GVI za SO<sub>2</sub> iznosi 150 µg/m<sup>3</sup>. U slučaju kada se uzorkovanje vrši na svakih sat vremena može se desiti na GVI za SO<sub>2</sub> bude i 350 µg/m<sup>3</sup> što se tretira kao kratkotrajna nezgoda koja mora biti sanirana za duži period. Granične vrednosti za pojedine zagađujuće materije i dinamika uzorkovanja dati su u Tabelama 9, 10 i 11 (Uredba o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija iz postrojenja za sagorevanje, 2016).

Tabela 9. Granične vrednosti imisije za neorganske supstance

Zagađujuća materija	Jedinica mere	Nenastanjena i rekreativna područja			Nastanjena područja		
		Vreme uzorkovanja		**	Vreme uzorkovanja		**
		24 časa*	1 čas		24 časa*	1 čas	
Sumpor-dioksid	µg/m <sup>3</sup>	100	150	30	150	350	50
Čađ	µg/m <sup>3</sup>	40	-	30	50	150	50
Suspendovane čestice	µg/m <sup>3</sup>	70	-	40	120	-	70
Azotoksid	µg/m <sup>3</sup>	70	85	50	85	150	60
Prizemni ozon	µg/m <sup>3</sup>	65	120	60	85	150	80
Ugljenmonoksid	µg/m <sup>3</sup>	3	5	3	5	10	3

(\* srednja 24-časova vrednost, \*\* srednja godišnja vrednost)

Tabela 10. Granična vrednost imisije za ukupne taložne materije

Zagađujuća materija	Jedinica mere	Vreme uzrokovanja	Nenastanjena i rekreativna područja	Nastanjena područja
Ukupne taložne materije	mg/m <sup>2</sup> /dan	1 mesec	300	450
		1 godina	100	200

Tabela 11. Granična vrednost imisije za teške metale u taložnim materijama

Zagađujuća materija	Jedinica mere	Vreme uzrokovanja	Nenastanjena i rekreativna područja GVI*	Nastanjena područja GVI*
Olovo		1 mesec	100	250
Kadmijum	g/m <sup>2</sup> /dan	1 mesec	2	5
Cink		1 mesec	200	400

(\* srednja godišnja vrednost)

Izlaganje zagađujućim materijama u vazduhu je u velikoj meri van kontrole pojedinaca te zahteva aktivnosti od strane vlasti na nacionalnom, regionalnom, pa čak i na međunarodnom nivou. Smernice za kvalitet vazduha Svetske zdravstvene organizacije predstavljaju najšire usaglašenu i aktuelnu procenu posledica zagađenja vazduha na zdravlje, uz preporuku ciljanog nivoa kvaliteta vazduha koji značajno smanjuje rizik po zdravlje. S tim u vezi donete su mnoge uredbe i zakoni, kako na svetskom i na evropskom nivou, tako i na nacionalnom nivou država (Hetster i Harrison, 1999).

Veoma široka i složena oblast politike vezana za zaštitu životne sredine obuhvata i reguliše čak 30% pravnog okvira Evropske unije. Agenda EU 2020 u velikoj meri odnosi se na zaštitu životne sredine, održivi razvoj, čiji je cilj da se emisija gasova koji izazivaju efekat staklene bašte smanje za 20% (ili čak 30% - ako postoje uslovi i mogućnosti za to) u odnosu na 1990. godinu, da se 20% ukupne energije dobija iz obnovljivih izvora energije i da se za 20% poveća energetska efikasnost. Kako je celokupna oblast koja se odnosi na životnu sredinu u stalnom razvoju, obim propisa Evropske unije se konstantno povećava, shodno potrebi pravnog regulisanja (Marlier i Van Dam, 2008).

Ugovor o pristupanju Evropskoj uniji svakoj državi nalaže potrebu donošenja seta zakona čija primena omogućava ispunjenje standarda koje nalaže Evropska unija, u koje ulazi i poglavlje vezano za zaštitu životne sredine. Uvođenje standarda koje propisuje Evropska unija je obiman i neodložan proces za Republiku Srbiju, kao i za sve države koje pretenduje na članstvo u Evropskoj uniji. Implementacija i usaglašavanje zakonodavstva Evropske unije sa domaćim propisima podeljena je u više poglavlja, a jedno od većih poglavlja prilikom pregovora, koje je otvoreno 2016. godine jeste pitanje zaštite životne sredine, a samim tim i zaštite vazduha. Ono što se pokazalo iz iskustva sa novim članicama Evropske unije jeste da su najsloženiji delovi upravo direktive iz oblasti kvaliteta vazduha, voda, otpada i industrijskog zagađenja.

U prethodnom periodu u Republici Srbiji nije se posvećivalo dovoljno pažnje emisijama gasova sa efektom staklene bašte, kao ni emisiji zagađujućih materija iz raznih izvora. Ratifikacijom dve konvencije (Konvencija o prekograničnom prenosu zagađujućih materija na velike udaljenosti - *Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution-CLRTAP* sa *EMEP Protokolom* (1987) i Okvirna konvencija UN o promeni klime *UNFCCC* (1997) sa Kjoto protokolom (2007)) Republika Srbija ima obavezu da prati i podnosi izveštaje o emisijama u vazduhu.

U Republici Srbiji vazduh i klimatske promene definisane su zakonom o zaštiti vazduha („Službeni glasnik RS“, br. 36/09 i 10/13), gde na celovit i sveobuhvatan način uređuje

upravljanje kvalitetom vazduha kao i mere kojima se sprečava emisija zagađujućih materija u vazduh. Zakon takođe daje osnovu za propisivanje podzakonskih akata kojima se uređuje oblast kontrole emisija gasova sa efektom staklene bašte kao i postepeno isključivanje iz upotrebe supstance koje oštećuju ozonski omotač.

U toku 2009. godine u Republici Srbiji uveden je sistem za monitoring vazduha u kojem se nalazi 28 automatskih mernih stanica, kao i referentna laboratorija (Zaštita životne sredine u zakonodavstvu i praksi, 2015).

#### **4.1.1 Izvori zagađenja**

Zagađujuće materije koje se nalaze u vazduhu mogu se podeliti u nekoliko različitih grupa u zavisnosti od načina nastanka, vrsti i tipu izvora, kvaliteta, specifičnosti i vrsti, dužini emisije i mobilnosti.

Prema načinu nastanka zagađujuće materije se mogu podeliti na (Cheng, 2002):

- zagađujuće materije koje se emituju direktno u atmosferu, potiču iz poznatog izvora i ne raspadaju se lako;
- zagađujuće materije koje nastaju u fizičko hemijskim reakcijama (do ovih reakcija dolazi usled sjedinjavanja ili međusobnim mešanjem gore pomenutih zagađujućih materija ili u njihovoj interakciji sa komponentama vazduha).

Prema vrsti izvora dele se na (Sun i dr., 2004):

- zagađujuće materije iz prirodnih izvora (odnose se i na mikroorganizme, polen i spore)
- zagađujuće materije iz veštačkih izvora (nastaju direktnim ili indirektnim delovanjem čoveka) i mogu biti iz energana (toplane, termoelektrane), saobraćaja, industrije (proizvodnja čelika, crnih i obojenih metala), poljoprivrede (zprašivanje, đubrenje).

Prema tipu izvora zagađujuće materije mogu se podeliti na (Cheng, 2002):

- zagađujuće materije iz tačkastih izvora (toplane, termoelektrane, industrijski dimnjaci)
- zagađujuće materije iz linijskih izvora (saobraćajnice, putevi, ulice).

Prema kvalitetu zagađujuće materije se mogu podeliti na (Tracker, 2008):

- kapi
- čestice
- gasovi
- kombinovane.

Prema specifičnosti i vrsti zagađivači se mogu podeliti na (Zaštita vazduha, 2008):

- osnovni zagađivači (u ovu grupu spadaju čađ, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO i ugljovodonici),
- specifični zagađivači (nastaju kao posledica ljudskog delovanja, lokalnog su karaktera i najčešće su industrijskog porekla).

Prema dužini emisije zagađujuće materije se mogu podeliti na:

- trajne ili sezonske zagađivače (termoelektrane, toplane),
- trenutne zagađivače (odnosi se na havarije ili eksplozije).

Prema mobilnosti zagađujuće materije mogu se podeliti na :

- zagađujuće materije iz stacionarnih izvora (fabrike, toplane...),
- zagađujuće materije iz mobilnih izvora (motorna vozila).

Posmatrano sa stanovišta grada Novog Sada u stacionarne izvore zagađujućih materija spadaju (Plan kvaliteta vazduha u Novom Sadu, 2016):

- JKP Novosadska toplana,
- Termoelektrana-Toplana „Novi Sad”
- Mesna industrija „Neoplanta”
- Mesna industrija „Matijević” DOO
- NIS – Naftna industrija Srbije – Rafinerija “Novi Sad”.

U mobilne izvore zagađujućih materija u Novom Sadu spadaju Javno gradsko komunalno preduzeće Novi Sad (JGSP) kao i celokupan saobraćaj koji se odvija na teritoriji grada.

Naučno je dokazano da motorna vozila predstavljaju najveće izvore zagađenja u gradovima i da upravo sagorevanje goriva u motorima najviše doprinosi zagađenju vazduha (oko 60%). U izduvnim gasovima najviše ima azotnih oksida (oko 34%), ugljovodonika (27%) i oko 20% ugljen dioksida, a ponekad se u izduvnim gasovima nalazi i olovo usled dodavanja olova u pojedine tipove benzina. Ovi podaci jasno ukazuju na to da šteta koju proizvode izduvni gasovi usled sagorevanja goriva u motornim vozilima izrazito velika. Naime, azotni oksidi izazivaju kisele kiše, ugljovodonici kao i olovo su otrovne supstance koje ošteću respiratorne organe, oštećuju pluća i izazivaju

sušenje drveća, dok ugljen dioksid u atmosferi izaziva efekat staklene baste (Zatežić, Mujić i Biočanin, 2009).

Pored saobraćaja vrlo značajni zagađivači vazduha su termoenergetska postrojenja. Zagađujuće materije se pojavljuju i emituju u atmosferu usled procesa proizvodnje energije. Procenjeno je da zagađenje vazduha godišnje prouzrokuje oko 2 miliona slučajeva prerane smrti širom sveta. U najnovijem izveštaju Evropske agencije za zaštitu čovekove sredine (EEA – *European Environment Agency*) skoro trećina stanovnika svih evropskih gradova izložena je aerozagađenju koje je iznad granice propisanim i regulisanim od strane evropskih propisa (*Consolidated annual activity report, 2015*).

Svaki industrijski proces ima svoj određeni obrazac zagađenja vazduha tačnije ispuštanje zagađujućih materija u vazduh, ka na primer naftne rafinerije koje su odgovorne za visoku koncentraciju ugljovodonika i zagađujućih čestica.

#### **4.1.2 Distribucija zagađujućih supstanci**

Veliki je broj materija se smatraju zagađivačima vazduha, ali su neke od njih ipak izdvojene kao one koje imaju najštetniji uticaj kako po zdravlje ljudi tako i na životnu sredinu. U ovu grupu spadaju ugljovodonici, sumpor dioksid, azotni oksidi, ugljen monoksid, prizemni ozon i suspendovane čestice (Streets i Waldhoff, 2000).

Distribucija zagađujućih supstanci odnosi se na procese koji se dešavaju sa zagađujućim materijama kada se one emituju u atmosferu. Razumevanjem distribucije može se doći do lakšeg i bržeg identifikovanja, a zatim i kontrole aerozagađenja, što je jedna od glavnih i vodećih tema u oblasti kontrole zagađenja vazduha. Na distribuciju zagađujućih materija utiče nekoliko faktora (Ramanathan i Feng, 2009):

- strujanje vazduha,
- brzina vetrova,
- vrtložna difuzija,
- atmosferska stabilnost,
- temperaturnog gradijenta,
- nadmorska visina.

Na reakcije koje se odvijaju u atmosferi veliki uticaj imaju strujanje vazduha i difuzija čestica. U zavisnosti od pravca vetra, horizontalnog i vertikalnog strujanja vazduha, tačnije od stabilnosti (ili turbulentnosti) atmosfere zavisi i difuzija zagađujućih materija, mešanja vazduha, a samim tim i prenošenje zagađenja. Ovi procesi najviše zavise od temperature i anemometrijskog gradijenta. U zavisnosti od pravca vetra na izvoru zavisi i početni pravac distribucije zagađujućih materija, koji u isto vreme najviše utiče i na koncentraciju zagađujućih materija i to tako da usled promene pravca čak i za samo 5% dolazi do pada koncentracije od približno 10% u nestabilnim uslovima, 50% u neutralnim i oko 90% u stabilnim uslovima. Promena pravca vetra sa visinom je takođe vrlo značajna, posebno u blizini tla gde je promena pravca vetra uzorovana površinskim trenjem i menja se u smeru kazaljke na satu. Na višim nadmorskim visinama dominantan uticaj može imati horizontalna termička struktura atmosfere i u tom slučaju pravac vetra se sa povećanjem visine menja u smeru suprotnom od kazaljke na satu (Mickley i dr, 2004).



Na distribucija zagađujućih materija u vazduhu u zavisnosti od nadmorske visine utiče i brzina vetra, tako što uzrokuje mehaničku turbulenciju usled koje dolazi do mešanja vazdušnih masa i smanjenja koncentracije zagađujućih materija. U zavisnosti od toga koji je faktor proporcionalan brzini vetra koji se javlja na samom izvoru emisije zagađujućih materija može doći do smanjenja koncentracije koja se emituje. Brzina vetrova smanjuje se u blizini površinskog tla usled površinskog trenja, pa je iz tog razloga brzina na dnu industrijskog dimnjaka dosta manja od one na samom vrhu, što upućuje na činjenicu da se sa porastom nadmorske visine povećava i brzina vetra.

Mešanje ili vrtloženje vazdušnih masa javlja se usled turbulencije, pa se turbulentno mešanje vazduha može podeliti na mehaničko i termičko. Mehanička turbulencija javlja se prilikom prolaska vazdušne mase pored objekta, dok se termička turbulencija javlja kao posledica promene čestice koje se nalaze u vrućem vazduhu koji se podiže sa površine tla i molekula vazduha koji padaju sporije.

Vrtložna difuzija predstavlja najznačajniji proces koji se odvija u atmosferi usled kojeg dolazi do distribucije zagađujućih materija. Zahvaljujući vrtloženjima koncentracija zagađujućih materija u većoj zapremini vazduha se smanjuje usled mešanja čistog vazduha sa zagađenim.

Stabilnost atmosfere može se definisati kao funkcija vertikalnog gradijenta i sunčeve radijacije, atmosferskog pritiska i stepena oblačnosti. Vertikalni gradijent odnosi se na brzinu vetra koje se meri na visini od 10 m iznad tla, dok se dnevni ciklus odnosi na relativnu vlažnost vazduha, promenu intenziteta Sunčevog zračenja i temperature u toku jednog dana (24h). Strujanje vazduha utiče na smanjenje zagađenja u atmosferi i ono može biti horizontalno i vertikalno. Na horizontalna komponentu strujanja utiču brzina i pravac vetra, topografija terena i objekti koji se u tom području nalaze, dok na vertikalnu komponentu strujanja utiče promena temperatura vazduha sa visinom tj. temperaturni gradijent. Atmosferska stabilnost podeljena je na šest klasa, a sve u cilju lakšeg praćenja i proračunavanja uticaja stanja atmosfere na distribuciju zagađujućih materija (Tabela 12), pri čemu postoji određena zavisnost pojedinih parametara od vremenskih uslova (Tabela 13) (Summer i Masson, 2006).

Tabela 12. Klase atmosferske stabilnosti

A	Veoma nestabilno
B	Srednje nestabilno
C	Nznatno nestabilno
D	Neutralno (značajno naoblačenje, dan ili noć)
E	Neznatno stabilno
F	Stabilno

Tabela 13. Zavisnost pojedinih parametara od kategorija vremenskih uslova  
(matrica vremenskih uslova )

Brzina vetra (m/s)	Jačina (* uslov)	Dnevno izlaganje suncu srednje (** uslov)	Neznatno (*** uslov)	Oblačna noć (**** uslov)	Mirna noć (**** uslov)
<2	A	A-B	B	E	E
2	A-B	B	C	E	F
4	B	B-C	C	D	E
6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

(\* uslov: Vedar letnji dan, sunce je jače od 60 stepeni iznad horizontal; \*\*uslov: Letnji dan sa nekoliko razdvojenih oblaka ili vedar sunčan dan, 35-60 stepeni iznad horizontal; \*\*\*uslovi: Jesenje popodne ili oblačan letnji dan ili vedar sunčan letnji dan sa 15-35 stepeni iznad horizontal; \*\*\*\*uslov: Deo neba pokriven oblacima: 1/2 ili više = 50% ili više; manje od 1/2 = manje od 50%)

Kada se posmatra smanjenje koncentracije zagađujućih materija u vertikalnom smeru nestabilna atmosfera će je omogućiti, dok će stabilna atmosfera otežati taj proces, što znači da smanjenja zavise od brzine vetra, vertikalnog temperaturnog gradijenta vazduha i turbulentne strukture vetra.

Disperzija zagađujućih materija u vazduhu može se podeliti u pet modula, od kojih svaki model može imati i svoju nadograđenu tj. hibridnu verziju (Pirjola i dr, 2003):

- box modul,
- gausijanov modul,
- lagranžev modul,
- eulerijanov modul,
- modul gustog gasa.

**Box modul** predstavlja najjednostavniji modul od svih i javlja se u obliku kutije. Smatra se da je zagađenje vazduha koje se nalazi unutar njega homogeno distribuirano i to se uzima kao pretpostavka prilikom procene prosečne koncentracije zagađivača u vazduhu bilo gde unutar kutije. Iako koristan, ovaj modul je veoma ograničen u predviđanju distribucije aerorozagađenja zato što je pretpostavka o homogenoj distribuciji dosta jednostavna.

**Gausijanov modul** se smatra najstarijim modulom, pošto se pojavljuje oko 1936. godine, pa je zbog toga i jedan od najčešće korišćenih. Smatra se da distribucija zagađujućih materija u vazduhu ima Gausijanovu raspodelu, što znači da distribucija zagađenja ima normalnu statističku distribuciju. Ovaj modul najčešće se koristi za predviđanje distribucije kontinualnog zagađenja, koje se u vidu oblaka podiže u atmosferu, a potiče iz prizemnih ili izdignutih izvora. Takođe, ovim modulom mogu se vršiti predviđanja i za zagađenja koja se u vudu oblaka emituju atmosferu iz izvora koji nisu stalni.

**Lagranžov modul** disperzije matematički prati distribuciju čestica u atmosferi, pri čemu je kretanje čestica definisano je kao nasumičan proces kretanja, a zatim proračunava distribuciju zagađujućih materija izračunavanjem statistike putanje velikog broja čestica. Ovaj modul za reference uzima pokretni okvir kako se čestice kreću od svoje prvobitne lokacije.

**Eulerijanov modul** je veoma sličan Lagranžovom modulu zato što se i ovde prati kretanje velikog broja zagađujućih čestica sa početne lokacije. Najvažnija razlika jeste u tome što Eulerijanov modul kao referentnu mrežu koristi fiksnu trodimenzionalnu *Cartesian* mrežu, a ne pokretni okvir.

**Modul gustog gasa** predstavlja modul koji simulira distribuciju zagađenja u vidu gustog oblaka tj. zagađujućeg oblaka koji je teži od vazduha. Tri najčešće korišćena modula su:

- DEGADIS (razvijeni od strane *Dr. Jerry Havens* i *Dr. Tom Spicer* na Univerzitetu Arkanzas pod komisijom američke obalne straže *US EPA*),
- SLAB (razvijeni od strane *Lawrence Livermore National Laboratory* finansirane od strane američkog departmana za energetiku, *SAD* vazduhoplovstva i Američkog Instituta za naftu),
- HEGADAS (Razvijeni od strane *Shell Oil* istraživačkog tima).

#### **4.1.3 Monitoring kvaliteta vazduha**

Izbor načina monitoringa kvaliteta vazduha može se vršiti na nekoliko načina, u zavisnosti od sledećih pokazatelja (Novitović i dr, 2013):

- u zavisnosti od prirode nečistoća koje se prikupljaju, tačnije od agregatnog stanja čestica koje se mogu nalaziti u čvrstom pa sve do gasovitog oblika,
- u zavisnosti od uslova skupljanja, tačnije od mesta na kojima se vrši prikupljanje uzoraka (dimni kanali, vodovi, okolni vazduh),
- u zavisnosti od vremena potrebnog za prikupljanje uzoraka, koje može biti dugotrajno (kontinualno) i kratkotrajno (trenutno), i koje najčešće zavisi od koncentracije zagađivača.

Uzimanje uzoraka može se obavljati na otvorenom i zatvorenom prostoru, kao i u pogonima.

Prilikom uzimanja uzoraka mogu se javiti problem sledeće vrste: ukoliko uzorak ne odslikava pravo stanje stvari, ukoliko se ne razdvoje zagađujuće materije koje su zajedno prisutne u vazduhu i ukoliko neki od uzoraka lako menja svoje hemijsko stanje, te je stoga je potrebno voditi računa o lokaciji, vremenu prikupljanja, kao i o hemijskim svojstvima uzoraka. Da bi se ovakve greške izbegle, a sve u cilju dobijanja što kvalitetetnijih rezultata, prilikom uzimanja uzorka potrebno je obratiti pažnju na sledeće (Kanjevac-Milovanović, Milivojević i Kokić-Arsić, 2006):

- uzorak treba da bude reprezentativan, tako da treba pažljivo odrediti vreme, mesto broj i učestalost uzimanja uzoraka, kao i izbor metode kojom će se izvršavati prikupljanje, a sve sa ciljem dobijanja uzorka koji bi oslikavao stvarno stanje;
- veoma često se u jednom uzorku može naći više zagađujućih materija, koje je potrebno definisati pojedinačno, pa se njihovo razdvajanje mora izvršiti

precizno; jedna od najčešćih grešaka koje se javljaju jeste promena uzoraka, tačnije mogućnost promene hemijskog sastava uzorka pre i nakon uzimanja.

Metoda detekcije (otkrivanja) predstavlja jedno od najjednostavnijih metoda za uzimanje uzoraka gasova i pare. Rezultati se dobijaju lako i brzo, a potrebni su papirići ili cevčice sa poroznim materijalom koji su natopljeni odgovarajućim hemikalijama, čija se boja menja srazmerno koncentraciji gasa čije se prisustvo ispituje, provlačenjem vazduha kroz njih.

Uzorkovanje svih gasova iz vazduha koji ne sadrže sumpor može se vršiti uzimanjem u fudbalsku gumu. Ova metoda najčešće se odnosi na ugljen monoksid i ugljen dioksid, dok se za potrebe uzimanja većih zapremina vazduha koriste vreće od polietilena.

Apsorpcione metode su metode koje se najčešće koriste za uzimanje uzoraka vazduha. Za ovu metodu potrebne su tečnosti koje vrše apsorpciju gasa ili pare kada se vazduh provlači kroz njih. Najčešće se za tečnosti koje vrše apsorpciju uzimaju alkohol, destilovana voda, razblažena azotna kiselina i specifični rastvori. Da bi zapremina provučenog vazduha ostala u normalnim uslovima, radi daljih proračuna, zaslužni su aparati za merenja protoka koji se nazivaju gasometri ili rotometri. Ovi aparati treba da budu vrlo tačni i u sebi sadrže termometre i manometre. Kod nekih specijalizovanih automatskih uređaja potreban je specijalan pribor za uzimanje uzoraka kao što su: kolektori pod smanjenim pritiskom, sudovi pod vakuumom ili sudovi za sabijanje gasovitog uzorka (Uredba o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha, 2013).

Čestice koje se nađu u vazduhu mogu biti različitih veličina, bez obzira na to da li su u čvrstom ili tečnom agregatnom stanju. U zavisnosti od veličine i specifične težine čestica zavisiće i koliko dugo će se one zadržati u vazduhu. Čestice koje se brže talože sakupljaju se slobodnim padanjem na dva načina: preko čvrste horizontalne podloge koja je premazana pogodnim slojem i preko levka koji se postavi na grlić velike plastične boce. Iako je ovaj proces jeftin i dosta jednostavan, ali rezultati koji se ovim putem dobijaju su približni i nisu pouzdani.

Prilikom skupljanja čestica različitim metodama vrlo često može doći do sabijanja ili razbijanja čestica što se može izbeći direktnim posmatranjem stanja u ispusnim gasovima ili u vazduhu. Skala po *Ringelman-u* predstavlja odličan primer optičke metode (metode direktnog posmatranja). Ova skala se sastoji od pet kvadrata-mrlja obeleženim brojevima od 0 do 5, s tim da oznaka 0 predstavlja čistu atmosferu, a 5 crni dim. Ova skala se drži u visini oka posmatrača i koristi se za kontrolu vazduha u gradu. Kao i kod prethodne metode dobijeni rezultati nisu pouzdani i precizni, a najčešće zavise od položaja i objektivnosti posmatrača (Kratki priručnik za mjerenje zacrtnjenosti dimnih gasova pomoću Ringelmann skale, 2009).

Da bi se odredio kvalitet vazduha na radnom mestu koriste se posebne analitičke metode kojima se proverava da li su koncentracije štetnih materija unutar maksimalno dozvoljene granice (MDK). Zbog specifičnosti koncentracija koje se utvrđuje ove metode bi trebalo da su dovoljno osetljive i za najmanje moguće koncentracije polutanata, da su što jednostavnije, kako bi ih mogla primeniti i manje stručna lica uz pomoć kvalifikovanih stručnjaka, da su što brže, da bi se u slučaju potrebne intervencije odreagovalo u najkraćem mogućem roku i potrebno je da prisustvo jedne supstance ne ometa određivanje prisustva neke druge supstance (Trumbulović-Bujić i Aćimović-Pavlović, 2008).

U slučaju čak i kada su najbolje metode dostupne postoji mogućnost da dobijeni rezultati budu nepravilni ili neprecizni usled nepravilne primene. Dakle, da bi se dobili kvalitetni rezultati potrebno je poznavati celu metodologiju rada, kao i postupak kojim se vrši analiza.

Za analizu gasova i pare potrebno je uzorak bude apsorbovan u hemijski čistim reagensima i u čistoj aparaturi, kao i da količina uzroka bude dovoljna za hemijsku analizu. Od hemijskih metoda najčešće se primenjuje kolorimetrija, turbidimetrija i hromatografija. Kolorimetrija se zaniva na optičkim svojstvima rastvora bojenih supstanci odnosno apsorbovani uzorak pri rastvaranju daje sve intenzivniji obojeni rastvor sa povećanjem koncentracije. Promena boje apsorpcionog rastvora nakon propuštanja uzorka može se izazvati i naknadno, dodavanjem reakcionih bojenih reagenasa, i nakon toga ova se promena boje detektuje uz pomoć kolorimetra. Posle hemijske obrade uzorka jačina nastale boje upoređuje se sa serijom standardnih rastvora vizuelno ili pomoću jednostavnih kolorimetara. Instrumenti koji se koriste za merenje promene i intenziteta boja u zavisnosti od koncentracije su kolorimetri i spektrofotometri. Spektrofotometri se koriste za vidljivi deo spektra tako što se preko fotoćelije detektuje propuštena svetlost kroz obojene rastvore.

Turbidimetrija predstavlja metodu preko koje se meri nivo zamućenosti nekog rastvora usled prisutnih čestica u njemu. Uz pomoć turbidimetra prvo se meri količina svetlosti koja se apsorbovala od strane čestica, a zatim i količinu svetlosti koja se reflektovala.

Hromatografija se zasniva na odvajanju i dokazivanju mnogih supstancija u koloni ili na specijalnom papiru koji se zatim sakupljaju pomoću odgovarajućih rastvarača. Uz pomoć ove metode moguće je vrlo brzo otkrivanje prisustva jona minerala sa osetljivošću u nekim slučajevima čak i od oko 1 mg. Često se pomoću ove metode određuje prisustvo benzopirena u vazduhu u gradovima (Aksentijević, 2015).

Jedan oblik hromatografije predstavlja i gasna hromatografija, uz pomoć koje se određuje više hemijskih toksičnih materijala u zajedničkoj smeši. Glavna karakteristika ove metode jeste visok stepen osetljivosti, zahvaljujući čemu je moguće precizno odrediti prisustvo i koncentraciju pojedinih zagađivača, što nije moguće sa drugim metodama. Zahvaljujući čvrstim ili tečnim apsorpcionim sredstvima uzorci u vidu pare ili gasa povlače se strujom nosećeg gasa u odgovarajuće kolone. U ovim kolonama dolazi do dodatne apsorpcije individualnih komponenti smeše gasova i u njima ostaju u različitim frakcijama zahvaljući čemu se mogu detektovati kao individualne supstance u nosećem gasu. Ukoliko se u smeši gasova javi više nepoznatih komponenti, pre identifikacije gasnom hromatografijom potrebno je, uz pomoć odgovarajućih metoda odvajanja, uprostiti ovakvu gasnu smešu (Popović, 2003).

Metode zasnovane na fizičkim i fizičko-hemijskim principima koje se najčešće primenjuju u laboratorijama su: spektrofotometrija u infracrvenom delu spektra, spektrometrija masa, atomska apsorpciona spektrometrija i apsorpciona spektrometrija (spektrofotometrija).

Spektrofotometrija u infracrvenom delu spektra (infracrvena spektrometrija) obuhvata niz metoda koje su zasnovane na spektrofotometriji i koje se mogu primeniti na mnoge organske supstance bilo da se one nalaze u rastvoru, ili tečnom, čvrstom i gasovitom stanju.

Spektrometrija masa počiva na pojavi jonizacije gasova. Srazmerno svojim masama pozitivno naelektrisani joni se pod uticajem magnetnog i električnog polja raspoređuju po jednoj krivoj liniji formirajući spektar masa. Ovako dobijeni spektar može da se da se

detektuje bilo kojim masenim uređajem odnosno masenim spektrometrom ili uz pomoć masenog spektrografa da se zabeleži na fotografskoj ploči (Onjia, 2007).

Atomska apsorpciona spektrometrija predstavlja predstavlja vrlo pouzdanu metodu uz pomoć koje se određuje koncentracija metala u vazduhu. Uzorak se raspršuje u plamenu do atomskog stanja na visokoj temperaturi. Kada se dođe do atomskog stanja uzima se najpogodnija talasna dužina svetlosti koja se kroz njega propušta i tada dolazi do apsorpcije. Zahvaljujući svetlosti koja je propuštena dobijaju se rezultati na odgovarajućim mernim uređajima.

Apsorpciona spektrometrija predstavlja jednu od najvažnijih instrumentalnih metoda. Za ova merenja potrebno je usko monohromatsko talasno zračenje, koje se dobija propuštanjem svetlosti kroz prizmu ili posebne filtere. Deo svetlosti koji prolazi kroz rastvor meri se posebnim uređajima. Svetlost koja će biti apsorbovana zavisi od obojene supstance u rastvoru (Petrović-Gegić, 2009).

Primenom lasera se jači izvor zračenja, čime su se poboljšale spektroskopske metode. Laserski zrak predstavlja monohromatsko talasno zračenje, a radi po istom principu kao i obična spektrometrija. Laserkim metodama se osetljivost analitičkog postupka povećava nekoliko stotina puta od metoda apsorpcione spektroskopije. Prednost ovih uređaja jeste njihova velika osetljivost, dok se u nedostatak ubraja teže određivanje pojedinih štetnih materija (Petrović-Gegić, 2010).

U LIDAR-tehnici primenjuje se Ramanova spektroskopija zato što se lasersko zračenje rasejava na česticama i molekulima koji se nalaze u atmosferi. Na otpadnim gasovima iz dimnjaka kratki svetlosni zrak koji šalje laser izazova Ramanovo rasejanje. Dobijena rasuta svetlost može se lako izmeriti pa se na taj način dobijaju informacije o vrsti i nivou koncentracije zagađujućih materija prisutnih u otpadnim gasovima. Metode LASER i LIDAR-tehnika su jošu razvoju ali je njihova prednost očigledna: jednostavan nadzor većih oblasti, kao i pouzdano otkrivanje izvora zagađenja. Karakteristične linije u infracrvenom opsegu spektra za CO nalaze se između 2-15  $\mu\text{m}$ , dok se maksimum apsorpcije spektra nalazi kod 4.66  $\mu\text{m}$ . (Selimović, 2013).

Koncentracija NO u vazduhu određuje se uz pomoć hemoluminiscentne reakcije. NO reaguje sa ozonom usled svetlosne emisije koje se kreće u opsegu od 0,6 do preko 1.5  $\mu\text{m}$ , sa maksimumom kod 1,2  $\mu\text{m}$ . Kod merenja NO<sub>2</sub> vazduh se meri preko jednog redukcionog filtra kroz to se prevodi u NO. Posle (jednog) sekvencijalnog NOiNO<sub>2</sub> merenja vazduh se vodi kroz aktivni ugljeni filter da bi se konstruisala (pošto se u njemu vazduh prečišćava). Koncentracija SO<sub>2</sub> se može odrediti pomoću kolorimetrije, plamene fotometrije ili fluorometrije. Kod kolorimetrije, pušta se vazduh koji sadrži SO<sub>2</sub> kroz elektrolite (E) iz KBr i H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Sentić, 2016).

Praćenje kvaliteta vazduha u državnoj mreži automatskog monitoringa vrši Agencija za zaštitu životne sredine, na sedam mernih stanica na teritoriji Vojvodine. Dve merne stanice se nalaze u Novom Sadu na kojima se dominantno prati uticaj mobilnih i stacionarnih izvora zagađenja na kvalitet vazduha.

Programu kontrole kvaliteta vazduha na lokalnom nivou donosi Gradska uprava za zaštitu životne sredine. Program kontrole kvaliteta vazduha na teritoriji Grada Novog Sada donosi se svake godine, uspostavlja se lokalna mreža mernih mesta za merenje nivoa zagađujućih materija u vazduh, odnosno ocenjivanje kvaliteta vazduha, ocenjuje se broj i raspored mernih mesta kao i obim, vrsta i učestalost merenja. Trenutno postoje četiri merna mesta, dva u Novom Sadu i dva u naselju Šangaj.

#### **4.2.1 Koncentracija azotnih oksida u Novom Sadu i efekti na ljudsko zdravlje**

Azotna jedinjenja u vazduhu se javljaju u obliku azotnih oksida, od kojih su u pogledu učestalosti ponavljanja, efekta na ljudsko zdravlje, kao i zagađena, najznačajniji azot monoksid (NO) i azot-dioksid (NO<sub>2</sub>). Azot monoksid predstavlja gas koji je bez boje i mirisa, slabo rastvorljiv u vodi, dok azot dioksid ima karakteristično oštar miris, crvenosmeđu boju i otrovan je.

U Republici Srbiji se pod merenjem i izražavanjem masene koncentracije NO<sub>2</sub> podrazumevaju NO<sub>x</sub> koji predstavljaju zbir zapremisnih koncentracija NO i NO<sub>2</sub> u vazduhu (Uredba o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha, Službeni glasnik Republike Srbije, broj 11/2010, 75/2010 i 63/2013).

Azotni oksidi se u najvećem procentu u atmosferi javljaju iz prirodnih izvora (šumski požari, denitrifikacija zemljišta, vulkanske erupcije, dejstvom bakterijskog razlaganja), dok glavni antropogeni izvor predstavlja sagorevanje fosilnih goriva u motornim vozilima, termoelektranama, industrijskim parnim kotlovima, proizvodnji veštačkih đubriva, u procesu proizvodnje azotne kiseline, stakla i eksploziva.

U urbanim sredinama koncentracija NO<sub>x</sub> nije stalna, ona je različita i u toku dana i u toku godine. Za povećanje koncentracije direktno je odgovoran intenzitet saobraćaja na određenom području, kao i domaćinstva koja se greju na ugalj, te je koncentracija azotnih oksida u toku noći malo veće od dnevnog minimuma. Tokom zime i kasne jeseni javlja se najveća koncentracija NO, zato što zbog smanjenog intenziteta sunčevog zračenja NO dosta ređe prelazi u NO<sub>2</sub>. Prosečna godišnja koncentracija NO<sub>x</sub> u gradovima kreće se u opsegu od 20-90 µg/m<sup>3</sup>. Koncentracije veoma variraju po zemljama i regionima. Prema podacima dobijenim u 2016. godini na Islandu je koncentracija azotnih oksida bila svega 14 µg/m<sup>3</sup>, dok je u Francuskoj taj broj iznosi 44 µg/m<sup>3</sup>. Veoma zabrinjavajuća činjenica jeste ta što se koncentracija azotnih oksida na području vrlo prometnih saobraćajnica kreće i iznad 940 µg/m<sup>3</sup> (Duncan i dr, 2016).

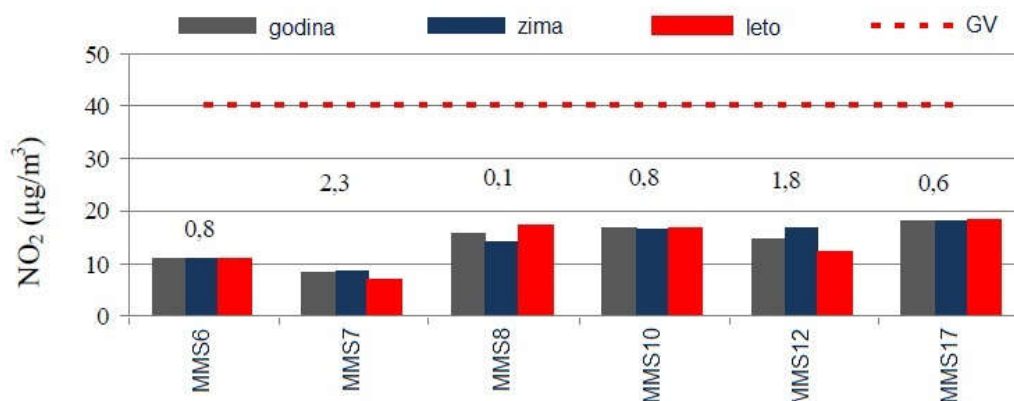
Azotni oksidi nepovoljno utiču na zdravlje ljudi, što se posebno odnosi na respiratorne organe. Kratkotrajno izlaganje azotnim oksidima može dovesti do pojačanja respiratornih simptoma, bronhijalne hiperaktivnosti, kao i do smanjenja plućne funkcije. Prilikom dugoročnog izlaganja može izazvati ozbiljno oštećenje na plućima, astmu, a u nekim slučajevima i smrt. Azotni oksidi u ljudskom organizmu dovode do sinteze nitrozamina, koji se smatraju izazivačima raka na plućima, mokraćnoj bešici i želucu. Čist NO resorpcijom u organizmu stvara met-hemoglobin čime se smanjuje kapacitet prenosa kiseonika u krvi (Touyz i dr, 2011). U prisustvu sunčeve svetlosti, a kao posledica reakcije sa organskim materijama, azotni oksidi učestvuju u stvaranju fotohemisjskog smoga. U višim slojevima atmosfere razaraju ozon, utiču na stvaranje tzv. štetnog ozona i doprinose stvaranju kiselih kiša (Singh i Agrawal, 2008).

U periodu od 2010-2013. godine u Novom Sadu vršena su autmatska merenja NO<sub>2</sub> na dve merne stanice: AMS1 i AMS2. Prva merna stanica je saobraćajna, dok je druga bazna, a iz dobijenih rezultata zaključeno je da na saobraćajnu stanicu veliki uticaj ima saobraćaj zato što je na toj stanici koncentracija NO<sub>2</sub> značajno veća. Prikaz rezultata merenja prosečne godišnje koncentracije NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) u Novom Sadu u periodu od 2010-2013, s obzirom na to da su za navedeni period bili dostupni kompletni podaci. Godine dat je u Tabeli 14 i na Slici 19 (Godišnji izveštaj o stanju kvaliteta vazduha u Republici Srbiji 2010 – 2013).

Tabela 14. Prosečne godišnje koncentracije NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) u Novom Sadu (2010-2013)

		2010		2011		2012		2013	
		AMS1	AMS2	AMS1	AMS2	AMS1	AMS2	AMS1	AMS2
Raspoloživost podataka %		97,3	91,9	100	99,6	99,3	99,7	99,2	0
Srednja vrednost	God.	69,2	19,8	61,7	21,3	33,5	20,4	18,8	-
	Zima	91,7	24,3	90,9	26,2	35,6	24,4	23,3	-
	Leto	32,7	14,6	32,7	16,3	31,6	16,3	14,5	-
Broj sati/dana preko GVI	God.	767/70	1/0	761/59	1/0	14/2	0/0	1/0	-
	Zima	717/64	1/0	760/59	1/0	3/2	0/0	1/0	-
	Leto	50/6	0/0	1/0	0/0	11/0	0/0	0/0	-
Maksimalna satna vrednost		734,6	154,1	748,7	187,8	177,3	135,4	154,3	-
Maksimalna dnevna vrednost		415,5	67,7	360,6	62,3	99,6	64,4	59,3	-
19' u nizu maksimalnih satnih koncentracija		626,1	90,7	595,7	90,3	143,6	93,2	79,5	-
Učestalost klasa kvaliteta vazduha %	Odličan	41,0	97,0	56,2	95,3	80,8	97,8	98,1	-
	Dobar	31,4	2,7	19,5	4,2	13,1	1,4	1,9	-
	Prihvatljiv	7,9	0,3	8,2	0,5	5,5	0,8	0	-
	Zagađen	7,3	0	3,6	0	0,6	0	0	-
	Jako zagađen	12,4	0	12,6	0	0	0	0	-

U periodu od 2003-2012 za potrebe Nacrta Plana kvaliteta vazduha u Novom Sadu vršena su i manualna merenja NO<sub>2</sub> na šest mernih lokacija. Od ukupno šest mernih stanica četiri su saobraćajne (MMS6, MMS7, MMS8 i MMS10), jedna je industrijska (MMS12) i jedna je bazna (MMS17). Najviša prekoračenja graničnih vrednosti imisije (GVI) tokom dana zabeleženo je na industrijskoj mernoj stanici koja je bila postavljena u industrijskoj zoni u naselju Šangaj, u blizini Rafinerije „Novi Sad“ (Slika 19).



Slika 19. Grafički prikaz koncentracije NO<sub>2</sub> dobijene na manuelnim mernim stanicama u Novom Sadu (2003-2012)

#### 4.2.2 Koncentracija sumpor dioksida u Novom Sadu i efekti na ljudsko zdravlje

Sumpor dioksid (SO<sub>2</sub>) je gas bez boje, kiselog ukusa i vrlo karakterističnog oštrog mirisa. Klasifikovan je kao zagađujuća materija zato što sumporna jedinjenja imaju svojstvo da reaguju sa vodenom parom, pri čemu se formira sumporna kiselina, koja potom kroz



smog, maglu, sneg i kisele kiše dospeva u prirodne ekosisteme i ima vrlo štetan uticaj (Kaushik i dr, 2006).

Sumpor dioksid se u vazuhu najčešće pojavljuje iz antropogenih izvora i to preko 90%. Nastaje sagorevanjem goriva koja sadrže sumpor, na prvom mestu uglja i nafte. Sadržaj sumpora u fosilnim gorivima varira od 1-5%, a najčešće se oko 95% sumpora u gorivu emituje kao SO<sub>2</sub>, 1-5% kao SO<sub>3</sub> i 1-3% kao čestice sulfata. Ovo je razlog zašto se termoelektrane smatraju najvećim emiterima SO<sub>2</sub>. Pored navedenog, sumpor dioksid nastaje prilikom prerade sulfidnih ruda, ruda olova, bakra i cinka, u naftnim rafinerijama, te u proizvodnji sumporne kiseline i papira. Izduvni gasovi motornih vozila takođe sadrže sumpor dioksid, naročito dizel motori. Iz prirodnih izvora sumpor dioksid se javlja pri vulkanskim erupcijama i biološkim razlaganjima pod uticajem anaerobnih bakterija (Stefanović i dr, 2008).

Najveća koncentracija SO<sub>2</sub> javlja se u gradskim sredinama i velikim industrijskim centrima. Prosečne godišnje koncentracije SO<sub>2</sub> u urbanim zonama zemalja u razvoju iznosi 40-80 µg/m<sup>3</sup>, u urbanim zonama Severne Amerike i Evrope one iznose 10-30 µg/m<sup>3</sup>, a u zemljama članicama Evropske unije 6-35 µg/m<sup>3</sup> (Cho, 2014).

Sumpor dioksid se prema sluzokoži očiju i sluzokoži respiratornog trakta ponaša kao jak iritant, a u čovekov organizam se unosi disanjem. Udisanjem malih koncentracija SO<sub>2</sub> (0,02 mg/l) nadražuju se respiratorni putevi, najčešće gornji, dok kod astmatičara može da se smanji funkcija pluća. Udisanjem većih koncentracija (od 0,1 mg/l) javljaju se ozbiljnija zapaljenja sluzokože disajnih organa i odvajanje površinskog sloja epitela. U reakciji sa drugim jedinjenjima u vazduhu stvaraju se sitne sulfatne čestice koje dospevaju u pluća i tamo se nagomilavaju oštećujući membrane alveola čime se smanjuje kapacitet pluća, prodiru u krvotok i u limfni sistem, a u nekim slučajevima mogu dovesti i do smrti. Naučno je dokazano da se organizam nakon dužeg vremena izlaganja povišenim koncentracijama SO<sub>2</sub> navikne na njega, pa čovek ne oseća nikakve smetnje, ali trajne posledice ostaju. Primer za to su radnici koji rade u proizvodnji sumporne kiseline koji čak i kada se pojave koncentracije koje su blizu maksimalno dozvoljenim ne osećaju nikakve smetnje, ali se sumpor tokom godina taloži i gomila u organizmu. Ovo je ujedno i dokaz da kratko izlaganje visokim koncentracijama često bude manje štetno od dugoročnog izlaganja niskim koncentracijama SO<sub>2</sub> (De Sario, 2013).

Iznad evropskog kontinenta sumporni oksidi zadržavaju se maksimalno dva dana i putem vetra prenose se na udaljenost do 100 km, dok se u vidu sulfata (aerosoli) prenose na udaljenost i do 1000 km i mogu se zadržati u atmosferi 3-5 dana. Preko atmosferskih padavina sumporna jedinjenja nestaju iz atmosfere, ali se tom prilikom stvaraju kisele kiše, čiji se pH vrednost kreće u intervalu od 3-5, i koje negativno utiču na ekosistem, na jezera i reke, smanjuju vidljivost i ubrzavaju koroziju zgrada i spomenika.

Vrednosti prosečnih godišnjih koncentracija SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) u Novom Sadu u periodu od 2010 do 2013. godine prikazane su u Tabeli 15 i na Slici 20 (Godišnji izveštaj o stanju kvaliteta vazduha u Republici Srbiji 2010 – 2013).

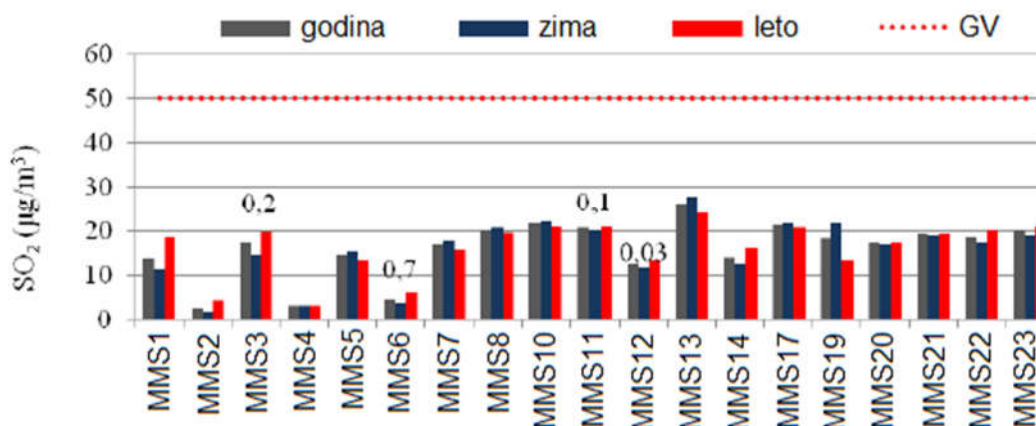
Tabela 15. Prosečne godišnje koncentracije SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>) u Novom Sadu (2010-2013)

		2010			2011			2012			2013		
		AMS1	AMS2	AMS3	AMS1	AMS2	AMS3	AMS1	AMS2	AMS3	AMS1	AMS2	AMS3
Raspoloživost podataka %		92,4	0,0	0,0	100	100	77,1	0,0	0,0	94,8	0,0	76,2	96,7
Srednja vrednost	God.	9,7	-	-	11,2	16,8	-	-	-	13,9	-	-	13,0
	Zima	11,6	-	-	12,8	22,7	-	-	-	21,5	-	-	18,3
	Leto	8,0	-	-	9,4	10,9	-	-	-	6,4	-	-	7,7
Broj sati/dana preko GVI	God.	0/0	-	-	0/0	0/0	-	-	-	0/0	-	-	0/1
	Zima	0/0	-	-	0/0	0/0	-	-	-	0/0	-	-	0/1
	Leto	0/0	-	-	0/0	0/0	-	-	-	0/0	-	-	0/0
Maksimalna satna vrednost		129,0	-	-	241,3	255,6	-	-	-	-	-	-	227,3
Maksimalna dnevna vrednost		57,0	-	-	63,2	76,7	-	-	-	-	-	-	140,4
4' u nizu maksimalnih dnevnih koncentracija		71,9	-	-	33,3	48,0	-	-	-	91,9	-	-	45,8
25' u nizu maksimalnih satnih koncentracija		75,0	-	-	81,8	94,5	-	-	-	166,2	-	-	119,3
Učestalost klasa kvaliteta vazduha %	O	99,0	-	-	99,7	99,5	-	-	-	95,7	-	-	99,2
	D	0,7	-	-	0,3	0,3	-	-	-	2,3	-	-	0,6
	P	0,3	-	-	0	0,3	-	-	-	2	-	-	0
	Z	0	-	-	0	0	-	-	-	0	-	-	0,3
	JZ	0	-	-	0	0	-	-	-	0	-	-	0

O- odličan, D- dobar, P- prihvatljiv, Z- zagađen, JZ- jako zagađen

Iz Tabele 15 je evidentno da je tokom četvorogodišnjeg merenja (od 2010 do 2013. godine) dnevna GVI premašena samo jednom i to u toku zimskog perioda u industrijskoj mernoj stanici AMS3, što kvalitet vazduha po pitanju zagađenja SO<sub>2</sub> svrstava u prvu kategoriju.

U 2004, 2005, 2006 i 2010. godini na manuelnim mernim stanicama u Novom Sadu koncentracija SO<sub>2</sub> zadovoljavala je standarde propisane za urbane zone u zemljama članicama Evropske unije. Tokom navedenog perioda samo četiri puta došlo je do dnevnog prekoračenja na tri saobraćajne i jednoj industrijskoj mernoj stanici. Najveći broj prekoračenja zabeležen je na mernoj stanici koja se nalazi u užem centru grada (MMS6) i na mernoj stanici (MMS3) koja se nalazi u blizini toplane "Zapad" (Slika 20).



Slika 20. Grafički prikaz koncentracije SO<sub>2</sub> dobijene na manuelnim mernim stanicama u Novom Sadu (2004, 2005, 2006 i 2010)

#### 4.2.3 Koncentracija ugljen monoksida u Novom Sadu i efekti na ljudsko zdravlje

Ugljen monoksid (CO) je gas bez boje i mirisa, lakši je od vazduha i izuzetno je opasan po ljudsko zdravlje. Jedan je od najrasprostranjenijih zagađivača vazduha i oko 60% je antropogenog porekla. Nastaje pri nepotpunom sagorevanju goriva, tako da su najveći izvor ugljen monoksida motorna vozila i industrijski procesi, termoelektrane, postrojenja koja služe za sagorevanje otpada, topionice i livnice. U urbanim sredinama, u zavisnosti od gustine saobraćaja, vremenskih uslova i topografije zavisi i koncentracija CO, a najviše koncentracije javljaju se u toku zimskih meseci. Na ulicama velikih evropskih gradova, osmočasovne koncentracije CO u proseku su niže od 20 mg/m<sup>3</sup>, sa kratkotrajnim maksimumima do 60 mg/m<sup>3</sup> (Fedra, 1999).

Ugljen monoksid u organizam dospeva udisanjem i ima sposobnost vezivanja za hemoglobin. U odnosu na kiseonik ima 300 puta veći afinitet za vezivanje sa hemoglobinom, pri čemu smanjuje ili ponekad sprečava prenos kiseonika do organa i tkiva u organizmu. Izloženost niskim koncentracijama CO najteže pada osobama koji pate od kardiovaskularnih bolesti, kao što su angina pektoris ili začepljenje arterija, zato što može uzrokovati bolove u grudnom košu i smanjenje sposobnosti kretanja. Mogu se pojaviti i drugi kardiovaskularni problem, kao i mentalne i neurovegetativne smetnje čak i kod zdravih ljudi. Izloženost visokim koncentracijama CO može dovesti do smrti, zato što su vsoke koncentracije izuzetno otrovne. Može doći do smanjenje sposobnosti za rad, pokretljivosti, pogoršanja vida i sporijeg pamćenja (Bernard i dr, 2001).

Merenje koncentracije CO u Novom Sadu u periodu od 2010 do 2013. godine na osnovu indeksa kvaliteta vazduha pokazalo je da je dominantna klasa kvaliteta vazduha odlična, pri čemu se samo na saobraćajnoj mernoj stanici (AMS1) klasa kvaliteta vazduha kretala između klasa dobar i prihvaljiv (Tabela 16) (Godišnji izveštaj o stanju kvaliteta vazduha u Republici Srbiji 2010 – 2013).

Tabela 16. Prosečne godišnje koncentracije CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) u Novom Sadu (2010-2013)

		2010		2011		2012		2013	
		AMS1	AMS2	AMS1	AMS2	AMS1	AMS2	AMS1	AMS2
Raspoloživost podataka %		93,9	92,0	100,0	99,6	99,5	96,1	96,7	85,9
Srednja godišnja maksimalna 8h vrednost	God.	0,69	0,61	0,79	0,45	0,57	0,33	0,79	-
	Zima	0,89	0,81	1,20	0,65	0,83	0,49	0,99	-
	Leto	0,47	0,38	0,38	0,25	0,31	0,18	0,58	-
Broj dana preko GVI	God.	0	0	0	0	0	0	0	-
Maksimalna godišnja 8h vrednost		4,7	3,0	4,4	2,3	4,0	2,3	4,1	-
Učestalost klasa kvaliteta vazduha %	Odličan	98,2	99,1	94,5	100,0	99,2	100,0	98,3	-
	Dobar	1,2	0,9	3,3	0	0	0	1,1	-
	Prihvatljiv	0,6	0	2,2	0	0,8	0	0,6	-
	Zagađen	0	0	0	0	0	0	0	-
	Jako zagađen	0	0	0	0	0	0	0	-

#### 4.2.4 Koncentracija suspendovanih čestica u Novom Sadu i efekti na ljudsko zdravlje

Suspendovane čestice (*particulate matter – PM*) predstavljaju veoma male čestice u tečnom ili čvrstom agregatnom stanju koje se nalaze u vazduhu, a dimenzija su od 0,005 do 500  $\mu\text{m}$ .

Uredbom o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha („Službeni glasnik RS“, br. 11/10, 75/10 i 63/13) definisane su sledeće vrste suspendovanih čestica:

- ukupne količine taložnih materija (UTM), koje obuhvataju čestice prečnika većeg od 10  $\mu\text{m}$ ;
- ukupne suspendovane čestice (TSP), koje obuhvataju čestice prečnika manjeg od 100 $\mu\text{m}$ ;
- čestice prečnika manjeg od 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ );
- čestice prečnika manjeg od 2,5  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2,5}$ );
- čađ - masena koncentracija suspendovanih čestica ekvivalentna smanjenju refleksije filter papira usled sakupljanja čestica.

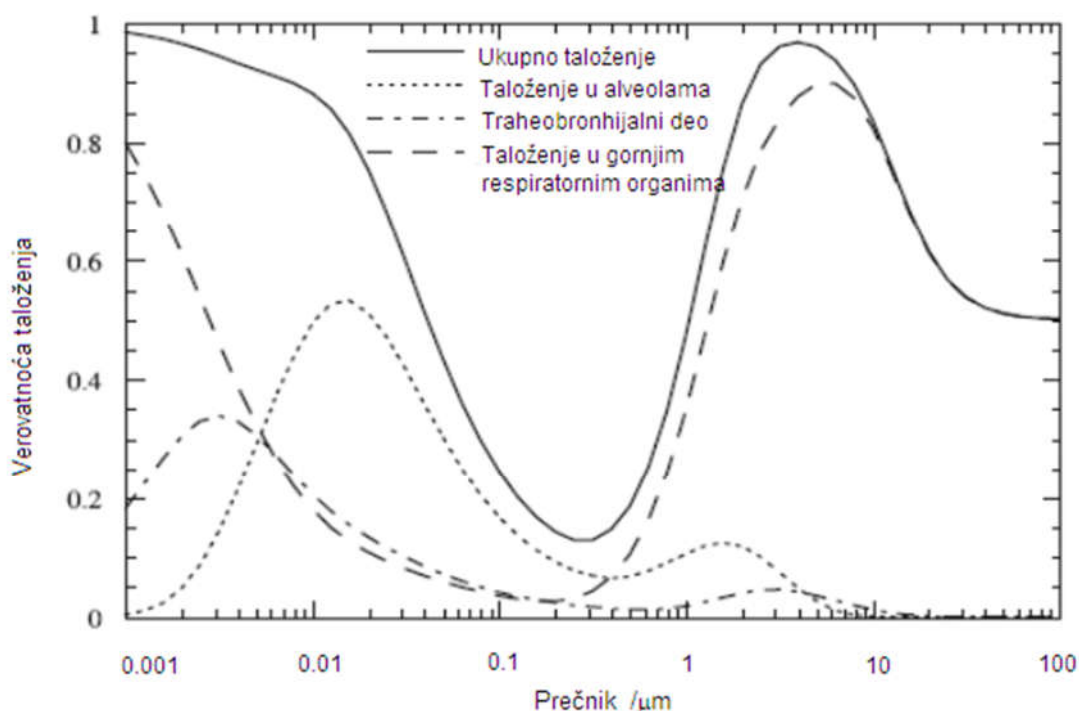
Suspendovane čestice mogu dospeti u vazduh iz prirodnih i antropogenih izvora. U prirodne izvore spadaju vulkanske erupcije i atmosferske hemijske reakcije. U najznačajnije antropogene izvore spadaju termoelektrane i sagorevanje fosilnih goriva u saobraćaju. U procesu sagorevanja nastaju čađ (od dizel goriva) i leteći pepeo (iz termoelektrana). U procesu fotohemijskih reakcija (složene lančane reakcije gasovitih polutanata do kojih dolazi usled sunčeve svetlosti) nastaje smog. Usled velikog broja izvora iz kojih mogu nastati suspendovane čestice mogu sadržati puno različitih supstanci, kao što su neorganski joni (sulfata, amonijuma, nitrita) metali (gvožđe, cink, olovo), organska jedinjenja (organske kiseline, alkoholi i fenoli) i elementarni ugljenik. Elementarni ugljenik najčešće nastaje sagorevanjem organskog ugljenika koji može biti primarnog i sekundarnog porekla. Primarni ugljenik se u atmosferu emituje u obliku čestica, dok se sekundarni stvara u atmosferi usled konverzije isparljivih organskih jedinjenja u čestice (Mazzei i dr, 2008).

Za pojavu čađi u vazduhu u urbanim gradskim sredinama zaslužne su kotlarnice u kojima ne dolazi do potpunog sagorevanja goriva, pa se takve kotlarnice svrstavaju u neispravne. Čađ se u manjim količinama može pojaviti i usled primene nafte kod određenih motornih vozila. Koncentracija čestica čađi tokom godine varira, a najveća je u toku zimskog perioda, tačnije za vreme trajanja grejne sezone.

Sve suspendovane čestice mogu se okarakterisati u dve grupe: grube i fine. Najčešće su grube čestice sastavljene od suspendovane atmosferske prašine, koja potiče iz građevinskih radova, poljoprivrede i prirodnih procesa, a mogu nastati i usled industrijskih procesa mlevenja, brušenja i drugih aktivnosti. Poreklo finih čestica najčešće je u vezi sa procesom sagorevanja i one se mogu podeliti na primarne i sekundarne. U procesima sagorevanja gasova na visokim temperaturama primarne čestice se emituju u obliku čvrste faze, a značajan deo ovih čestica učestvuje u formiranju organskih aerosola zato što su sastavljene od poluisparljivih jedinjenja. Za razliku od primarnih čestica, sekundarne čestice se stvaraju u atmosferi usled kompleksnih hemijskih reakcija u koju su uključeni sulfati, nitrati, amonijum, organski i elementarni ugljenik, teški metali i fina prašina (Popović i dr, 2010).

U Evropi u 2007. godini prosečna godišnja koncentracija PM<sub>10</sub> kretala se od 16 µg/m<sup>3</sup> u Finskoj i Irskoj, preko 45 µg/m<sup>3</sup> u Bugarskoj, Rumuniji i Srbiji, odnosno do 72 µg/m<sup>3</sup> u Turskoj. U studiji koja je obuhvatila tri evropske zemlje (Austrija, Švajcarska i Nemačka) objavljeni su podaci po kojima su suspendovane čestice koje se nalaze u vazduhu, a kojima su ljudi svakodnevno izloženi, odgovorne za oko 40 000 smrtnih slučajeva na godišnjem nivou. Polovina od spomenutog broja odnosi se na čestice koje su nastale zahvaljujući saobraćaju, a taj broj se može izjednačiti sa brojem ljudi koji godišnje poginu u saobraćajnim nesrećama u Evropskoj uniji (Vianna i dr, 2008).

Suspendovane čestice u organizam dospevaju udisanjem, a najveći procenat udahnutih čestica (99%) eliminiše se odmah u toku izdaha, usled njihovog površinskog zadržavanja u gornjim delovima respiratornog trakta. Ostatak od 1% preko dušnika dolazi i do pluća. Vrsta čestica koje će se zadržati u organizmu i samim tim doći do pluća zavisi od njihovih dimenzija (Slika 21). One koje se smatraju opasne po disajne organe, a samim tim po zdravlje ljudi imaju prečnik dimenzija manji od 10 µm i imaju tendenciju da se deponuju u alveolama. Kada dospeju u pluća ove čestice skraćuju dah usporavanjem razmene kiseonika i ugljen dioksida, usled čega dolazi i do većeg naprezanja srca. Najčešće ljudi koji su vrlo osetljivi u ovakvim uslovima oboljevaju od respiratornih bolesti kao što su bronhitis, astma, enfizem i srčani problemi. Ukoliko bi se zajedno sa česticama u organizam uneli otrovni gasovi ili tečnosti moglo bi doći do oštećenja organa kao što su bubrezi i jetra. Model verovatnoće deponovanja suspendovanih čestica u pojedinim delovima i ukupno u respiratornom traktu prikazani su na Slici 21 (Seagrave i dr, 2006).



Slika 21. Model verovatnoće deponovanja suspendovanih čestica u pojedinim delovima i ukupno u respiratornom traktu

Među najopasnije polutante u vazduhu ubrajaju se  $PM_{10}$  čestice, zato što one utiču na otpornost organizma i deponuju se u najdubljim delovima pluća, izazivaju i pojačavaju astmu, bronhitis i druga oboljenja pluća. Zdravstveni problemi javljaju se u trenutku kada organizam počinje da se brani od ovih čestica, a u najrizičniju kategoriju spadaju deca, trudnice, stari i bolesni. Osim što negativno utiču na zdravlje čoveka  $PM_{10}$  čestice utiču i na stvaranje smoga u gradskim sredinama, a samim tim smanjuju vidljivost. Uticaj  $PM_{2,5}$  čestica na ljudsko zdravlje takođe nije zanemarljiv. U najrizičniju grupu spadaju ljudi sa astmom, srčanim problemima i plućnim bolestima. Udisanje velike količine ovih čestica u organizam najčešće se završava hospitalizacijom, a u nekim slučajevima može doći i do smrti. Vrlo često i mala količina koja se unese u organizam može da izazove negativne efekte. Čestice čiji je prečnik manji od  $0,1 \mu m$  imaju najveći uticaj na ljudsko zdravlje zato što se one talože u alveolama. U ovu grupu čestica najčešće se ubrajaju aerosoli, dim i zagušljiva isparenja. Kod ovih čestica procenat molekula koji se adsorbuju na površini povećava se eksponencijalno, što se ogleda u povećanoj biološkoj i hemijskoj aktivnosti čestica nano dimenzija (Thurston i dr, 2005).

Prosečne godišnje preporučene i prelazne ciljane granične vrednosti za suspendovane čestice prikazane su u Tabelama 17 i 18 (Gržetić, 2010).

Tabela 17. Srednje godišnje preporučene i prelazne ciljane granične vrednosti za suspendovane čestice

Srednja godišnja vrednost	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Osnova za izabrani nivo
SZO prelazna ciljna vrednost 1 (IT-1)	70	35	Procenjena je da dugotrajna izloženost ovim koncentracijama povezana sa 15% većim mortalitetom u odnosu na preporučeni nivo.
SZO prelazna ciljna vrednost 2 (IT-2)	50	25	Pored ostalih zdravstvenih pogodnosti, ovi nivoi smanjuju rizik od smrtnosti od otprilike još 6% (2–11%) u poređenju sa IT-1 vrednosti.
SZO prelazna ciljna vrednost 3 (IT-3)	30	15	Pored ostalih zdravstvenih pogodnosti, ovi nivoi smanjuju rizik od smrtnosti od otprilike još 6% (2–11%) u poređenju sa IT-2 vrednosti.
SZO preporučena vrednost (AQG)	20	10	Ovo je najniži nivo na kome ukupni kardioplulmonarni i mortalitet usled kancera pluća pokazali porast sa sigurnošću većom od 95% u studiji Američkog udruženja za rak (Pope et al, 2002.). Preporučuje se primena za vrednosti za PM <sub>2.5</sub> .

Tabela 18. Srednje godišnje preporučene i prelazne ciljane granične vrednosti za suspendovane čestice

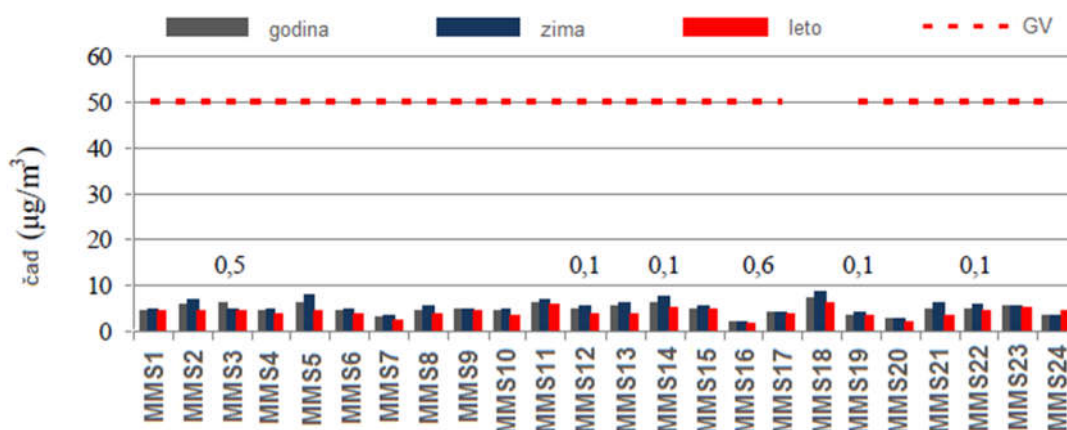
24h-srednja vrednost	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Osnova za izabrani nivo
SZO prelazna ciljna vrednost 1 (IT-1)	150	75	Bazirano na objavljenim koeficijentima rizika u više studija i meta analiza (oko 5% porasta mortaliteta pri kratkotrajnoj izloženosti preko preporučene vrednosti)
SZO prelazna ciljna vrednost 2 (IT-2)	100	50	Bazirano na objavljenim koeficijentima rizika u više studija i meta analiza (oko 2.5% porasta mortaliteta pri kratkotrajnoj izloženosti preko preporučene vrednosti)
SZO prelazna ciljna vrednost 3 (IT-3)	75	37.5	Bazirano na porast od oko 1.2% mortaliteta pri kratkotrajnoj izloženosti preko preporučene vrednosti
SZO preporučena vrednost (AQG)	50	25	Bazirana na odnosu između 24-časovne i godišnje vrednosti

U Novom Sadu su automatska merenja PM<sub>10</sub> čestica vršena u 2010 i 2011. godini i to samo na jednoj mernoj stanici u gradu (AMS1). Rezultati pokazuju da je godišnja GVI premašena u 2011. godini, dok su dnevne GVI premašene u toku obe godine, što kvalitet vazduha svrstava u treću grupu po pitanju PM<sub>10</sub> zagađenja (Tabela 19) (Godišnji izveštaj o stanju kvaliteta vazduha u Republici Srbiji 2010 – 2013).

Tabela 19. Prosečne godišnje koncentracije PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) u Novom Sadu (2010-2011)

		2010	2011	2012	2013
		AMS1	AMS1	AMS1	AMS1
<b>Raspoloživost podataka %</b>		90,4	91,3	80,8	85,1
<b>Srednja vrednost</b>	Godina	37,0	44,5	-	-
	Zima	47,7	58,7	-	-
	Leto	28,5	32,9	-	-
<b>Broj dana preko GVI</b>	Godina	63	102	-	-
	Zima	56	85	-	-
	Leto	13	17	-	-
<b>Maksimalna dnevna vrednost</b>		113,1	148,4	-	-
<b>36' u nizu maksimalnih dnevnih koncentracija</b>		62,5	78,7	-	-
<b>Učestalost klasa kvaliteta vazduha %</b>	Odličan	25,8	21,0	-	-
	Dobar	29,4	24,0	-	-
	Prihvatljiv	25,8	24,4	-	-
	Zagađen	15,5	18,0	-	-
	Jako zagađen	3,6	12,6	-	-

U periodu od 2003. do 2012. godine u Novom Sadu vršena su manualna merenja čađi na 23 merne stanice, od toga je 11 saobraćajnih (MMS 1-11), 1 industrijska (MMS12) i 11 baznih (MMS 13-24) stanica. Dobijeni rezultati pokazali su da prosečne koncentracije čađi nisu prekoračile godišnje GVI od  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ni na jednoj stanici, dok su dnevne GVI prekoračene na šest mernih stanica od kojih je 4 baznih, što ukazuje na odličan kvalitet vazduha u najvećem procentu slučajeva, prikazano na Slici 22.



Slika 22. Grafički prikaz prosečne koncentracije čađi i procenat prekoraćenje GVI na manualnim mernim stanicama u Novom Sadu (2003-2012)



#### **4.2.5 Ekspozicija i uticaj POPs jedinjenja**

POPs (*Persistent Organic Pollutants*) jedinjena ili dugotrajna organska jedinjenja su jedinjenja koja su otporna na hemijsku, biološku i fotolitičku razgradnju i otrovna za celokupan živi svet. Odlikuju se niskom rastvorljivošću u vodi i veoma dobrom rastvorljivošću u mastima, što dovodi do njihovog lakog prolaska kroz fosfolipidne strukture bioloških membrana, nakon čega se deponuju, u koncentracijama mnogo višim od dozvoljenih, u masnim tkivima živih organizama (ljudi, sisari, ribe i ptice). U žive organizme, u kojima dolazi do procesa bioakumulacije, dospevaju putem lanca ishrane i izazivaju mnoge hronične intoksikacije (kancerogene, imunotoksične, reproduktivne i razvojne), neurotoksične smetnje i poremećaje endokrinog sistema (Cvetković, 2010).

Koncentracija POPs jedinjenja u životnoj sredini je veoma niska, ali se prenose na velike udaljenosti putem vode i vazduha u nepromenjenom obliku, procesima kondenzacije i isparavanja, što doprinosi njihovoj širokoj rasprostranjenosti u prirodi po celom svetu, pa se tako javljaju i u predelima u kojima se nikada nisu upotrebljavali. Otporna su na biološku, hemijsku i fotolitičku degradaciju, pa se mogu naći u svim delovima Zemlje. Ovo je razlog zašto se na globalnom nivou ubrzano razvija sistem kontrole i upravljanja toksičnim otpadom i supstancama, pa su tako, mnoge međunarodne konvencije, uredbe i protokoli donešeni, primenjuju se i dopunjuju tokom vremena (Lohman i r, 2007).

Stokholmska konvencija reguliše ovu oblast. Među 142 zemlje koje su ratifikovale ovu konvenciju od 2009. godine nalazi se i Republika Srbija, a njen osnovni cilj jeste da u potpunosti zabrani ili da ograniči upotrebu, proizvodnju, emisiju, uvoz i izvoz veoma toksičnih supstanci, koje pripadaju grupi POPs jedinjenja, a sve u cilju zaštite zdravlja ljudi i životne sredine. Ratifikovanjem Stokholmske konvencije Republika Srbija se obavezala da ispoštuje i ispuni sve odredbe sadržane u njoj, što znači da se usaglašavanje nacionalnog zakonodavstva sa konvencijom vrši kroz sve zakone koji se odnose na POPs jedinjenja, a u kojima se regulišu pitanja vezana za vazduh, vodu, kvalitet hrane, sredstva za zaštitu bilja, upravljanje hemikalijama, otpadom, emisiju i imisiju. Kao i sve druge potpisnice Konvencije, Republika Srbija se obavezala da će na nacionalnom i međunarodnom nivou preduzeti sva odgovarajuća istraživanja, razvoj i monitoring vezana za POPs jedinjenja, kao i uspostavljanje saradnje sa svim potpisnicama, a sve u cilju smanjenja ili potpunog eliminisanja ovih hemikalija. Stokholmskom konvencijom obuhvaćeno je 12 hemijskih supstanci organskog porekla, koje su podeljene u tri aneksa (*Stockholm convention on persistent organic Pollutants*, 2004):

1. Aneks A: Hemijske supstance za eliminaciju (Aldrin, Dieldrin, Endrin, Hlordan, Heptahlor, Heksahlorbenzen, Toksafen, Mirek, Polihlorovani bifenili - PCBs)
2. Aneks B: Hemijske supstance sa ograničenom upotrebom (Dihloro-difenil-trihloroetan DDT)
3. Aneks C: Hemijske supstance koje su nenamerno proizvedene (Heksahlorobenzen, Polihlorovani bifenili - PCBs, Polihlorovani dibenzo-para-dioksini - PCDD, Dibenzofurani - PCDF)

Najveći broj POPs jedinjenja su antropogenog porekla, a znatno manji deo može se javiti i iz prirodnih izvora. U brojnim procesima proizvodnje i sagorevanja organskih materija heksahlor-benzen (HCB), dioksini i furani spontano se formiraju. Nastanak POPs

jedinjenja iz antropogenih izvora u većini slučajeva vezan je za proizvodnju, primenu i odlaganje ovih jedinjenja, a u njih spadaju pesticidi, industrijske hemikalije, nusproizvodi industrijskih procesa kao i procesa sagorevanja. Opasni otpad koji se veoma često skladišti u neodgovarajućim skladištima, privremeno ili trajno, predstavlja posebnu opasnost, kao i otpad koji nije selektovan i koji se nalazi po svim divljim deponijama, čije se raščišćavanje najčešće vrši paljenjem otpada čime se stvaraju POPs jedinjenja (Breivik i dr, 2004).

#### **4.2.6 Uticaj fotohemijskog smoga na zdravlje ljudi**

Fotohemijski smog predstavlja složenu smešu hemijskih jedinjenja nastalu interakcijom ugljovodonika i azotnih oksida u prisustvu sunčeve svetlosti. U reakcijama mogu učestvovati i drugi polutanti, prisutni u izduvnim gasovima, kao što su sumpor dioksid i suspendovane čestice, ali nemaju značajnu ulogu u nastajanju velikih koncentracija oksidanasa koji stvaraju fotohemijski smog. Prisustvo smoga u atmosferi predstavlja jedan od najvećih problema urbanih sredina, tačnije velikih gradova sa razvijenom industrijom i velikim procentom saobraćajnica zato što uzrokuje smanjenu vidljivost, a ima i vrlo negativne efekte po zdravlje ljudi (Campbell i dr, 2009).

Nastanak fotohemijskog smoga vezan je za molekule azot dioksida koji nastaju kao nusproizvodi izduvnih gasova, koji predstavljaju efikasne apsorbere ultraljubičaste Sunčeve svetlosti. Apsorpcijom ultraljubičastog zračenja azot dioksid se pretvara u azot monoksid i atomski kiseonik koji zatim sa prisutnim molekulom kiseonika gradi ozon ( $O_3$ ). Nastali molekul ozona sadrži visoku energiju, a u isto vreme je vrlo nestabilan ukoliko u blizini nema drugih molekula. Nastajanje ove vrste smoga je potpomognuto stabilnim meteorološkim uslovima prisutnim tokom više dana, kada se emitovani polutanti zadržavaju bez disperzije u urbanoj sredini što omogućava njihov maksimalan kontakt. Štetnost fotohemijskog smoga najbolje opisuju oksidansi odnosno njihova koncentracija. Najprisutniji oksidansi u smogu jesu ozon i peroksiacilnitrat (Škrbić, 2006).

Prizemni ili troposferski ozon ( $O_3$ ) naziva se još i loš ozon, a nastaje u letnjem periodu kada su meteorološki uslovi stabilni u veoma zagađenim sredinama. Čini oko 10% od ukupne količine  $O_3$ . Nastaje usled reakcija između azotnih oksida i isparljivih organskih jedinjenja (VOC), emitovanih od strane motornih vozila, rafinerija, hemijskih postrojenja i dr., uz prisustvo sunčeve svetlosti i toplote. Ozon se ne zadržava samo i isključivo u mestima u kojima se nalazi izvor zagađenja već može da se transportuje na udaljenosti od po više stotina kilometara (Koop i Tole, 2004).

Uticaj lošeg ozona na ljudsko zdravlje ogleda se u pojavi astme, problema respiratornih organa i smanjenom otpornošću organizma na infekcije. U najrizičnije grupe spadaju deca, starije osobe i osobe sa hroničnim bolestima srca i pluća. Dugotrajna izloženost visokim koncentracijama prizemnog ozona mogu imati ozbiljnije posledice po respiratorne organe kao što su smanjenje funkcije pluća i zapaljenje plućne maramice (Knowlton i dr, 2004).

U periodu od 2010. do 2013. godine u Novom Sadu vršena su automatska merenja koncentracije prizemnog ozona na dve merne stanice, ali ne u isto vreme. Prva merna stanica bila je saobraćajna (AMS1), dok je druga bila bazna (AMS2). Na obe stanice su koncentracije ozona bile znatno više u toku letnjih meseci u odnosu na zimski period.

Samo se u 2012. godini, kada je zabeleženo 56 prekoračenja ciljane vrednosti od 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , na baznoj mernoj stanici, kvalitet vazduha svrstao u treću kategoriju. Tokom svih ostalih godina nije dolazilo do bitnijih povećanja koncentracija, pa je vazduh po kvalitetu mogao da se uvrsti u prvu grupu (Tabela 20) (Godišnji izveštaj o stanju kvaliteta vazduha u Republici Srbiji 2010 – 2013).

Tabela 20. Srednje godišnje vrednosti maksimalnih 8-satnih koncentracija prizemnog ozona ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), u Novom Sadu (2010-2013)

		2010		2011		2012		2013	
		AMS1	AMS2	AMS1	AMS2	AMS1	AMS2	AMS1	AMS2
Raspoloživost podataka %		96,1/ 90,3	0	99,9/ 99,9	0	0	99,9/ 58,5	0	93,2/ 76,9
Leto/zima									
Srednja godišnja maksimalna 8h vrednost	God.	42,3	-	66,5	-	-	-	-	77,8
	Zima	28,8	-	43,1	-	-	-	-	54,9
	Leto	50,1	-	89,7	-	-	105,3	-	96,8
Broj dana sa koncentracijama > 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	God.	0	-	21	-	-	56	-	25
	Zima	0	-	0	-	-	2	-	0
	Leto	0	-	21	-	-	54	-	25
Maksimalna godišnja 8h vrednost		117,7	-	164,3	-	-	164,3	-	163,1
26' u nizu maksimalnih satnih koncentracija		73,8	-	116,0	-	-	131,3	-	119,0
Učestalost klasa kvaliteta vazduha %	Odličan	79,1	-	43,8	-	-	24,9	-	30,7
	Dobar	17,1	-	23,8	-	-	19,7	-	28,1
	Prihvatljiv	3,8	-	26,6	-	-	36,0	-	33,3
	Zagađen	0	-	5,8	-	-	19,4	-	7,8
	Jako zagađen	0	-	0	-	-	0	-	0

#### 4.2.7 Supstance koje oštećuju ozonski omotač

Supstance koje oštećuju ozonski omotač (*Ozone depleting substances – ODS*) predstavljaju hemijska jedinjenja koja su nastala usled ljudske aktivnosti i odgovorne su za oštećenje ozonskog omotača. U sastav ovih jedinjenja ulaze atomi hlora, fluora i broma, a najodgovorniji za oštećenja ozona u stratosferi jesu atomi hlora. Supstance koje spadaju u oštećivače ozonskog omotača su: hlorofluorougļjovodonici (CFC), hidrohlorofluorougļjovodonici (HCFC), ugljen-tetrahlorid, metal-hloroform, metil-bromid, haloni i bromo-hlorometan. Karakteristika ovih supstanci jeste da imaju veoma stabilnu strukturu i da bez promene dospevaju u stratosferu gde usled intenzivnog sunčevog zračenja dolazi do njihove razgradnje. Raskidanjem hemijske veze oslobađa se hlor koji se vezuje sa atomom kiseonika iz ozona, a ozon pretvara u običan molekul kiseonika. Tokom ovog procesa molekul hlora ne doživljava trajne promene, zato što deluje kao katalizator i to je razlog zašto se ovaj proces može ponavljati u stratosferi (Ravishankara, Daniel i Portmann, 2009).

Prvi koraci u cilju zaštite ozonskog omotača uspostavljeni su 22. marta 1985. godine usvajanjem Bečke konvencije čijom primenom bi se uspostavila kontrola proizvodnje i potrošnje supstanci koje oštećuju ozonski omotač, a zatim i prestanak proizvodnje ovih supstanci. Ovom konvencijom definisan je problem, ali ne i načini kojima bi se regulisala kontrola proizvodnje i potrošnje ovih supstanci, pa je iz tog razloga ona dopunjena

Montrealskim protokolom 16. septembra 1987. godine. Zahvaljujući ovom protokolu uređena je proizvodnja, potrošnja i promet za 96 ratličitih hemikalija svrstane u supstance koje oštećuju ozonski omotač i koje su podeljene u četiri aneksa (The Vienna Convention for the Protection of the the Protection of the Ozone Layer, 1985).

#### **Aneks A**

Grupa I- hlorofluorouglijovodonici - CFC (R-11, R-12, R-113, R-114, R-115)

Grupa II- haloni (H-1211, H-1301 i H-2402)

#### **Aneks B**

Grupa I - ostali hlorofluorouglijovodonici - ostali CFC (R-13, R-111, R-112, R211, R 212, R 213, 214, R 215, R 215, R 217)

Grupa II - ugljen tetrahlorid

Grupa III -1,1,1- trihloretan (metilhloroform)

#### **Aneks C**

Grupa I - nepotpuno halogenovani hlorofluorouglijovodonici-HCFC (ima ih 40 ali se najčešćeupotrebljavaju R-22, R-141b, R-142b, R-123, R-225, R-225ca, R-225cb)

Grupa II - HBFC - 33 supstance koje se više ne koriste

Grupa III - bromohloro metan

#### **Aneks E**

Grupa I - metil bromid

Prema Montrealskom protokolu uspostavljenja je razlika između industrijalizovanih zemalja, (svrstanih van člana 5 Protokola) i zemalja u ravoju (svrstanih u član 5 Protokola), u koje se ubraja i Republika Srbija. Zahvaljujući tome, zemlje u razvoju čiji obračunski nivo potrošnje supstanci iz Aneksa A na godišnjem nivou ne prelazi 0,3 kg po glavi stanovnika, u mogućnosti su da odlože sporvođenje propisanih kontrolnih mera, ali se mora voditi stroga kontrola da se ne prekorači dati godišnji obračunski nivo od 0,3 kg po glavi stanovnika.

Sa napredovanjem nauke i novih saznanja vezana za uništavanje ozonskog omotača, a sve u cilju efikasnije zaštite tokom godina Montrealski Protokol upotpunjen je sa još četiri Amandmana: Londonski (1990. godine), Kopenhagenski (1992. godine), Montrealski (1997. godine) i Pekinški (1999. godine).

Bečku Konvenciju i Montrealski protokol Republika Srbije ratifikovala je 1990. godine ("Službeni list SFRJ" – Međunarodni ugovor, br. 1/90). Pored ova dva zakona u funkciji sprovođenja Protokola iz Montreala o supstancama koje oštećuju ozonski omotač primenjuju se još sledeći zakoni i odluke: Zakon o ratifikaciji Montrealskog protokola o supstancama koje oštećuju ozonski omotač ("Službeni list SCG - Međunarodni ugovori", br. 24/2004), Zakon o ratifikaciji amandmana na Montrealski protokol o supstancama koje oštećuju ozonski omotač ("Službeni list SCG- Međunarodni ugovori", br. 24/2004"),

Zakon o zaštiti vazduha ("Službeni glasnik RS", br. 36/09 i 10/13), Odluka o određivanju robe za čiji je izvoz, uvoz, odnosno tranzit propisano pribavljanje određenih isprava ("Službeni glasnik RS", br. 7/10). Uredbom o postupanja sa supstancama koje oštećuju ozonski omotač, kao i uslovima za izdavanje dozvola za uvoz i izvoz tih supstanci propisano je: postupno smanjivanje potrošnje supstanci koje oštećuju ozonski omotač; uslovi i način izdavanja dozvola za uvoz i izvoz supstanci koje oštećuju ozonski omotač i proizvoda i/ili opreme koja ih sadrži; postupanje sa supstancama koje oštećuju ozonski omotač i proizvodima i/ili opremom koji sadrže supstance koje oštećuju ozonski omotač ili su pomoću tih supstanci proizvedeni; postupanje sa supstancama koje oštećuju ozonski omotač nakon prestanka upotrebe proizvoda i/ili opreme koji ih sadrže; način sakupljanja, obnavljanja i obrade, korišćenja i trajnog odlaganja, stavljanja u promet supstanci koje oštećuju ozonski omotač; način obračuna troškova ponovnog korišćenja supstanci koje oštećuju ozonski omotač; način označavanja proizvoda i/ili opreme koji sadrže supstance koje oštećuju ozonski omotač; uslovi koje moraju da ispune pravna lica i preduzetnici koji obavljaju delatnost proizvodnje, održavanja i/ili popravke, sakupljanja, obnavljanja i obrade, kontrolu korišćenja, stavljanja na tržište, trajnog odlaganja i isključivanja iz upotrebe proizvoda i/ili opreme koji sadrže supstance koje oštećuju ozonski omotač ("Službeni glasnik RS" br. 114/13).

## **5. TERMOENERGETSKA POSTROJENJA I ŽIVOTNA SREDINA**

Istraživanja su pokazala da su termoenergetska postrojenja jedna od bitnijih zagađivača životne sredine, posebno ako se u obzir uzme njihova starost i činjenica da u vreme kada su ona građena propisi o zaštiti životne sredine, praktično, nisu ni postojali ili su bili dosta blagi (Allane i Saari, 2006). Eksploataciju termoenergetskih postrojenja neminovno prati emisija zagađujućih materija u većem ili manjem obimu (zavisno od primarnog goriva koje se koristi za sagorevanje), emisija otpadnih produkata u vazduh, vodu i zemljište, što ukupno ima za rezultat smanjenje kvaliteta životne sredine i povećanje učešća kratkotrajnih ili dugotrajnih uticaja ispuštanja zagađujućih materija. U okviru energetskog sektora bilo kakvo ograničenje proizvodnje ili smanjenje emisije zagađujućih supstanci uslovljeno je kako tehničkim tako i ekonomskim faktorima. Sve dok postoji upotreba goriva, a u zavisnosti od njegove prirode i upotrebljenje količine, energetske efikasnosti celokupnog procesa i postrojenja, kao i tehnologije kojom se dobija korisni oblik energije postojaće i određeni rizici i na zdravlje ljudi i na celokupnu životnu sredinu.

### **5.1 Uticaj rada termoenergetskih postrojenja na zdravlje stanovništva u Evropi**

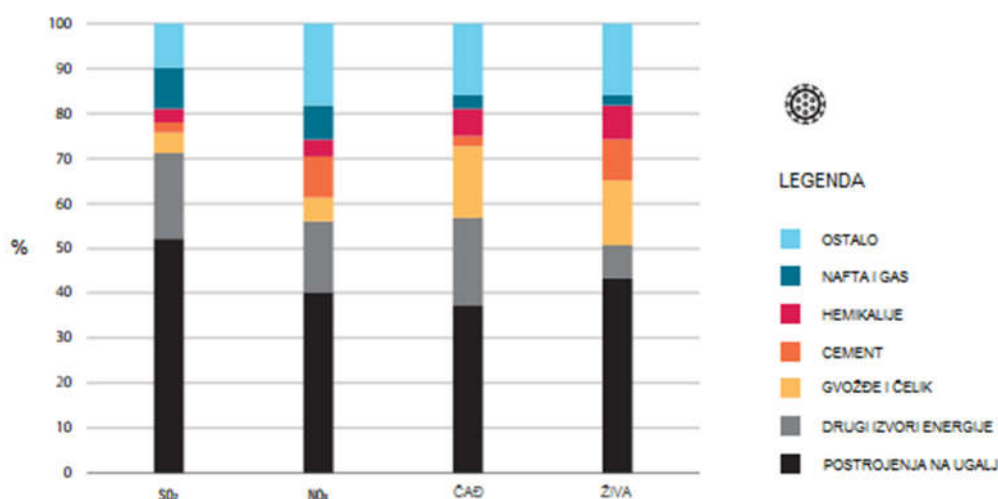
Procena uticaja energetskog objekta na životnu sredinu podrazumeva identifikaciju, utvrđivanje, analizu i ocenu direktnih i indirektnih uticaja s obzirom na sledeće elemente i faktore: ljude, floru i faunu, zemljište, vodu, vazduh, klimu i okolinu, zatim materijalna dobra i kulturno nasleđe, kao i međudelovanje prethodno datih faktora. Uticaj termoenergetskih postrojenja na životnu sredinu i na zdravlje ljudi ogleda se pre svega u emisiji gasovitih i praškastih zagađujućih materija. Pri tome, uticaji termoenergetskih postrojenja su najizrazitiji u oblasti kvaliteta vazduha, površinskih i podzemnih voda i zemljišta, zatim u oblasti zdravlja ljudi i uticaja na biljni i životinjski svet, kao i uticaja na vizualne i estetske aspekte pejzaža i uticaja na ostale prirodne resurse (Đorđević i dr, 2011).

Stepen zagađenosti planete je srazmerno visok, što ostavlja posledice kako na životnu sredinu, tako i na samo zdravlje ljudi. Čovek je zagađujućim materijama izložen najčešće putem vazduha, vode i hrane. Koncentracija koja negativno utiče na zdravlje čoveka varira od polutanta do polutanta, međutim ponekad je dugoročna izloženost malim koncentracijam mnogo štetnija od kratkotrajne izloženosti ljudi većim koncentracijama. Kada je reč o zdravstvenim posledicama koje su izazvane zagađujućim materijama, pored nivoa koncentracije kojoj je izložen ljudski organizam, potrebno je u obzir uzeti i kapacitet organizma, starost osobe i njeno zdravstveno stanje, pri čemu se procenjuje unesena doza polutanata, kojom se određuje verovatnoća nastanka zdravstvene posledice, kao i tip i intenzitet narušavanja zdravlja ljudi (Bandlamudi i Avirneni, 2013).

Sva istraživanja koja su vođena po pitanju zagađenja vazduha koje je nastalo kao posledica rada termoenergetskih postrojenja pokazala su da ona imaju veliki udeo u tome, pa su zbog toga i nazvana „tihim ubicama”, zato što dugoročna izloženost emisiji polutanata može da ima veoma negativan uticaj po zdravlje ljudi i na životnu sredinu. Primena uglja u ovim procesima još više pogoršava situaciju, utiče na klimatske promene. Zagađujuće materije koje se emituju radom termoenergetskih postrojenja su sledeće: praškaste materije, sumpor dioksid, azotni oksidi, ugljen monoksid i ozon. U Evropi je između 80-90% stanovništva izloženo negativnom uticaju na zdravlje koje nastaje usled primene uglja u termoelektranama, pa ipak više od polovine termoelektrana u Evropi koje koriste ovaj energent rade sa „dozvolom da zagađuju” iznad granica koje su postavljene u zakonima Evropske unije (*Europe's dirty 30: how the EU's coal fired power plants are undermining its climate efforts*, 2014). Bez obzira na to u kojoj se državi nalaze postrojenja, polutanti u vazduhu mogu se u njemu disperzovati i mogu se prenositi na velike udaljenosti, pa je samim tim celokupna populacija Evrope ugrožena.

Usled velikih nestabilnosti na tržištu nafte i prirodnog gasa, trend upotrebe uglja u proizvodnji električne i toplotne energije ponovo se vraća u Evropu, imajući u vidu da je godinama bio na silaznoj putanji. Ugalj je i dalje primarni izvor energije u Evropi i kao najjeftiniji energent ima svoju prednost, ali se njegovom upotrebom narušava zdravlje stanovništva. Svetska zdravstvena organizacija objavila je da je 7 miliona ljudi umrlo od posledica izloženosti aerozagađenju. Uprkos poboljšanju kvaliteta vazduha u Evropskoj uniji, aerozagađenja i dalje opstaju kao značajni faktor rizika po zdravlje ljudi – odgovorna su za preko 400 000 slučajeva prevremene smrti. Ustanovljeno je da su postrojenja koja koriste ugalj u Evropi odgovorna za oko 23 000 prerane smrti godišnje (*Europe's Dark Cloud: How coal-burning countries are making their neighbours sick*, 2016).

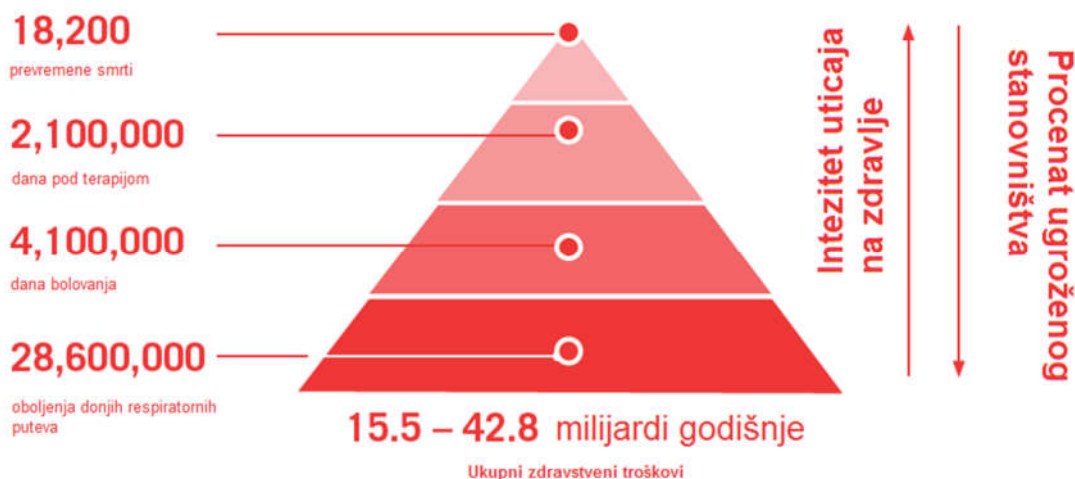
Emisija zagađujućih materija iz termoenergetskih postrojenja u najvećoj meri zavisi od vrste goriva koje se koristi, kako je prikazano na Slici 23 (Milovanović i dr, 2013).



Slika 23. Emisija zagađujućih materija iz termoenergetskih postrojenja u zavisnosti od korišćenog energenta

U 2013. godini postrojenja koja su koristila ugalj bila su odgovorna za 52% od ukupno emitovanog SO<sub>2</sub>, 40% od ukupne emisije NO<sub>x</sub> i 37% od ukupno emitovanih praškastih materija u svim industrijama u Evropske unije (*Europe's failure to tackle coal*, 2014).

Postoje značajni dokazi kako i na koji način dugoročna izloženost aerozagađenju utiče na pluća i srce, što uključuje hronične bolesti respiratornih organa, kao što su hronični bronhitis, emfizem i rak pluća, kao i kardiovaskularne bolesti među kojima su infarkt miokarda, kongestivne srčane insuficijencije, ishemijske bolesti srca i srčana aritmija. Akutni efekti uključuju grudne simptome kao što su bolovi u grudima i kašalj, kao i pogoršane astme. Deca, stariji ljudi, trudnice i ljudi sa akutnim i hroničnim poremećajima mnogo su više podložni uticajima polutanata u vazduhu. Skorija istraživanja su pokazala da aerozagađenja mogu da utiču na smanjenje težine kod novorođenčadi, kao i na prevremeno rađanje beba kao rezultat izloženosti trudnica ovim polutantima. U procentu između 4 i 10% ukupnog stanovništva Evrope dijagnostifikovana je hronična obstruktivna bolest pluća, dok više od 30 miliona ljudi u Evropi boluje od astme, što stvara i značajne troškove lečenja (Slika 24) (*Toxic coal: cutting the health cost of weak air EU pollution limits*, 2015).



Slika 24. Uticaj emisije polutanata usled primene uglja na zdravlje ljudi na godišnjem nivou u Evropskoj uniji

Druge opasne materije koje se emituju iz termoenergetskih postrojenja koje koriste ugalj su teški metali kao što su živa i trajni organski zagađivači (POPs), među koje se ubrajaju dioksini i policiklični aromatični ugljovodonici (polycyclic aromatic chemicals - PAHs). Ove zagađujuće materije mogu se uneti u organizam ili udisanjem ili indirektno preko vode i hrane. Poseban problem predstavlja velika emisije žive, zato što živa može da ugrozi kognitivni razvoj dece, kao i nepovratno oštećenje vitalnih organa fetusa. Postrojenja koja koriste ugalj su najveći izvori žive u Evropi (Milovanović, 2011).

Zbog upotrebe uglja u radu termoenergetskih postrojenja emisija zagađujućih materija na godišnjem nivou je ogromna, a ono što je potrebno dodatno uzeti u obzir jeste da je vek ovakvih postrojenja najmanje 40 godina. Dozvoljavanjem građenja novih postrojenja koja će kao primarni energant koristiti ugalj omogućiće emisiju štetnih gasova u narednim decenijama. Samim tim ovo bi predstavljalo kontrabalans kratkoročnom smanjenju aerozagađenja postignutim u drugim sektorima.



“*Air pollution and Health: a European Approach*” projekat predstavlja epidemiološku studiju od izuzetnog značaja. U njoj je praćen kratkoročni učinak zagađenja vazduha na zdravstvene parametre kao što su: dnevna varijabilnost plućne funkcije, učestalost hospitalizacije i dužina bolničkog lečenja kao i smrtnost. Istraživanja su pokazala da se u Parizu rizik smrtnosti prouzrokovanih usled respiratornih oboljenja povećao na 17% sa povećanjem koncentracije suspendovanih čestica za  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Uzrok hospitalizacije respiratornih bolesnika usko je povezan sa nivoom koncentracije suspendovanih čestica, sumpor dioksida ( $\text{SO}_2$ ) i čađi. U slučaju Španije istraživanja su pokazala da je smrtnost usled kardiovaskularnih oboljenja povezana sa nivoima koncentracije azotnih oksida, a posebno azot dioksida ( $\text{NO}_2$ ) kao i ozona ( $\text{O}_3$ ), naročito u toku letnjih meseci. Slične studije sprovedene i u svim drugim evropskim državama došle su do istog zaključka - da je uticaj aerozagađenja na zdravlje čoveka velik. Autori ističu da zagađenje životne sredine čini 6% uzroka ukupne smrtnosti u Evropskoj uniji, što iznosi oko 40 000 smrtnih slučajeva godišnje (Katsouyanni, 2006).

U kolikoj će meri zagađeni vazduh uticati na respiratorni sistem najpre zavisi od nivoa koncentracije polutanata koji će se naći u vazduhu, zatim od vremena izloženosti organizma određenim koncentracijama, kao i od kumulativne izloženosti. Kolika će se količina čestica taložiti u organizmu zavisi prvenstveno od njihovih veličina i topivosti. Čestice čije su dimenzije manje od  $2,5 \mu\text{m}$  se u perifernim disajnim putevima talože procesom difuzije. Čestice čije se dimenzije kreću između  $5$  i  $10 \mu\text{m}$  ostaju u gornjim disajnim putevima. Topive čestice u sluznici izazivaju iritaciju i lokalno oštećenje sluznice koje nije trajno, ali postoji mogućnost i sistemske apsorpcije kroz nazalnu i bronhijalnu cirkulaciju. Netopive čestice na svom putu do perifernih disajnih organa, gde se talože, aktiviraju mukocilijarni aparat i fagocitozu. Mukocilijarni aparat aktivira se prilikom prolaska duž traheje do terminalnih bronhiola, dok se fagoctoza aktivira u terminalnim bronhiolama i to preko alveolarnih makrofaga. Pored osobina čestica na njihovo taloženje utiče i fizionomija samog organizma domaćina kao što su volumen disanja i vrstu disanja (nazalno ili oralno), ali i anatomija disajnih puteva (Campa i Castanas, 2008).

Patofiziološki mehanizmi koji se javljaju u sluznici respiratornih organa uzrokovani su iritacijom nastalom usled aerozagađenja, zbog čega dolazi do vrlo karakterističnih upala praćenih posebnim tipom belih krvnih zrnaca (neutrofili), pojačava se lučenje enzima proteinaze, što je uslovljeno aktivacijom oksidativnog stresa. Aktivacijom oksidativnog stresa u organizmu dolazi do hroničnog oštećenja velikih i malih disajnih puteva, parenhima i krvnih sudova. Patofiziološki mehanizam odgovoran je i za nastanak hronične opstruktivne bolesti pluća i raka pluća. Hronična opstruktivna bolest pluća odnosi se na smanjenje protoka vazduha u disajnim organima, dok za rak pluća ovaj mehanizam predstavlja dodatni rizik, uz aktivno pušenje, koje se smatra osnovnim uzročnikom. Takođe, ovaj mehanizam pogoršava stanje pacijenata sa astmom pojačavajući bronhijalnu hiperreaktivnost što dovodi do pogoršanja respiratornih simptoma, a prilikom dugoročnog delovanja može doći do smanjenja ukupne funkcije pluća. Većina čestica čije su dimenzije veće od  $5 \mu\text{m}$  zadržaću se u gornjem disajnom putu zahvaljujući anatomiji i fiziologiji nosa i paranazalnih šupljina, dok samo mali deo ovih čestica dospeva i taloži se u donji deo disajnih puteva. Do veće količine prolaženja i taloženja ovih čestica u plućima može doći zbog oštećenja sluznice gornjih disajnih organa, usled trajne iritacije polutantima iz vazduha, i kada se disanje odvija na usta, usled neporhodnosti nosa (Stevanović i Nikić, 2005).

## **5.2 Sistem daljinskog grejanja u Evropskoj uniji**

Adekvatno koncipiran sistem daljinskog grejanja može značajno da doprinese održivom energetsom razvoju u budućnosti kako u Evropi, tako i u zemljama bivšeg Sovjetskog Saveza. Zahvaljujući ovom sistemu mogu se ostvariti značajne uštede energije i pojačati energetske stabilnosti svake zemlje, pri čemu je jedan od osnovnih predulsova jačanje i sprovođenje mera politike za podsticaj kvalitetnog upravljanja i pravilnog ulaganja (Golušin, Munitlak-Ivanović i Redžepagić, 2013).

Pod sistemom daljinskog grejanja podrazumeva se tehničko-tehnološki sistem u kojem su energetske objekti međusobno povezani i uz pomoć kojih se proizvodi, prenosi i distribuira toplotna energija, koja zadovoljava stambene i poslovne potrebe potrošača za grejanje i toplu vodu, a često toplotnom energija snabdeva i industriju. Tehničko-tehnološki sistem obuhvata proizvodni izvor, toplovodnu mrežu i toplopredajne stanice. Pod proizvodnim izvorom smatra se sistem postrojenja zahvaljujući kojem se iz primarne energije goriva dobija toplotna energija. Toplovodna mreža obuhvata sistem cevovoda i merno regulacione uređaje. Sistem daljinskog grejanja može se podeliti u više grupa (Milovanović, 2011):

- prema nameni može se podeliti na komunalne sisteme koji se odnose na stambene, poslovne, javne zgrade i na industrijske sisteme u koje spadaju fabrike (u kojima se daljinsko grejanje koristi za potrebe grejanja i tehnološke procese) i
- prema nosiocu toplote deli se na vodene i parne sisteme.

Izvor toplote su obično parni ili vrelovodni kotlovi na čvrsto, tečno ili gasovito gorivo. Sistem cevovoda (toplovod ili parovod) koristi se za transport radnog fluida koji predstavlja nosioca toplote i najčešće se izvodi kao podzemni. Ove cevi moraju biti dobro termički izolovane kako bi se gubici toplote sveli na minimum. Osnovni nosilac toplote u sistemima daljinskog grejanja gde se uglavnom primenjuju vrelovodni sistemi je voda. Toplota koju voda prenosi je direktno proporcionalna masenom protoku i razlici temperatura razvodne i povratne vode. Što je veća temperatura razvodne i povratne vode, maseni protok je manji, pa su samim tim utrošeni rad i snaga pumpe manji, a toplovod je jeftiniji, pošto su dimenzije cevi manje. Ovo je od velikog značaja naročito kada se toplotna energija prenosi na velike razdaljine. Podela mreža daljinskog grejanja može se izvršiti na nekoliko načina (Škundrić, 2011):

- prema konfiguraciji postoje: zrakaste i prstenaste mreže;
- prema broju cevi mogu biti: jednocevne (za transport pare bez povratka kondenzata – smatraju se neekonomičnim); dvocevne (najčešće u primeni); trocevne (dve razvodne sa različitim pravcem i jedna povratna);
- prema načinu polaganja cevi dele se na: nadzemne (jeftinije su, uglavnom se primenjuju u industrijskim kompleksima) i podzemne (cevi u kanalima ili beskanalno polaganje u zemlju).

Raspodela pritiska u mreži u sistemima daljinskog grejanja od izuzetnog je značaja. Pritisak u mreži se razlikuje u stanju mirovanja radnog fluida (statički) i u radu sistema. Maksimalni pritisak vode u grejnim telima je 6 bara, ali se na brežuljastim terenima obavezno primenjuje indirektni sistem, kada se hidraulički razdvajaju primarni i sekundarni cirkulacioni krug, tako da je maksimalni pritisak u primarnom delu mreže 25 bara (Miličić, 2010).

Sistemi daljinskog grejanja mogu da koriste različite vrste goriva i izvora toplote kao što su prirodni gas, ugalj, nafta, kao i goriva dobijena iz obnovljivih izvora. Određeni kotlovi koji se upotrebljavaju za dobijanje toplotne energije mogu da koriste više vrsta goriva. Toplana može da koristi biomasu uz primenu dodatnog gasa ili uglja kada su temperature najniže, ili prirodni gas sa naftom u hitnim slučajevima (Radovanović i Filipović, 2015).

Udeo Sistema daljinskog grejanja u Evropi varira (Slika 25). U zemljama sa tranzitnom ekonomijom daljinsko grejanje obezbeđuje 60% potreba za toplotnom energijom i tolom vodom. U Rusiji se za potrebe daljinskog grejanja troši 30% od ukupne potrošnje energije. Veliki broj sistema daljinskog grejanja suočava se sa finansijskim i tehničkim problemima, najčešće zbog zastarelosti i neodgovarajućih političkih okvira. Sistem daljinskog grejanja u Zapadnoj Evropi, kao i u ostatku sveta može da bude pokazatelj kako dostići veću efikasnost i profitabilnost kod zemalja u tranziciji (Internet izvor 7).



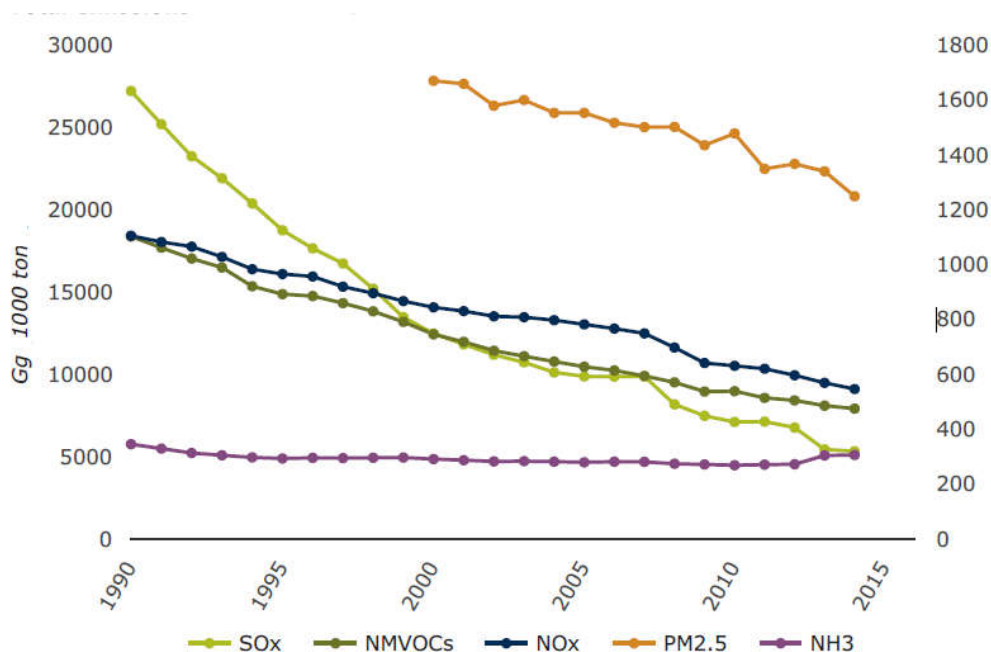
Slika 25. Udeo daljinskog grejanja u Evropi (2012)

Kogeneracija i daljinsko grejanje smanjili su globalnu emisiju ugljen dioksida za 3-4% u poređenju sa alternativama. Daljinsko grejanje takođe može da poboljša energetsku sigurnost zahvaljujući svojoj efikasnosti, primeni lokalnog goriva i zbog svoje fleksibilnosti koja se odnosi na primenu različitih vrsta goriva. Politika igra veoma značajnu ulogu u dugoročnoj održivosti sistema daljinskog grejanja. Dobri zakonski okviri unutar države mogu da pomognu u poboljšanju kvaliteta i efikasnosti usluga daljinskog grejanja. Izgradnjom novih postrojenja zasnovanih na kogeneraciji i poboljšanjem efikasnosti postojećih značajno se može smanjiti emisija ugljen dioksida, što je već i dokazano u industrijskim zemljama (Marković, 2012).

U poređenju sa konkurentnim izvorima toplote sistem daljinskog grejanja može da ima manju emisiju štetnih gasova zbog nekoliko razloga. Ovaj sistem ima uslove za kogeneraciju, a kogeneracije uveliko podiže celokupnu efikasnost energije i toplotne proizvodnje. Dokazano je da kogeneracija na gas proizvodi jednu trećinu emisije gasova sa efektom staklene bašte u odnosu na postrojenja koja za istu namenu koriste ugalj, dok se kod kogeneracije na ugalj proizvede polovina emisije ovih gasova. Sistem daljinskog grejanja može da koristi energiju dobijenu iz mnogih izvora: industrijska otpadna toplota, toplota dobijena iz peći za spaljivanje, geotermalna energija i biomasa (Bojić, 2011).

Daljinsko grejanje takođe može da smanji stepen energetske zavisnosti. Što je veći potencijal efikasnosti znači da je manje energije potrebno. Veća efikasnost postiže se primenom lokalnih izvora kao što je kogeneracija, industrijska otpadna toplota i biomasa. Primenom bilo kojih od ovih izvora dovodi do smanjenja potrebe za uvozom energije, a samim tim stvara se veća energetska nezavisnost zemlje. U mnogim zapadnim zemljama jedan od izazova širenja kogeneracije jeste pronalaženje tržišta za distribuciju toplotne energije. Učešće kogeneracije u sistemima daljinskog grejanja u ovim zemljama je više nego u većini zemalja u tranziciji, što otvara značajne mogućnosti za kogeneraciju u zemljama sa tranzitnom ekonomijom. U centralnoj Evropi udeo kogeneracija čini između 50 do 70% od ukupne proizvodnje toplotne energije, dok u zemljama bivšeg Sovjetskog Saveza ovaj udeo iznosi svega 30 do 50% (Filipović, Verbić i Radovanović, 2015).

Zbog podsticanja primene procesa kogeneracije i primene ostalih modifikacija u radu termoenergetskih postrojenja, antropogene emisije glavnih aerozagađenja značajno su smanjene u većini zemalja članica Evropske unije između 1990 i 2014 godine. Emisija azotnih oksida smanjena je za 51%, sumpornih oksida za 80%, emisija nemetanskih isparljivih supstanci smanjena je za 57%, amonijaka za 11%, dok je emisija praškastih materija smanjena za 36%, što je prikazano na Slici 26 (Internet izvor 8).



Slika 26. Ukupna emisija glavnih aerozagađivača u zemljama Evropske unije (1990 – 2015)

Emisija azotnih oksida u sektoru koji se odnosi na proizvodnju i distribuciju energije takođe je smanjena i približno je prepolovljena u odnosu na emisiju iz 1990. godine. Ovo je postignuto kroz realizaciju mera kao što su modifikacija sagorevanja (primenom gorionika koji doprinosi emisiji veoma niskog sadržaja NO<sub>x</sub>), uvođenjem smanjenja negativnih uticaja dimnih gasova i zamena goriva (prelaskom sa uglja na prirodni gas). Emisija praškastih materija u ovom sektoru smanjenja je za 12%. Zamenom goriva smanjila se emisija PM<sub>2.5</sub> a uvođenje opreme za ublažavanje štetnog dejstva (elektrofilteri) imalo je značajnog efekta u smanjenju emisije praškastih materija.

Između 2005. i 2014. godine, potrošnja prirodnog gasa smanjila se za 18,6%, od toga se 22,1% smanjio u domaćinstvima i 5,3% u sektoru usluga. 2014. godine domaćinstva su činila najveći udeo u potrošnji energije prirodnog gasa (42%) u EU (*Eurostat*).

### **5.3 Sistem daljinskog grejanja u zemljama u tranziciji**

Daljinsko grejanje toplotnom energijom i snabdevanje toplom vodom obuhvata oko 60% potrošača u zemljama u tranziciji i predstavlja kritičan izvor energije u tranzitnim ekonomijama ovih zemalja. Daljinsko grejanje može gradovima da obezbedi isplativ, ekološki izvor toplotne i električne energije i da istvremeno igra značajnu ulogu u smanjenju ili stabilizaciji emisije ugljen dioksida. Mnogi sistemi daljinskog grejanja u zemljama u tranziciji suočavaju se sa poteškoćama kao što su: neefikasna proizvodnja toplotne energije, troškovi koji premašuju prihode i pad prodaje. Najveći problem sa kojima se suočava sistem daljinskog grejanja u državama koje se nalaze u tranziciji često su finansijske, tehničke i menadžerske prirode, a u velikoj meri su posledica neadekvatnog zakonodavnog okvira. Niska efikasnost ovih sistema, prevazilaženje kapaciteta, nekvalitetna usluga, korupcija, neadekvatna naplata usluga dovodi do direktnog uticaja na investiranje u ovaj sektor. Dodatni problem ovakvih sistema predstavlja i to što je fokus stavljen na proizvodnju i tehnički rad, a ne na potrebe potrošača (Lončar i Riđan, 2012).

Sa unapređenim zakonodavnim okvirom, daljinsko grejanje u zemljama u tranziciji moglo bi da uštedi količinu energije koja je ekvivalentna 80 milijardi kubnih metara prirodnog gasa godišnje, što otprilike predstavlja godišnju potrošnju u Nemačkoj. Ovakvom uštedom smanjila bi se emisija ugljen dioksida za 350 miliona tona na godišnjem nivou. Povećanjem efikasnosti distributivnog sistema kao i samih zgrada dovelo bi do još većih ušteda. Kao primer zemlje sa lošim daljinskim grejanjem može se navesti Rusija, u kojoj je godišnja potrošnja prirodnog gasa oko 150 milijardi kubnih metara - što je za samo 30 milijard kubnih metara manje od njihovog ukupnog godišnjeg izvoza (Rehdanz, 2007).

Većina sistema daljinskog grejanja u zemljama u tranziciji radi sa manjom efikasnošću u odnosu na sisteme na Zapadu. Navedena neefikasnost počinje već od samih kotlova. Distributivni sistemi gube i do 30% toplote u toku prenosa, dok u Centralnoj Evropi gubitak iznosi do 12%. Na samom kraju, gubitak toplote ogleda se i u jako maloj energetskej efikasnosti zgrada, koje su često bez ili sa vrlo lošom izolacijom i nekvalitetnom stolarijom. Usled neefikasnosti sistema dolazi do povećanja troškova, što opterećuje porodični budžet posebno porodica sa niskim primanjima. Distributivni

sistemi zemalja u tranziciji u većini slučajeva su predimenzionisani, odnosno celokupna infrastruktura je veća od potrebne. Ovaj problem se dodatno može pogoršati kada počnu da se gube konzumenti. Ravnoteža ponude i potražnje je veoma važna: kada sistem prevazilazi svoje kapacitete, samim tim se i troškovi povećavaju. Gubici su mnogo veći ukoliko operacioni sistem snabdeva samo polovinu kapaciteta, dok je u pogledu održavanja mnogo skuplje održavati veće sisteme od manjih. Ovakvi sistemi takođe imaju standardno visoke cene, što onemogućava da se troškovi smanje ukoliko dođe do smanjenja kapaciteta konzuma (Tomasović, 2014).

Servisne usluge takođe predstavljaju veliki problem, zbog nefleksibilnosti velikih sistema, pa se samim tim javlja i nemogućnost adaptiranja na promene u kapacitetu (potražnji): stanovi su najčešće prezagrevani ili nedovoljno zagrevani. Većina novih članica Evropske unije, kao i zemlje koje su u postupku pristupanja, suočile su se sa padom tržišnog učešća daljinskog grejanja. Ostale države sa tranzitnom ekonomijom su doživele totalni pad potražnje za daljinskim grejanjem, čak i kada se tržišni udeo ne menja. Glavni konkurentni daljinskog grejanja jesu male kotlarnice u zgradama, čiji se stanovi zagrevaju zahvaljujući upotrebi malih kotlova u stanovima koji koriste prirodni gas. Cene prirodnog gasa su u većoj meri subvencionirane u nekoliko zemalja što je rezultiralo najvećim padom korišćenja sistema daljinskog grejanja. U mnogim slučajevima ulaganje u ovakve sisteme se pokazalo kao veoma pogrešno, nakon što je cena prirodnog gasa počela da raste. U svakom slučaju, loša uprava i nekvalitetno pružanje usluga centralnog grejanja takođe su odigrali značajnu ulogu. Potražnja je u mnogim zemljama ponovo počela da raste. Ukrajina je zabeležila porast od 9% u 2003. godini, dok je u Litvaniji zabeležen porast prodaje toplote za 1% u periodu od 2000. do 2012. godine. Ovo je dokaz da se trendovi menjaju, barem u onim zemljama koje su bile efikasnije (aktivnije) u reformisanju poslednjih godina. Budući trendovi potražnje u najvećoj meri će zavisiti od odlučnosti i jasnoće regulative daljinskog grejanja (Connolly i dr, 2014).

Jasna i koordinirana politika, a pre svega regulativa može obezbediti ravnopravno učešće daljinskog grejanja u poređenju sa drugim toplotnim izvorima u energetskom sektoru. Na primer, liberalizacija ili subvencionisanje u drugim sektorima može značajno da utiče na sistem daljinskog grejanja. Kvalitetna strategija u oblasti energetike svakako može da doprinese boljim i poboljšanim upravljanjem sistema daljinskog grejanja. Sistem daljinskog grejanja može da donese višestruku korist kada se njima dobro upravlja i kada je dobro organizovano. Veoma je važno uzeti u obzir ove prednosti kada se vrši procena remonta sistema. Reformisanjem, modernizovanjem i remontom sistema može se smanjiti emisija, povećati energetska bezbednost i promovisati ekonomski razvoj. Ove reforme takođe predstavljaju ključne komponente uspešnih energetskih reformi u celini (Golušin, Munitlak-Ivanović, 2011).

Većina mreža u sistemima daljinskog grejanja u tranzitnim ekonomijama, rade pod stalnim režim protoka, u kojima se toplotna napajanja (a samim tim i nivo potrošnje) podešavaju ručno, odnosno variranjem temperature protoka u postrojenjima toplotne proizvodnje, najčešće u opsegu između 70-130°C. Toplota snabdevanja individualnih zgrada zavisi od hidraulične ravnoteže na distributivnoj mreži. Zbog toga je toplota često neravnomerno raspoređena, što kao krajnji rezultat dovodi do različitih temperature u stanovima (od previše visokih do veoma niskih). Obično se sa stalnim režimskim protokom, samo jedan izvor toplote može da snabdeva svaki sektor distributivnog sistema, što smanjuje gubljenje toplote.

Distributivne cevi generalno prenose toplu vodu ili paru do podstanice, koja zatim distribuira toplotu i toplu vodu svakom konzumu pojedinačno. Sistemi u državama bivšeg Sovjetskog Saveza tipično se zasnivaju na prenosu pare, što predstavlja manje efikasan način da se obezbedi centralno grejanje u odnosu na toplu vodu. Podstanice su najčešće smeštene pojedinačno po zgradama (što je uobičajeno za Zapadnu Evropu) ili kao što je to slučaj kod većine država Istočnog bloka, jedna podstanica snabdeva nekoliko zgrada. Ova sekundarna mreža, od podstanice do pojedinačnih zgrada, često dovodi do velikih gubitaka toplote, a njihov radni vek je kratak. U zgradama su toplotne cevi koje snabdevaju radijatore najčešće povezane u jednocevne sisteme (*one-pipe systems*). U ovakvom tipu sistema topla voda teče kroz radijatore koji su međusobno vertikalno povezani. Pošto su svi stanovi povezani, nije moguće kontrolisati toplotu u svakom pojedinačnom stanu. Nekoliko vertikalnih cevi prolazi kroz svaki stan. Pojedinačno merenje temperature u svakom stanu zahtevalo bi višestruka merenje, što nije isplativo, ali je moguće proceniti potrošnju uz pomoć razdeljivača. Druga posledica koja nastaje zbog vertikalnog povezivanja jeste to što je temperatura svakog radijatora manja od onog koji se nalazi ispred njega. U Zapadnoj Evropi, dvocevni sistemi (*two-pipe systems*) su mnogo češći, u njima su cevi najčešće horizontalno povezane, tako da se svaki stan snabdeva iz jedne petlje. *Retrofitting heating pipes* sistem u postojećim zgradama je veoma skup i retko se isplati, ali nove zgrade imaju mogućnost ugradnje mnogo efikasnijeg Sistema (Tomasović, 2014).

Centralno grejanje u zemljama u tranziciji dostupno je samo u toku predodređene sezone grejanja, koje najčešće traje od oktobra do aprila. Topla voda se obezbeđuje tokom cele godine, osim u slučaju kada se vrši popravka ili redovno godišnje servisiranje sistema, koje može da traje dve do osam nedelju u toku leta. Prestanak isporuke tople vode predstavlja jedan od razloga nezadovoljstva kod konzumenata. U Zapadnoj Evropi ovo nije slučaj, zato što su i centralno grejanje i topla potrošna voda dostupni tokom cele godine (Fankhauser i Tepić, 2007).

Svetska banka (*The World Bank*) procenjuje da je energetska efikasnost tipičnih kogeneracijskih postrojenja između 70-75% u Istočnoj Evropi, što je manje u odnosu na Zapadnu Evropu, gde iznosi od 80-90%. Efikasnost starijih toplotnih kotlova procenjena je na 60-80%. Efikasnost kotlova se može povećati do 85% uvođenjem modernih automatizovanih i kontrolisanih sistema, zamenom gorionika i čišćenjem kotlovskih površina. Gubici toplote u proizvodnji, distribuciji i pri isporuci su u zemljama u tranziciji takođe veći nego u zemaljama Zapadne Evrope. Kumulativni toplotni gubici od proizvodnje preko transporta do krajnjeg korisnika procenjeni su na nivou između 35 do 77% u Centralnoj i Istočnoj Evropi, kao i u državama bivšeg Sovjetskog Saveza, a prikazani su u Tabeli 21 (Anisimova, 2011).

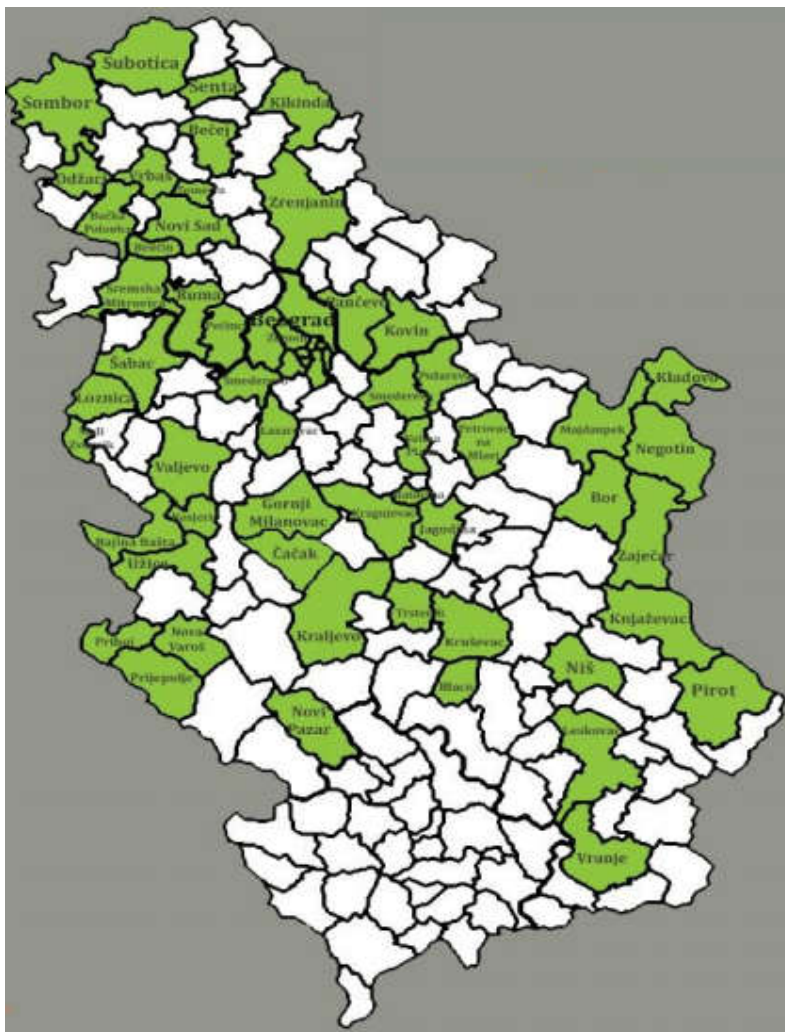
Tabela 21. Gubici toplote tokom proizvodnje, distribucije i isporuke u zemljama u tranziciji i u Zapadnoj Evropi

	<b>Jedinica</b>	<b>Centralna i Istočna Evropa, države bivšeg SSSR-a</b>	<b>Zapadna Evropa</b>
<b>Toplotna potrošnja (godišnja potrošnja energije/zagrevanje prostora)</b>	kWh/m <sup>3</sup>	70 do 90	45 do 50
<b>Distributivni gubici</b>	% toplotno snabdevanje	15 do 25	5 do 10
<b>Promena protoka vode (godišnji zapremina/zapremina mrežnog sistema)</b>	Godišnje dopunjavanje	10 do 30	1 do 5
<b>Proizvodni gubici</b>	% energija goriva	15 do 40	5 do 15

#### **5.4 Sistem daljinskog grejanja u Republici Srbiji**

Sistem daljinskog grejanja u Srbiji funkcioniše u 57 gradova. Ukupan kapacitet proizvodnih postrojenja iznosi 7000 MW, dok godišnja proizvodnja toplotne energije iznosi 8000 GWh. Oko 25% stanovništva snabdeva se toplotnom energijom iz toplana, dok u Novom Sadu sistem daljinskog grejanja obuhvata 60% stanovništva. Prosečna specifična finalna potrošnja energije za grejanje iznosi između 130 i 180 kWh/m<sup>2</sup> god, dok godišnji troškovi za energente iznose oko 400 miliona evra. Prikaz opština sa sistemom daljinskog grejanja u Srbiji dat je na Slici 27 (Studija o dostignućima i perspektivama na putu ka zelenoj ekonomiji i održivom rastu u Srbiji, 2012).



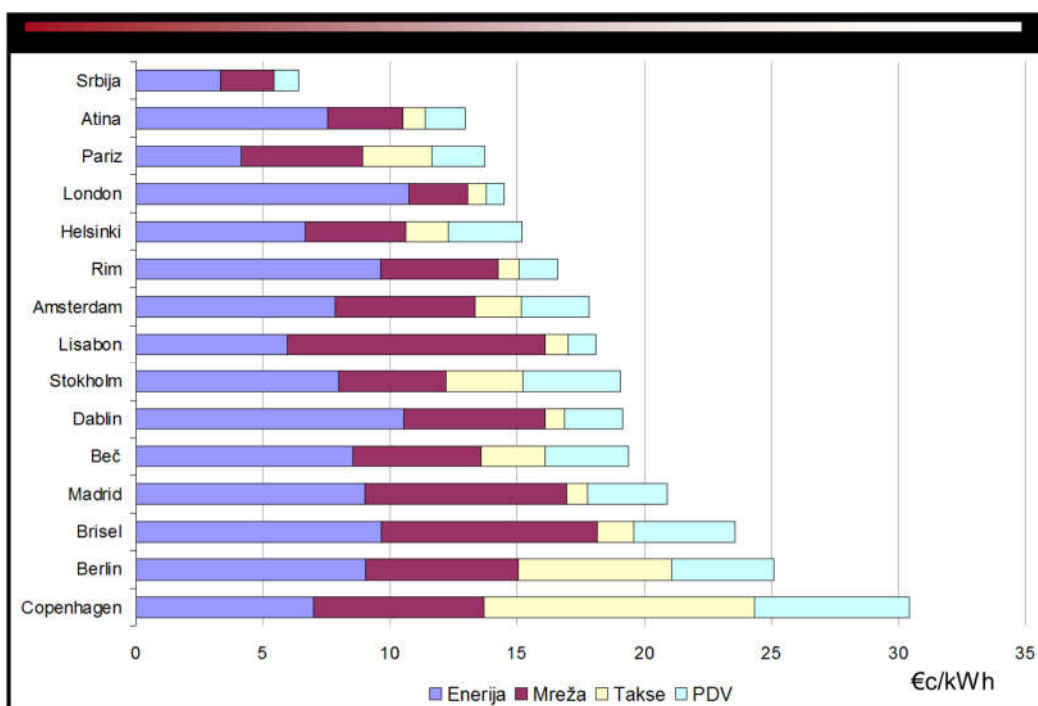


Slika 27. Opštine u Republici Srbiji sa sistemom daljinskog grejanja

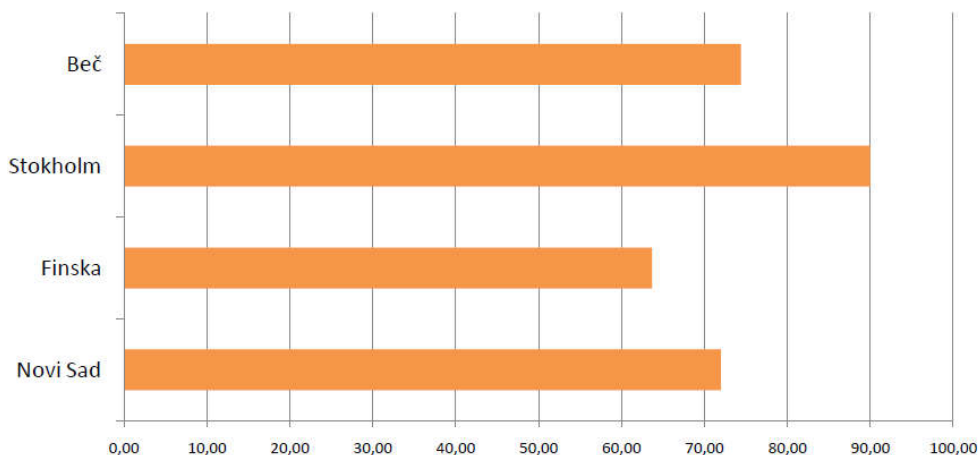
Republika Srbija spada u zemlje u tranziciji tako da se sistem daljinskog grejanja nije puno menjao tokom prethodnih decenija. U Republici Srbiji se i dalje za proizvodnju toplotne energije u sistemima daljinskog grejanja koriste komercijalna goriva kao što su prirodni gas, mazut i ugalj. Kogeneracija, primena otpadne toplote i biomase u Republici Srbiji još uvek nema značajnog udela. Činjenica je da udeo komercijalnih goriva u ovim sistemima u Republici Srbiji iznosi preko 90%, dok je u zemljama Evropske unije taj udeo svega 15%.

Neoptimizovana distribucija i isporuka toplote u Srbiji je jedan od problema koji utiču na neefikasnost distribucije i isporuk etoplotne energije. Modernizacija podstanica u sistemima daljinskog grejanja omogućila bi značajne uštede (do 15% ukupno potrebne energije). Gubici koji se javljaju tokom distribucije toplotne energije nastaju usled lošeg stanja distributivnih mreža, zbog loše izolacije i velikog gubitka vode usled havarija. (Golušin, Tešić i Ostojić, 2009). Cena prirodnog gasa, koji se koristi kao energent u toplanama u velikoj meri varira u različitim zemljama, što značajno utiče na cenu daljinskog grejanja. Prikaz cena prirodnog gasa i cena daljinskog grejanja u Srbiji i

odabranim evropskim gradovima dat je na Slikama 28 (Anderson, 2013) i 29 (Internet izvor 9).



Slika 28. Cene prirodnog gasa u odabranim gradovima Evrope (2013)



Slika 29. Cena daljinskog grejanja u Beču, Stokholmu, Finskoj i Novom Sadu

Račun za daljinsko grejanje predstavlja značajan deo raspoloživog dohotka domaćinstava koja koriste ovu uslugu u Srbiji. Iako je cena prirodnog gasa u Republici Srbiji relativno niska u odnosu na druga tržišta, cena daljinskog grejanja u poređenu sa cenama u razvijenijim zemljama nije niža, kao što bi se moglo očekivati. Prosečan račun domaćinstva u Novom Sadu koje troši 9,000 kWh za jednu grejnu sezonu sa 6 kW

instalirane snage iznosi na godišnjem nivou prelazi 10% ukupnog raspoloživog dohotka vojvođanskog domaćinstva.

Pored svih problema sa kojima se suočava usled zastarele opreme, prekoračenja životnog veka kotlova, slabe efikasnosti, poslovni prihodi daljinskog grejanja u Republici Srbiji suočeni su sa niskom naplatom, tako da prihodi nisu dovoljni za pokrivanje troškova. Efikasnost naplate od strane domaćinstava naiznosi od 15 do 82%, dok kod poslovnih potrošača ona iznosi od 35 do 99%. Dug za račune po ovom osnovu iznosi 200 miliona evra. Mnoge industrije subvencionirane su od strane države pa se njihovi dugovi prema toplanama ne izmiruju pravovremeno.

Većina domaćinstava u Srbiji (uključujući i velike gradove) se suočava sa energetske siromaštvom, koje će se sve više povećavati ukoliko se ne primene mere uštede energije, ne podigne energetska efikasnost stambenih i drugih objekata i ne podrži korišćenje obnovljivih izvora energije (Golušin, Tešić i Ostojić, 2009).

## **5.5 Prirodni gas kao energent u sistemu daljinskog grejanja**

Prirodni gas predstavlja smešu gasova koju u najvećem procentu čini metan ( $\text{CH}_4$ ), koga u prirodnom gasu ima i do 98%. Ostali gasoviti ugljovodonici koji se nalaze u prirodnom gasu su etan, butan, propan i pentan, a u većoj ili manjoj meri sadrži još i primese azota, ugljen dioksida, ugljen monoksida i kiseonika. Ponekad se u ovoj smeši mogu naći i jedinjenja sumpora. Prirodni gas predstavlja fosilno gorivo koje ima najmanji koeficijent emisije  $\text{CO}_2$ , pa se iz tog razloga u nekim slučajevima smatra ekološkim gorivom. U prirodi može da se javlja samostalno ili u kombinaciji sa naftom. Kada se javlja samostalno, sadržaj metana kreće se u rasponu od 98 do 100% i ovakav gas naziva se suvi zemni gas. U kombinaciji sa naftom predstavlja vlažni zemni gas i u ovom slučaju sadrži malo veću količinu etana, propana i butana (najviše do 34%). Prirodni gas se može klasifikovati i prema sadržaju težih ugljovodonika na suvi, siromašni i bogati. To je gas bez boje i mirisa, zapaljiv na temperature od  $650^\circ\text{C}$ . Nalazište prirodnog gasa ima veliki uticaj na njegov sastav, a sa različitim sastavom menja se i njegova toplotna moć. Toplotna moć prirodnog gasa kreće se u rasponu od  $36 \text{ MJ/m}^3$  za suvi gas, pa do  $38 \text{ MJ/m}^3$  za vlažni, čija toplotna moć može biti i do  $41 \text{ MJ/m}^3$ . Što je veći udeo primesa u prirodnom gasu toplotna moć se smanjuje i obrnuto; toplotna moć prirodnog gasa raste sa većim udelom ugljovodonika u gasovitom stanju. Gornja toplotna moć prirodnog gasa u pojedinim državama proizvođačima prirodnog gasa prikazana je u Tabeli 22 (Mičić, R, 2015).

Tabela 22. Gornja toplotna moć prirodnog gasa u pojedinim državama proizvođačima prirodnog gasa

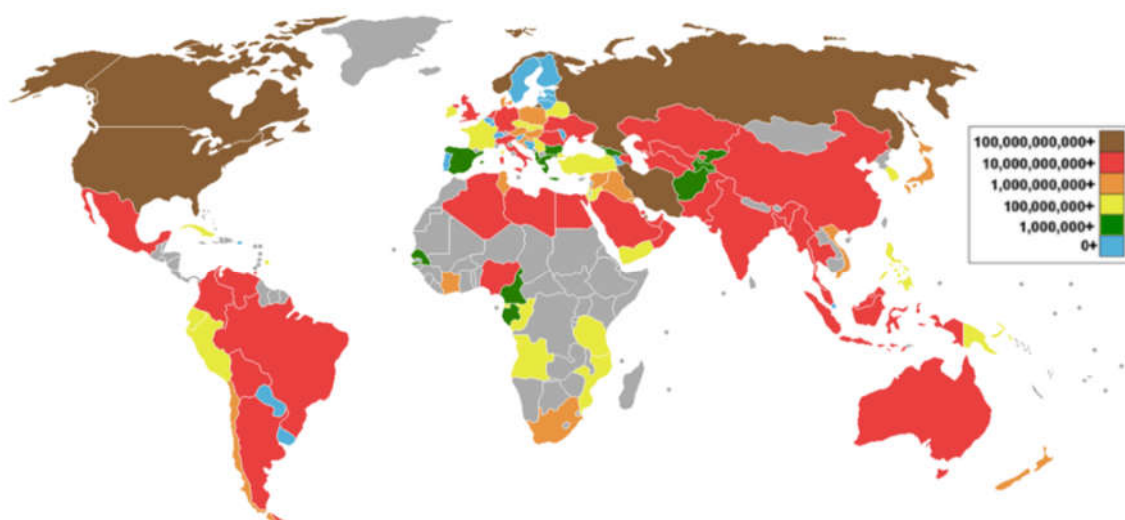
Poreklo gasa	Toplotna moć (MJ/m <sup>3</sup> )
Alžir	42
Indonezija	40,6
Norveška	39,88
Velika Britanija	39,71
Sjedinjene Američke Države	38,42
Rusija	38,23
Kanada	38,2
Saudijska Arabija	38
Uzbekistan	37,89
Holandija	33,32

Prirodni gas se smatra strateškim energentom, a sa udelom od 20% u ukupnoj energetskoj potrošnji u svetu. Iako predstavlja čisto gorivo, njegovim sagorevanjem oslobađaju se gasovi sa efektom staklene bašte, tačnije ugljen dioksid, a prilikom curenja javlja se metan koji se oslobađa u troposferu. Prirodni gas nije otrovan, sagoreva plavim plamenom, a njegova gustina iznosi približno oko 0,68 kg/m<sup>3</sup>. Male koncentracije ugljen dioksida koje se emituju tokom sagorevanja prirodnog gasa, ukoliko se kreću u koncentracijama do 1% nisu otrovne po čoveka. U slučajevima kada se koncentraciju emitovanog CO<sub>2</sub> kreću u opsegu između 4-5% dolazi do nadraživanja respiratornih organa, dok se emitovana koncentracije ugljen dioksida oko 10% smatra veoma toksičnom i izaziva jako trovanje. U poređenju sa ugljem i naftom emisija CO<sub>2</sub> koja nastaje sagorevanjem prirodnog gasa je mnogo manja; u odnosu na ugalj prirodni gas emituje 45% manje, a u odnosu na naftu 30% manje ugljen dioksida. Za svaki proizvedeni MWh, za isti energetski efekat, elektrana na prirodni gas ispušta upola manje ugljen dioksida od elektrane na ugalj.

Do pojave ugljen monoksida u produktima sagorevanja dolazu usled nepotpunog sagorevanja prirodnog gasa prouzrokovanim povišenim sadržajem ugljen dioksida. Pojava ugljen monoksida prilikom sagorevanja prirodnog gasa vrlo je nepoželjna kada se uzime u obzir da je ugljen monoksid otrovan i lako zapaljiv gas što dovodi do gubitka toplote. Kiseonik u prirodni gas dospeva na dva načina: direktnim mešanjem prirodnog gasa i kiseonika ili mešanjem prirodnog sa dimnim gasovima koji uvek u svojoj smeši sadrže kiseonik. Kako kiseonik spade u jake oksidanse, njegovo prisustvo u prirodnom gasu strogo je kontrolisano i ograničeno, zato što svojim prisustvom prirodni gas postaje eksplozivno opasan (Chatel-Pelage, 2006).

Svoju široku primenu prirodni gas pronašao je u domaćinstvima kao energent koji se koristi za grejanje i za kuvanje, u industriji u proizvodnji amonijaka i veštačkih đubriva, za proizvodnju električne energije, a koristi se i kao pogonsko gorivo. Kao pogonsko gorivo koristi se kao komprimovani prirodni gas i kao tečni prirodni gas (Brkić, 2005).

Uloga prirodnog gasa na svetskom tržištu je veoma bitna i značajna, uzimajući u obzir da su prirodne rezerve procenjene na više od 100 godina, dok se za naftne rezerve procenjuju na manje od 60 godina. U odnosu na druga konvencionalna goriva, prirodni gas ima prednost i sa stanovišta energije, ekologije i ekonomije, što ga čini energetnom u ekspanziji. Pola svetskih rezervi prirodnog gasa nalazi se u Rusiji i Iranu. Pored ovih država najveća nalazišta nalaze još u Sjedinjenim Američkim Državama, Alžiru i na Bliskom Istoku. U Srbiji se najveća i najvažnija nalazišta nalaze u Vojvodini: u Kikindi, Mokrinu, Elemiru i Plandištu, a rezerve su procenjene na 49,14 milijarde kubnih metara. Najveći proizvođači prirodnog gasa u svetu su Rusija, Kanada i SAD su prikazani na Slici 30 (Radovanović, Filipović i Pavlović, 2017).



Slika 30. Proizvodnja prirodnog gasa u  $m^3$  u svetu na godišnjem nivou

Prema „Nacrtu Strategije Razvoja Energetike Republike Srbije za period do 2025. godine sa projekcijom do 2030. godine” (2012) strateški razvoj energetike zasnovan je na uspostavljanju balansa između proizvodnje energije iz dostupnih izvora, potrošnje energije sa tržišnim i socijalno održivim karakterom, i efikasnije proizvodnje i korišćenja što čistije energije iz obnovljivih izvora. U Nacrtu navedene Strategije prirodni gas ocenjen je kao ekološki najprihvatljivije konvencionalno gorivo i kao energetski izvor XXI veka.

Prema usvojenim standardima gasovita goriva treba da budu vrlo kvalitetna odnosno treba da zadovolje visoke zahteve. Razlikuju se četiri grupe gasovitih goriva, a podela je izvršena na osnovu toplotnog opterećenja gorionika koja se izražava preko *Wobbe Index* (Zachariah-Wolf, Egyedi i Hemmes, 2007).

- U prvu grupu spadaju gasovi koji su bogati vodonikom i mogu se podeliti u dve podgrupe na osnovu veličine *Wobbe Index-a*: A (23,0-28,1 MJ/m<sup>3</sup>) i B (28,1-33,5 MJ/m<sup>3</sup>) Ovoj grupi pripadaju gradski gas i daljinski gas.
- U drugu grupu spadaju gasovi bogati metanom. Uglavnom su to gasovi iz prirodnih nalazišta, mogu biti još i sintezni prirodni gasovovi, kao i gasovi koji se koriste za njihovu zamenu. Na osnovu *Wobbe Index-a* i ovi gasovi dele se u dve podgrupe: L (37,8-46,8 MJ/m<sup>3</sup>) i H (46,1-56,5 MJ/m<sup>3</sup>).
- U treću grupu spadaju tečni naftni gasovi (77,4-92,5 MJ/m<sup>3</sup>).

- U četvrtu grupu spadaju gasovi nastali kao smeše ugljovodonika i vazduha, proizvedenih od tečnih naftnih ili prirodnih gasova, a to su: propan-butan-vazduh (24,5-25,2 MJ/m<sup>3</sup>) i prirodni gas-vazduh (25,2 MJ/m<sup>3</sup>)

Prirodni gas koji se koristi u Republici Srbiji pripada drugoj grupi prirodnih gasova i u najvećem delu uvozi se iz Rusije, a u manjoj količini koristi se i gas iz Banata. Tabela 27. Procenjena potrošnja prirodnog gasa u Republici Srbiji prikazana je u Tabeli 23 (Startegija razvoja energetike Republike Srbije do 2025. godine sa projekcijama do 2030. godine, 2015).

Tabela 23. Procenjena potrošnja prirodnog gasa u Republici Srbiji (10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>)

Godina	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Potrošnja	1,7	2,7-3	3,4-4	4,5-5	5,5-6	6,5-7

U Republici Srbiji donja toplotna moć prirodnog gasa iznosi 33,338 MJ/m<sup>3</sup>. Uobičajeni sastav i toplotna vrednost uvoznog prirodnog gasa u Republici Srbiji prikazana je u tabeli 24 (Startegija razvoja energetike Republike Srbije do 2025. godine sa projekcijama do 2030. godine, 2015).

Tabela 24. Uobičajeni sastav i toplotna vrednost uvoznog prirodnog gasa u Republici Srbiji

Sastav uvezenog prirodnog gasa u molekulskim procentima										Donja toplotna vrednost kJ/m <sup>3</sup>	Gustina gasa kg/m <sup>3</sup>
Metan C1	Etan	Propan	I-butan	N-butan	I-pentan	N-pentan	Heksan	Azot	CO <sub>2</sub>		
96,184	1,62	0,51	0,086	0,089	0,018	0,012	0,019	0,99	0,471	34,432	0,7112

Sva čvrsta goriva (uključujući prirodni gas) predstavljaju osnovni oblik energije koji se direktno mogu upotrebljavati uz elementarnu pripremu. Uzimajući u obzir da je od svih pomenutih goriva prirodni gas najčistiji, opravdana je potreba za povećanjem njegove neposredne upotrebe. Svi ostali oblici energije, kao što su nuklearno gorivo, sirova nafta i sl., da bi mogli da se koriste, zahtevaju transformaciju ove energije u koristan vid energije.

Preko veštačkih bušotina na gasnim ili gasno-naftnim poljima dobija se prirodni gas. Kompletni proces eksploatacija prati se putem mernog separatora, koji se nalazi u sabirnom sistemu. Prirodni gas se do sabirnog sistema dovodi preko podzemnih bušotinskih gasovoda, gde se zahvaljujući zbirnom separatoru vrši izdvajanje ili vode i kondenzata iz gasa ili se vrši izdvajanje vode i prirodnog gasa iz nafte. Tako očišćen gas se sprovodi na sušenje u postrojenje dehidracije, meri se i dalje sprovodi gasovodom do degazolinaže ili u transportni distributivni sistem, u zavisnosti od njegove suvoće. Suvi prirodni gas se distribuira do krajnjih korisnika preko primopredajnih stanica do kojih se gas transportuje putem gasovoda velikih prečnika u kojima se nalaze kompresorske

stanice. Da bi došlo do potpunog sagorevanja prirodnog gasa, za jedan kubni metar gasa potrebno je približno 2 kubna metra kiseonika, odnosno oko 10 kubnih metara vazduha. Prilikom sagorevanja ne dolazi do pojave dima, čađi i pepela, kao ni sumpor dioksida i ugljen monoksida, tako da se u ovom procesu ne javljaju supstance koje utiču na zagađenje vazduha. Radi brže i efikasnije intervencije u slučaju curenja gasa, prirodnom gasu se dodaje odorant. Odorant predstavlja sredstvo koje ima jak, karakterističan, specifičan i vrlo neprijatan miris, a sam proces u kojem se prirodnom gasu dodaje odorant naziva se odorizacija. Prilikom sagorevanja prirodnog gasa zajedno sa njim sagoreva i odorant, ali se neprijatni mirisi ne javljaju u produktima sagorevanja (Mitrović, Živković i Rašković, 2004).

Neposrednom upotrebom prirodnog gasa može se zadovoljiti od 80-85% energetskih potreba domaćinstva (grejanje prostorija, kuvanje, priprema tople vode). U poređenju sa vrelom vodom iz toplana i kotlarnica, prirodni gas postiže veću efikasnost u pojedinačnim ložištima za grejanje. Gasna mreža za razliku od vrelovodne ne zahteva toplotnu izolaciju, što takođe predstavlja prednost upotrebe prirodnog gasa. Step en iskorišćenja je vrlo visok, zato što nema potrebe za početnim grejanjem kao npr. kod ploče za kuvanje, a samim tim nema ni gubitaka. Lako se transportuje i ne zahteva posebno skladište. Prirodni gas se sve više koristi u komprimovanom stanju za sve vrste motornih vozila. Najveći svetski korisnici komprimovanog gasa su Pakistan, Indija, Iran i Brazil, dok su u Evropi to Nemačka i Italija. Prirodni gas moguće je koristiti kako za grejanje tako i za hlađenje prostorija zahvaljujući kombinovanim toplotnim pumpama, a moguće ga je koristiti i samo direktno za hlađenje. Najveći nedostatak upotrebe prirodnog gasa jeste opasnost od eksplozije, ali primenom savremenih rešenja nivo opasnosti je sveden na minimum (Radovanović, Filipović i Pavlović, 2017).

JKP „Novosadska toplana” kao osnovni energent koristi prirodni gas. Za ovo preduzeće s pravom se može reći da je dostiglo najviše ekološke standard, zahvaljujući konstantnom monitoringu emisija zagađujućih materija, kao i kontrolom i unapređenjem procesa sagorevanja uvođenjem inovacija. Prikaz potrošnje prirodnog gasa u JKP „Novosadska toplana” u period od 2011-2015 data je u tabeli 25 (JKP „Novosadska toplana” – interna dokumentacija).

Tabela 25. Potrošnja prirodnog gasa u JKP „Novosadska toplana” (2011-2015)

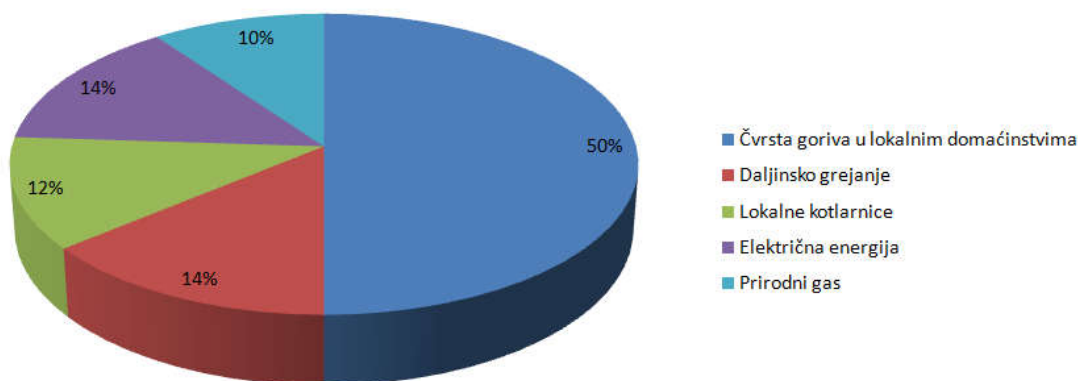
Godina	2011	2012	2013	2014	2015
Potrošnja prirodnog gasa (stm <sup>3</sup> )	73.147,235	74.943,680	73.993,207	81.501,629	97.021,704

## 5.6 Energetska efikasnost termoenergetskih postrojenja

Energetska efikasnost predstavlja način upravljanja i ograničavanja rasta potrošnje energije, a da se pri tome uslovi rada i života ne narušavaju. Da bi se postigla bolja energetska efikasnost potrebno je da se za istu količinu energije pruža više usluga ili iste usluge uz potrošnju manje količinu energije. Pojam energetska efikasnost ima dva

moгуća značenja, gde se jedno odnosi na tehničke uređaje, dok se drugo odnosi na određene mere i ponašanja. Da bi se postiglo povećanje energetske efikasnosti, a sve u cilju smanjenja gubitka energije potrebno je: zameniti energetske neefikasne potrošače efikasnijim, prelazak sa neobnovljivih na obnovljive energente, zamena ili ugradnja efikasnijih sistema koji služe za grejanje, hlađenje ili ventilaciju, ugradnja mernih i regulacionih uređaja, dobra izolacija objekata i zamena neefikasne ili dotrajale stolarije u njima. (Energetska efikasnost, 2013).

U urbanim sredinama najbolji i najefikasniji način toplotnog snabdevanja stanovništva jeste putem sistema daljinskog grejanja. Sa stanovišta energetske efikasnosti, a u poređenju sa veličinom instalisane snage može se reći da daljinsko grejanje u Republici Srbiji poseduje visok stepen energetske neefikasnosti, upravo zbog strukture goriva koje se koristi (Slika 31). Daljinsko grejanje predstavlja samo jedan vid energetske neefikasnosti u našoj zemlji, pa se zbog toga može reći da jedan od najvećih potencijala za unapređenje energetske efikasnosti u Republici Srbiji (Zakon o efikasnom korišćenju energije, 2013).



Slika 31. Vrste energenata koji se koriste za zagrevanje domaćinstava u Republici Srbiji

Kao što se može videti na slici 27, najrasprostranjeniji način zagrevanja domaćinstava u Republici Srbiji je na čvrsto gorivo, jer čini 50% u odnosu na sve ostale opcije. Daljinsko grejanje se koristi u svega 14% domaćinstava u Srbiji. Ovaj vid grejanja je po pitanju konstruktivnih i građevinskih rešenja dosta ograničen, što samim tim smanjuje mogućnosti primene kvalitetnijih i optimalnijih centralizovanih jedinica. Poboljšanja energetske efikasnosti može se realizovati ukoliko se poznaju prediktivni termički modeli svih ili barem ključnih potrošača. Dalje unapređenje može se ostvariti kroz različite analize delovanja određenih klimatskih faktora na procese gubitke toplote.

Parni kotlovi u termoelektranama su najpodložniji padu stepena korisnosti tokom eksploatacije što direktno uzrokuje pad energetske efikasnosti celog bloka, odnosno pada stepena korisnosti cele termoelektrane. Do smanjenja energetske efikasnosti kotla najčešće dolazi usled promene u kvalitetu energenta (najčešće je u pitanju ugalj), gubitaka u nesagorelim i čvrstim materijama, porastu temperature dimnih gasova, zaprljanosti grejnih površina, kao i usled prisilnog hladnog vazduha. Otkrivanje tačnog uzroka opadanja energetske efikasnosti kotla i odstupanje od referentnih vrednosti vrlo je težak



i komplikovan zadatak, zato što se pored navedenih parametara u obzir moraju uzeti mnogi složeni i međusobno povezani procesi zbog kojih dolazi do pomenutih odstupanja. Da bi se ovi uzroci otkrili potrebno je pored obučenog kadra imati i odgovarajući mernu opremu, zatim je potrebno svakom kotlu pristupiti ponaosob zato što zbog svoje specifičnosti svaki od njih zahteva određene procedure, a poželjno je i s vremena na vreme obavljati konsultacije sa specijalizovanim institucijama (Milovanović, 2015).

## **5.7 Termoenergetska postrojenja i aerozagađenje**

Sagorevanjem fosilnih goriva danas se u svetu dobija oko 80% primarne energije i to 38% iz nafte, 24% iz uglja i 23% iz prirodnog gasa. Najveći deo koristi se za dobijanje električne i toplotne energije. Kada se u obzir uzmu ekonomska isplativost i rezerve ovih energenata, može se zaključiti da će se i u budućnosti koristiti u vrlo značajnom iznosu. Procenat njihovog učešća u najvećoj meri zavisiće od razvoja novih tehnologija kod kojih bi se u procesu sagorevanja potpuno eliminisala emisija zagađujućih materija ili bi se ona svela na minimum. U mnogim velikim termoenergetskim postrojenjima širom sveta i danas se ugalj koristi kao osnovni i glavni energent. Osnovne odlike uglja jesu niska kalorična vrednost i emisija zagađujućih materija pre svega sumpora i čađi. Većinu ovih postrojenja odlikuju visoki dimnjaci i filterska oprema, ali i pored svega toga velika količina produkata nepotpunog sagorevanja emituje se u atmosferu. Zbog navedenog se emisije iz ovih postrojenja moraju svakodnevno meriti, kontrolisati i nadzirati (Milovanović i dr, 2013).

Zagađujuće materije koje nastaju emisijom iz procesa sagorevanja u energetskim postrojenjima zagađuju vazduh, vodu i zemljište i tako ugrožavaju kompletan ekosistem, a samim tim negativno utiču na ljudsko zdravlje i uslove života. Energetski objekti koji kao primarni energent koriste ugalj, tečna goriva i prirodni gas, predstavljaju jedan od najvećih izvora ugljen dioksida. Procenjeno je da od ukupne količine emitovanog ugljen dioksida u atmosferu, 80% je povezano sa sagorevanjem fosilnih goriva, dok se ostatak od 20% vezuje za smanjenje zelenih površina, tačnije seču šuma i proizvodnju cementa. Naravno, sagorevanjem fosilnih goriva emituju se i drugi gasovi sa efektom staklene bašte. Primenom mazuta kao osnovnog energenta u energetskim postrojenjima emituju se sumporni aerosoli, koje imaju vrlo negativan uticaj na zdravlje ljudi (Ujkanović, 2014). Kada se u obzir uzme stanje u privredi, starost energetskih objekata, vrednost investicija uložениh za njihov napredak i poboljšanje može se zaključiti da oni predstavljaju značajne emitere ugljen dioksida u Republici Srbiji.

Sve značajnije mesto u oblasti zaštita životne sredine zauzimaju obnovljivi izvori energije. U Evropskoj uniji ovaj trend je postao rasprostranjen nakon 2000. godine, od kada su mnoge države počele da daju velike podsticaje celokupnom stanovništvu za uvođenje sistema iz kojih bi se iz obnovljivih izvora dobijala električna i toplotna energija. Na polju solarne energije prednjačili su Nemačka i Španija. Obnovljivi izvori energije nastaju iz izvora koji su obnovljivi, kao što su sunčeva energija, energija vetra, geotermalna, biomasa, hidro energija. Svi obnovljivi izvori energije ispunjavaju zahteve održivog razvoja. Sa razvojem novih tehnologija stvaraju se nove i povećavaju stare mogućnosti primene obnovljivih izvora. Jedan od najvećih problema kod primene

obnovljivih energija jeste što ne postoji mogućnost skladištenja dobijene energije, kao i velike oscilacije u proizvodnji (npr. kod solarne, akumulatori za skladištenje su dosta mali, dok noću bez Sunca ne postoji mogućnost konvertovanja energije).

Potencijal energije iz obnovljivih izvora u Republici Srbiji je nedovoljno iskorišćen, pogotovo kada su u pitanju biomasa i solarna energija. U poređenju sa emisijom dobijenom sagorevanjem iz fosilnih goriva, sagorevanjem biomase ne nastaje emisija ugljenika. Odnosno, ugljenik koji se emituje vraća se u atmosferu u količini koju je ta biomasa nekada uzela iz atmosfere. Nedovoljna i neadekvatna zainteresovanost organa uprave, neinformisanost stanovništva, kao i konstantno menjanje *feed-in* (podsticajnih) tarifa (zbog čega Srbija ne predstavlja sigurno tržište za investiture) – samo su neki od razloga neiskorišćenosti energije iz obnovljivih izvora u Srbiji (Sandić, 2013).

Zaštitu vazduha obezbeđuju, u okviru svojih ovlašćenja, Republika, Autonomna Pokrajina, jedinice lokalne samouprave, privredni subjekti i druga pravna i fizička lica. Privredni subjekti, pravna i fizička lica, preduzetnici i svi koji obavljanjem svojih delatnosti utiču ili mogu uticati na kvalitet vazduha imaju obavezu prvenstveno da spreče emisiju zagađujućih materija u vazduh, a ako to nije moguće, potrebno je da ograniče ili smanje emisiju, da vrše redovnu kontrolu i monitoring emisije. Potrebno je da u okviru svojih investicionih i proizvodnih planova i troškova obračunaju i troškove koji se odnose na zaštitu vazduha od emisije polutanata, kao i da sprovedu sve mere zaštite propisane Zakonom o zaštiti životne sredine.

Pod merama zaštite vazduha podrazumevaju se mere koje je potrebno preduzeti za smanjenje emisije štetnih materija u atmosferu, eliminaciju uzroka zagađenja, kao i posebne mere za prečišćavanje vazduha. Da bi se smanjila emisija štetnih materija koriste se gravitacioni taložnici, taložne komore i taložni kanali, centrifugalni i inercioni prečistači, venturi-prečistači, filtri, elektrostatički taložnici, čestični aglomeratori, itd. Eliminacija uzroka zagađenja odnosi se i na uvođenje novih tzv. čistih tehnologija. Na prvom mestu ovo se odnosi na sve obnovljive energije koje predstavljaju zelenu ili čistu energiju. Takođe, pozitivan primer predstavlja i upotreba bezolovnog benzina, zahvaljujući čemu se u potpunosti eliminisalo olovo iz vazduha. Prečišćavanje dimnih gasova najčešće se odnosi na čestice koje se uklanjaju sa visokom efikasnošću, a u upotrebi je sve češće i desumporizacija dimnih gasova, a ove metode prvenstveno se odnose na postrojenja koja kao svoj primarni energant koriste ugalj. Posebne mere zaštite odnose se na ozelenjavanje gradskih površina, koje se vremenom pretvaraju u betonske megalopolise. Ozelenjavanje se vrši otvaranjem novih parkova, velikih travnatih površina, drvoreda, zelenih zidova, bašta, živih ograda. Benefiti ozelenjavanja su mnogobrojni i višestruko korisni (Novitović i dr, 2013).

## 5.8 Primena BAT (*Best Available Technology*) tehnologije u proizvodnji toplotne energije

Najbolje dostupne tehnologije (*Best Available Technology - BAT*) predstavljaju najdelotvornije i najmodernije faze u razvoju aktivnosti i načinu njihovog obavljanja koje ukazuju na praktičnu pogodnost određenih tehnika za utvrđivanje osnova za određivanje, odnosno dostizanje graničnih vrednosti emisija, s ciljem sprečavanja ili, ako to nije izvodljivo, u cilju smanjenja emisija i uticaja na životnu sredinu kao celinu. U propise Evropske Unije termin *Best Available Technology – BAT* uveden je 1984. godine sa Direktivom 84/360/EEC i odnosio se na zagađenje vazduha iz velikih industrijskih postrojenja. 1996. godine ova Direktiva zamenjena je sa *Integrated pollution prevention and control directive (IPPC)*, 96/61/EC, koja se odnosi na primenu najboljih dostupnih tehnika u integrisanoj kontroli zagađenja vazduha, vode i zemljište. Ovaj koncept takođe je sadržan i u sastavu Direktive iz 2008. godine (2008/1/EC), a nalazi se i u Direktivi *Industrial Emissions Directive 2010/75/EU* koja je objavljena 2010. godine.

U referentnim dokumentima BAT (*BAT reference documents - BREFs*), koji se nalazi u članu 3 (11) *Industrial Emissions Directive* definisane su tačne tehnologije za određeni industrijski sektor. *BREFs* je rezultat razmene informacija između zemalja članica Evropske unije, iskustva različitih industrija, nevladinih organizacija koje promovišu zaštitu životne sredine i Evropske Komisije, a u skladu sa članom 13 ove Direktive. Proces je detaljno opisan u *Commission Implementing Decision 2012/119/EU*. Najvažnije poglavlje predstavljaju *BAT* zaključci koji su objavljeni kao implementirajuća odluka Evropske Komisije u *Official Journal of the European Union*. Prema članu 14 *Industrial Emissions Directive* zaključci o *BAT* smatraće se referentnim za postavljanje dozvoljenih uslova u velikim industrijskim postrojenjima. Primena *BAT* dokumenata u procesima proizvodnje toplotne energije omogućava smanjenje emisije štetnih materija, kao i veću energetska efikasnost. U procesu proizvodnje toplotne energije duži niz godina primenjuju se tehnologije i procedure koje su opisane u brojnim dokumentima, a kao najvažniji izdvajaju se:

- *Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on Best Available,*
- *Techniques for Large Combustion Plants,* European Commission, 2006,
- *Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency,* European Commission, 2009,
- *Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on the General Principles of Monitoring,* European Commission, 2003.

U navedenim referentnim dokumentima opisana su postrojenja za proizvodnju i korišćenje energije, njihova energetska efikasnost i pravilan način monitoringa.

JKP „Novosadska toplana” u realizaciji svojih aktivnosti sprovodi sledeće BAT mere (JKP „Novosadska toplana” – interna dokumentacija):

- kontinuirana regulacija sagorevanja goriva u skladu sa sadržajem kiseonika u dimnim gasovima na svim vrelovodnim kotlovima snage preko 2 MW,
- korišćenje energije dobijene kondenzacijom vodene pare iz dimnih gasova na svim vrelovodnim kotlovima,
- povećanje stepena korisnosti kotlova dogradnjom zagrevnih površina,
- ugradnja regulatora frekvencije na svim elektromotorima ventilatora kotlova i svim elektromotorima pumpi cirkulacionih postrojenja,
- kontinuirano praćenje sadržaja dimnih gasova (kiseonik, ugljenmonoksid, ugljendioksid, azotni oksidi, prašina) na svim kotlovskim jedinicama snage preko 50 MW,
- recirkulacija hemijski pripremljene vode iz sistema u svrhu dodatnog omekšavanja u slučajevima porasta tvrdoće vode iz sistema, kako se ne bi trošila nova voda,
- praćenje i vođenje proizvodnje i režima rada u skladu sa spoljnom temperaturom, brzinom vetra, sa predikcijom u odnosu na svakodnevnu vremensku prognozu uz eventualne korekcije,
- planira se korišćenje vode i njene toplotne energije dobijene iz kondenzacije dimnih gasova za dopunu vrelovodnog sistema uz prethodni tretman,
- korišćenje vakumskih degazatora za izdvajanje gasova iz vode čime se eliminiše korišćenje opasnih materija koje se koriste u tu svrhu, a ujedno se eliminiše potreba za degazacijom uz pomoć pare i štedi velika količina energije.

## **5.9 Zaštita vazduha u zakonodavstvu Evropske unije i Republike Srbije**

Kvalitet vazduha predstavlja oblast zaštite životne sredine kojoj se u Evropskoj uniji posvećuje velika pažnja. Donošenjem i ratifikacijom Konvencije o prekograničnom zagađivanju vazduha na velikim udaljenostima od strane Evropske unije, 1979. godine, počinje buđenje svesti i potreba za brigom o kvalitetu vazduha. Prvo pitanje koje je u oblasti zaštite vazduha bilo predmet regulisanja jesu zagađivanja sumpordioksidom i suspendovanim česticama za šta je doneta Direktiva Saveta 80/779/EC (1980) o graničnim vrednostima kvaliteta vazduha i vrednostima za sumpor dioksid i suspendovane čestice. Nakon toga legislative su se sve više proširivale i počele su da uključuju zaštitu ozonskog omotača, određivanje graničnih vrednosti emisije zagađujućih supstanci kao što su ugljendioksid, azotni oksidi, sprečavanje oštećenja šuma usled atmosferskog zagađenja i ostalo.

Pored svih preduzetih mera i određenog napretka postignutog u smanjenju koncentracije nekih zagađujućih supstanci u atmosferi, kvalitet vazduha i dalje predstavlja jedno od važnijih pitanja za rešavanje, zbog čega je potrebno uložiti dodatni napor ne samo na međunarodnom ili evropskom, već i na državnom i lokalnom nivou. U Šestom akcionom programu koji se odnosi na životnu sredinu definisani su opšti okviri politike Evropske unije u oblasti kvaliteta vazduha. Jedan od postavljenih ciljeva u ovom programu odnosi se i na postizanje nivoa kvaliteta vazduha koji neće imati negativne posledice kako po ljudsko zdravlje, tako i na životnu sredinu. Klimatske promene definisane su u članu 5, koji za cilj ima sprovođenje međunarodnih obaveza koja su definisana Kjoto protokolom, a u koje spada i smanjenje emisije gasova koji izazivaju efekat staklene bašte.

Uključivanje pitanja vezanih za klimatske promene u spoljnu politiku, kao i u politiku održivog razvoja Evropske unije predstavlja jedan od odlično definisanih prioriteta.

Tematska strategija o zagađivanju vazduha (*Thematic Strategy on air pollution {SEC(2005) 1132} {SEC(2005) 1133}, /\* COM/2005/0446 final \*/*, Brussels, 21.09.2005.) predstavlja prvu formalno usvojenu strategiju i ključni strateški document Evropske unije ovoj oblasti, definiše ciljeve za smanjivanje emisije zagađujućih materija, te naglašava značaj zakonodavnog regulisanja u borbi protiv zagađivanja na dva osnovna načina: unapređivanjem zakonodavstva u oblasti životne sredine i kroz integraciju pitanja kvaliteta vazduha u relevantne politike.

Ovim dokumentom propisani su ciljevi vezani za kvalitet vazduha koje treba realizovati do 2020. godine, a odnose se na bolju i efikasniju zaštitu životne sredine, sa posebnom pažnjom koja je usmerena na kisele kiše i izloženost ozonu i azotu. Da bi se što efikasnije ispunili zadati ciljevi potrebno je konstantno unapređivanje već postojećeg zakonodavstva, pogotovo u oblastima koja se odnose na najštetnije zagađujuće materije. Dugoročnim ciljevima propisano je da je do 2020. godine potrebno za 47% smanjiti smrtnost usled izloženosti čvrstim materijama i za 10% smanjiti smrtnost usled izloženosti ozonu, u šumskim područjima depoziciju kiseline je potrebno smanjiti za 74%, dok bi u predelima površinskih slatkih voda smanjenje trebalo da iznosi 39%. Područja ekosistema koja su izložena eutrofikaciji (cvetanje vode) potrebno je smanjiti za 43%.

Od svih zagađujućih supstanci u vazduhu najštetniji uticaj po ljudsko zdravlje imaju suspendovane čestice, naročito PM<sub>2,5</sub>, pa je u skladu sa tim kao dugoročni cilj propisano i smanjenje emisije ovih čestica za 59% u poređenju sa emisijama u 2000. godini. Pored smanjenja emisije suspendovanih čestica, za ostvarenje postavljenih dugoročnih ciljeve potrebno je smanjiti emisije i ostalih zagađujućih supstanci u vazduhu: NO<sub>x</sub> za 60%, SO<sub>2</sub> za 82%, kao i isparljivih organskih jedinjenja za 51% u odnosu na emisije iz 2000. godine.

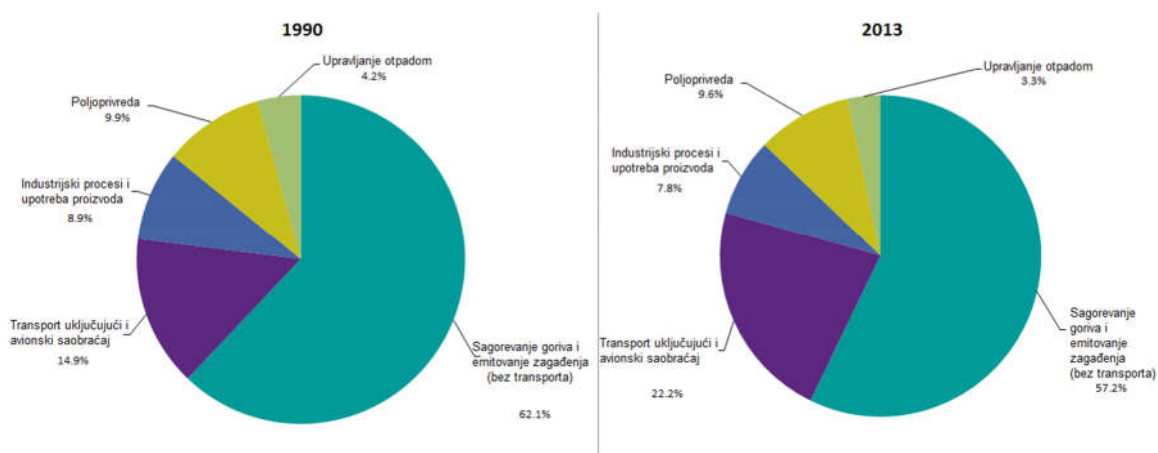
Oblast atmosferskog zagađenja obuhvaćena je propisima Evropske unije koji sadrže ukupno 108 akata sačinjenih od 38 direktiva, 28 odluka, 19 uredbi, 9 preporuka, 9 akata koji se odnose na međunarodne ugovore i 5 rezolucija, koji predstavljaju najznačajnije međunarodne ugovore. Sledi pregled najvažnijih propisa iz oblasti zagađenja vazduha koji su na snazi u Republici Srbiji (Izazovi evropskih integracija u oblastima zaštite životne sredine i održivog razvoja lokalnih zajednica, 2011).

**Konvencija o prekograničnom zagađivanju vazduha na velikim udaljenostima** iz 1979. godine (sa osam protokola) predstavlja polazni dokument kojim su određeni okviri za kontrolu i smanjivanje šteta koje mogu nastati po ljudsko zdravlje i životnu sredinu usled prekograničnog zagađivanja vazduha. Protokoli su se postepeno dodavali i usvajali da bi se precizirale aktivnosti potrebne za regulaciju određenih zagađujućih materija, a to su:

- Ženevski Protokol iz 1984. godine, koji se odnosi na uspostavljanje plana za dugoročno finansiranje Programa saradnje za praćenje i procenu prekograničnog prenosa zagađujućih materija u vazduhu na velikim udaljenostima Evrope;
- Helsinški Protokol iz 1985. godine, odnosi se na smanjenje prekograničnog prenosa sumpora za 30% , a samim tim i smanjenje emisije;
- Sofijski Protokol iz 1988. godine ima za cilj kontrolu i smanjenje emisije azotnih oksida i kontrolisanje prekograničnih prenosa;
- Ženevski Protokol donet je 1991. godine u cilju kontrolisanja emisije isparljivih organskih jedinjenja i kontrole njihovog prekograničnog prenosa;

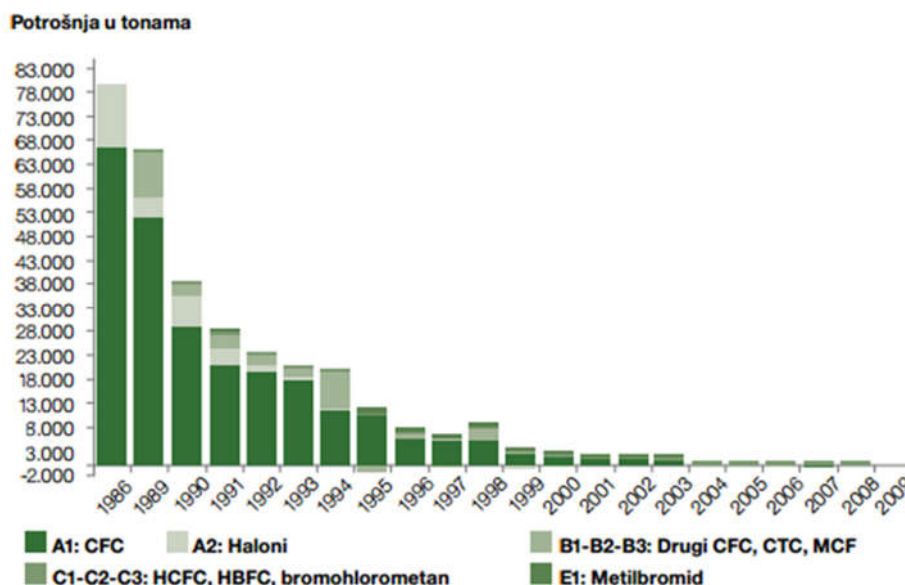
- Protokol iz Osla donet 1994. godine u cilju još većeg smanjenja emisije sumpora;
- Protokol iz Arhusa iz 1998. godine odnosi se na teške metale;
- Protokol iz Arhusa iz 1998. godine odnosi se na POPs jedinjenja;
- Protokol iz Getenburga iz 1999. godine odnosi se na smanjenje eutrofikacije, acidifikacije i prizemnog ozona.

**Okvirna konvencija UN o klimaskim promenama** održana u Njujorku 1992. godine imala je za cilj stabilizaciju odnosno ograničenje koncentracije gasova sa efektom staklene bašte u atmosferi na nivou u kojem oni ne bi imali negativan uticaj na atmosferu. Sektori koji najviše doprinose oštećenju ozonskog omotača u Evropskoj uniji se konstantno prate; prikazani su na Slici 32 (Eurostat, 2013).



Slika 32. Emisija gasova staklene bašte u Evropskoj uniji po sektorima (1990 i 2013)

U Evropskoj uniji se posebno prate supstance koje najviše oštećuju ozonski omotač, a njihov prikaz dat je na Slici 33 (Internet izvor 10).



Slika 33. Grafički prikaz potrošnje supstanci koje oštećuju ozonski omotač u Evropskoj uniji (1986 – 2009)

Donošenjem **Kjoto Protokola** 1997. godine definisali su se osnovni koraci u pravcu smanjenja i ograničavanja emisije gasova koji u atmosferi izazivaju efekat staklene bašte. On se odnosi na šest gasova: ugljen dioksid, azotne okside, metan, vodonikfluorougļjovodonike, heksafluoroide i perfluorougļjovodonike. Ovim Protokolom poseban akcenat stavljen je na razvijene zemlje (iz Aneksa I) čija je obaveza bila da u periodu prvog angažovanja (od 2008-2012) smanje ukupnu emisiju gasova sa efektom staklene bašte za 5% u odnosu na ukupnu emisiju u 1990. godine, dok je za zemlje Evropske unije propisano smanjenje od 8%. U sklopu Kjoto portokola utvrđena su tri osnovna mehanizma za realizaciju postavljenih ciljeva, a to su: *Joint Implementation - JI* (čl. 6), *Clean Development Mechanism – CDM* (čl. 12) i *Emissions trading - ET* (čl. 17).

**Bečkom konvencijom o zaštiti ozonskog omotača** iz 1985. godine postavljeni su ciljevi za zaštitu zdravlja ljudi i zaštitu životne sredine usled oštećenja ozonskog omotača.

**Montrealskim protokolom o supstancama koje oštećuju ozonski omotač** iz 1987. godine definisane su glavne supstance koje svojim delovanjem oštećuju ozonski omotač i definisana su ograničenja za njihovu upotrebu i proizvodnju u budućnosti. Ovaj Protokol se konstantno proširuje te je u skladu sa tim dopunjen sa 4 amandmana: Londonskim, Kopenkaškim, Motrealskim i Pekinškim amandmanom.

U grupi propisa koja se odnosi na kvalitet vazduha su (Internet izvor 11):

- Direktiva 2008/50/EZ o kvalitetu ambijentalnog vazduha i čistijem vazduhu za Evropu;
- Direktiva 1996/62/EC o proceni i upravljanju kvalitetom ambijentalnog vazduha;
- Direktiva 1999/30/EEC o graničnim vrednostima za SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM i Pb u ambijentalnom vazduhu;
- Direktiva Saveta 2000/69/EC o graničnim vrednostima za benzen i ugljen monoksid u ambijentalnom vazduhu;

- Direktiva 87/217/EEC o sprečavanju zagađivanja životne sredine azbestom;
- Direktiva Saveta 2002/3/EC o ozonu u ambijentalnom vazduhu;
- Direktiva Saveta 2001/81/EC o nacionalnim maksimalno dozvoljenim emisijama određenih atmosferskih zagađujućih materija;
- Direktiva 2004/107/EC Evropskog parlamenta i Saveta o arsenu, kadmijumu, živi, niklu i policikličnim aromatičnim ugljovodonicima u ambijentalnom vazduhu;
- Odluka Saveta 97/101/EC o ustanovljavanju recipročne razmene informacija i podataka iz mreža i individualnih stanica za merenje zagađenja ambijentalnog vazduha u državama članicama;
- Odluka Komisije 2004/224/EC kojom se utvrđuju aranžmani za dostavljanje informacija o planovima i programima koji se zahtevaju prema Direktivi Saveta 96/62/EC o graničnim vrednostima za neke zagađujuće supstance u ambijentalnom vazduhu;
- Odluka Saveta 2004/461/EC kojom se utvrđuje upitnik koji treba da bude korišćen za godišnje izveštavanje o proceni kvaliteta ambijentalnog vazduha prema Direktivama Saveta 96/62/EC i 1999/30/EC, zatim Direktivama 2000/69/EC i 2002/3/EC Evropskog parlamenta i Saveta Evrope.

**Direktiva 2008/50/EZ o proceni i upravljanju kvalitetom ambijentalnog vazduha** objedinjuje sve do tada postojeće i važeće legislative u jedinstven akt i predstavlja osnovni document kojim se reguliše pitanje kvaliteta ambijentalnog vazduha.

Granične vrednosti za sumpor dioksid, azotne okside, čestice i olovo utvrđene su **Direktivom Saveta 1999/30/EC** 1999. godine. Kako je formulisano u Direktivi Saveta 96/62/EEC koncentracije ovih zagađujućih materija moraju biti merene i ažurirane svakodnevno, one koje je moguće potrebno je ažurirati svakog časa, dok je određeno informacije potrebno ažurirati na svaka tri meseca.

Osnovni propis koji se odnosi na ograničenje emisije iz stacionarnih postrojenja jeste **Direktiva Saveta 2001/80/EEZ o ograničenju emisija određenih zagađujućih materija u vazduh iz velikih ložišta**, kojom se smanjuje emisija sumpor dioksida, azotnih oksida, čestica i time smanjuje zagađenje vazduha iz ovih izvora. Pored ove Direktive, u ovoj oblasti kao najvažniji propisi ističu se i:

- Direktiva 2000/76/EC o spalionicama otpada;
- Direktiva 2010/75/EU o industrijskim emisijama;
- Direktiva 2008/1/EC o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađivanja životne sredine;
- Direktiva Saveta 96/82/EC o kontroli opasnosti od velikih akcidenata u koje su uključene opasne supstance (izmenjena i dopunjena Direktivom 2003/105/EC);
- Direktivu Saveta 1999/13 o ograničenjima emisija isparljivih organskih jedinjenja usled korišćenja organskih rastvarača u nekim aktivnostima i postrojenjima (izmenjena i dopunjena Direktivom 2004/42/EC)

Ključna obaveza za sve zemlje koje se nalaze u procesu pridruživanja Evropske unije, a u koje spada i Republika Srbija, jeste donošenje mehanizma kojima bi se usvojila nacionalna strategija emisionih granica i utvrđivanje jednog ili više nadležnih tela koji će biti odgovorni za razvoj planova u kojima će precizno biti postavljeni uslovi i okolnosti koje su potrebni radi ostvarivanja postavljenih ciljeva. Prilikom donošenja navedenih nacionalnih mehanizama potrebno je uzeti u obzir da se propisi i politika Evropske unije



koja je vezana za ovu oblast konstantno razvija i nadograđuje, pa samim tim bi i domaće zakonodavstvo trebalo da budu fleksibilno i promenljivo. Za već postojeća postrojenja o graničnim vrednostima emisije mogu da se vode pregovori tokom procesa pridruživanja. U Republici Srbiji postoje nekoliko nadležnih organa za monitoring nivoa koncentracije zagađujućih materija u vazduhu, atmosferskog vazduha i kvaliteta vazduha, a to su: Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine, Ministarstvo građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture, Ministarstvo rudarstva i energetike, Ministarstvo trgovine, turizma i telekomunikacije, pri čemu se monitoring operativno vrši od strane Republičkog hidrometeorološkog zavoda, Agencije za zaštitu životne sredine, 18 zavoda za javno zdravlje koji se nalaze na teritoriji Republike Srbije, Autonomne Pokrajine Vojvodine i jedinica lokalne samouprave.

Osnovni izvori nacionalnog prava su Zakon o zaštiti vazduha („Službeni glasnik RS“, br.36/09 i 10/13) usvojen u maju, 2009. godine, dopunjen 2013.godine, koji daje pravni osnov za transponovanje i transponuje odredbe direktiva i uredbi Evropske unije, uređuje upravljanje kvalitetom vazduha i određuje mere način organizovanja i kontrolu sprovođenja zaštite i poboljšanja kvaliteta vazduha. Smatra da je u potpunosti usklađen sa Direktivom 2008/50/EZ i velikim delom usklađen sa direktivama 2004/107/EZ, 94/63/EZ, 2001/80/EZ, 1999/32/EZ, 2003/17/EZ, 98/70/EZ, 2001/81/EZ, 2003/87/EZ, 1999/13/EZ, Odlukom Komisije 2004/224/EZ, Odlukom Komisije 2001/839/EZ, Uredbom 2037/2000/EZ, Direktivom 2006/40/EZ, Uredbom 842/2006/EZ, Uredbom 1493/2007/EZ, 1494/2007/EZ, 1497/2007/EZ, 1516/2007/ EZ, 303/2008/EZ, 304/2008/EZ, 305/2008/EZ, 306/2008/EZ i 307/2008/EZ (Zaštita životne sredine u zakonodavstvu i praksi, 2015).

## 6. ISTRAŽIVANJE

### 6.1 JKP „Novosadska toplana”, Novi Sad

Novosadska toplana je osnovana 25. septembra 1961. godine u Novom Sadu u sastavu „Elektrovojvodine”, preduzeća za distribuciju električne energije, a u momentu kada je započeo i razvoj sistema daljinskog grejanja priključenjem višeporodičnih zgrada na parne kotlove stare električne centrale na području naselja Grbavica\*.

Izgradnjom toplovodne mreže prema Grbavici na koju je, bez podstanice, priključen 491 stan, a zatim i parovoda namenjenog za grejanje Poljoprivrednog fakulteta i vrelovodnog ogranka ka centru grada, formiran je najstariji gradski sistem „JUG”. Izgradnjom ovog sistema rešio se samo manji deo problema gradskog grejanja, zato što se grad neprestano širio i gradio. Usled toga, 1963. godine izrađena je „Studija o snabdevanju toplotnom energijom za grejanje Novog Sada”. Izradom ove studije kao i izgradnjom višeporodičnih stambenih i javnih zgrada u severnom delu grada stvorila se potreba za izgradnjom Toplane „SEVER” 1965. godine. Toplana „SEVER” izgrađena je u blizini nove Železničke stanice, a te iste godine Novi Sad je dobio i prvi planski dokument o snabdevanju toplotnom energijom za grejanje grada. U ovoj studiji pod nazivom „Toplifikacija i gasifikacija Novog Sada” prvi put su definisane granice gradskog područja za grejanje iz toplifikacionog i gasifikacionog sistema, planirana je izgradnja termoelektrane - toplane (TE-TO) kao baznog izvora za grejanje grada i područnih toplana kao vršnih izvora, a određen je i dugoročni koncept razvoja sistema grejanja dela grada koji se nalazi na levoj obali Dunava. Godine 1966. izgrađena je toplana „JUG”, tačnije njen prvi vrelovodni kotao. 1968. godine dolazi do priključenja toplane „SEVER” i „JUG” na novi magistralni gasovod Elemir - Beočin, čime je počela nova faza u sistemu daljinskog grejanja, zamenom mazuta sa prirodnim gasom. Te iste godine javlja se potreba za razvojem gradskog sistema grejanja u istočnom delu Novog Sada, pa je 1970. godine u pogon puštena toplana „ISTOK”. Prva faza izgradnje „Termoelektrane - toplane Novi Sad” završena je 1981. godine, a već sledeće godine priključena joj je toplana „ISTOK”. Četvrti gradski sistem, toplana „ZAPAD”, izgrađena je i puštena u rad 1983. godine, a iste te godine izgrađen je i peti gradski sistem TO „Petrovaradin” namenjen samo za grejanje zgrada. Druga faza izgradnje „Termoelektrane - toplane” završena je 1984. godine. Novosadska toplana je 1987. godine preuzela obavezu pogona i održavanje Toplane „Dudara” u Sremskim Karlovcima. Od početka 1990. godine Novosadska toplana se više ne nalaze u sklopu „Elektrovojvodine” i od tada dobija status gradskog javnog preduzeća, koje se od 1998. godine preimenovalo na javno komunalno preduzeće – JKP „Novosadska toplana”. Od 2000. godine dolazi do intenzivnih rekonstrukcija na vrelovodnim mrežama, kao i do ugradnje novih kotlovskih kapaciteta. Na toplani „JUG” zamenjen je postojeći vrelovodni kotao, dok su na toplani „ZAPAD” ugrađena dva nova vrelovodna kotla. 2010. godine urađena je prva faza rekonstrukcije toplane „SEVER”,

---

\* U ovoj fazi istraživanja korišćena je interna dokumentacija JKP „Novosadska toplana”, Novi Sad

izgradnjom poveznog vrelovoda od toplane „SEVER” do Glavne razdelne stanice, s čim je započeo spregnuti režim rada sa „TE-TO Novi Sad”. Optimizacija procesa putem racionalizovane potrošnje energenata ostvarena je potpunom automatizacijom sistema toplana. Kompjuterizacijom procesa obezbeđeno je upravljanje svim podsistemima toplana i kompletan nadzor iz jednog centralnog dispečarskog centra, pri čemu se postižu minimalni gubici energije, optimalna upravljivost i maksimalna pouzdanost. U javnom komunalnom preduzeću „Novosadska toplana” osnovni cilj celokupnog rukovodstva, zajedno sa svim zaposlenim, jeste konstantno unapređivanje poslovanja, preko unapređenja kvaliteta proizvoda i usluga, kao i povećanje produktivnosti, na način na koji se neće narušavati životna sredina, kao i zdravlje i bezbednost ljudi u Novom Sadu. U ovom preduzeću vodi se dosledna primena, kao i stalno unapređivanje integrisanog sistema menadžmenta koji je u skladu sa zakonskim regulativama i zahtevima standarda ISO 9001, ISO 14001 i OHSAS 18001. Vodeći računa o ekološkim standardima JKP „Novosadska toplana” je, 2010. godine, među prvima u Srbiji završilo projekat uvođenja sistema za centralni kontinualni monitoring emisije opasnih i štetnih materija u vazduhu. U pitanju su sistemi koji se primenjuju za merenje masenih koncentracija zagađujućih materija u vazduh, pod kojim se podrazumevaju analizatori koncentracije čestica, analizatori polutantskih gasnih komponenti, kiseonika i merni sistemi za merenje protoka otpadnih gasova, kao i sistemi za aktivizaciju i obradu podataka emisije. Ovaj sistem je realizovan na kotlovima toplotnog kapaciteta preko 50 MW, koji predstavljaju najveće emitere na toplanama i na njima se vrši kontinualni monitoring emisije produkata sagorevanja. Ovi sistemi su ugrađeni na toplotnim izvorima, a putem optičkih veza povezani su sa serverom u Centru sistema upravljanja smeštenim u Upravnoj zgradi Toplane gde se vrši nadzor, prikupljanje i obrada podataka. Emisija štetnih materija dostupna je u svakom momentu, a dostupni su i mesečni izveštaji o ovim emisijama.

## **6.2 Uzorak istraživanja**

Ocenjivanje kvaliteta vazduha u skladu sa članom 8. Zakona o zaštiti vazduha (“Službeni glasnik RS” br. 36/09 i 10/13) vrši se za: sumpor dioksid, azotne okside izražene kao azot dioksid, suspendovane čestice (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>), ugljen monoksid, prizemni ozon, olovo, benzene, arsen, kadmijum, nikl i benzo(a)piren. Na osnovu izmerenih koncentracija navedenih zagađujućih materija ocenjuje se kvalitet vazduha u skladu sa Uredbom o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha (“Službeni glasnik RS”, br. 11/10, 75/10 i 63/13). Uredbom o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduh („Službeni glasnik RS“, br. 71/10 i 6/11-ispr.) prikazano u Tabeli 26. i Uredbom o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduhu iz postrojenja za sagorevanje (“Službeni glasnik RS”, br. 6/16) ocenjuju se emisije zagađujućih materija u vazduh, što je prikazano u Tabelama 27., 28. i 29.

Tabela 26. Granične vrednosti koncentracije zagađujućih materija u skladu sa Uredbom o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduh („Sl. glasnik RS“, br. 71/2010 i 6/2011-ispr.)

Zagađujuća materija	Vrsta postrojenja GVE (mg/normalni m <sup>3</sup> )			Zakonska regulativa		
	malo	srednje	veliko	malo postrojenje	srednje postrojenje	veliko postrojanje
<b>Energent prirodni gas</b>						
Ugljen monoksid -CO	100	100	100	Uredba o graničnim vrednostima emisije zagađujućih materija u vazduh („Sl. glasnik RS“, br. 71/2010 i 6/2011-ispr.) PRILOG III, DEO IV	Uredba o graničnim vrednostima emisije zagađujućih materija u vazduh („Sl. glasnik RS“, br. 71/2010 i 6/2011-ispr.) PRILOG III, DEO IV	Uredba o graničnim vrednostima emisije zagađujućih materija u vazduh („Sl. glasnik RS“, br. 71/2010 i 6/2011-ispr.) PRILOG I, A
Oksidi azota NO <sub>x</sub> izraženi kao NO <sub>2</sub>	200	200	300			
Oksidi sumpora izraženi kao SO <sub>2</sub>	35	35	35			
Praškaste materije	5	5	5			

Prema nivou zagađenosti vazduha, a uzimajući u obzir propisane granične i tolerantne vrednosti, na osnovu dobijenih rezultata merenja i Zakona o zaštiti vazduha, razlikuju se tri kategorije kvaliteta vazduha:

- u prvu kategoriju se ubraja čist ili veoma malo zagađen vazduh, gde se nivo koncentracija svih zagađujućih materija kreću u dozvoljenim granicama, odnosno nisu pređene propisane granične vrednosti.
- druga kategorija obuhvata vazduh koji je umereno zagađen, što znači da su za pojedine zagađujuće materije prekoračene propisane granične vrednosti, ali ni u jednom slučaju ne dolazi do prekoračenja tolerantne vrednosti za bilo koju prisutnu zagađujuću materiju.
- u treću kategoriju svrstava se vazduh koji je prekomerno zagađen i u ovom slučaju dolazi do prekoračenja tolerantnih vrednosti za jednu ili više prisutnih zagađujućih materija.

U slučaju kada za neku zagađujuću materiju ne postoji propisana granica tolerantne vrednosti, kao referentna tolerantna vrednost uzeće se propisana granična vrednost tog polutanta.

Analiza podataka o zagađenju vazduha i o uticaju polutanata emitovanih iz toplana na teritoriji grada Novog Sada izvršena je na osnovu merenja zagađujućih materija na mernim stanicama koje se nalaze u sklopu četiri velike toplane snage preko 50MW, redovnih kontrolnih merenja emisije koje se vrše od strane ovlašćenih i akreditovanih

institucija, redovnih godišnjih izveštaja koji se šalju Agenciji za zaštitu životne sredine, kao i na osnovu automatskih i manuelnih mernih stanica koje se nalaze na teritoriji grada. Automatska merenja vrše Agencija za zaštitu životne sredine (dve merne lokacija) i Pokrajinski sekretarijat za urbanizam, graditeljstvo i zaštitu životne sredine (jedna merna lokacija). Institut za javno zdravlje Vojvodine vrši manuelna merenja na više mernih lokacija na teritoriji grada Novog Sada (Internet izvor 11).

Ovim istraživanjem obuhvaćene su emisije zagađujućih materija za period od 2011-2015. godine i to za sledeće zagađujuće materije: azotne okside, ugljen monoksid, praškaste materije i sumpor dioksid. Osim analize emitovanih zagađujućih materija urađena je i analiza hroničnih respiratornih bolesti koje su bile najčešće u tom periodu.

### **6.3 Rezultati istraživanja**

Analiza emisije zagađujućih materija u periodu od 2011. do 2015. godine urađena je na osnovu mernih stanica koje se nalaze u sklopu svake toplane i to: na TO „ISTOK” rezultati su dobijeni sa jedne merne stanice, kao i redovnim kontrolnim merenjem na oba emitera. Na TO „ZAPAD” sa tri merne stanice i redovnim merenjem na sedam mernih mesta, na TO „JUG” sa dve merne stanice i merenjem na pet mernih mesta. Na TO „SEVER” rezultati su dobijeni sa jedne merne stanice i merenjem na dva emitera. Dobijeni rezultati koncentracija za svaku zagađujuću materiju izraženi su u mg/Nm<sup>3</sup> kao i u kilogramima, odnosno tonama (gde su u pitanju velike količine radi lakšeg grafičkog prikaza) na godišnjem nivou. Radi lakšeg posmatranja i diskutovanja dobijeni rezultati podeljeni su u tri grupe.

- U prvoj grupi nalaze se nivoi koncentracija kao i emitovane količine pojedinačnih zagađujućih materija, po pojedinačnim toplotnim izvorima.
- U drugoj grupi nalaze se nivoi koncentracije kao i emitovane količine svih zagađujućih materija po pojedinačnim izvorima.
- Treća grupa obuhvata zbirnu emisiju zagađujućih materija iz svih izvora.

Dobijeni rezultati poredili su se sa tada važećim graničnim vrednostima emisija datih Uredbom o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduh („Službeni glasnik RS“, br. 71/10 i 6/11-ispr.), trenutno važećom uredbom tj. Uredbom o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduhu iz postrojenja za sagorevanje („Službeni glasnik RS“, broj 6/2016) koja je usklađena sa propisima EU. Uredbom o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduh koje važe do momenta usklađivanja emisija, a najkasnije do isteka roka za usklađivanje (01.01.2018. godine).

#### ***6.3.1 Emisije pojedinačnih zagađujućih materija po pojedinačnim izvorima***

Prva grupa rezultata obuhvata prikaz izmerenih koncentracija i ukupne količine pojedinačnih zagađujućih materija po pojedinačnim toplotnim izvorima.

GVE za postojeća mala, srednja i velika postrojenja za sagorevanje koja koriste gasovita goriva, date su u tabeli 27, 28 i 29. Uredba o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduhu iz postrojenja za sagorevanje ("Službeni glasnik RS", br.6/16).

Tabela 27. Granične vrednosti emisija zagađujućih materija za postojeća mala postrojenja

<b>Zagađujuća materija</b>	<b>Vrsta goriva</b>	<b>GVE (mg/normalni m<sup>3</sup>)</b>
Ugljen monoksid - CO	Sva gasovita goriva	100
Oksidi azota NO <sub>x</sub> izraženi kao NO <sub>2</sub>	Prirodni gas	110 (150)*
	Tečni naftni gas	200

Tabela 28. Granične vrednosti emisija zagađujućih materija za postojeća srednja postrojenja

<b>Zagađujuća materija</b>	<b>Vrsta goriva</b>	<b>GVE (mg/normalni m<sup>3</sup>)</b>
Ugljen monoksid - CO	Sva gasovita goriva	100
Oksidi azota NO <sub>x</sub> izraženi kao NO <sub>2</sub>	Sva gasovita goriva	200
Oksidi sumpora izraženi kao SO <sub>2</sub>	Prirodni gas i tečni naftni gas	35
	Druga gasovita goriva	35
Praškaste materije	Prirodni gas, tečni naftni gas, rafinerijski gas, gas iz tretmana otpadnih voda i biogas	5
	Druga gasovita goriva osim prirodnog gasa, tečnog naftnog gasa, rafinerijskog gasa, gasa iz tretmana otpadnih voda i biogasa	≥ 20

Zapreminski udeo kiseonika u otpadnom gasu za postojeća mala i srednja postrojenja za sagorevanje koja koriste gasovita goriva iznosi 3%. Granične vrednosti emisija za okside azota i ugljen monoksid izražene u mg/normalni m<sup>3</sup>.

Tabela 29. Granične vrednosti emisija zagađujućih materija za postojeća velika postrojenja

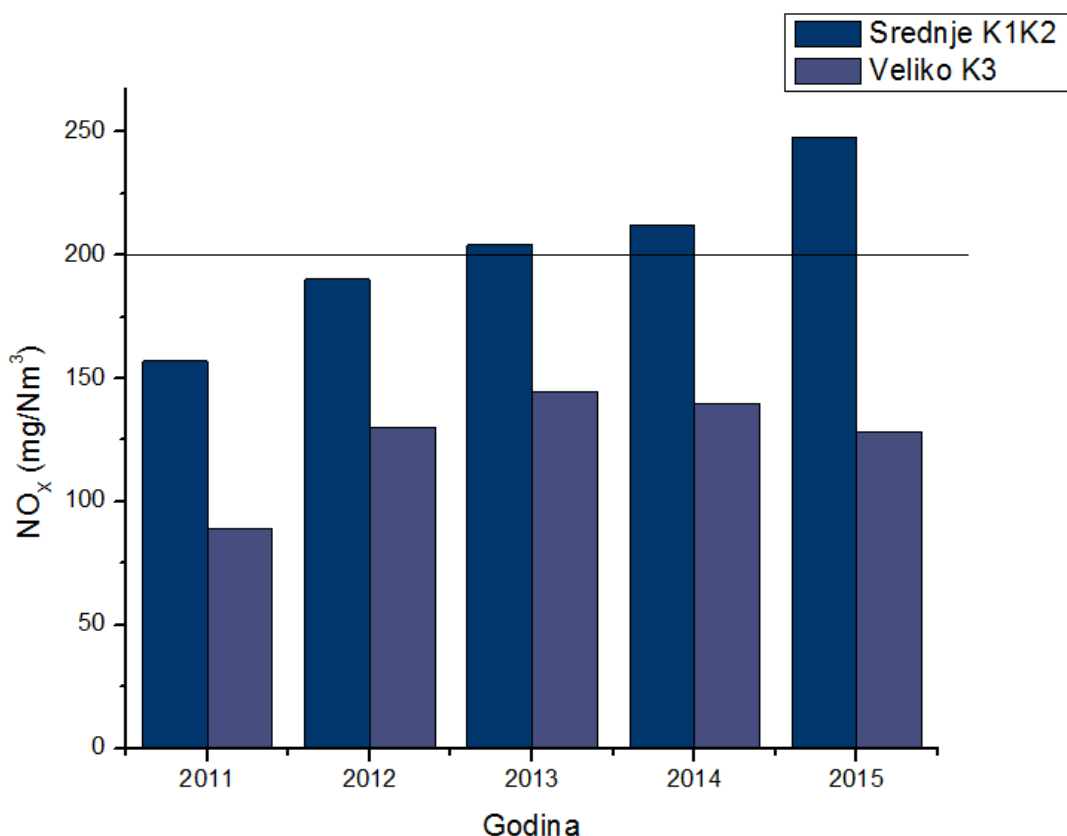
<b>Zagađujuća materija</b>	<b>Vrsta goriva</b>	<b>GVE (mg/normalni m<sup>3</sup>)</b>
Ugljen monoksid - CO	sva gasovita goriva	100
Oksidi azota NO <sub>x</sub> izraženi kao NO <sub>2</sub>	sva gasovita goriva	200 (100)*
Oksidi sumpora izraženi kao SO <sub>2</sub>	prirodni gas	35
Praškaste materije		5

*Napomena: \*vrednosti GVE nakon roka za usklađivanje 2018.*

**Azotni oksidi - NO<sub>x</sub>** Prema važećim propisima, posle 01.01.2018. godine primenjivaće se vrednosti GVE za okside azota izraženih kao azot dioksid (NO<sub>2</sub>) (100 mg/Nm<sup>3</sup>) za postojeća velika postrojenja, odnosno (300 mg/Nm<sup>3</sup>) za stara velika postrojenja. (200 mg/Nm<sup>3</sup>) za srednja postojeća postrojenja i (150 mg/) za mala postojeća postrojenja za sagorevanje

#### **Emisija azotnih oksida na TO „Istok”**

Praćena je emisija iz dve vrste postrojenja (K1, K2 - postojeće srednje postrojenje sa GVE 200 mg/Nm<sup>3</sup>) i K3 - Staro veliko postrojenje (GVE 300 mg/Nm<sup>3</sup>) - Slika 34.

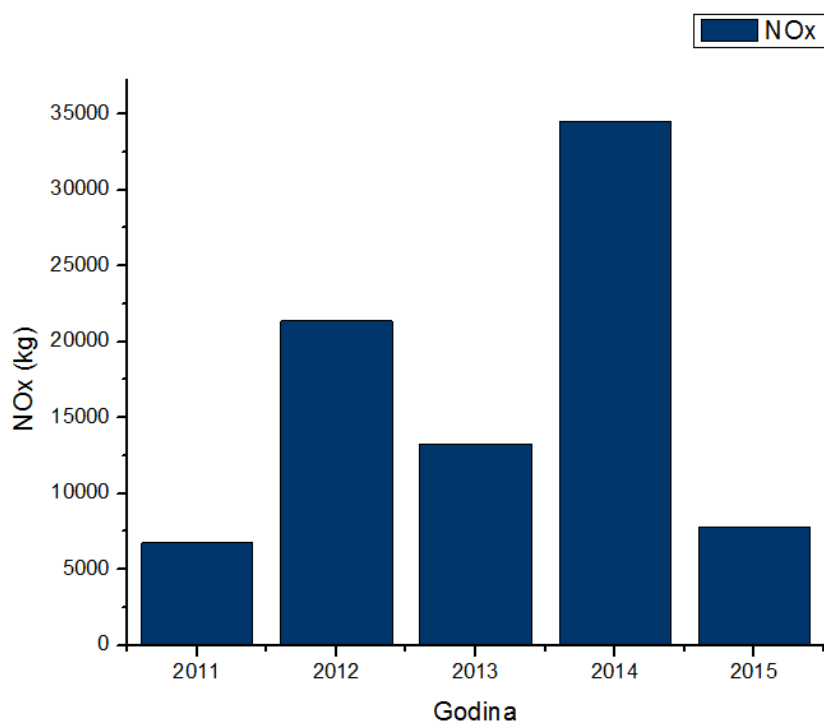


Slika 34. Grafički prikaz emisije NO<sub>x</sub> na TO „ISTOK” (2011-2015)

TO „ISTOK”, kao najopterećenija toplana koja dvostruko prevazilazi instalisane kotlovske kapacitete, u periodu od 2011. do 2015. godine beleži emisiju azotnih oksida koje prelaze propisanu graničnu vrednost u 2013, 2014. i 2015. godini i to na srednjim kotlovima. Nakon isteka roka za usklađivanje, ukoliko se ništa ne promeni, uslovi neće biti zadovoljeni na kotlovima K1, K2, dok će kotao K3 biti u okvirima GVE

Ukupna emisija azotnih oksida emitovanih od strane TO „ISTOK” u posmatranom petogodišnjem periodu data je na Slici 35.



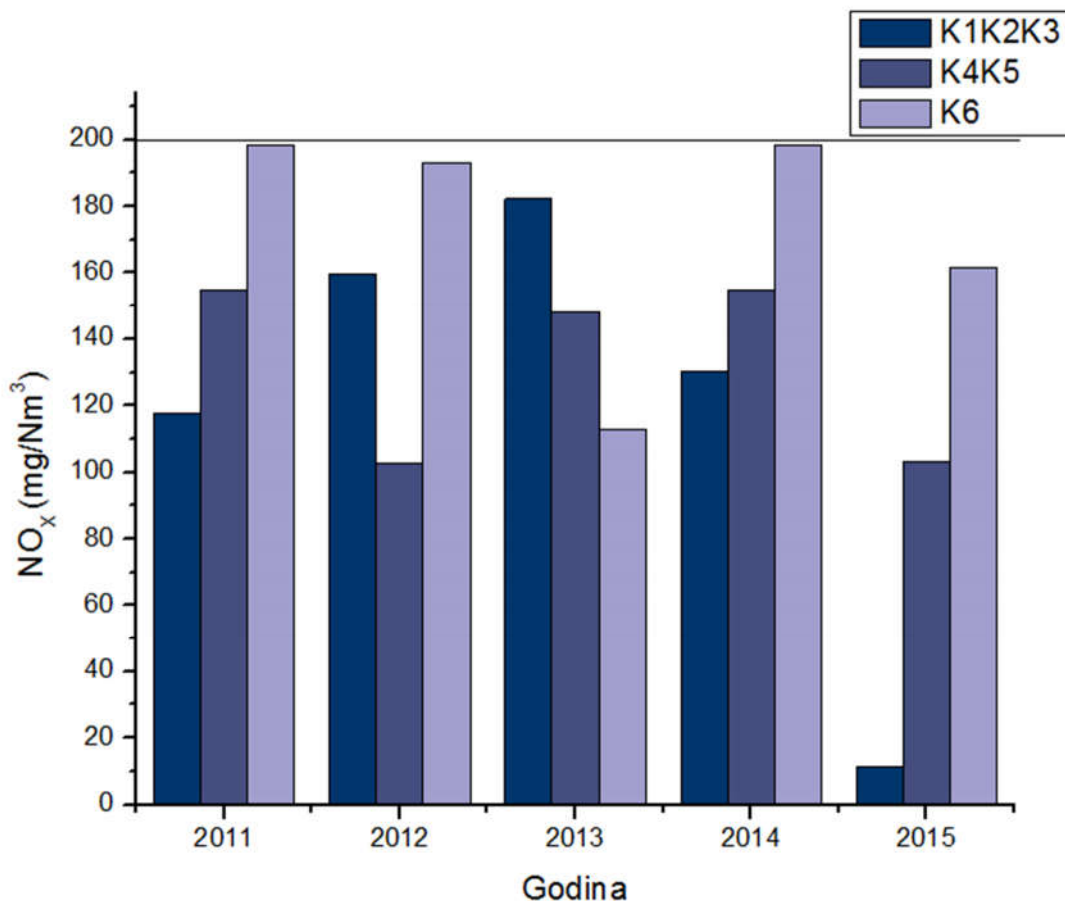


Slika 35. Grafički prikaz ukupne emisije NO<sub>x</sub> izražene u kg na godišnjem nivou na TO „ISTOK” (2011-2015)

Ukupna emisija azotnih oksida za pet godina iz ovog izvora iznosi 83.647 kg. Primetno je da je u toku 2014. godine zabeležena najveća emisija azotnih oksida i ukupno je iznosila 34.532 kg/god. Razlog za navedeno odstupanje je u činjenici da tokom 2014. godine TO „Istok” nije bila u spregnutom režimu sa TE-TO i tada je utrošeno skoro 1,3 miliona m<sup>3</sup>gasa.

## Emisija azotnih oksida na TO „Zapad”

Praćena je emisija iz šest kotlovnih postrojenja, a rezultati su prikazani na Slici 36.

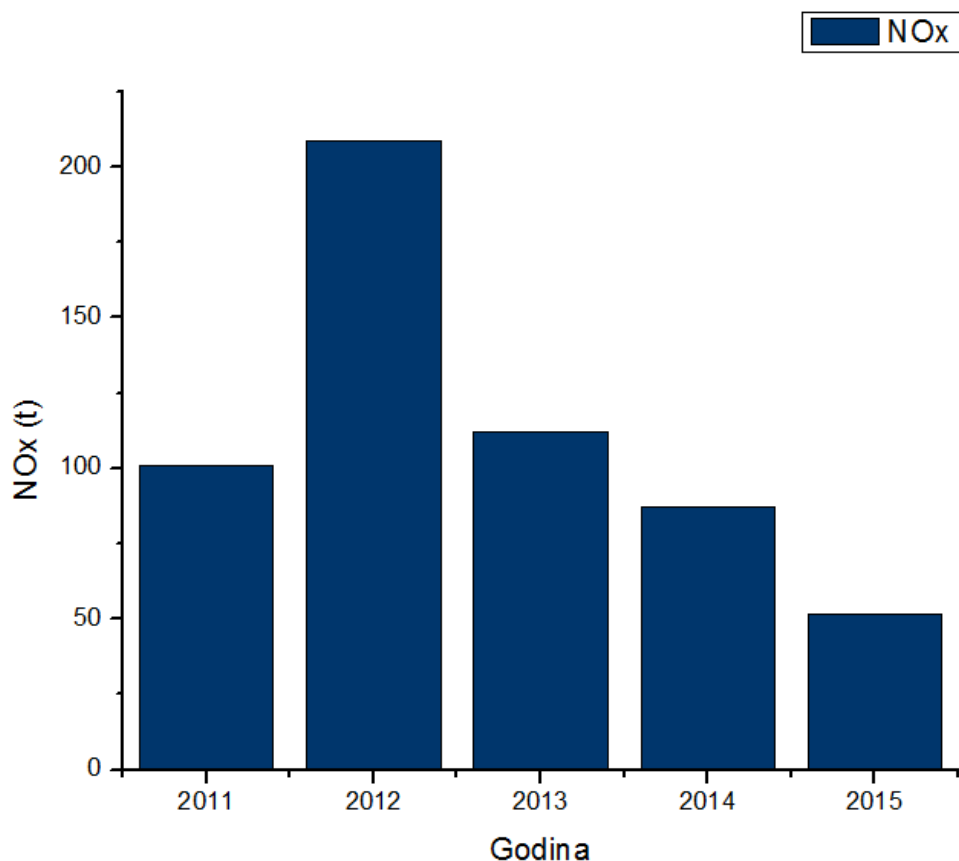


Slika 36. Grafički prikaz emisije NO<sub>x</sub> na TO „ZAPAD” (2011-2015)

Emisija NO<sub>x</sub> na TO „ZAPAD”, čiji su kotlovi trostruko premašili svoj radni vek, pokazuje da je u toku ovih pet godina nije došlo do prekoračenja GVE. Dobijeni rezultati poredili su se sa graničnim vrednostima emisija datih Uredbom o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduh („Službeni glasnik RS“, br. 71/10 i 6/11-ispr.). Ukoliko dobijene rezultate merenja uporedimo sa trenutno važećom Uredbom o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduhu iz postrojenja za sagorevanje („Službeni glasnik RS“, broj 6/2016). Uredbom o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduh koje važe do momenta usklađivanja emisija, a najkasnije do isteka roka za usklađivanje (01.01.2018. godine).

Ono što se može zaključiti jeste da je najveća emisija azotnih oksida sa ovog izvora zabeležena na kotlu K6 (postojeći veliki kotao). Nakon isteka roka za usklađivanje, ukoliko ne dođe do određenih promena, emisija azotnih oksida iz TO „ZAPAD” će prelaziti propisane granične vrednosti emisije na kotlovima K1, K2, K3 kao i na kotlu K6, pa samim tim neće biti usklađena sa zahtevima GVE. Emisije zagađujućih materija kotlova K4 i K5 kretaće se u okvirima GVE.

Ukupna emisija azotnih oksida emitovanih od strane TO „ZAPAD” u posmatranom petogodišnjem periodu data je na Slici 37.

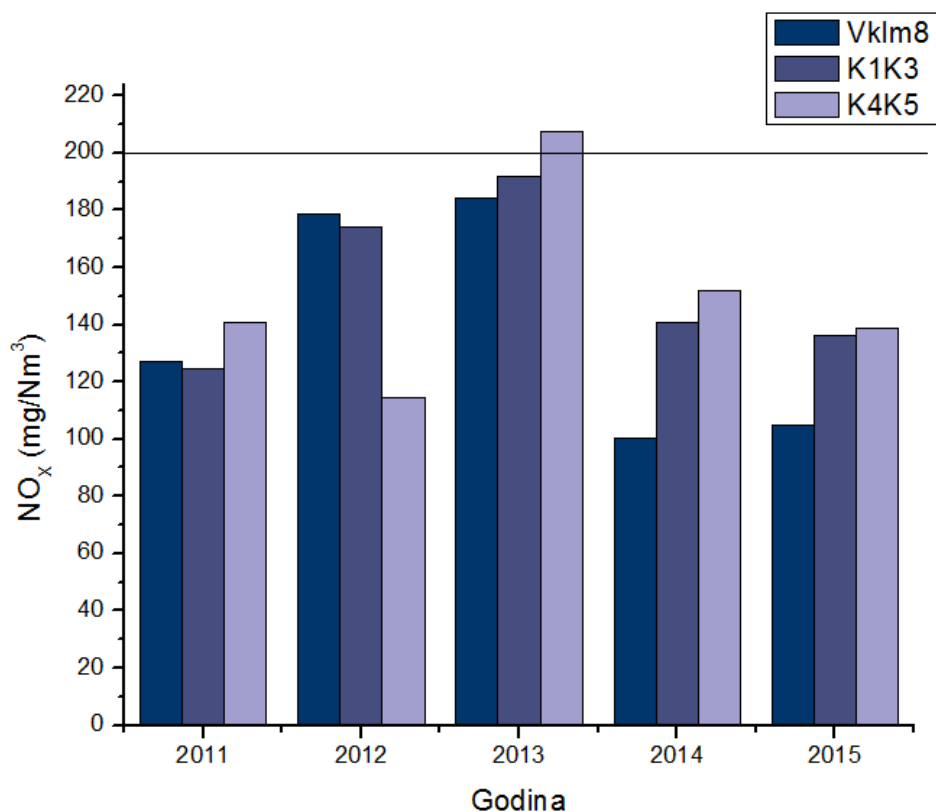


Slika 37. Grafički prikaz ukupne emisije NO<sub>x</sub> izražene u kg na godišnjem nivou na TO „ZAPAD” (2011-2015)

Ukupna emisija azotnih oksida za posmatranih godina iz ovog izvora iznosi 560.64 tona. Primetno je da je u toku 2013. godine zabeležena najveća emisija azotnih oksida posmatrano u tonama na godišnjem nivou i ukupno je iznosila 208.86 t/god, a sledeće tri godine emisija iz ovih izvora imala je tendenciju smanjivanja.

## Emisija azotnih oksida na TO „JUG”

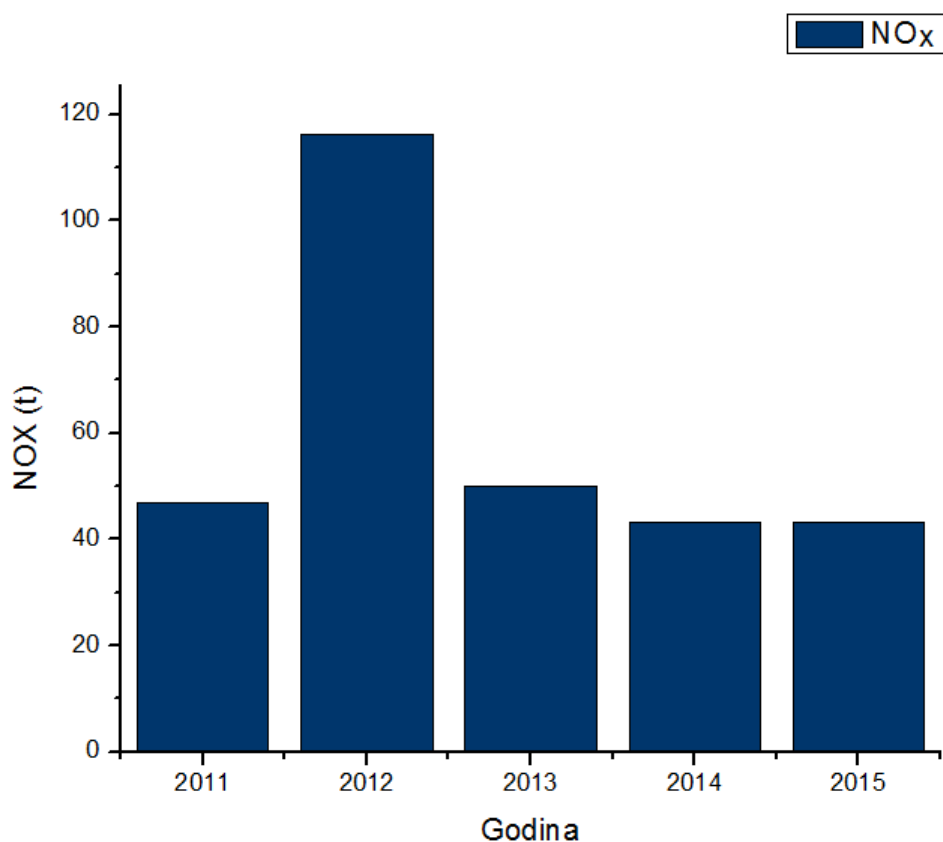
Praćena je emisija iz pet kotlovskih postrojenja, a rezultati su prikazani na Slici 38.



Slika 38. Grafički prikaz emisije NO<sub>x</sub> na TO „JUG” (2011-2015)

Emisija NO<sub>x</sub> na TO „JUG” pokazuje da u toku posmatranih pet godina nije dolazilo dolazilo do prekoračenja GVE propisane zakonom Republike Srbije Uredbom o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduh („Službeni glasnik RS“, br. 71/10 i 6/11-ispr.). Ukoliko rezultate merenja poredimo sa trenutno vazećom Uredbom o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduh iz postrojenja za sagorevanje („Službeni glasnik RS”, broj 6/2016). Uredbom o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduh koje važe do momenta usklađivanja emisija, a najkasnije do isteka roka za usklađivanje (01.01.2018. godine). Može se zaključiti da je 2011, 2012 i 2013. godine na postojećem malom kotlu VKLM 8. Došlo do prekoračenja GVE. Postojeća velika postrojenja za sagorevanje K4 i K5. su po trenutno vazećim zakonskim propisima u okvirima GVE. Ono što se može zaključiti jeste da ukoliko ne dođe do određenih promena, emisija azotnih oksida iz TO „JUG”, nakon isteka roka za usklađivanje, prelaziće propisane granične vrednosti emisije na emiterima kotlova VKLM8, K4 i K5, pa samim tim neće biti usklađena sa zahtevima GVE. Emisija kotlova K1 i K3 kretaće se u okvirima GVE.

Ukupna emisija azotnih oksida emitovanih od strane TO „JUG” u posmatranom petogodišnjem periodu data je na Slici 39.

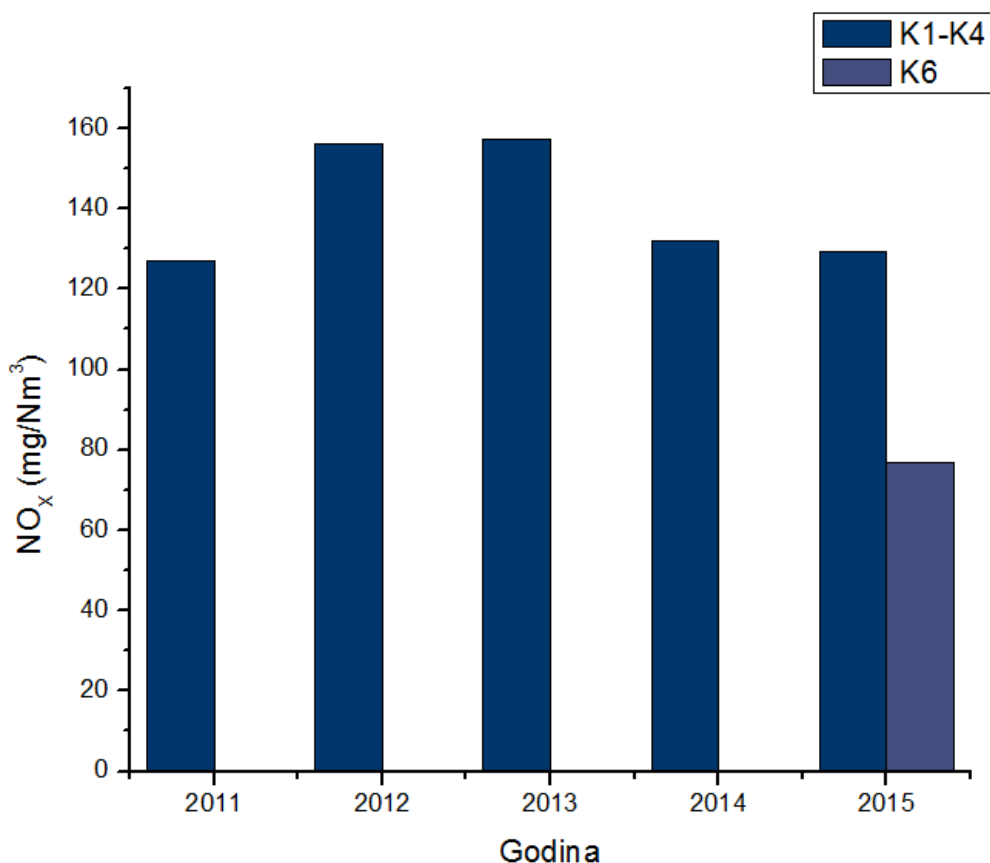


Slika 39. Grafički prikaz ukupne emisije NO<sub>x</sub> izražene u kg na godišnjem nivou na TO „JUG” u (2011-2015)

Ukupna emisija azotnih oksida za pet godina iz ovog izvora iznosi 296.422 t. Primetno je da je u poslednje dve godine zabeležena najmanja emisija azotnih oksida izražena u tonama na godišnjem nivou. Najveća emisija zabeležena je 2012. godine i iznosila je 116.322 t/god.

### Emisija azotnih oksida na TO „SEVER”

Praćena je emisija iz dva kotlovska postrojenja, a rezultati su prikazani na Slici 40.

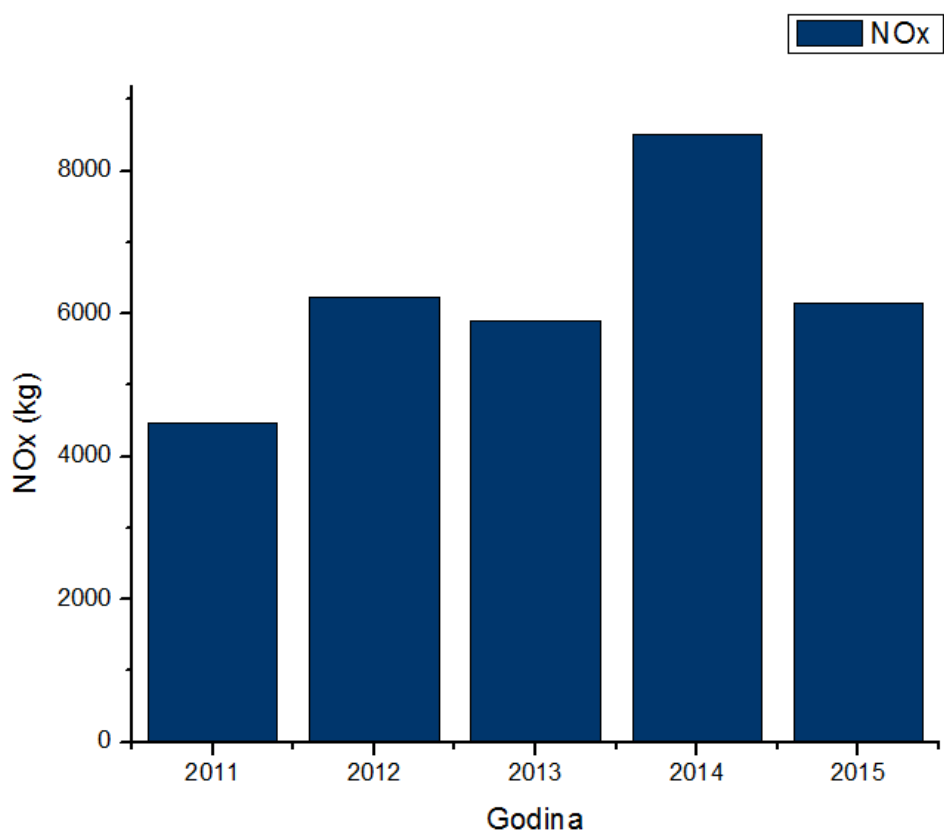


Slika 40. Grafički prikaz emisije NO<sub>x</sub> na TO „SEVER” (2011-2015)

Emisija NO<sub>x</sub> na TO „SEVER” pokazuje da u toku pet godina nije došlo do prekoračenja GVE propisane zakonom Republike Srbije, tada važećom Uredbom o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduh („Službeni glasnik RS“, br. 71/10 i 6/11-ispr.). Kao i trenutno važećom Uredbom o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduhu iz postrojenja za sagorevanje („Službeni glasnik RS”, broj 6/2016). Uredbom o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduh koje važe do momenta usklađivanja emisija, a najkasnije do isteka roka za usklađivanje (12.04.2018. godine).

Postojeće veliko postrojenje izgrađeno je i pušteno u rad 2014. godine, a emisija koja je zabeležena sledeće godine pokazuje da će emisija iz ovog postrojenja zadovoljavati uslove i nakon roka za usklađivanje

Ukupna emisija azotnih oksida emitovanih od strane TO „SEVER” u posmatranom petogodišnjem periodu data je na Slici 41.



Slika 41. Grafički prikaz ukupne emisije NO<sub>x</sub> izražene u kg na godišnjem nivou na TO „SEVER” (2011-2015)

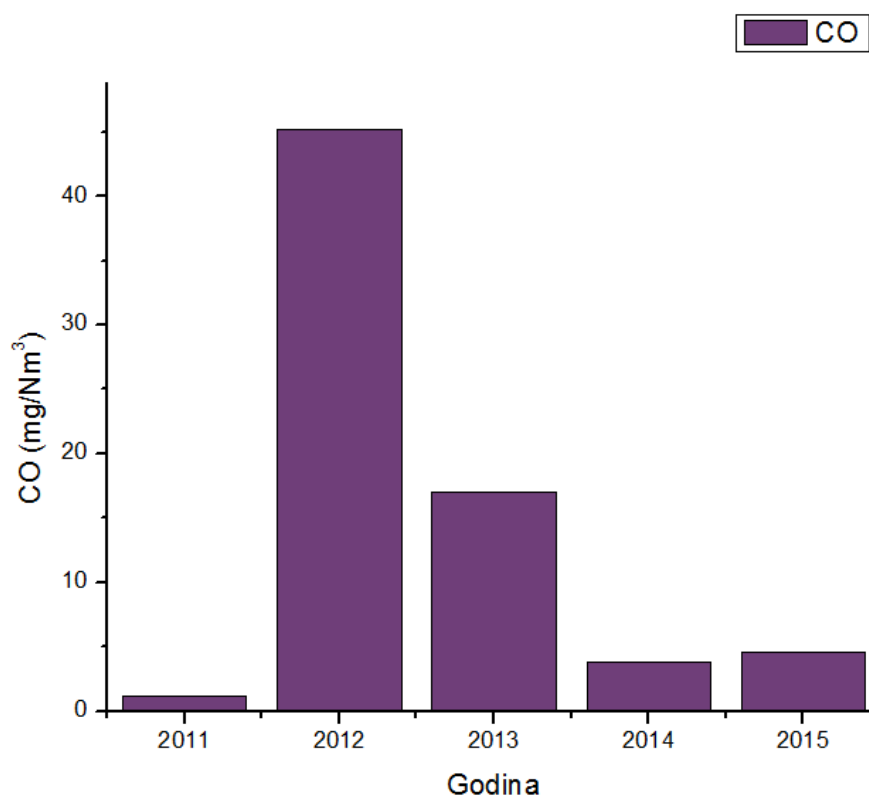
Ukupna emisija azotnih oksida za pet godina iz ovog izvora iznosi 31.275 kg. U ovoj toplani registrovana emisija azotnih oksida u kilogramima je najmanja. Najveća zabeležena vrednost iznosi 8.520 kg/god i zabeležena je 2014. godine.

## Ugljen monoksid - CO

Prema važećim propisima GVE za ugljen monoksid iznosi  $100 \text{ mg/Nm}^3$ , po isteku roka za usklađivanje GVE ostaće nepromenjene.

### Emisija ugljen monoksida na TO „ISTOK”

Vrednosti emisija ugljen monoksida date su na Slici 42.

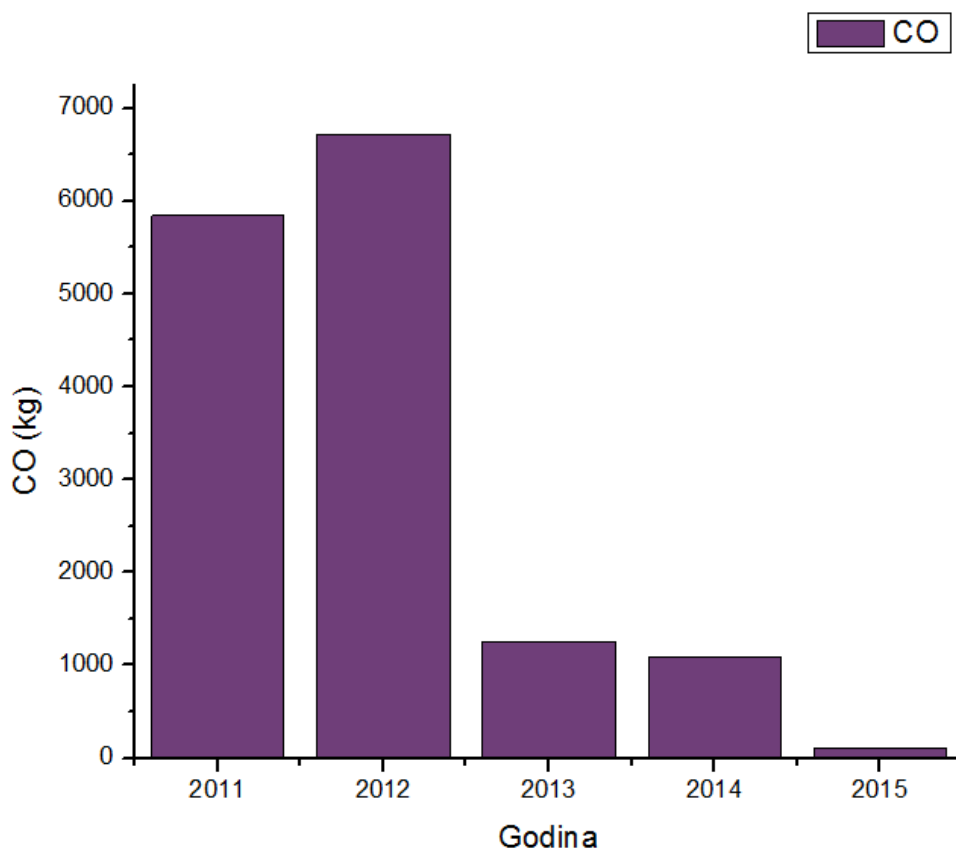


Slika 42. Grafički prikaz emisije CO na TO „ISTOK” (2011-2015)

Iako je ovo najopterećenija toplana, koja preuzima i deo konzuma toplane „SEVER”, može se videti da je emisija CO značajno smanjena u poslednje tri godine. Tokom pet godina nije došlo do prelaženja granične vrednosti emisije, čak ni 2012. godine kada je zabeležena emisija CO bila najveća. Sigurno je da će nakon isteka roka za usklađivanje, ukoliko ne dođe do drastičnih promena ili havarija, emisija ugljen monoksida iz TO „ISTOK” biti u propisanim graničnim vrednostima emisije odnosno biće usklađena sa zahtevima GVE.

Ukupna emisija ugljen monoksida emitovanog od strane TO „ISTOK” u posmatranom petogodišnjem periodu data je na Slici 43.



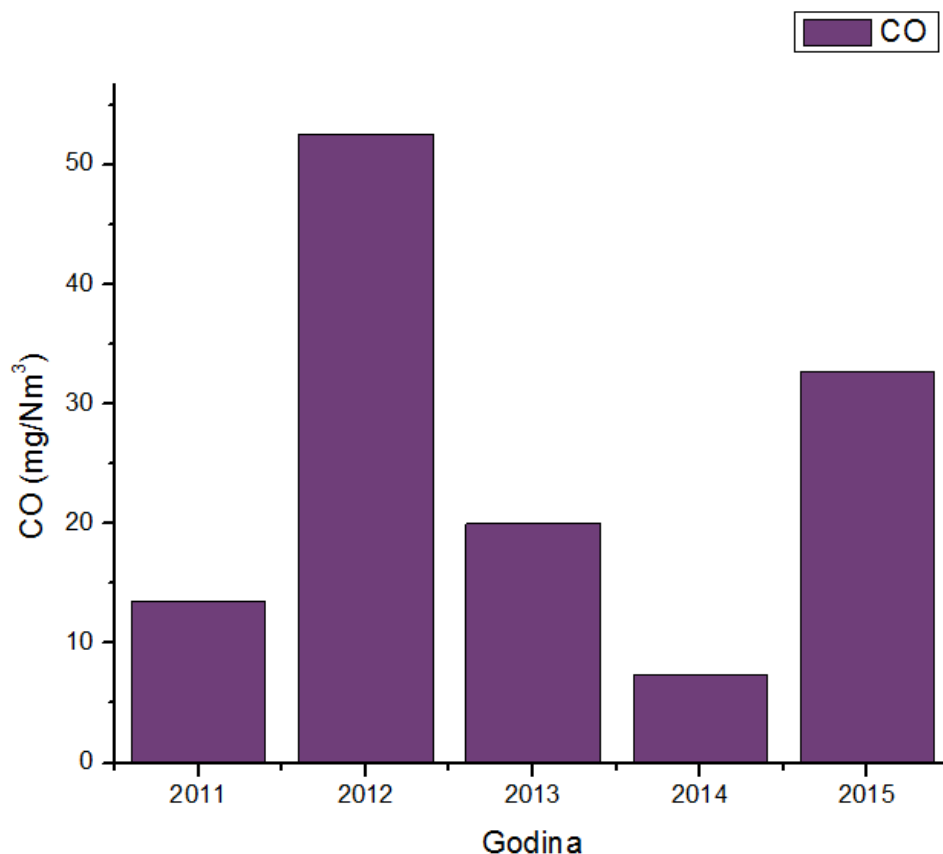


Slika 43. Grafički prikaz ukupne emisije CO izražene u kg na godišnjem nivou na TO „ISTOK” (2011-2015)

Ukupna emisija ugljen monoksida za 5 godina iz ovog izvora iznosi 15.011 kg. Najveća emisija zabeležena je 2012. godine i iznosila je 6.723 kg/god, dok je najmanja količina registrovana 2015. godine i drastično je smanjena u odnosu na prethodne četiri godine.

### Emisija ugljen monoksida na TO „ZAPAD”

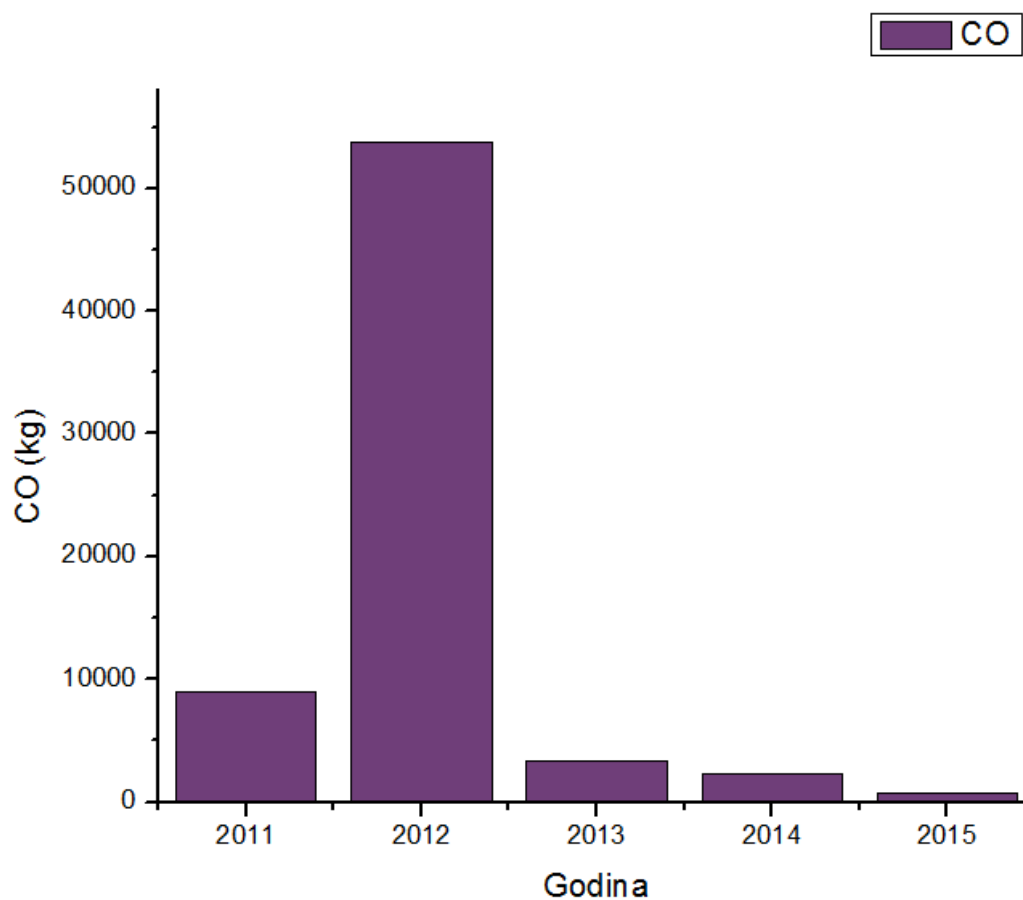
Vrednosti emisija ugljen monoksida date su na Slici 44.



Slika 44. Grafički prikaz emisije CO na TO „ZAPAD” (2011-2015)

Zabeležena emisija CO, kod kotlova u ovoj toplani, koji rade preko 30 godina i koji su trostruko prešli svoj radni vek, na petogodišnjem nivou ni jednom nije prešla granične vrednosti emisije propisane zakonom Republike Srbije. U 2012. godini zabeležena je najveća emisija CO u atmosferu, ali ni tada nije prelazila GVE. Sigurno je da će nakon isteka roka za usklađivanje, ukoliko ne dođe do drastičnih promena ili havarija, emisija ugljen monoksida iz TO „ZAPAD” biti u propisanim graničnim vrednostima emisije odnosno biće usklađena sa zahtevima GVE.

Ukupna emisija ugljen monoksida emitovanog od strane TO „ZAPAD” u posmatranom petogodišnjem periodu data je na Slici 45.

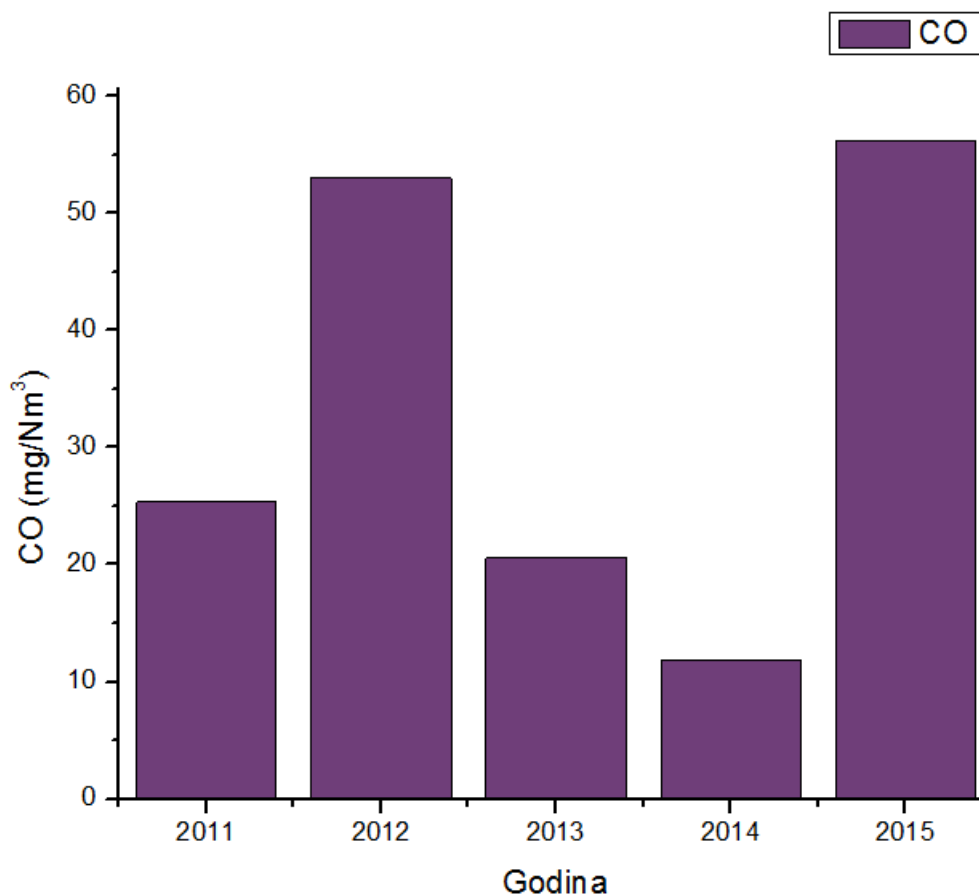


Slika 45. Grafički prikaz ukupne emisije CO izražene u kg na godišnjem nivou na TO „ZAPAD” (2011-2015)

Ukupna emisija ugljen monoksida za 5 godina iz ovog izvora iznosi 69.117 kg. Najveća emisija zabeležena je 2012. godine i iznosila je 53.836 kg/god, što predstavlja više čak i od zbira svih emisija u ostalim godinama. Poslednje tri godine uočava se tendencija smanjenja emisije CO u kilogramima na izvorima.

## Emisija ugljen monoksida na TO „JUG”

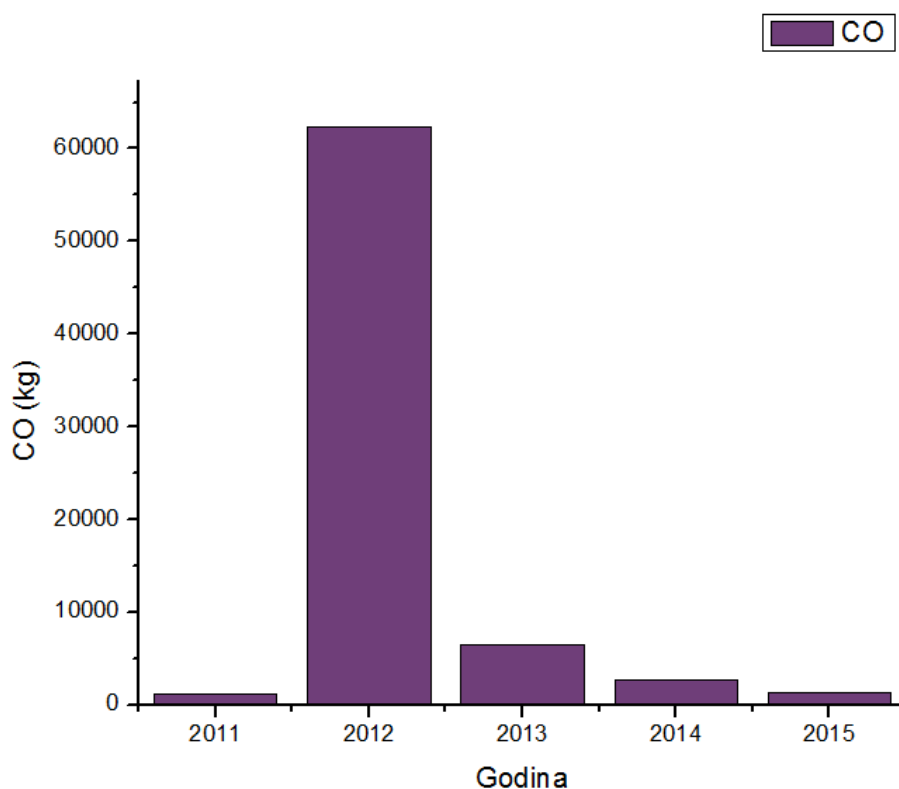
Vrednosti emisija ugljen monoksida date su na Slici 46.



Slika 46. Grafički prikaz emisije CO na TO „JUG” (2011-2015)

Tokom petogodišnjeg merenja emisije CO u vazduh sa ovog izvora nije došlo do prekoračenja granične vrednosti emisije koja je propisana Uredbom Vlade Republike Srbije. Najniža emisija CO zabeležena je 2014. godine, a najviša 2015. godine. Nakon isteka roka za usklađivanje, ukoliko ne dođe do drastičnih promena ili havarija, emisija ugljen monoksida iz TO „JUG” biće u propisanim graničnim vrednostima emisije odnosno biće usklađena sa zahtevima GVE.

Ukupna emisija ugljen monoksida emitovanog od strane TO „JUG” u posmatranom petogodišnjem periodu data je na Slici 47.

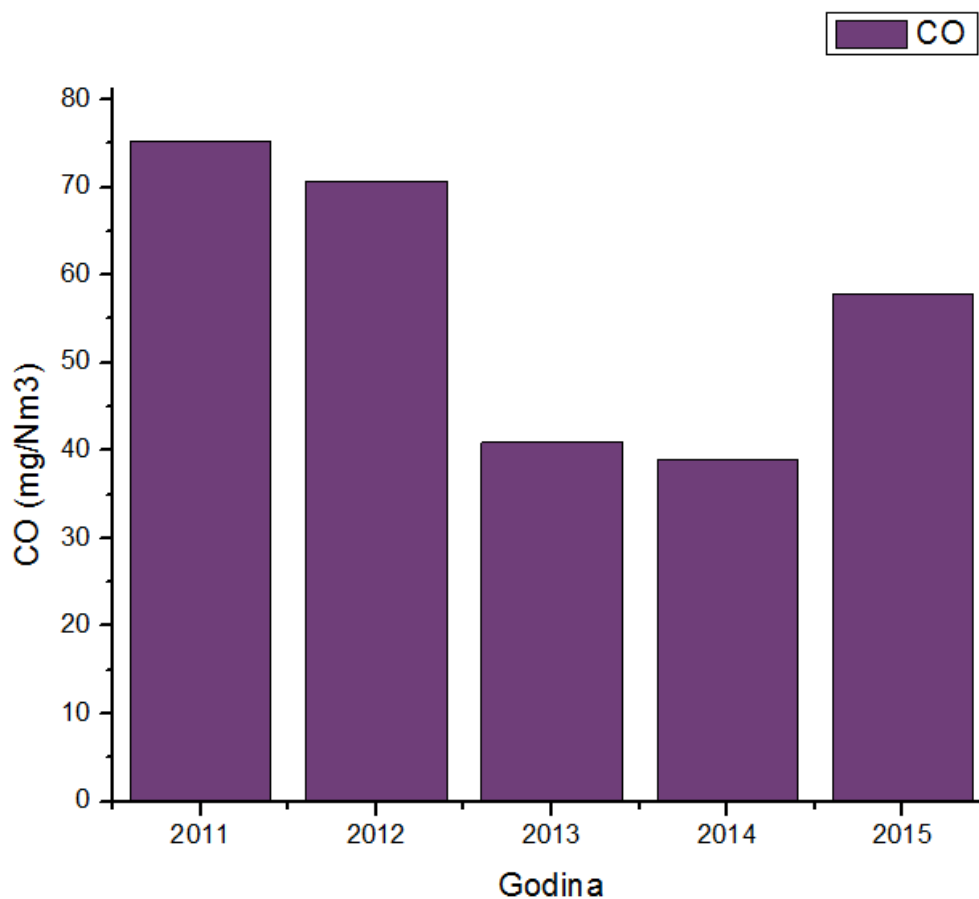


Slika 47. Grafički prikaz ukupne emisije CO izražene u kg na godišnjem nivou na TO „JUG” (2011-2015)

Ukupna emisija ugljen monoksida za 5 godina iz ovog izvora iznosi 74.082 kg. Najveća emisija zabeležena je 2012. godine i iznosila je 62.409 kg/god, što predstavlja više od ukupnog zbira emisije u preostale četiri godine.

## Emisija ugljen monoksida na TO „SEVER”

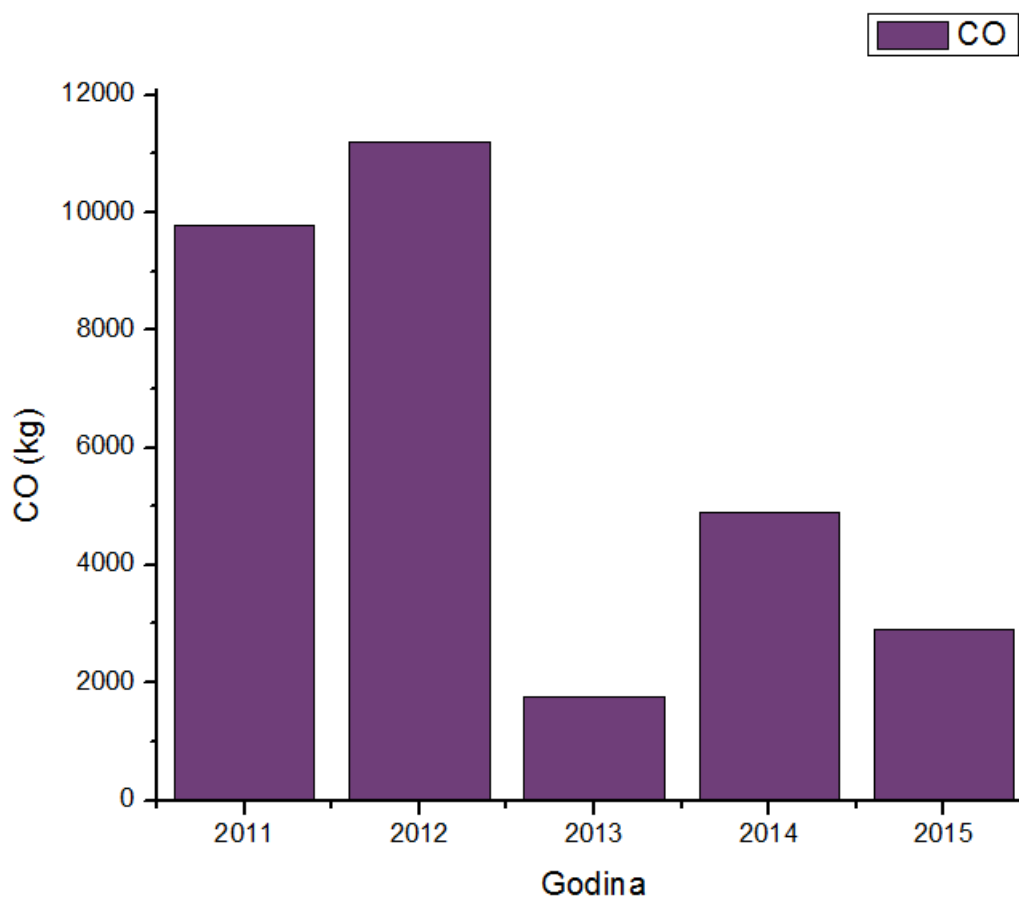
Vrednosti emisija ugljen monoksida date su na Slici 48.



Slika 48. Grafički prikaz emisije CO na TO „SEVER” (2011-2015)

Dostupni podaci za TO „SEVER” u toku pet godina, pokazuju da ni jednom nije došlo do prekoračenja granične vrednosti emisije propisane zakonom Republike Srbije. Po postojećim rezultatima, može se zaključiti da će i nakon perioda usaglašavanja, emisija CO sa ovih izvora biti u dozvoljenim GVE.

Ukupna emisija ugljen monoksida emitovanog od strane TO „SEVER” u posmatranom petogodišnjem periodu data je na Slici 49.



Slika 49. Grafički prikaz ukupne emisije CO izražene u kg na godišnjem nivou na TO „SEVER” u (2011-2015)

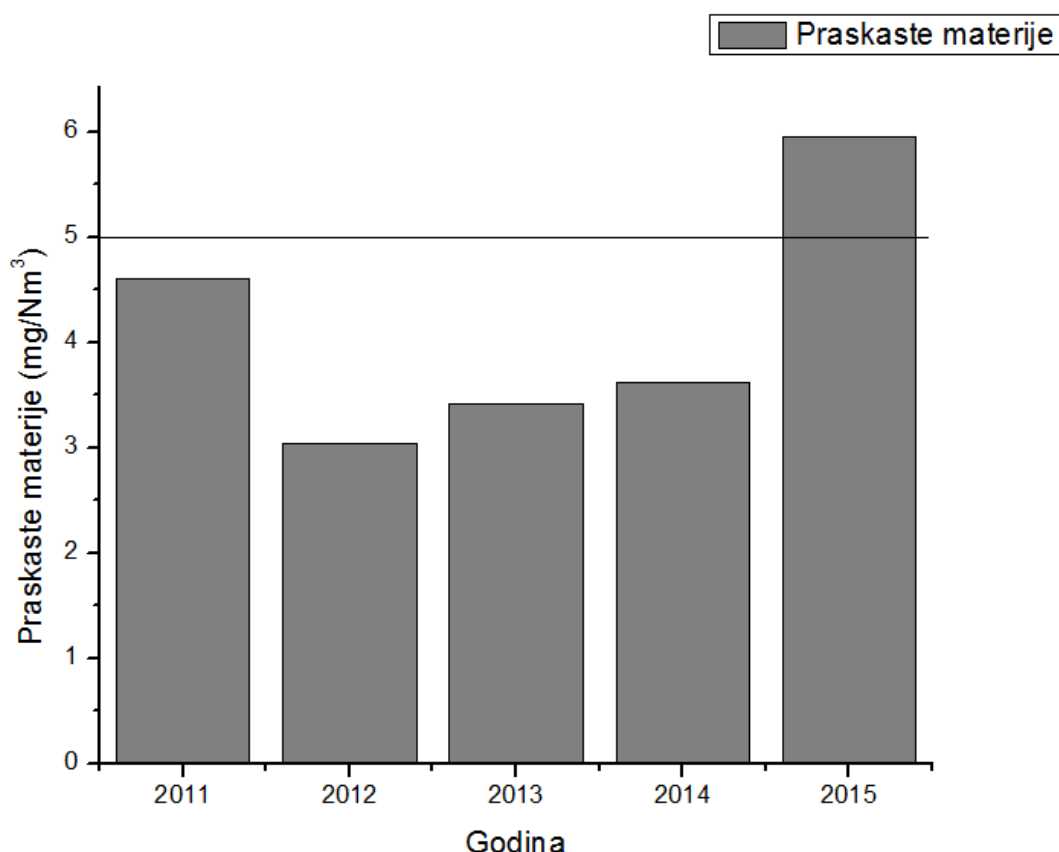
Ukupna emisija u navedenom periodu iznosi 30.542 kg. Vrednosti emisije izražene u kg na godišnjem nivou koje su ovde zabeleženo su praktično neznatne.

## Praškaste materije (PM)

Prema važećim propisima GVE za praškaste materije iznosi  $5\text{mg}/\text{Nm}^3$ , po isteku roka za usklađivanje GVE neće se menjati i iznosiće  $5\text{ mg}/\text{Nm}^3$ .

## Emisija praškastih materija na TO „ISTOK”

Vrednosti emisija praškastih materija iz ovog emitera date su na Slici 50.

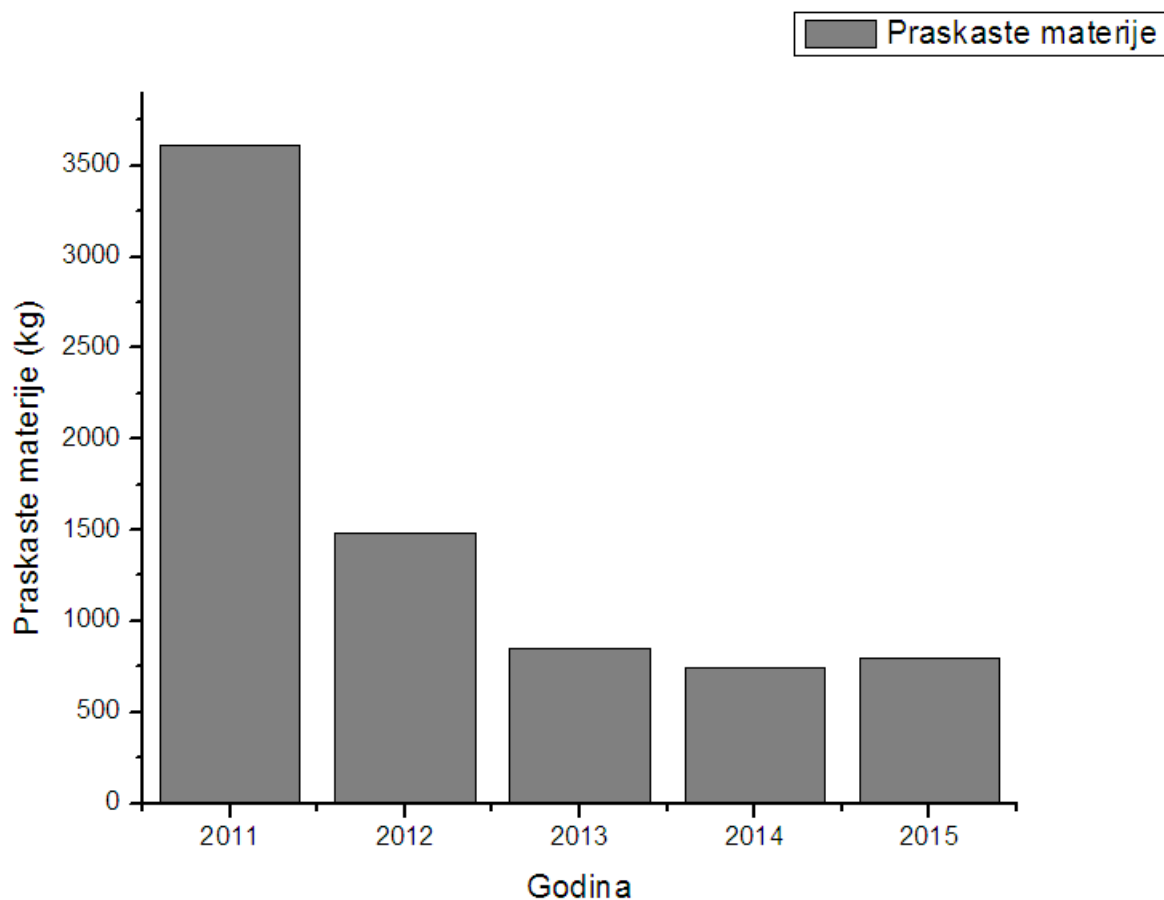


Slika 50. Grafički prikaz emisije praškastih materija na TO „ISTOK” (2011-2015)

Tokom petogodišnjeg merenja emisije praškastih materija u vazduh sa ovog izvora, 2015. godine došlo je do prekoračenja GVE koja je propisana zakonom Republike Srbije. Imajući u obzir da izmereno prekoračenje GVE nije veliko, pretpostavka je da će nakon isteka roka za usklađivanje, ukoliko ne dođe do drastičnih promena ili havarija, emisija praškastih materija sa ovog izvora biti u propisanim graničnim vrednostima emisije odnosno biće usklađena sa zahtevima GVE.

Ukupna emisija praškastih materija emitovanih od strane TO „ISTOK” u posmatranom petogodišnjem periodu data je na Slici 51.



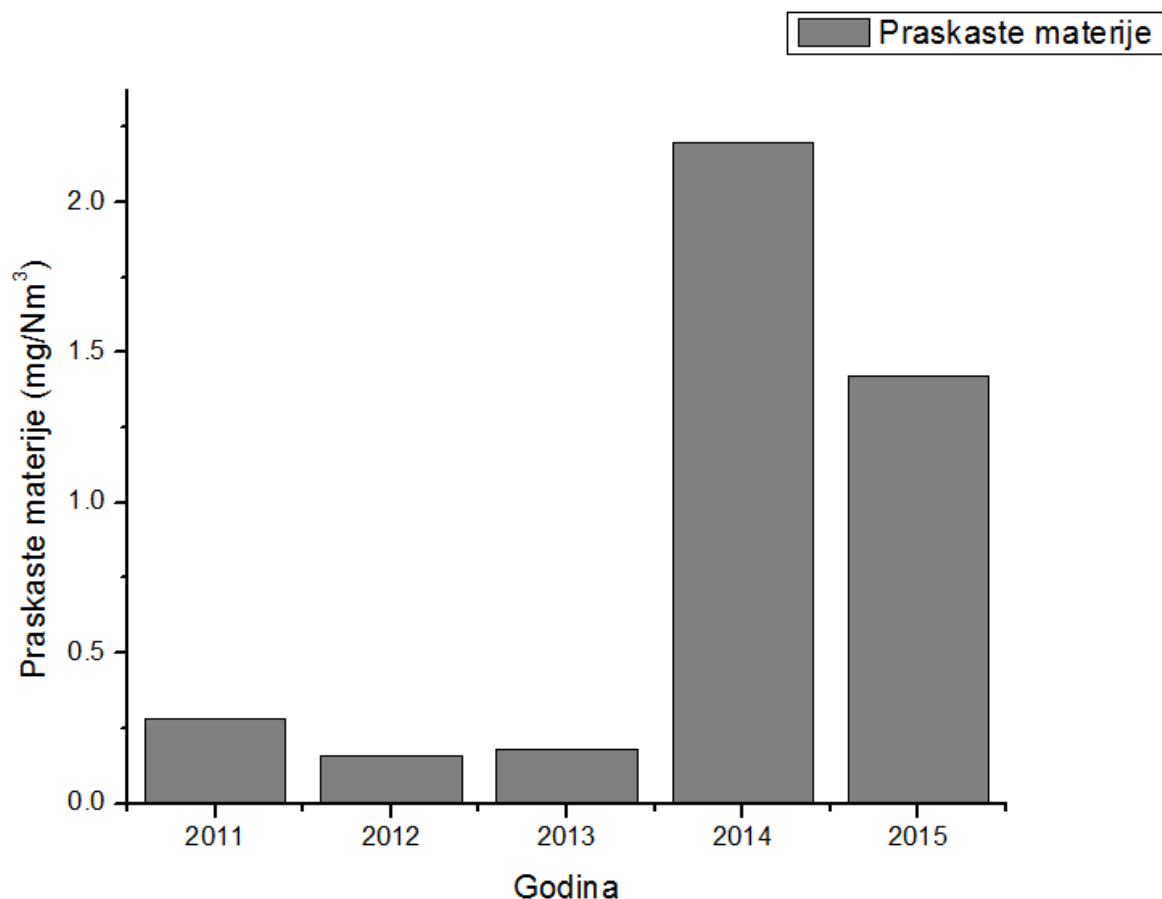


Slika 51. Grafički prikaz ukupne emisije praškastih materija izraženih u kg na godišnjem nivou na TO „ISTOK” (2011-2015)

Ukupna emisija praškastih materija za 5 godina iz ovog izvora iznosi 7.488,2 kg. Najveća emisija zabeležena je tokom 2011. godine i iznosila je 3.615 kg/god, što približno predstavlja polovinu od ukupne emisije zabeležene u toku ovih pet godina.

## Emisija praškastih materija na TO „ZAPAD”

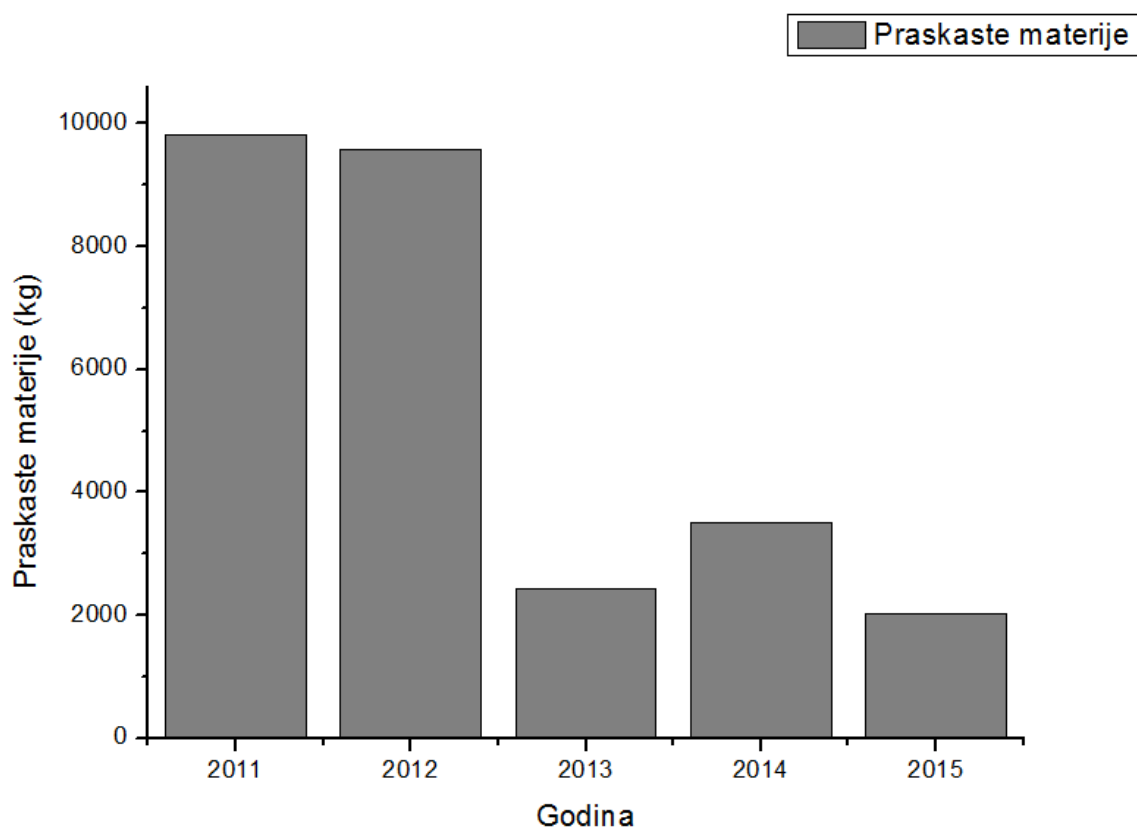
Vrednosti emisija praškastih materija iz ovog emitera date su na Slici 52.



Slika 52. Grafički prikaz emisije praškastih materija na TO „ZAPAD” (2011-2015)

Ukupna emisija praškastih materija u TO „ZAPAD” zabeležena u periodu od 2011-2015. Godine pokazuje da je emisija na ovom izvoru neznatna, stim da je tokom 2014 i 2015. Došlo do povećane emisije koja se kretala u okvirima GVE za praškaste materije. Ukoliko ne bude došlo do velikih havarija, nakon isteka roka za usklađivanje, sigurno je da će emisija praškastih materija sa ovog izvora biti u propisanim graničnim vrednostima emisije odnosno biće usklađena sa zahtevima GVE.

Ukupna emisija praškastih materija emitovanih od strane TO „ZAPAD” u posmatranom petogodišnjem periodu data je na Slici 53.

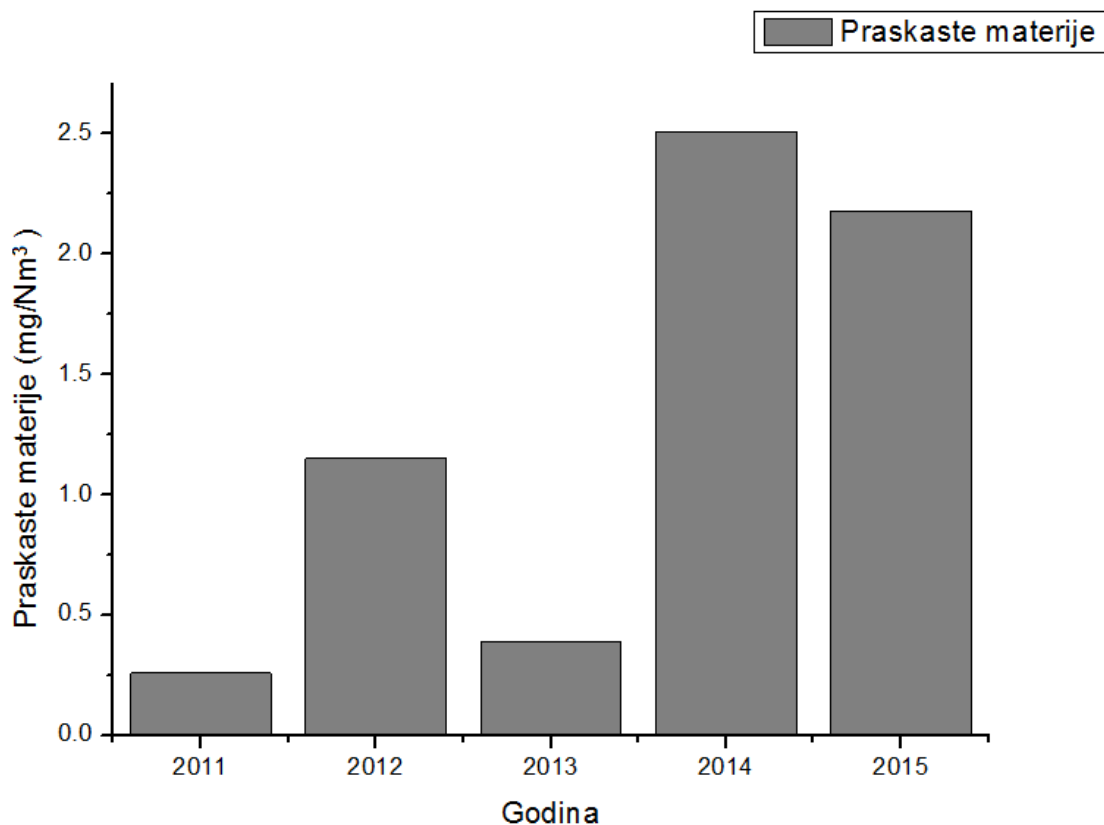


Slika 53. Grafički prikaz ukupne emisije praškastih materija izraženih u kg na godišnjem nivou na TO „ZAPAD” (2011-2015)

Ukupna emisija praškastih materija za 5 godina iz ovog izvora iznosi 27.365,4 kg. Najveća emisija zabeležena je tokom 2011. godine i iznosila je 9.824,8 kg/god, što približno predstavlja trećinu ukupne emisije zabeležene u toku ovih pet godina.

## Emisija praškastih materija na TO „JUG”

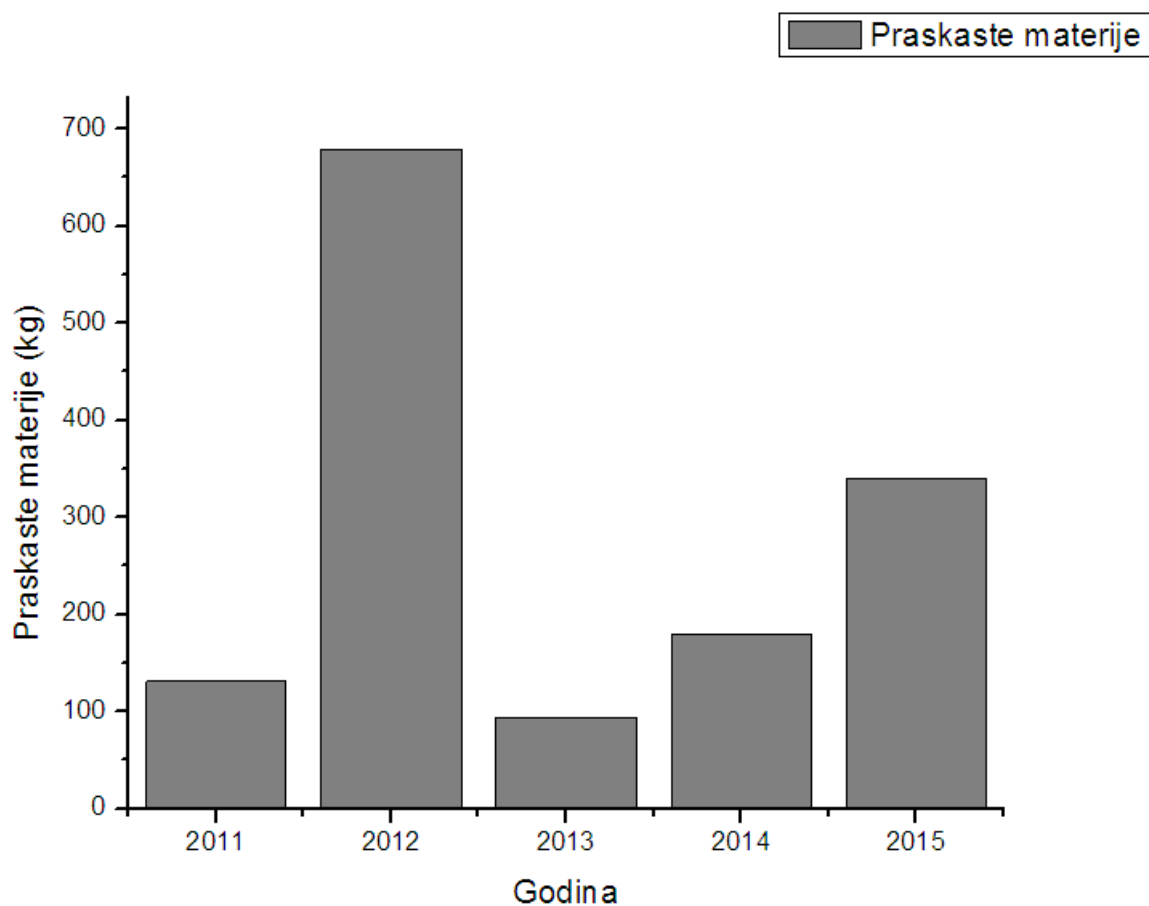
Vrednosti emisija praškastih materija iz ovog emitera date su na Slici 54.



Slika 54. Grafički prikaz emisije praškastih materija na TO „JUG” (2011-2015)

U toku pet godina nijednom nije prekoračena granična vrednost emisije praškastih materija koja je propisana zakonom Republike Srbije. Najviša emisija praškastih materija sa ovog izvora zabeležena je 2014. godine. Pretpostavka je da će i nakon isteka roka za usklađivanje, ukoliko ne dođe do drastičnih promena ili havarija, emisija praškastih materija sa ovog izvora biti u propisanim graničnim vrednostima emisije odnosno biće usklađena sa zahtevima GVE.

Ukupna emisija praškastih materija emitovanih od strane TO „JUG” u posmatranom petogodišnjem periodu data je na Slici 55.

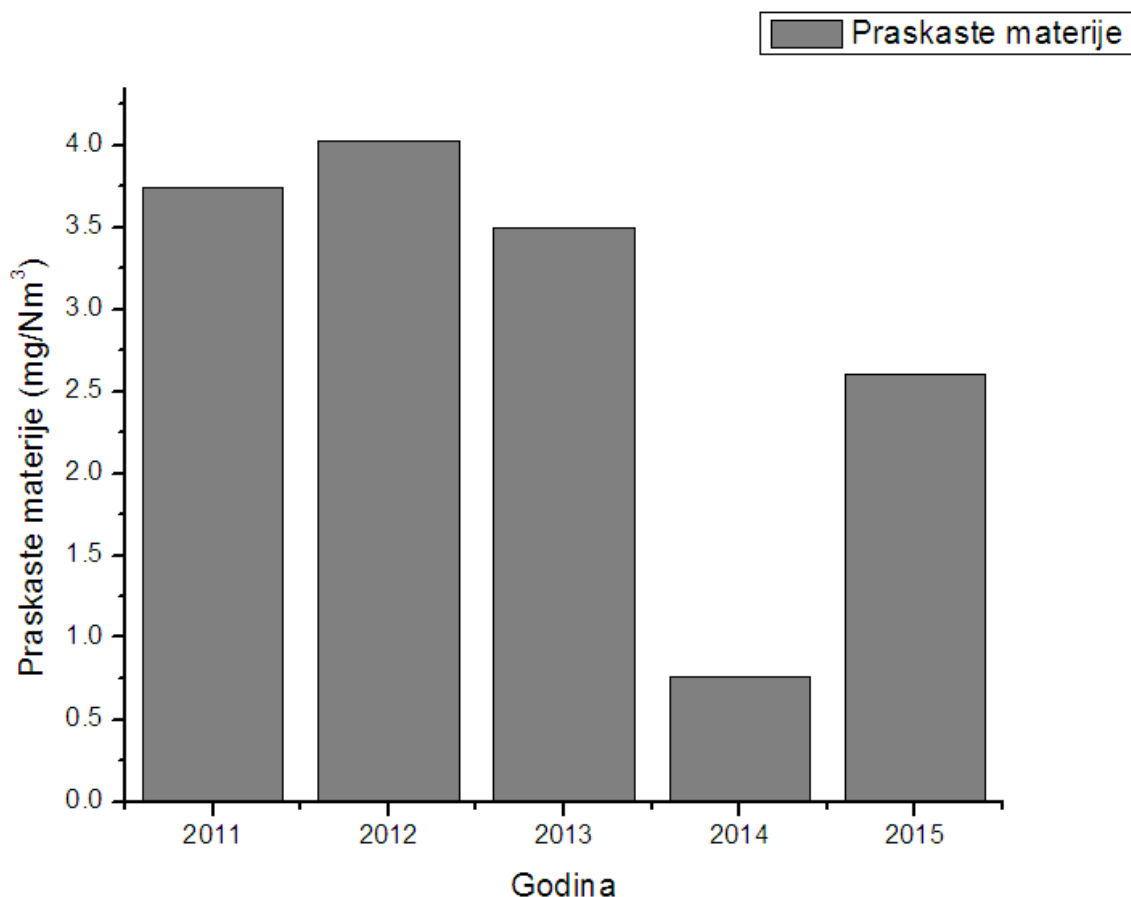


Slika 55. Grafički prikaz ukupne emisije praškastih materija izraženih u kg na godišnjem nivou na TO „JUG” (2011-2015)

Ukupna emisija praškastih materija za 5 godina iz ovog izvora iznosi 1.422,3 kg. Najveća emisija zabeležena je u toku 2012. godine i iznosila je 679,5 kg/god.

## Emisija praškastih materija na TO „SEVER”

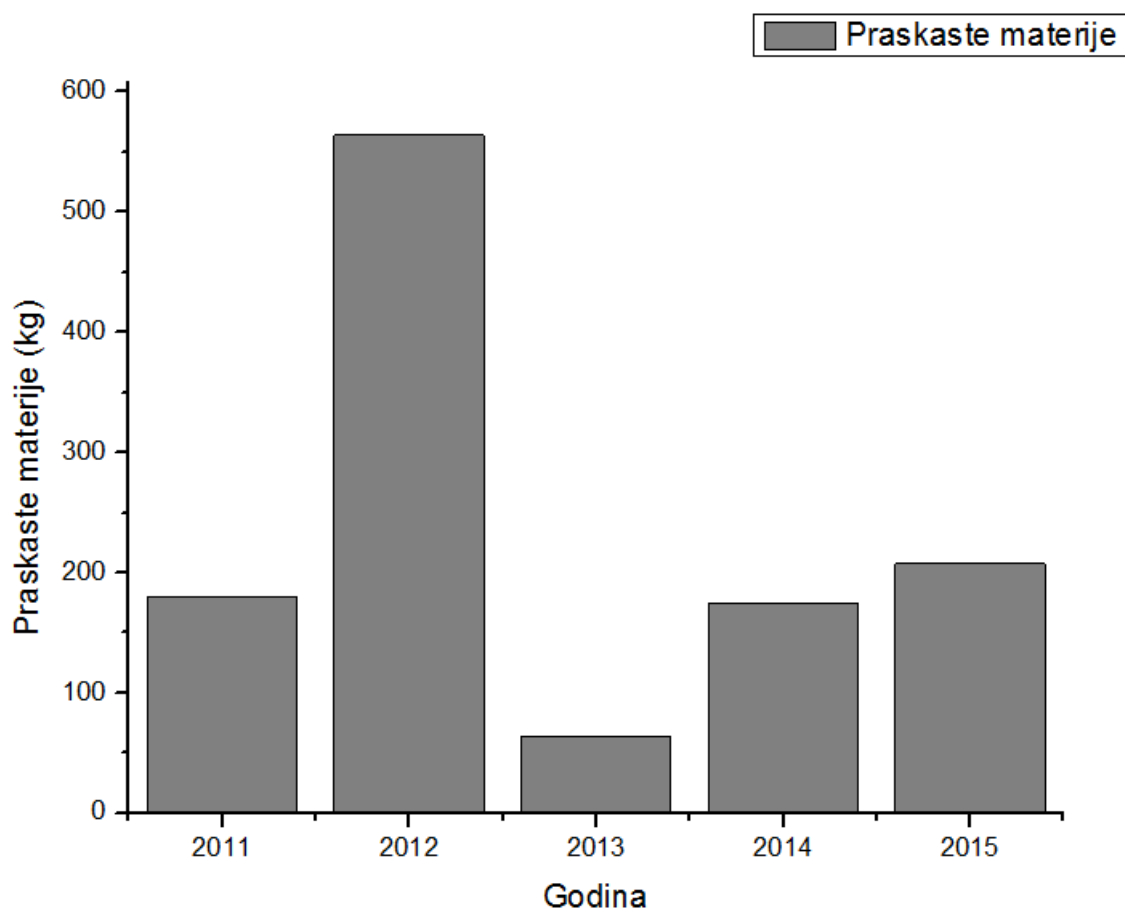
Vrednosti emisija praškastih materija iz ovog emitera date su na Slici 56.



Slika 56. Grafički prikaz emisije praškastih materija na TO „SEVER” (2011-2015)

Prema zabeleženim podacima u TO „SEVER” nijednom nije došlo do prekoračenja granične vrednosti emisije propisane zakonom. Najveća emisija zabeležena je 2012. godine, ali se i ona kretala u dozvoljenim granicama. Nakon isteka perioda za usklađivanje, ne bi trebalo da dođe do većih oscilacija, tako da će i tada emisija zadovoljavati GVE propisane zakonom.

Ukupna emisija praškastih materija emitovanih od strane TO „SEVER” u posmatranom petogodišnjem periodu data je na slici 57.



Slika 57. Grafički prikaz ukupne emisije praškastih materija izraženih u kg na godišnjem nivou na TO „SEVER” (2011-2015)

Ukupna emisija praškastih materija koja je dostupna za 5 godina iz ovog izvora iznosi 1.189 kg. Najveća emisija zabeležena je u toku 2012. godine i iznosila je 563,5 kg/god. Zabeležene vrednosti u kilogrami sa ovog izvora su praktično neznatni.

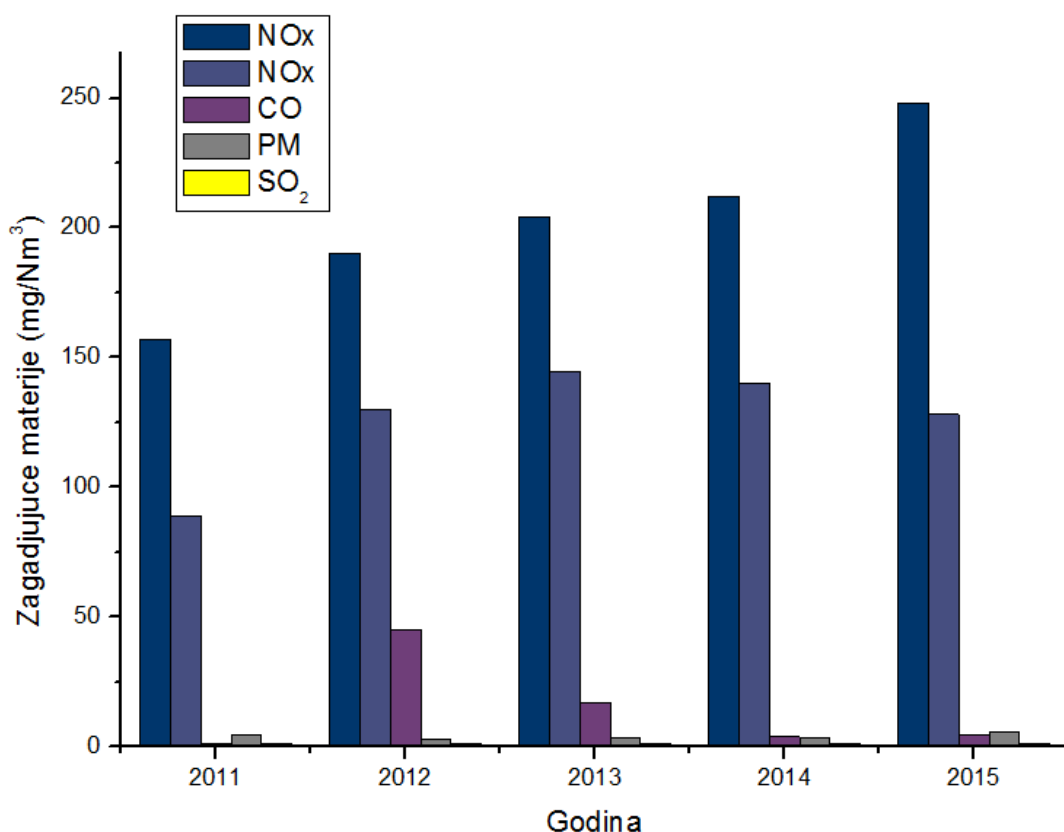
### Sumpor dioksid

Kada se kao osnovni emergent koristi prirodni gas, ne očekuje se prisustvo sumpora, pa se samim tim ne očekuje ni njegova emisija u atmosferu. U 99% merenja vrednost emisije SO<sub>2</sub> je ili 0 ili ispod granice detekcije, tako da se JKP „Novosadska toplana” ne smatra izvorom sumpornih oksida.

### 6.3.2 Emisije svih zagađujućih materija po pojedinačnim izvorima

Druga grupa rezultata pokazuje nivoe koncentracija kao i emitovane količine svih zagađujućih materija po pojedinačnim izvorima.

Emisija svih zagađujućih materija na TO „ISTOK” data je na Slici 58.

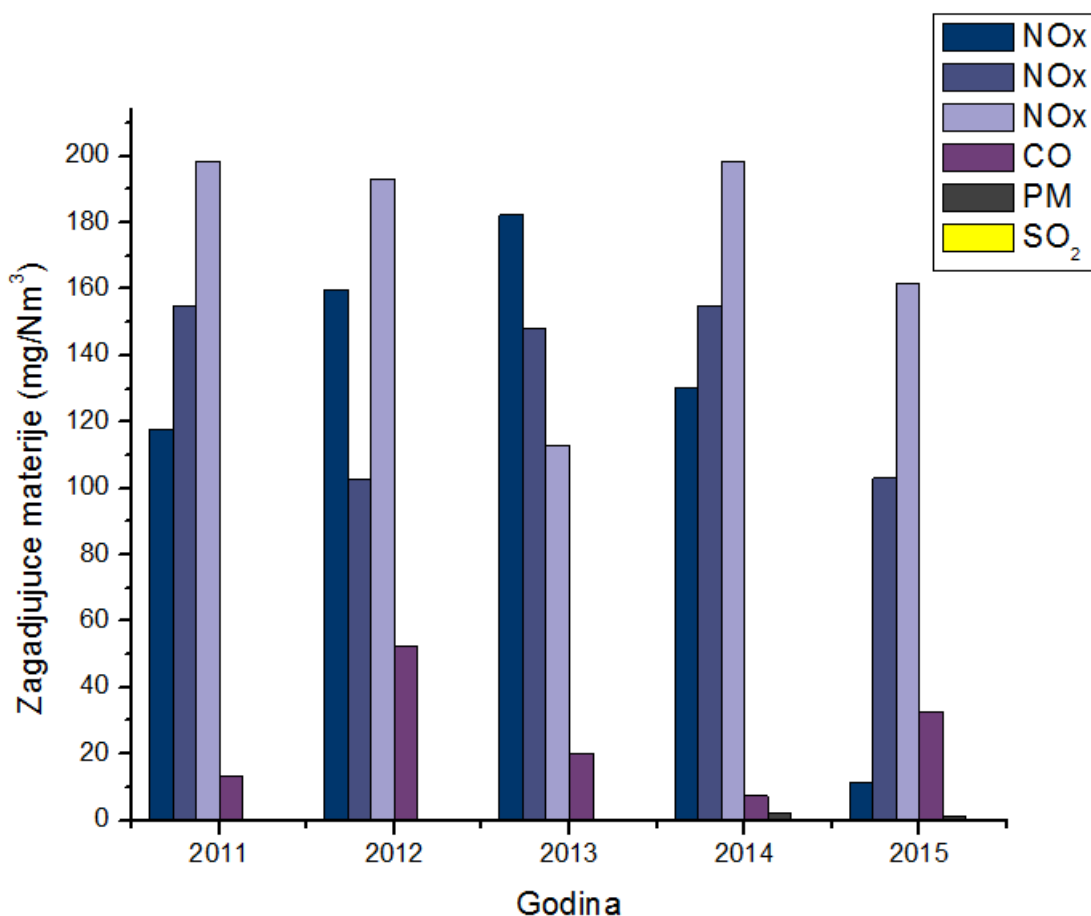


Slika 58. Grafički prikaz nivoa koncentracije kao i emitovane količine svih zagađujućih materija na TO „ISTOK” (2011-2015)

Kada se posmatra ukupna emisija zagađenja iz TO „ISTOK” može se videti da ova toplana emituje najviše zagađenja u obliku azotnih oksida. Godine 2015 zabeležena je najveća emisija NO<sub>x</sub>, kada je i zabeleženo najveće prekoračenje GVE. Za 2013 i 2014 godinu takođe je zabeleženo prekoračenje granične vrednosti emisije. Sva prekoračenja zabeležena su na postojećem srednjem postrojenju, a evidentno je da je sa godinama emisija NO<sub>x</sub> sve veća. U periodu od 2011-2015 emisija CO kretala se u dozvoljenim granicama i nijednom nije došlo do prekoračenja GVE. GVE za praškaste materije nije prekoračena ni jednom na ovom izvoru. Emisija SO<sub>2</sub> iz ovog izvora nije detektovana u toku petogodišnjeg merenja.



Emisija svih zagađujućih materija na TO „ZAPAD” data je na Slici 59.

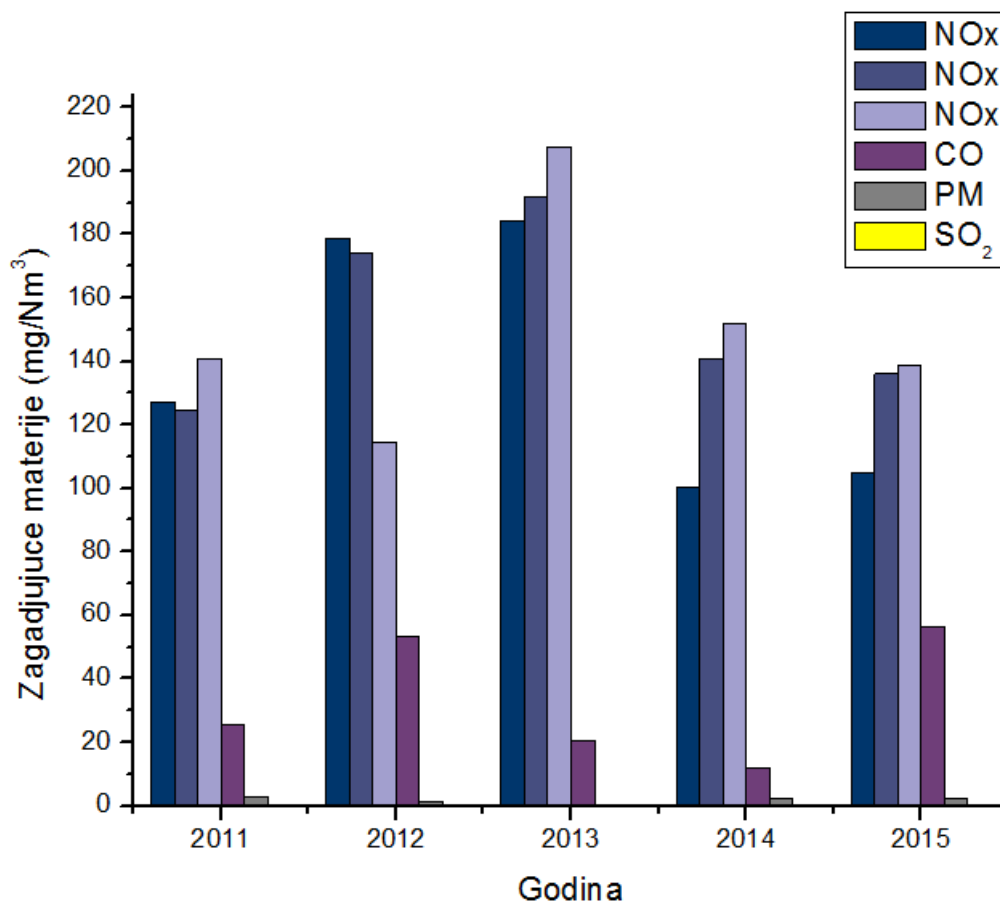


Slika 59. Grafički prikaz nivoa koncentracije kao i emitovane količine svih zagađujućih materija na TO „ZAPAD” (2011-2015)

Kada se posmatra ukupno zagađenje iz TO „ZAPAD” primećuje se da ovaj izvor najveću koncentraciju zagađenja emituje u vidu azotnih oksida, tokom petogodišnjeg merenja u periodu od 2011-2014 dolazi do prekoračenja GVE na malim kotlovima K1, K2, K3. Ukoliko rezultate poredimo sa trenutno važećom Uredbom o emisiji zagađujućih materija u vazduhu iz postrojenja za sagorevanje (“Službeni glasnik RS”, broj 6/2016). Uredbom o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduh koje važe do momenta usklađivanja emisija, a najkasnije do isteka roka za usklađivanje (01.01.2018. godine).

Emisija ugljen monoksida kreće se, u dozvoljenim granicama. Ukupna emisija prašastih materija, u periodu od 2011-2015. godine ni jednom nije prekoračila propisane granične vrednosti emisije. Zbog primene prirodnog gasa, kao osnovnog energenta, ne detektuje se emisija SO<sub>2</sub> na ovom izvoru.

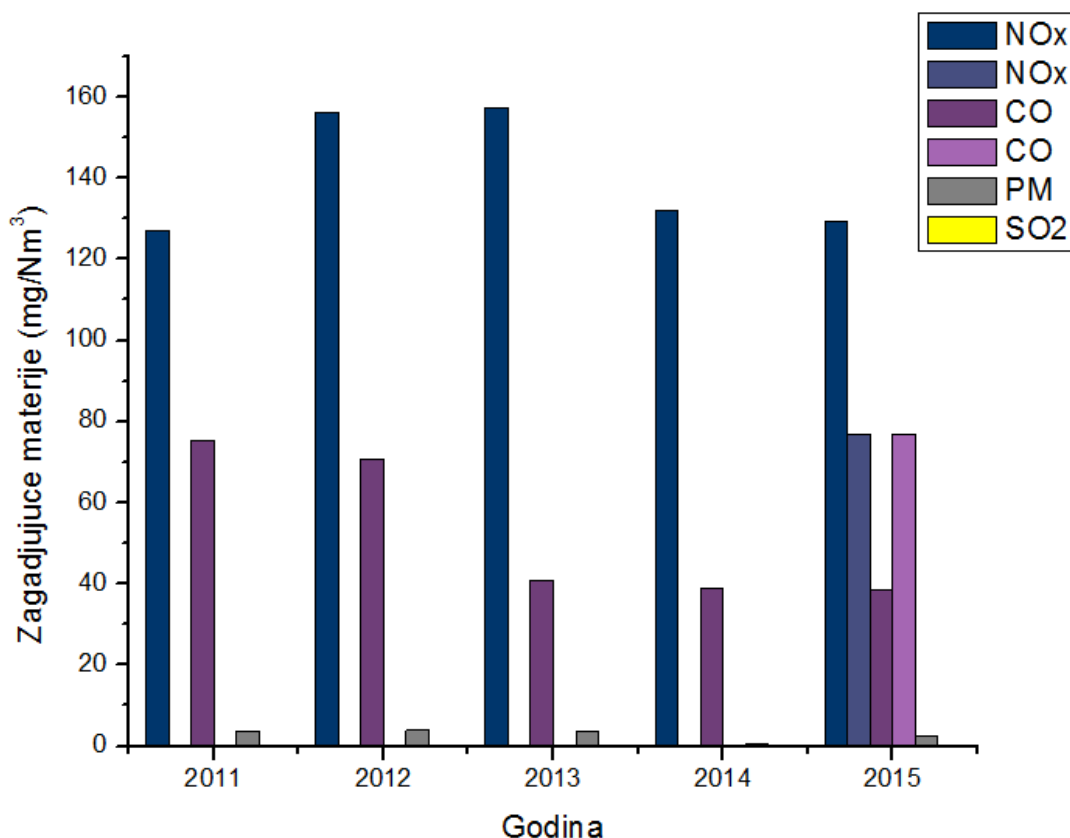
Emisija svih zagađujućih materija na TO „JUG” data je na Slici 60.



Slika 60. Grafički prikaz nivoa koncentracije kao i emitovane količine svih zagađujućih materija na TO „JUG” (2011-2015)

Analiza podataka dobijenih u periodu od 2011-2015. godine, koja se odnosi na ukupnu emisiju zagađenja iz TO „JUG” pokazuje da se najveća emisija zagađnje iz ovog izvora javlja vidu azotnih oksida. Ukoliko rezultate poredimo sa trenutno važećom Uredbom o emisiji zagađujućih materija u vazduhu iz postrojenja za sagorevanje (“Službeni glasnik RS”, broj 6/2016) Do prekoračenja propisane granične vrednosti emisije iz ovog izvora došlo je u periodu od 2011-2013. godine na malom kotlovskom postrojenju. Emisija CO u toku ovog perioda kretala se u dozvoljenim granicama i nijednom nije došlo do prekoračenja GVE. Emisija praškastih materija, takođe, se kretala u dozvoljenim granicama i nije došlo do prekoračenja GVE. Emisija SO<sub>2</sub> nije registrovana.

Emisija svih zagađujućih materija na TO „SEVER” data je na Slici 61.



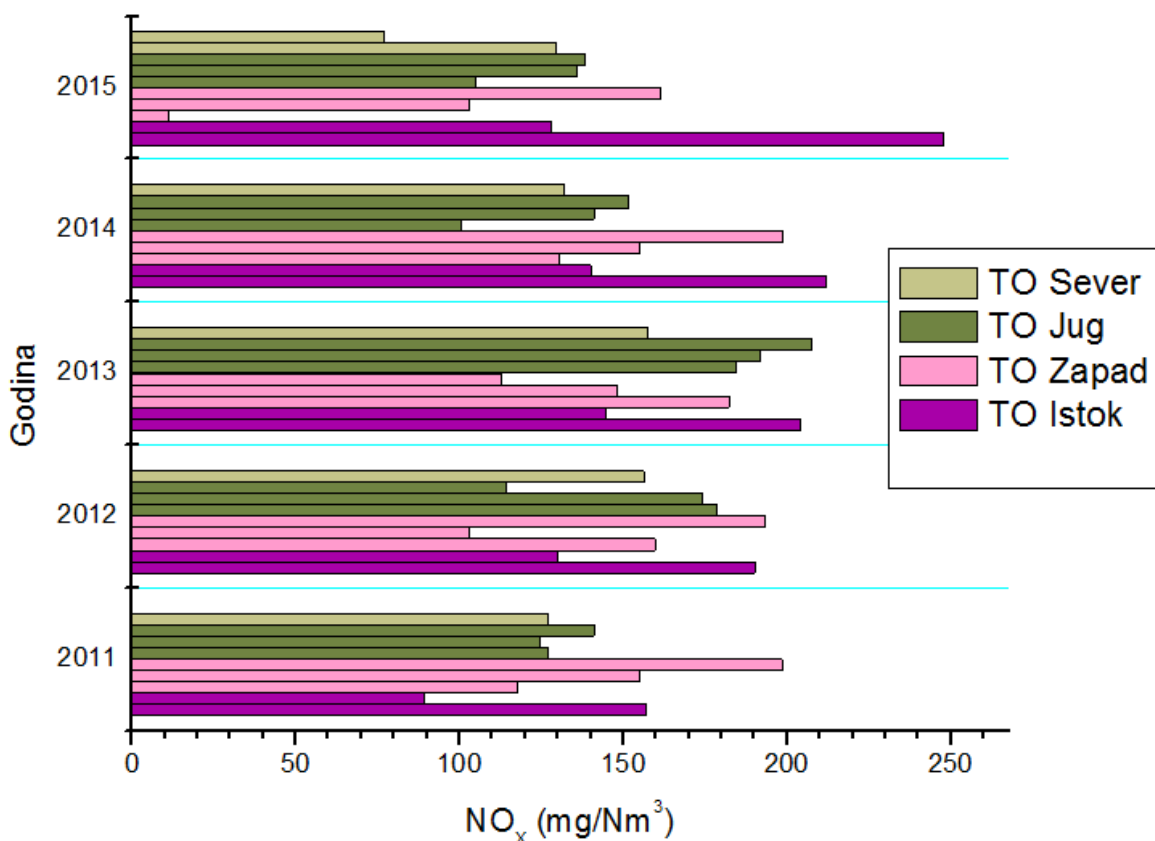
Slika 61. Grafički prikaz nivoa koncentracije kao i emitovane količine svih zagađujućih materija na TO „SEVER” (2011-2015)

Kada se uradi analiza ukupne emisije zagađanje iz TO „SEVER”, u period od 2011-2015. godine dobijeni rezultati ukazuju da je najveći stepen zagađanje iz ovog izvora u vidu azotnih oksida. Zabeležena emisija pokazuje da nijednom nije došlo do prekoračenje propisane granične vrednosti emisije. Emisija ugljen monoksida iz ovog izvora takođe pokazuje da ni jednom nije došlo do prekoračenja propisane GVE. Nivo koncentracija praškastih materija sa ovog izvora takođe nisu prelazili propisanu GVE. Emisija SO<sub>2</sub>, kao i na svim drugim izvorima, nije registrovana usled primene prirodnog gasa kao energenta.

### 6.3.3 Zbirna emisija svih zagađujućih materija iz svih izvora

Treća grupa rezultata pokazuje zbirnu emisij svih zagađujućih materija iz svih izvora.

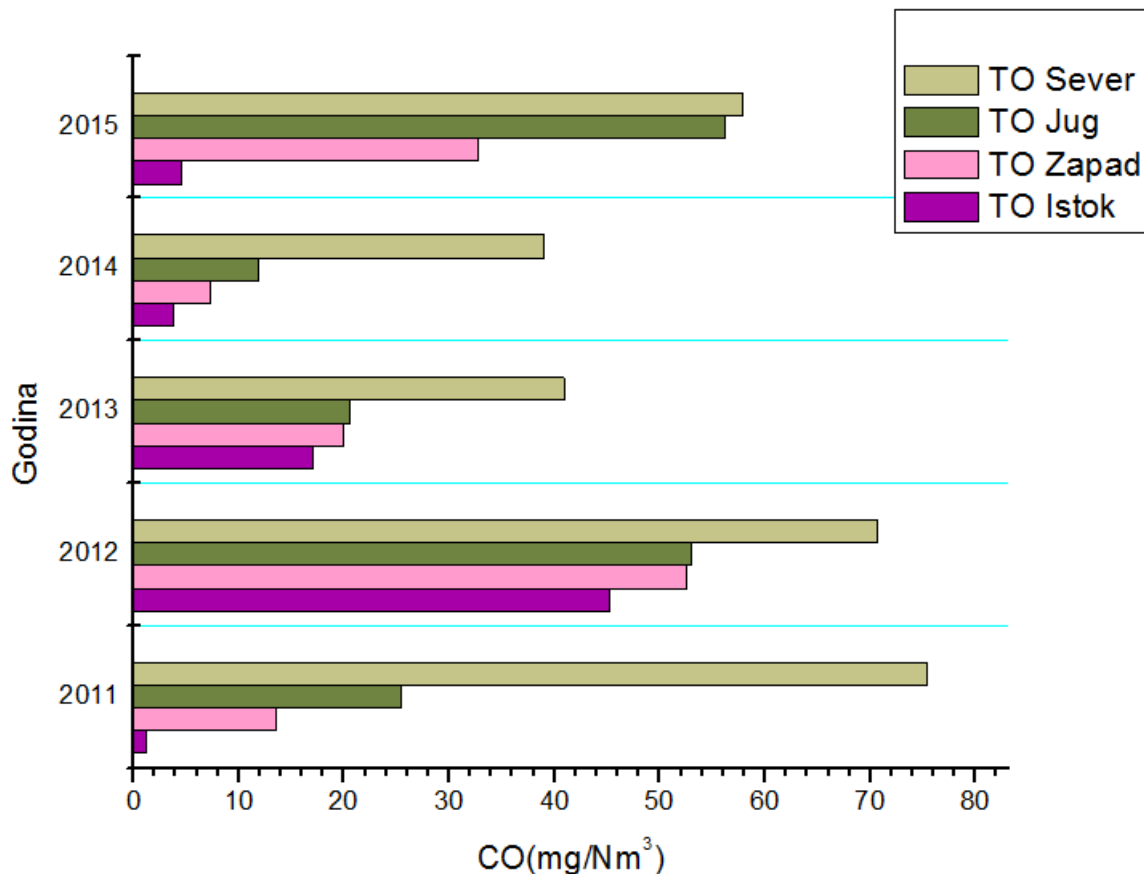
**Zbirna emisija azotnih oksida iz svih postrojenja JKP „Novosadska toplana”** za period 2011-2015 godine data je na Slici 62.



Slika 62. Grafički prikaz zbirne emisije azotnih oksida iz svih izvora JKP „Novosadska toplana” (2011 - 2015)

Analiza ukupne emisije azotnih oksida iz svih izvora u periodu od 2011-2015. godine pokazuje da TO „ISTOK” predstavlja najvećeg emitera azotnih oksida. Zabrinjavajuća činjenica je što se emisija azotnih oksida sa ovog izvora iz godine u godinu povećava, te se na ovom izvoru od 2013. godine svake godine beleži prekoračenje propisane GVE. Kod TO „JUG” je zabeleženo prekoračenje GVE od 2011-2013. godine na malom kotlovskom postrojenju. Ono što se može zaključiti iz dobijenih rezultata, ukoliko ne dođe do značajnijih promena i rekonstrukcije, nakon isteka perioda za usaglašavanje, nijedna od postojećih Toplana neće emotovati količinu azotnih oksida u opsegu propisanih GVE, pa samim tim neće zadovoljiti zakonsku regulativu.

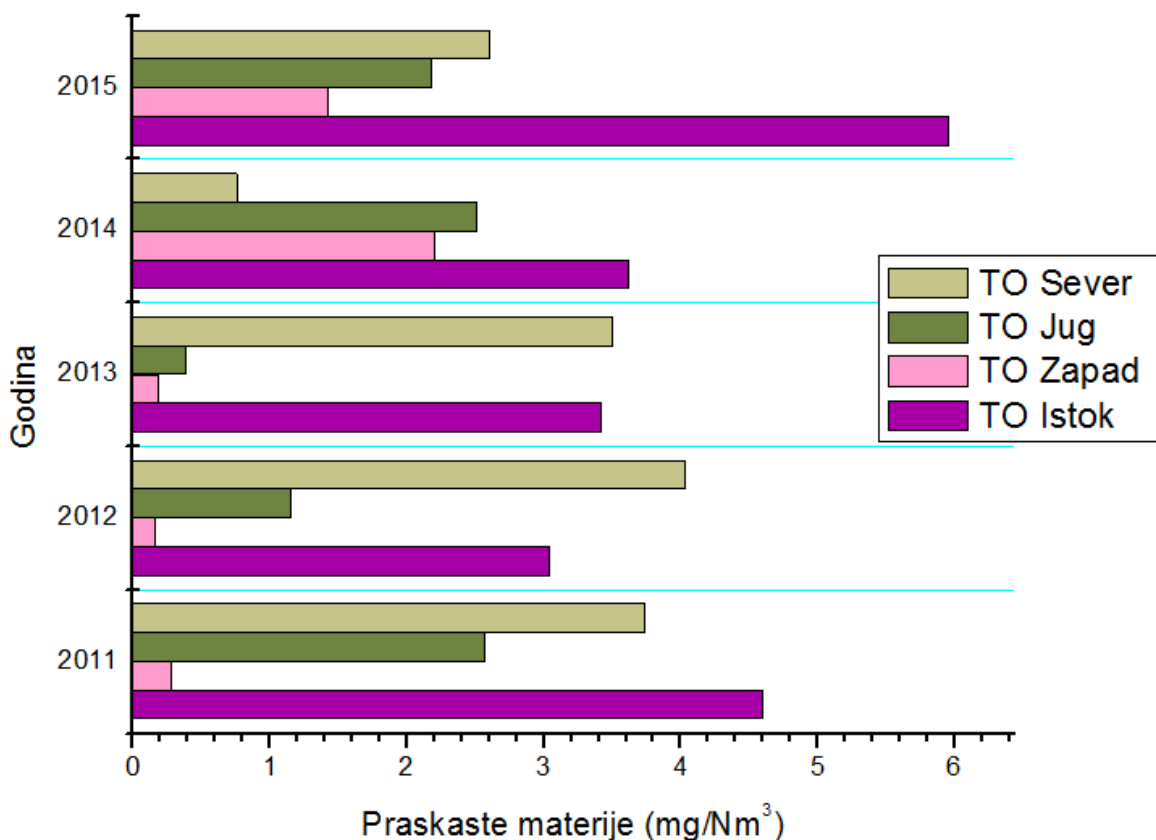
Zbirna emisija ugljen monoksida iz svih postrojenja JKP „Novosadska toplana” za period 2011-2015 godine data je na Slici 63.



Slika 63. Grafički prikaz zbirne emisije ugljen monoksida iz svih izvora JKP „Novosadska toplana” (2011-2015)

Analiza ukupne emisije ugljen monoksida iz svih izvora u periodu od 2011-2015. godine pokazuje da ni jednom nije došlo do prekoračenja propisane GVE. Ukoliko ne dođe do neočekivanih havarija, emisije svih izvora nakon usklađenog roka biće u skladu sa zahtevima GVE.

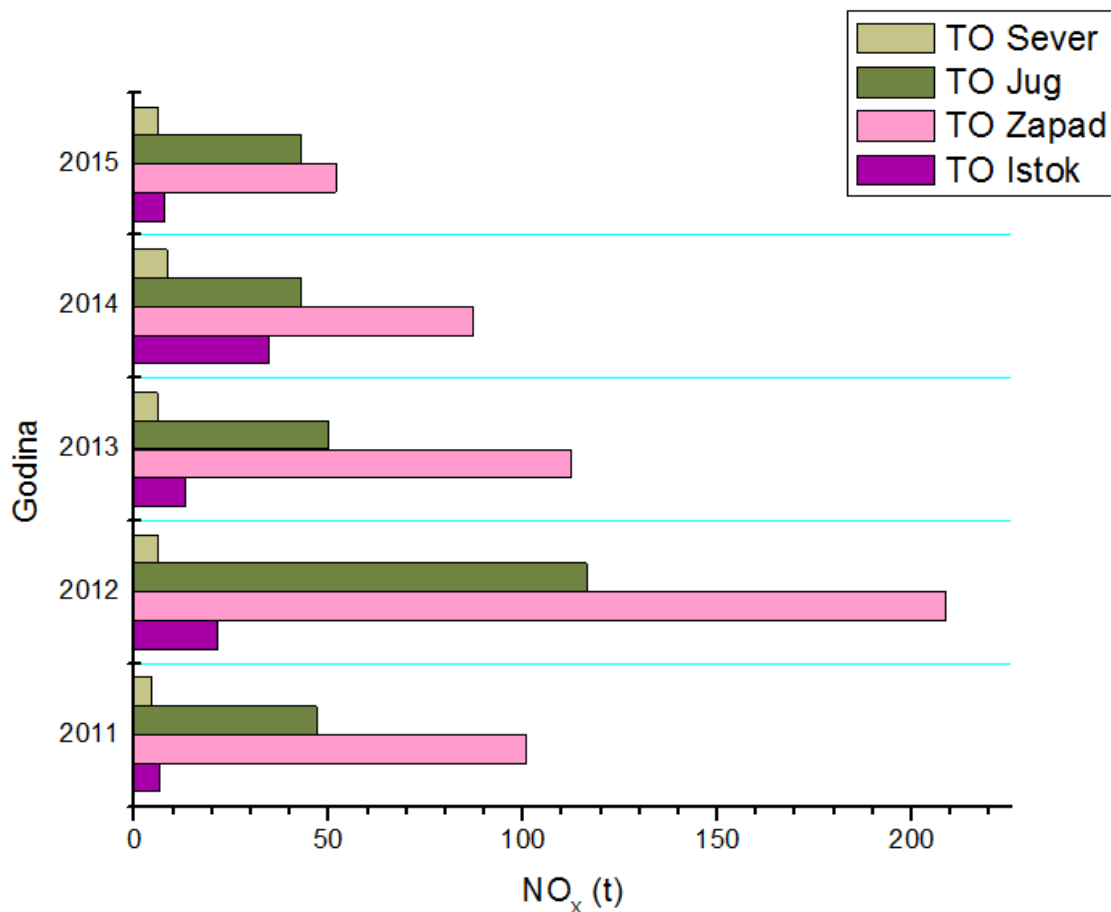
Zbirna emisija praškastih materija iz svih postrojenja JKP „Novosadska toplana” za period 2011-2015 godine data je na Slici 64.



Slika 64. Grafički prikaz zbirne emisije praškastih materija iz svih izvora JKP „Novosadska toplana” (2011-2015)

Zabeležene koncentracije ukupnih emisija praškastih materija iz svih izvora pokazuju da je u periodu od pet godina samo jednom došlo do prekoračenja propisane granične vrednosti emisije i to 2015. godine na TO „Istok”. U svim ostalim slučajevima emisija se kretala u dozvoljenim vrednostima, a pošto se nakon perioda usklađivanja ne menja GVE za praškaste materije, može se zaključiti da će se i nakon tog perioda emisija kretati u dozvoljenim granicama.

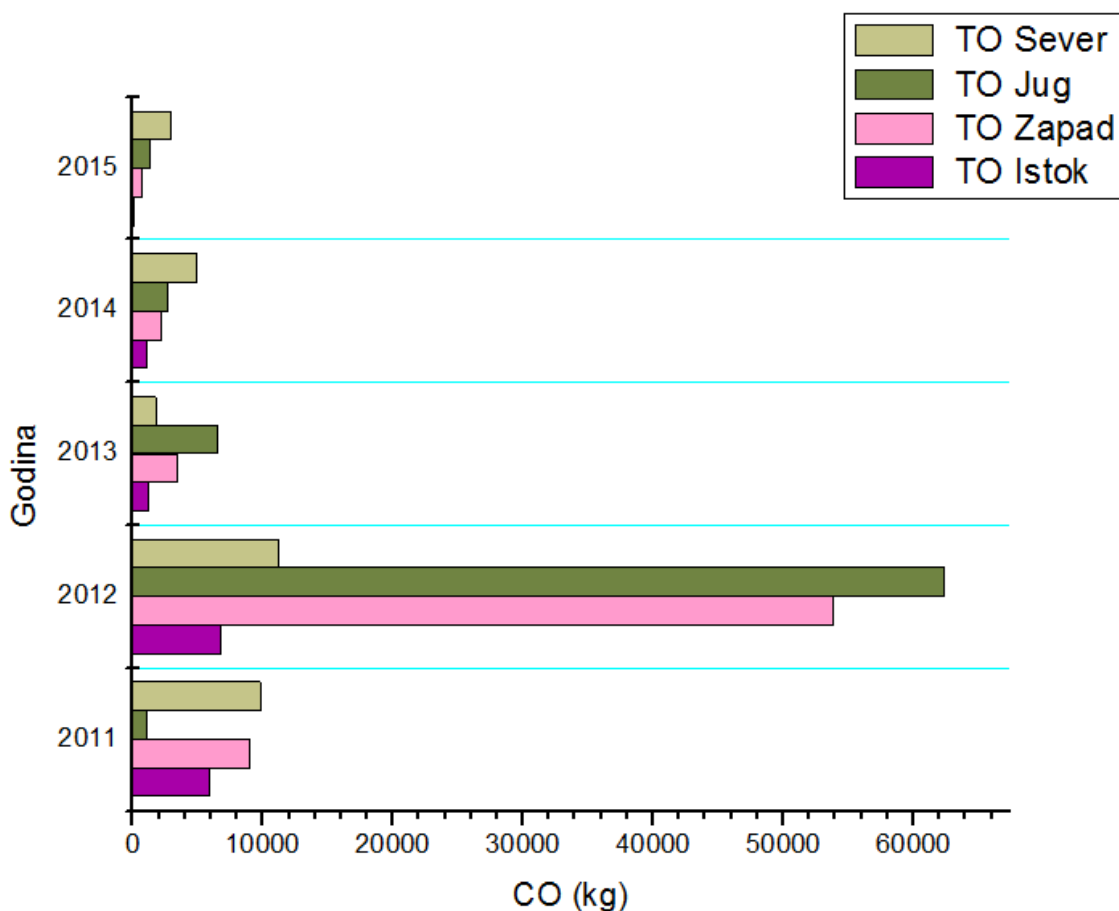
Ukupne količine azotnih oksida emitovanih iz svih postrojenja JKP „Novosadska toplana” za period 2011-2015 godine date su na Slici 65.



Slika 65. Grafički prikaz zbirne emisije azonih oksida iz svih izvora JKP „Novosadska toplana” izražene u tonama (2011-2015)

Kada se posmatra količina emisije azotnih oksida, iz svih izvora, izražena u tonama (radi lakšeg grafičkog prikaza) u periodu od pet godina može se videti da je TO „Zapad” najveći emiter.

Ukupne količine ugljen monoksida emitovanih iz svih postrojenja JKP „Novosadska toplana” za period 2011-2015 godine date su na Slici 66.

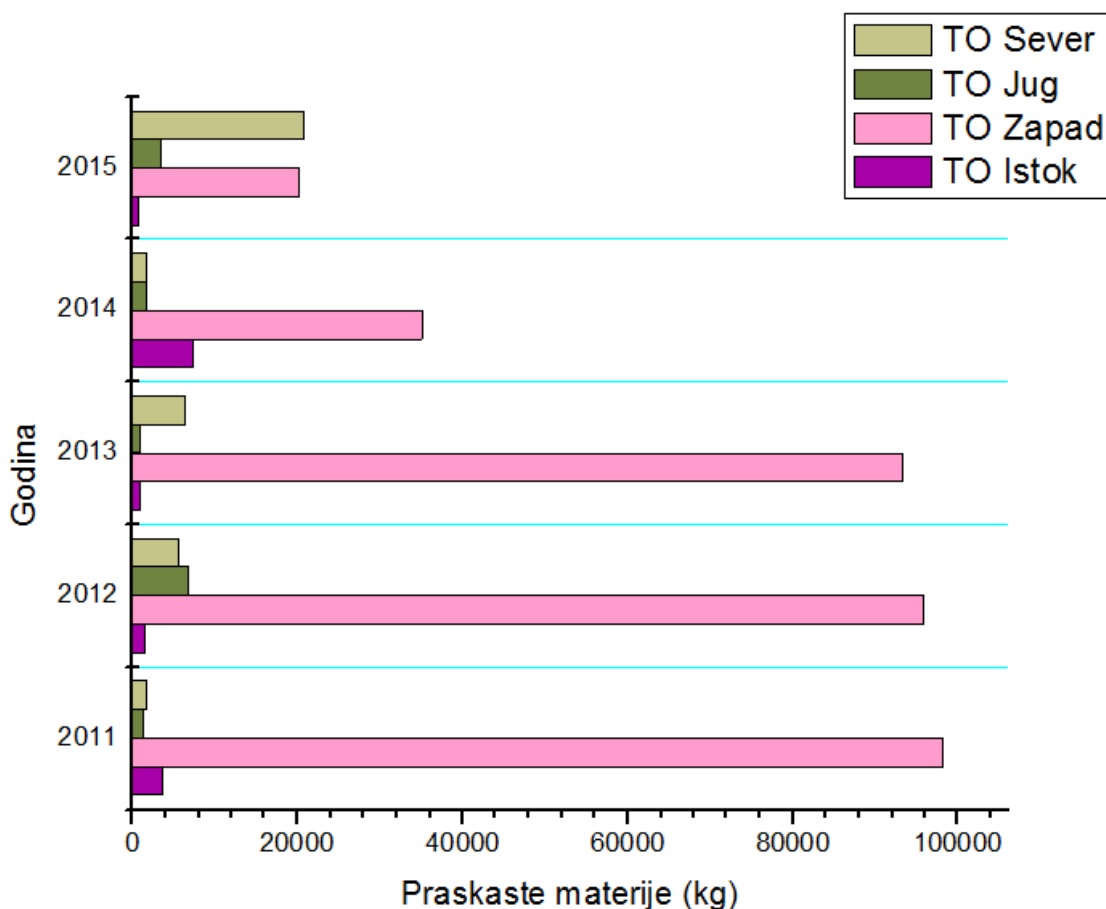


Slika 66. Grafički prikaz zbirne emisije ugljen monoksida iz svih izvora JKP „Novosadska toplana” izražene u kilogramima (2011-2015)

Kada se posmatra prikaz zbirne emisije ugljen monoksida (izražene u kilogramima) može se videti da je 2012. godine TO „JUG” bila najveći emiter, a za njom i TO „ZAPAD”. Nakon toga, u poslednje tri godine, zabeleženo je drastično smanjenje emisije CO na svim izvorima.



Ukupne količine praškastih materija emitovanih iz svih postrojenja JKP „Novosadska toplana” za period 2011-2015 godine date su na Slici 67.



Slika 67. Grafički prikaz zbirne emisije praškastih materija iz svih izvora JKP „Novosadska toplana” izražene u kilogramima (2011-2015)

Kada se posmatra prikaz zbirne emisije praškastih materija (izražene u kilogramima) može se videti da je 2011. godine TO “Zapad” bila najveći emiter i da se emisija iz ove Toplane smanjivala svake godine.

#### 6.3.4 Vremenski uslovi i emisija zagađujućih materija

Zagađenje vazduha koje nastaje radom termoenergetskih postrojenja je predmet brojnih proučavanja (Staffogia i dr, 2008) a zbog svoje značajnosti i potencijalnog štetnog uticaja na zdravlje velikog broja ljudi, nalazi se pod strogom kontrolom. Sa druge strane, uticaj vremenskih prilika na zagađenja koje nastaju radom termoenergetskih postrojenja za daljinsko grejanje je predmet manjeg broja istraživanja. Sa pojavom značajnijih klimatskih promena, nepredviđenih i naglih promena klimatskih uslova na manjem području, počela su da se obavljaju istraživanja uticaja vremenskih prilika na zagađenje

koje nastaje iz termoenergetskih postrojenja, kako na pojedine zagađujuće materije, tako i na zagađenje u celini. Naime, mnogobrojna istraživanja pokazuju da, iako u granicama zakonski dozvoljenog, dugoročno (višedecenijsko) zagađenje koje se dešava na određenoj teritoriji može da ima štetan uticaj na ljudsko zdravlje, a uz vidljive promene klime, intenzitet uticaja može biti još veći. U skladu sa globalno usvojenim nastojanjem da se smanji emisija CO<sub>2</sub>, od posebnog su značaja istraživanja kako na regionalnom i državnom, tako i na nivou pojedinačnih gradova, jer se na taj način uvažavaju specifični klimatski uslovi koji karakterišu određeni predeo, pri čemu se svakako u obzir moraju uzeti i lokacijski aspekti. Bez obzira na to što se svakako ekološki prihvatljivijim smatra postojanje većeg broja manjih termoenergetskih postrojenja, umesto manjeg broja velikih, za svako postrojenje se savetuje obavljanje identične opservacije mikroklimе (Petrović, Pavlović i Lečić, 2016).

Osim toga, određena kombinacija nekoliko vremenskih parametara može stvoriti savršene uslove za zastoj i koncentraciju većih količina zagađujućih materija na određenoj teritoriji, što je nemoguće potpuno eliminisati bilo kojom aktivnošću čoveka. Aktuelnosti istraživanja svakako u velikoj meri doprinosi i stvaranje sve većih ljudskih aglomeracija, sa milionima ljudi koji žive na malom prostoru i koriste sistem daljinskog grejanja. Veliki gradovi (a posebno megalopolisi) imaju sopstvenu mikroklimu koja može na različite načine da utiče na distribuciju zagađujućih materija. Situaciju u tom smislu dodatno usložnjava činjenica da se termoenergetska postrojenja za sistem daljinskog grejanja već nalaze, a i u budućnosti će se nalaziti u sklopu samih gradskih naselja, te mogućnost havarija i industrijskih katastrofa u termoenergetskim postrojenjima nameće još jednu potrebu za poznavanjem uticaja vremenskih uslova na zagađujuće materije. Vremenski uslovi koji vladaju ili su predviđeni u vreme trajanja povećanog zagađenja mogu u velikoj meri da utiču na vrstu uticaja i posledice zagađenja na kraći i duži rok (Klimatske promene – studije i analize, 2010).

Zemlje regiona Zapadnog Balkana u celini karakteriše visok stepen nekontrolisanog zagađenja, što je, pre svega, posledica primene zastarele tehnologije. Posebno veliki problemi u oblasti zaštite životne sredine povezani su sa radom termoenergetskih postrojenja postoje u Republici Srbiji, jer se prilikom sagorevanja uglja stvaraju velike količine štetnih gasova. Sa druge strane, postrojenja za potrebe daljinskog grejanja u većini slučajeva sagorevaju prirodni gas, tako da je zagađenje koje nastaje njihovim radom u granicama normale. Osim toga, uvođenje i primena savremenih metoda kontrole zagađenja u termoelektrane je u značajnoj meri olakšalo i ubrzalo sistem kontrole i pozitivno uticalo na kvalitet životne sredine u celini. Istraživanja na polju primene postrojenja za kogeneraciju takođe će doprineti poboljšanju situacije u ovoj oblasti, jer kogenerativna postrojenja imaju brojne ekonomske i ekološke prednosti (Stojiljković, 2010).

Za sada je poznato da je na teritoriji Zapadnog Balkana rađena samo jedna praktična studija procene uticaja vremenskih parametara na stepen zagađenja iz termoenergetskog postrojenja, pri čemu se došlo do zaključka da najveći pojedinačni uticaj ima temperaturni gradijent (Đorđević, 2011).

Za grad Novi Sad urađeno je istraživanje u kojima je definisan stepen značajnosti vremenskih uslova i zagađenja emitovanih iz toplane za period od 2011. do 2013. godine. Rezultati su dobijeni uz pomoć *Panel Data Analysis- fixed effect model*, a analizirali su se podaci za ugljen monoksid (CO), azot dioksid (NO<sub>2</sub>) i praškaste materije (PM) dobijeni na 12 mernih mesta. U istraživanje nisu uključeni podaci za sumpor dioksid jer u

izveštajima o merenjima ne postoje podaci o izmerenim vrednostima sumpor dioksida ili su izmerene vrednosti jednake nuli. Kao nezavisne varijable korišćeni su podaci o vremenskim uslovima na datim mernim mestima: temperatura vazduha, vlažnost vazduha, vazdušni pritisak i brzina vetra. Rezultati su pokazali statistički značajan odnos između promena i vremenskih parametara i intenzitet zagađenja.

*Panel data analysis* predstavlja statistički metod, koji se koristi u društvenim naukama, epidemiologiji i ekonometriji (Heckman i Learner, 2007). Podaci se prikupljaju tokom vremena, na istim izvorima i nakon toga se proračunava odnos prikupljenih parametara. Model po kom se vrše proračuni je:

$$y_{it} = a + bx_{it} + \varepsilon_{it}$$

gde  $y$  predstavlja zavisno promenljivu,  $x$  nezavisno promenljivu,  $a$  i  $b$  su koeficijenti,  $a$  i  $t$  predstavljaju zavisno promenljive i vreme. Greška  $\varepsilon_{it}$  jedan je veoma bitan parametara ovog programa. Pretpostavke o uslovima greške definiše da li su efekti stalni ili nasumični. U fiksnim modelima greške  $\varepsilon_{it}$  pretpostavka je da preko  $i$  i  $t$  variraju nanostohastično i slični su modelima veštačkih varijabli u jednoj dimenziji. U nasumičnim modelima  $\varepsilon_{it}$  pretpostavlja se da preko  $i$  i  $t$  variraju stohastično, zahtevajući posebnu obradu varijanti matrice grešaka.

*Panel data analysis* ima nekoliko prednosti u odnosu na prosečne podatke ili podatke dobijene tokom vremena. Pre svega, ova analiza pruža mnogo preciznije podatke parametara modela, zato što najčešće sadrži veći stepen slobode i više varijabilnih uzoraka. Drugo, ima veći kapacitet za beleženje kompleksnosti ljudskog ponašanja od prosečnih podataka i podataka dobijenih tokom vremena, što uključuje: stvaranje i testiranje kompleksnije hipoteze ponašanja, kontrolu uticaja izostavljenih varijabli, otkrivanje dinamičnih odnosa, stvarajući mnogo tačnija predviđanja za pojedinačne rezultate objedinjavanjem, pružajući detaljnu osnovu za ukupnu analizu podataka. Na kraju, ovaj metod pojednostavljuje računanje. *Panel data analysis* se može primenjivati preko tri različita pristupa (Baltagi, 2013):

1. Nezavisno kombinovanje panela,
2. Nasumični efekti modela i
3. Stalni efekti modela ili prvi diferencirani model.

Selekcija između ovih modela vrši se na osnovu predmeta analize. Razmatrajući prednosti primene metode *Panel Data Analysis* u odnosu na druge slične metode, a uvažavajući ciljeve istraživanja, metoda fixed effects model - R software version 2.8.0 je odabrana kao metoda koja će se koristiti u istraživanju.

Dve grupe podataka korišćene su u ovom istraživanju. Prva grupa odnosi se na zagađenja, dok se druga grupa odnosi na vremenske parametre. Istraživanje je sprovedeno u dve faze. U skladu sa metodologijom primene *Panel Data Analysis*, u prvoj fazi istraživanja obavljen je unos podataka u R softver. Nakon unosa podataka, određena je i primenjena veštačka promenljiva (*dummy variable*) – binarna promenljiva kodirana ili na jedinicu ili na nulu. Najčešće se upotrebljava za ispitivanje grupa i uticaja vremena u analizi regresije. U ovom modelu za veštačku promenljivu (*dummy variable*) uzeta je TO „ISTOK” i podaci za 2011. godinu. U drugoj fazi istraživanja, vrednosti za TO „ISTOK”, kao *dummy*

variable, poređene su sa podacima dobijenim na ostalim mernim mestima. U ovoj fazi istraživanja određen je stepen uticaja vremenskih parametara na koncentraciju ugljen monoksida, azot dioksida i praškaste materije (PM). Ulazni podaci su dati u Tabeli 30.

Tabela 30. Emisije zagađujućih materija iz kotlova JKP „Novosadska toplana” (2011-2013)

Kotao	Godina	Ugljen monoksid CO (mg/Nm <sup>3</sup> )	Azot dioksid NO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	Praškaste materije PM (mg/Nm <sup>3</sup> )
ISTOK-3	2011	0	98	0.46
ISTOK-3	2012	45.22	130.9	3.04
ISTOK-3	2013	17.04	145.57	0.342
ZAPAD-1	2011	0	102	-
ZAPAD-1	2012	46.69	157.78	-
ZAPAD-1	2013	17.6	173.5	-
ZAPAD-2	2011	0	127	-
ZAPAD-2	2012	39.93	103.7	-
ZAPAD-2	2013	1.22	136.06	-
ZAPAD-3	2011	0	217	-
ZAPAD-3	2012	4.96	220.66	-
ZAPAD-3	2013	1.36	233.11	-
ZAPAD-5	2011	0	226	0.94
ZAPAD-5	2012	73.2	194.4	0.35
ZAPAD-5	2013	3.82	221.41	0.699
ZAPAD-6D	2011	79	134	0.45
ZAPAD-6D	2012	71.92	156.24	0.42
ZAPAD-6D	2013	40.92	157.44	0.23
ZAPAD-6L	2011	0	152	0.29
ZAPAD-6L	2012	75.95	187.55	0.18
ZAPAD-6L	2013	54.24	94.56	0.203
SEVER-1	2011	0	136	3.74
SEVER-1	2012	61.2	169.2	4.03
SEVER-1	2013	0	185.13	3.5
JUG-1	2011	0	127	0.42
JUG-1	2012	68.25	181.65	1.79
JUG-1	2013	10.78	96.59	0.243
JUG-3	2011	0	98	-
JUG-3	2012	45.22	130.9	-
JUG-3	2013	17.04	145.57	-
JUG-5	2011	0	102	0.61
JUG-5	2012	46.69	157.78	2.67
JUG-5	2013	17.6	173.5	1.311
JUG-8	2011	0	127	-
JUG-8	2012	39.93	103.7	-
JUG-8	2013	1.22	136.06	-

Za potrebe istraživanja, korišćena su četiri osnovna pokazatelja vremenskih prilika: temperatura vazduha, vlažnost vazduha, vazdušni pritisak i brzina vetra. Vrednosti izmerenih vremenskih pokazatelja su date u Tabeli 31.

Tabela 31. Vremenski pokazatelji na kotlovima JKP „Novosadska Toplana” (2011-2013)

Kotao	Godina	Temperatura (°C)	Vlažnost vazduha (%)	Vazdušni pritisak (mb)	Brzina vetra (m/s)
ISTOK-3	2011	11.3	81	1011.7	2.4
ISTOK-3	2012	11	76	1004.7	2.6
ISTOK-3	2013	-3	99	1015.6	4.4
ZAPAD-1	2011	-1.2	97	1021.2	0.8
ZAPAD-2	2011	-1.2	97	1021.2	0.8
ZAPAD-3	2011	-1.2	97	1021.2	0.8
ZAPAD-5	2011	-1.2	97	1021.2	0.8
ZAPAD-6D	2011	-1.2	97	1021.2	0.8
ZAPAD-6L	2011	-1.2	97	1021.2	0.8
ZAPAD-1	2012	10	71	1010.3	2.6
ZAPAD-2	2012	10	71	1010.3	2.6
ZAPAD-3	2012	10	71	1010.3	2.6
ZAPAD-5	2012	11	71	1007.2	2.1
ZAPAD-6D	2012	3	81	994.4	8.7
ZAPAD-6L	2012	3	81	994.4	8.7
ZAPAD-1	2013	3.6	79	1015.6	0.8
ZAPAD-2	2013	3.6	79	1015.6	0.8
ZAPAD-3	2013	3.6	79	1015.6	0.8
ZAPAD-5	2013	3	81	1024.3	2.4
ZAPAD-6D	2013	4.2	82	1019.9	2.4
ZAPAD-6L	2013	4.2	82	1019.9	2.4
SEVER-1	2011	-0.9	99	1019.5	2.4
SEVER-1	2012	10	71	1002.6	6.2
SEVER-1	2013	-1.4	99	1021.1	2.4
JUG-1	2011	-0.9	99	1019.5	2.4
JUG-3	2011	-1.8	98	1020.7	0.8
JUG-5	2011	-1.1	99	1020.7	0.8
JUG-8	2011	-0.9	99	1019.5	2.4

JUG-1	2012	12	67	996.6	5.1
JUG-3	2012	9	71	1008	5.1
JUG-5	2012	9	71	1008	5.1
JUG-8	2012	12	62	1002.2	5.1
JUG-1	2013	-1	90	1015.2	4.4
JUG-3	2013	-1	90	1015.2	4.4
JUG-5	2013	-6.3	89	1029.9	0.8
JUG-8	2013	-1	90	1015.2	4.4

Primenom metode *Panel Data Analysis*, dobijeni su podaci o stepenu uticaja vremenskih prilika na emisije zagađujućih materija (ugljen monoksida (Tabela 32), azot dioksida (Tabela 33) i praškastih materija (Tabela 34).

Tabela 32. Procena stepena značajnosti uticaja vremenskih parametara na emisiju ugljen monoksida

	Estimate	Standardna greška	Vrednost	Pr(> t )
EMITER JUG-1	16.97210	28.23161	0.601	0.5599
EMITER JUG-5	-13.29579	26.14611	-0.509	0.6211
EMITER JUG-8	-7.00495	25.44805	-0.275	0.7882
EMITER SEVER-1	39.73440	19.42658	2.045	0.0655
EMITER ZAPAD-2	-11.38021	31.57479	-0.360	0.7254
EMITER ZAPAD-5	-23.71234	24.52678	-0.967	0.3544
EMITER ZAPAD-6D	-31.62695	22.25572	-1.421	0.1830
EMITER ZAPAD-6L	-7.47454	22.75098	-0.329	0.7487
TEMPERATURA	-2.99646	3.88811	-0.771	0.4571
VLAŽNOST	-1.71804	2.04701	-0.839	0.4192
VAZDUŠNI PRITISAK	0.95898	0.99065	0.968	0.3538
BRZINA VETRA	0.74558	3.31928	0.225	0.8264
Rezidualna standardna greška	20.1			
<i>Multiple R-squared</i>	0.8093			
<i>Adjusted R-squared</i>	0.5492			
<b>p-vrednost</b>	<b>0.03176</b>			

U prvom delu tabele 32 dati su parametri merenja emisije ugljen monoksida. Kolona *Estimate* pokazuje vrednosti odstupanja merenog ugljen monoksida u odnosu na vrednost *dummy variable*, koja je u ovom slučaju TO „ISTOK”. Odstupanje se određuje na osnovu srednjih vrednosti za sve tri godine za određeni emiter. To odstupanje može biti pozitivno i negativno. Najveće odstupanje je zabeleženo u slučaju emitera SEVER-1, gde izmerena vrednost odstupa za čak 39.73440. To znači da je vrednost na emiteru SEVER-1 za 39.73440 veća od vrednosti zabeležene na emiteru ISTOK-3. Najmanje odstupanje je zabeleženo u slučaju emitera JUG-8, gde je izmerena vrednost odstupa za -7.00495. To znači da je vrednost na emiteru JUG-8 za 7.00495 manja od vrednosti zabeležene na emiteru ISTOK-3. Kolona Standardna greška (*Std error*) je kolona koja pokazuje koliko izmerene vrednosti u proseku odstupaju od aritmetičke sredine izmerenih vrednosti. Najveća vrednost je zabeležena kod emitera ZAPAD-2 i iznosi 31.57479. Najmanja vrednost je zabeležena kod emitera SEVER-1 i iznosi 19.42658. Treća i četvrta kolona predstavljaju testiranje značajnosti između dve aritmetičke sredine. Ukoliko je *t* vrednost manja od 2.58 a poslednja kolona "P" vrednost veća od 0.05 znači da postoji statistički značajna razlika dve aritmetičke sredine određenog emitera i veštačke *dummy* varijable. Iz tabele se jasno vidi da svi emiteri imaju statistički značajnu razliku dve aritmetičke sredine.

U drugom delu Tabele 32 su dati vremenski podaci. Prva i druga kolona ukazuju da kod temperature postoji najveća razlika, ali istovremeno i najveća greška. S druge strane, brzina vetra beleži najmanju razliku, a najmanja greška je registrovana kod vazdušnog pritiska. Treća i četvrta kolona predstavljaju testiranje značajnosti između aritmetičkih sredina. Ukoliko je *t* vrednost manja od 2.58 a poslednja kolona P vrednost veća od 0.05 ukazuju da postoji statistički značajan uticaj datih faktora na emisiju ugljen monoksida. Najznačajniji uticaj je zabeležen kod vazdušnog pritiska.

Poslednju grupu podataka u Tabeli 32 čine podaci finalne obrade. Prvi rezultat finalne obrade je Rezidualna standardna greška koja pokazuje zbirno odstupanje izmerenih vrednosti ugljen monoksida od *dummy* varijable. Rezidualna standardna greška je u ovom slučaju 20.1, što znači da je devijacija jednaka 20.1.

Vrednost *Multiple R-squared* pokazuje u kojoj meri se odstupanje vrednosti ugljen monoksida može povezati sa promenama vremenskih parametara. U ovom slučaju izmerena vrednost *Multiple R-squared* iznosi 80.93%. *Adjusted R-squared* se određuje kao mera preciznosti primene *Panel Data Analysis*. Što je izmerena vrednost *Adjusted R-squared* bliža vrednosti *Multiple R-squared* statistička obrada se može smatrati preciznijom. U slučaju ugljen monoksida *Adjusted R-squared* iznosi 54.92%. Navedeni rezultat pokazuje srazmerno veliko odstupanje od *Multiple R-squared*, što je prvenstveno posledica male vremenske serije.

P-vrednost (statistička značajnost) iznosi 0.03176. Standardne statističke vrednosti su: 0.05 i 0.01. U ovom radu korišćena je vrednost 0.01. Izmerena p-vrednost od 0.03176 je veća od 0.01, što znači da promena vremenskih uslova ima statistički značajan uticaj na emisiju ugljen monoksida, pri čemu najveći pojedinačni uticaj ima vazdušni pritisak (0,968).

U Tabeli 33 prikazana je procena stepena značajnosti uticaja vremenskih parametara na emisiju azot dioksida.

Tabela 33. Procena stepena značajnosti uticaja vremenskih parametara na emisiju azot dioksida

	Estimate	Standardna greška	Vrednost	Pr(> t )
EMITER JUG-1	9.9976	41.2603	0.242	0.8130
EMITER JUG-5	0.9014	38.2124	0.024	0.9816
EMITER JUG-8	-7.7469	37.1921	-0.208	0.8388
EMITER SEVER-1	21.0661	28.3918	0.742	0.4736
EMITER ZAPAD-2	-16.8161	46.1463	-0.364	0.7225
EMITER ZAPAD-5	-36.6096	35.8457	-1.021	0.3290
EMITER ZAPAD-6D	82.0599	32.5266	2.523	0.0283
EMITER ZAPAD-6L	72.8003	33.2504	2.189	0.0510
TEMPERATURA	-6.0518	5.6825	-1.165	0.3097
VLAŽNOST	-3.5576	2.9917	-0.889	0.2594
VAZDUŠNI PRITISAK	0.3568	1.4478	0.246	0.8099
BRZINA VETRA	-7.1539	4.8511	-1.075	0.1683
Rezidualna standardna greška				29.37
<i>Multiple R-squared</i>				0.7999
<i>Adjusted R-squared</i>				0.527
<b>p-vrednost</b>				<b>0.03895</b>

U prvom delu Tabele 33 dati su parametri merenja emisije azot dioksida. Kolona *Estimate* pokazuje vrednosti odstupanja merenog azot dioksida u odnosu na vrednost *dummy variable*, koja je u ovom slučaju TE „ISTOK”. Odstupanje se određuje na osnovu srednjih vrednosti za sve tri godine za određeni emiter. Najveće odstupanje je zabeleženo u slučaju emitera ZAPAD-6D, gde izmerena vrednost odstupa za čak 82.0599. To znači da je vrednost na emiteru ZAPAD-6D za 82.0599 veća od vrednosti zabeležene na emiteru ISTOK-3. Najmanje odstupanje je zabeleženo u slučaju emitera JUG-5, gde je izmerena vrednost odstupanja za 0.9014. To znači da je vrednost na emiteru JUG-5 za 0.9014 veća od vrednosti zabeležene na emiteru ISTOK-3. Kolona Standardna greška (*Standard error*) je kolona koja pokazuje koliko izmerene vrednosti u proseku odstupaju od aritmetičke sredine merenih vrednosti. Najveća vrednost je zabeležena kod emitera ZAPAD-2 i iznosi 46.1463. Najmanja vrednost je zabeležena kod emitera SEVER-1 i iznosi 28.3918. Treća i četvrta kolona predstavljaju testiranje značajnosti između dve aritmetičke sredine. Ukoliko je *t* vrednost manja od 2.58 a poslednja kolona P vrednost veća od 0.05 znači da postoji statistički značajna razlika dve aritmetičke sredine određenog emitera i veštačke *dummy* promenljive. Iz tabele se jasno vidi da svi emiteri imaju statistički značajnu razliku dve aritmetičke sredine.

U drugom delu Tabele 33 su dati vremenski podaci. Prva i druga kolona ukazuju da kod brzine vetra postoji najveća razlika, ali istovremeno i velika greška. Najveća greška je zabeležena kod temperature, gde je takođe i veliko odstupanje. S druge strane, vazdušni



pritisak beleži najmanju razliku, a i najmanju grešku. Treća i četvrta kolona predstavljaju testiranje značajnosti između aritmetičkih sredina. Ukoliko je  $t$  vrednost manja od 2.58 a poslednja kolona  $P$  vrednost veća od 0.05 ukazuju da postoji statistički značajan uticaj datih faktora na emisiju azot dioksida. Najznačajniji uticaj je zabeležen kod temperature.

Poslednju grupu podataka u Tabeli 32 čine podaci finalne obrade. Prvi rezultat finalne obrade je *Rezidualna standardna greška* koja pokazuje zbirno odstupanje izmerenih vrednosti azotdioksida od *dummy* varijable. Rezidualna standardna greška je u ovom slučaju 29.37, što znači da je devijacija jednaka 29.37.

Vrednost *Multiple R-squared* pokazuje u kojoj meri se odstupanje vrednosti azot dioksida može povezati sa promenama vremenskih parametara. U ovom slučaju izmerena vrednost *Multiple R-squared* iznosi 79.99%. *Adjusted R-squared* se određuje kao mera preciznosti primene *Panel Data Analysis*. Što je izmerena vrednost *Adjusted R-squared* bliža vrednosti *Multiple R-squared* - statistička obrada se može smatrati preciznijom. U slučaju azot dioksida *Adjusted R-squared* iznosi 52.7%. Navedeni rezultat pokazuje srazmerno veliko odstupanje od *Multiple R-squared*, što je prvenstveno posledica male vremenske serije.

$P$ -vrednosti (statistička značajnost) iznosi 0.03895. Uobičajene vrednosti su: 0.05 i 0.01. U ovom radu korišćena je vrednost 0.01. Izmerena  $p$ -vrednost od 0.03895 je veća od 0.01, što znači da promena vremenskih uslova ima statistički značajan uticaj na emisiju azot dioksida, pri čemu najveći pojedinačni uticaj ima temperatura (1.165).

Kao poslednja faza u istraživanju, obavljena je procena uticaja vremenskih parametara na praškaste materije (*particulate matter*). Rezultati su prikazani u tabeli 34.

Tabela 34. Procena stepena značajnosti uticaja vremenskih parametara na emisiju praškastih materija

	Estimate	Standardna greška	Vrednost	Pr(> t )
EMITER JUG-1	-1.611484	1.127273	-1.430	0.1959
EMITER JUG-5	-0.787052	0.887357	-0.887	0.4045
EMITER SEVER-1	2.002204	0.678472	2.951	0.0214
EMITER ZAPAD-5	-1.698111	0.833108	-2.038	0.0809
EMITER ZAPAD-6D	-1.486277	0.745539	-1.994	0.0864
EMITER ZAPAD-6L	-1.735616	0.774356	-2.241	0.0600
TEMPERATURA	-0.188443	0.136905	-1.376	0.2111
VLAŽNOST	-0.103270	0.075490	-1.368	0.2136
VAZDUŠNI PRITISAK	0.045913	0.033538	1.369	0.2133
BRZINA VETRA	-0.160774	0.115532	-1.392	0.2067
Rezidualna standardna greška				0.6523
<i>Multiple R-squared</i>				0.9144
<i>Adjusted R-squared</i>				0.7555
<b>p-vrednost</b>				<b>0.01365</b>

U prvom delu Tabele 34 dati su parametri merenja emisije praškastih materija. Kolona *Estimate* pokazuje vrednosti odstupanja merenih praškastih materija u odnosu na vrednost *dummy variable*, koja je u ovom slučaju TE „ISTOK”. Odstupanje se određuje na osnovu srednjih vrednosti za sve tri godine za određeni emiter. Najveće odstupanje je zabeleženo u slučaju emitera SEVER-1, gde izmerena vrednost odstupa za 2.002204. To znači da je vrednost na emiteru SEVER-1 za 2.002204 veća od vrednosti zabeležene na emiteru ISTOK-3. Najmanje odstupanje je zabeleženo u slučaju emitera JUG-5, gde je izmerena vrednost odstupa za -0.787052. To znači da je vrednost na emiteru JUG-5 za 0.787052 manja od vrednosti zabeležene na emiteru ISTOK-3. Kolona Standardna greška je kolona koja pokazuje koliko izmerene vrednosti u proseku odstupaju od aritmetičke sredine merenih vrednosti. Najveća vrednost je zabeležena kod emitera JUG-1 i iznosi 1.127273. Najmanja vrednost je zabeležena kod emitera SEVER-1 i iznosi 0.678472. Treća i četvrta kolona predstavljaju testiranje značajnosti između dve aritmetičke sredine. Ukoliko je  $t$  vrednost manja od 2.58 a poslednja kolona P vrednost veća od 0.05 znači da postoji statistički značajna razlika dve aritmetičke sredine određenog emitera i veštačke promenljive. Iz tabele se jasno vidi da svi emiteri imaju statistički značajnu razliku dve aritmetičke sredine.

U drugom delu Tabele 34 su dati vremenski podaci. Prva i druga kolona ukazuju da kod temperature postoji najveća razlika, a i najveća greška. S druge strane, vazdušni pritisak beleži najmanju razliku, a i najmanju grešku. Treća i četvrta kolona predstavljaju testiranje značajnosti između aritmetičkih sredina. Ukoliko je  $t$  vrednost manja od 2.58 a poslednja kolona P vrednost veća od 0.05 ukazuju da postoji statistički značajan uticaj datih faktora na emisiju praškastih materija. Najznačajniji uticaj je zabeležen kod vazdušnog pritiska.

Poslednju grupu podataka u tabeli 34 čine podaci finalne obrade. Prvi rezultat finalne obrade je Rezidualna standardna greška koja pokazuje zbirno odstupanje izmerenih vrednosti praškastih materija od *dummy* varijable. Rezidualna standardna greška je u ovom slučaju 0.6523, što znači da je devijacija jednaka 0.6523.

Vrednost *Multiple R-squared* pokazuje u kojoj meri se odstupanje vrednosti praškastih materija može povezati sa promenama vremenskih parametara. U ovom slučaju izmerena vrednost *Multiple R-squared* iznosi 91.44%. *Adjusted R-squared* se određuje kao mera preciznosti primene *Panel Data Analysis*. Što je izmerena vrednost *Adjusted R-squared* bliža vrednosti *Multiple R-squared* - statistička obrada se može smatrati preciznijom. U slučaju *particulate matter* *Adjusted R-squared* iznosi 75.55%. Navedeni rezultat pokazuje srazmerno veliko odstupanje od *Multiple R-squared*, što je prvenstveno posledica male vremenske serije.

P-vrednost (statistička značajnost) iznosi 0.01365. Uobičajene vrednosti su: 0.05 i 0.01. U ovom radu korišćena je vrednost 0.01. Izmerena p-vrednost od 0.01365 je veća od 0.01, što znači da promena vremenskih uslova ima statistički značajan uticaj na emisiju *particulate matter*, pri čemu najveći pojedinačni uticaj ima vazdušni pritisak (1.369).

Na osnovu obavljenog istraživanja, izvedeni su krajnji rezultati istraživanja o uticaju vremenskih parametara na koncentraciju zagađujućih materija iz svih kotlova JKP „Novosadska toplana”, koji su prikazani u tabeli 35.

Tabela 35. Stepen uticaja vremenskih parametara na koncentraciju zagađujućih materija emitovanih iz JKP “Novosadska toplana”

Zagađivači	P-vrednosti	Nivo značajnosti	Vremenski faktor od najvećeg uticaja
Ugljen monoksid	0.03176	Statistički značajan	Vazdušni pritisak
Azot dioksid	0.03895	Statistički značajan	Temperatura
Praškaste materije	0.01365	Statistički značajan	Vazdušni pritisak

Dobijeni rezultati ukazuju na činjenicu da je uticaj vremenskih uslova na emisiju zagađujućih materija na svim mernim mestima statistički značajan. Osim toga, istraživanje je pokazalo da je najveći stepen uticaja vremenskih prilika zabeležen u slučaju azot dioksida. Manji uticaj vremenske prilike imaju na emisiju ugljen monoksida, dok je najmanji stepen statističke značajnosti uticaja zabeležen u slučaju praškastih materija.

Istraživanje je pokazalo da, posmatrano pojedinačno, na emisiju ugljen monoksida i praškastih materija najveći uticaj ima vazdušni pritisak. Na emisiju azot dioksida najveći uticaj ima temperatura vazduha. Ostali vremenski uslovi ne pokazuju toliko statistički značajan uticaj na emisiju zagađujućih materija iz JKP „Novosadska toplana”.

Istraživanje je takođe pokazalo da bi rezultati bili precizniji i bolji ukoliko bi se koristila veća vremenska serija, što kroz tabele za parametre ugljen monoksida, azot dioksida i praškastih materija pokazuje vrednost *Adjusted R-squared*. Takođe, poređenjem rezidualne standardne greške utvrđeno je da je istraživanje bilo najtačnije kod praškastih materija.

Osim osnovnih rezultata, ovo istraživanje je pokazalo određene metodološke karakteristike. Pre svega, mnogo precizniji rezultati se mogu očekivati u slučaju postojanja podataka za duži vremenski period. Istraživanje je obavljeno na dostupnim podacima, ali dalje praćenje će svakako dovesti do mnogo preciznijih rezultata. Istraživanje je takođe pokazalo da se metod *Panel Data Analysis* može koristiti za dalja posmatranja i proučavanja iste ili slične vrste, uz buduća prilagođavanja i poboljšanja same *data processing* metodologije, a sve sa ciljem dobijanja što preciznijih rezultata i podataka koji će se koristiti u cilju unapređenja kvaliteta životne sredine i ukupnog društvenog blagostanja.

### 6.3.5 Respiratorna oboljenja u Novom Sadu

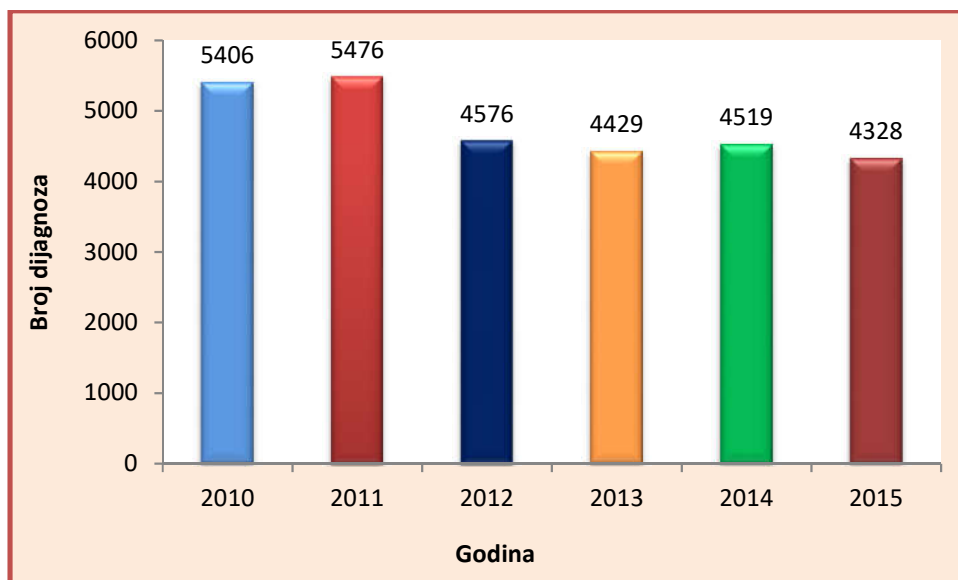
Respiratorna oboljenja su u velikoj meri povezana sa aerozagađenjem. Da bi se preciznije definisala veza između pojave respiratornih oboljenja i rada pojedinih postrojenja JKP „Novosadska toplana”, izvršeno je prikupljanje i analiza podataka iz Doma zdravlja „Novi Sad”. Prva analiza urađena je na osnovu podataka dobijenih iz novosadskog Doma zdravlja za period od 2010. do 2015. godine. Druga analiza urađena je na osnovu mesečnih rezultata o zastupljenosti respiratornih oboljenja dobijenih iz četiri doma zdravlja u Novom Sadu: Dom zdravlja „Novo Naselje”, „Liman”, „Jovan Jovanović Zmaj” i „Jug Bogdana” za 2015. godinu. Prikaz zastupljenosti respiratornih oboljenja u Novom Sadu u periodu 2010-2015 dat je u Tabeli 36.

Tabela 36. Zastupljenost respiratornih oboljenja u Novom Sadu (2010-2015)

<b>Odrasla populacija</b>				
➤ Služba opšte medicine				
➤ Služba zdravstvene zaštite radnika / izabrani lekar				
<b>Godina</b>	<b>Hronične obstruktivne bolesti pluća (J40-J44)</b>	<b>Astma (J45-J46)</b>	<b>Pretežno alergijska astma (J45.0)</b>	<b>Zloćudni tumor dušnika, bronhija i pluća (C33-C34)</b>
2010.	5406	2558	347	309
2011.	5476	3222	470	310
2012.	4576	1970	359	309
2013.	4429	2633	404	327
2014.	4519	3275	536	314
2015.	4328	3159	505	295

Tabela 36 pokazuje da je na teritoriji grada Novog Sada registrovano najviše pacijenata sa dijagnozom hronične obstruktivne bolesti pluća, a zatim sledi astma.

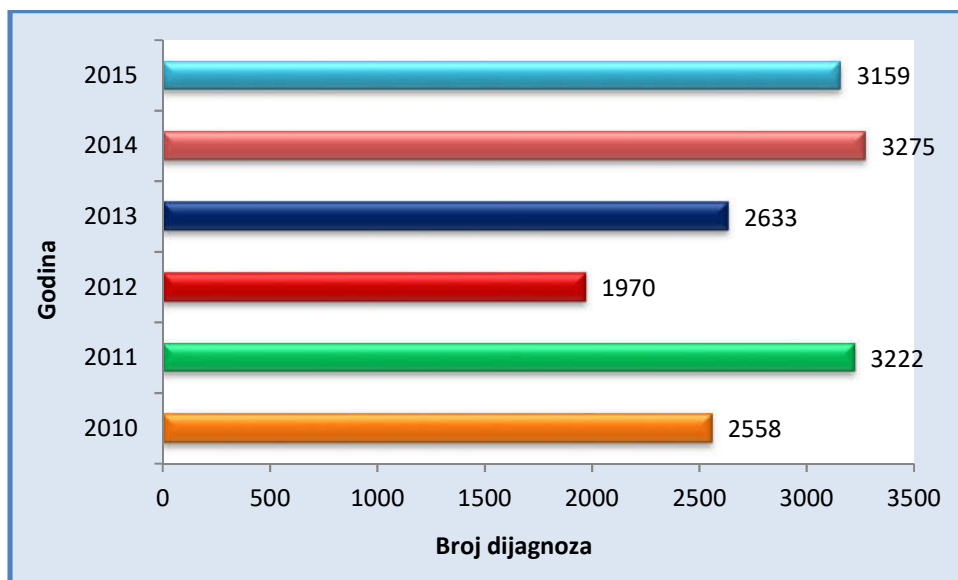
Hronična opstruktivna bolest pluća, kao najzastupljenija u sferi plućnih bolesti, se prati na godišnjem nivou (Slika 68).



Slika 68. Grafički prikaz registrovanog broja pacijenata sa dijagnozom hronične obstruktivne bolesti pluća u Domovima zdravlja na teritoriji grada Novog Sada (2010-2015)

Hronične obstruktivne bolesti pluća, kao što se može videti sa Slike 68, pokazuju trend opadanja u periodu od 2010. do 2015. godine. Broj registrovanih dijagnoza smanjio se za petinu. Najveći broj registrovanih dijagnoza zabeležen je 2012. godine, a najmanji 2015. godine.

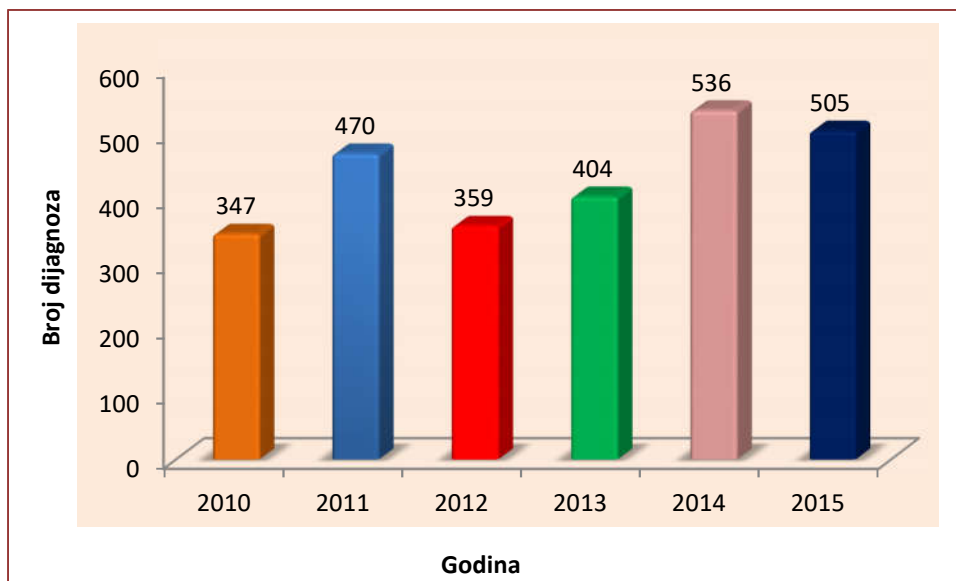
Broj pacijenata kod kojih je u novosadskim domovima zdravlja u period između 2010 i 2015 godine uspostavljena dijagnoza bronhijalne astme dat je na Slici 69.



Slika 69. Grafički prikaz registrovanog broja pacijenata sa dijagnozom bronhijalne astme u Domovima zdravlja na teritoriji grada Novog Sada (2010-2015)

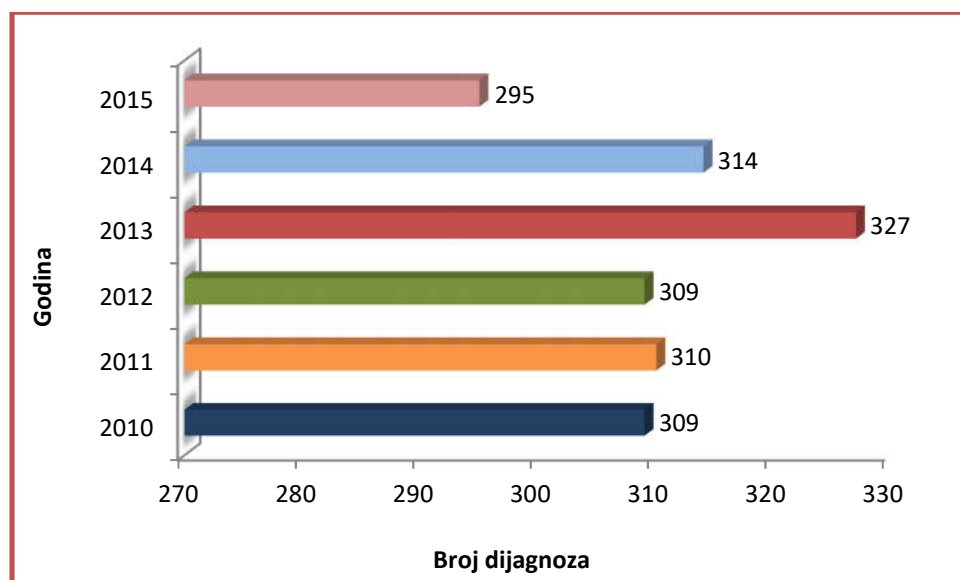
U periodu od 2010. do 2011. godine registracija bronhijalne astme pokazuje trend rasta, a zatim se u 2012. godini beleži pad. U periodu od 2013. do 2015. godine broj evidentiranih dijagnoza se povećao za petinu. Najveći broj dijagnoza bronhijalne astme zabeležen je u 2014. godini.

Pojava alergijske astme kod pacijenata koji su dijagnostikovani u novosadskim domovima zdravlja dat je na Slici 70.



Slika 70. Grafički prikaz registrovanog broja pacijenata sa dijagnozom alergijske astme u Domovima zdravlja na teritoriji grada Novog Sada (2010-2015)

Broj registrovanih dijagnoza pretežno alergijske astme beleži trend porasta u periodu od 2010. do 2015. godine. U periodu 2010-2011. godine dolazi do povećanog broja dijagnoza, zatim se beleži pad 2012. godine. Broj dijagnoza se povećao u periodu od 2013. do 2015. godine za četvrtinu, a najveći broj dijagnoza registrovan je 2014. godine. Pojava zloćudnog tumora dušnika, bronhija i pluća kod pacijenata koji su dijagnostikovani u novosadskim domovima zdravlja dat je na slici 71.



Slika 71. Grafički prikaz registrovanog broja pacijenata sa dijagnozom zloćudnog tumora dušnika, bronhija i pluća u Domovima zdravlja na teritoriji grada Novog Sada (2010-2015)

Najveći broj registrovanih dijagnoza zloćudnog tumora dušnika, bronhija i pluća zabeležen je 2013. godine. U periodu od 2010. do 2012. godine beleži se približno isti broj registrovanih dijagnoza, a 2014. i 2015. godine zabeleženo je smanjenje registracija u odnosu na 2013. godinu, kada se broj dijagnoza smanjio za oko 10%.

Postavljanje dijagnoza na mesečnom nivou vršeno je za 2015 godinu u četiri objekta Doma zdravlja „Novi Sad” i to: objekat „Novo naselje”, objekat „Liman”, objekat „Jovan Jovanović Zmaj” i objekat „Jug Bogdan”.

Dijagnostika respiratornih oboljenja na mesečnom nivou u Domu zdravlja „Novo Naselje” prikazana je u Tabeli 37.

Tabela 37. Registrovane dijagnoze respiratornih oboljenja u Domu zdravlja “Novo naselje” (2015)

Mesec	Hronične obstruktivne bolesti pluća (J40-J44)	Astma (J45-J46)	Pretežno alergijska astma (J45.0)	Zloćudni tumor dušnika, bronhija i pluća (C33-C34)
Januar	46	33	0	10
Februar	38	26	3	4
Mart	41	23	2	2
April	14	10	2	1
Maj	15	13	3	2
Jun	10	2	0	2
Jul	7	3	0	1
Avgust	4	2	0	0
Septembar	7	9	5	1
Oktobar	11	4	1	2
Novembar	8	9	0	1
Decembar	18	14	2	0
<b>2015. godina</b>	<b>219</b>	<b>148</b>	<b>18</b>	<b>26</b>

Najveći broj registrovanih dijagnoza respiratornih oboljenja u Domu zdravlja „Novo naselje” u toku 2015. godine odnosi se na hronične obstruktivne bolesti pluća (ukupno 219). Najveći broj dijagnoza registrovan je u prvom kvartalu godine, odnosno u januaru, dok je najniži broj registrovan u avgustu. Trend rasta se zatim ponovo beleži u poslednja tri meseca u godini. Što se tiče astme, kao i kod hroničnih obstruktivnih bolesti pluća, najveći broj dijagnoza evidentiran je u januaru, potom broj dijagnoza opada, pa su najniže vrednosti u periodu od juna do avgusta. U poslednjem tromesečju beleži se ponovo trend rasta. Alergijska astma je najučestalija u periodu od februara do maja, u letnjem periodu nema registracije, zatim se beleži skok registracije u septembru, kada je zabeležen i najveći broj dijagnoza, kao i u decembru 2015. godine. Karcinom dušnika, bronhija i pluća je najčešće registrovan u januaru, kada je i zabeležen najveći broj dijagnoza, i februaru, potom sledi pad i ostatak godine beleži približno isti broj dijagnoza.

Lokacijski posmatrano, Domu zdravlja „Novo Naselje” najbliža je TO „ZAPAD” koja predstavlja postrojenje sa najvećom instalisanom snagom i značajan je izvor emisije zagađujućih materija.

Dijagnostika respiratornih oboljenja na mesečnom nivou u Domu zdravlja „Liman” prikazana je u Tabeli 38.

Tabela 38. Registrovane dijagnoze respiratornih oboljenja u Domu zdravlja „Liman” (2015)

Mesec	Hronične obstruktivne bolesti pluća (J40-J44)	Astma (J45-J46)	Pretežno alergijska astma (J45.0)	Zloćudni tumor dušnika, bronhija i pluća (C33-C34)
Januar	98	115	5	19
Februar	41	62	4	7
Mart	51	38	6	3
April	38	25	4	3
Maj	32	25	5	4
Jun	39	22	5	1
Jul	24	23	3	4
Avgust	12	21	4	1
Septembar	24	16	2	2
Oktoibar	30	22	4	2
Novembar	26	17	4	3
Decembar	22	18	3	2
<b>2015. godina</b>	<b>437</b>	<b>404</b>	<b>49</b>	<b>51</b>

Najveći broj registrovanih dijagnoza u ovom Domu zdravlja, u toku 2015. godine odnosi se na hronične obstruktivne bolesti pluća (ukupno 437). Hronične obstruktivne bolesti pluća se registruju u najvećem broju u januaru, zatim se beleži trend opadanja do avgusta. Porast broja dijagnoza kreće ponovo u jesenjem periodu. Što se tiče astme, kao i kod hroničnih obstruktivnih bolesti pluća, najveći broj dijagnoza evidentiran je u januaru, potom broj dijagnoza opada, pa su najniže vrednosti registrovane u septembru. Pretežno alergijska astma se registruje u malom broju tokom godine, najveći broj dijagnoza je evidentiran u martu a najmanji u septembru. Karcinom dušnika, bronhija i pluća se najviše registruje u januaru, sledi pad od januara do marta. Jun i avgust beleže najmanji broj dijagnoza, dok se u preostalim mesecima evidentira približno isti broj dijagnoza.

Lokacijski posmatrano, Domu zdravlja „Liman” najbliža je TO „JUG”.

Dijagnostika respiratornih oboljenja na mesečnom nivou u Domu zdravlja „Jovan Jovanović Zmaj” prikazana je u Tabeli 39.



Tabela 39. Registrovane dijagnoze respiratornih oboljenja u Domu zdravlja „Jovan Jovanović Zmaj” (2015)

Mesec	Hronične obstruktivne bolesti pluća (J40-J44)	Astma (J45-J46)	Pretežno alergijska astma (J45.0)	Zloćudni tumor dušnika, bronhija i pluća (C33-C34)
Januar	113	85	5	9
Februar	64	50	3	1
Mart	54	38	4	3
April	45	25	2	3
Maj	25	32	4	2
Jun	20	20	4	2
Jul	11	17	4	2
Avgust	15	10	1	0
Septembar	14	17	4	10
Oktoabar	32	19	2	0
Novembar	35	9	1	1
Decembar	25	6	2	1
<b>2015. godina</b>	<b>453</b>	<b>328</b>	<b>36</b>	<b>34</b>

Dom zdravlja „Jovan Jovanović Zmaj” nalazi se u delu grada Novog Sada koji se zove Rotkvarija. Najveći broj registrovanih dijagnoza, u ovom Domu zdravlja, u toku 2015. godine odnosi se na hronične obstruktivne bolesti pluća, ukupno 453. Hronične obstruktivne bolesti pluća se registruju u najvećem broju u januaru, zatim se beleži trend opadanja do jula. Porast broja dijagnoza kreće ponovo od avgusta. Najveći broj dijagnoza astme je registrovan u januaru, zatim se beleži trend opadanja do aprila. U maju je zabeležen skok registracije, potom pad registracije u periodu maj-avgust. Blaži porast evidentiranja je u periodu septembar-oktoabar pa opet sledi pad registracije do kraja godine, kada je i registrovan najmanji broj dijagnoza. Pretežno alergijska astma se registruje u malom broju tokom godine, najveći broj dijagnoza je evidentiran u januaru a najmanji u avgustu i novembru. Najveći broj dijagnoza karcinom dušnika, bronhija i pluća se registruje u septembru, dok ostatak godine beleži približno isti broj dijagnoza.

Lokacijski posmatrano, Domu zdravlja „Jovan Jovanović Zmaj” najbliža je TO „Istok” u kojoj su u toku 2015. godine prekoračene granične vrednosti emisije za azotne okside.

Dijagnostika respiratornih oboljenja na mesečnom nivou u Domu zdravlja „Jug Bogdan” prikazana je u Tabeli 40.

Tabela 40. Registrovane dijagnoze respiratornih oboljenja u Domu zdravlja “Jug Bogdan” (2015)

Mesec	Hronične obstruktivne bolesti pluća (J40-J44)	Astma (J45-J46)	Pretežno alergijska astma (J45.0)	Zloćudni tumor dušnika, bronhija i pluća (C33-C34)
Januar	23	10	0	0
Februar	10	6	1	0
Mart	12	3	0	1
April	5	1	0	0
Maj	4	3	1	0
Jun	3	1	0	0
Jul	0	1	0	1
Avgust	0	0	0	1
Septembar	1	3	3	0
Oktobar	2	1	0	0
Novembar	3	1	0	0
Decembar	2	0	0	0
<b>2015. godina</b>	<b>65</b>	<b>30</b>	<b>5</b>	<b>3</b>

Dom zdravlja „Jug Bogdana” nalazi se u blizini radne zone Sever u Novom Sadu. Najveći broj registrovanih dijagnoza, u ovom Domu zdravlja, u toku 2015. godine odnosi se na hronične obstruktivne bolesti pluća, ukupno 65. Hronične obstruktivne bolesti pluća su registrovane u najvećem broju u januaru, zatim se beleži trend opadanja do jula 2015. godine. Blaži trend rasta je evidentiran u periodu septembar – novembar. Registracija dijagnoza astme pokazuje trend opadanja u periodu od januara, kada je zabeležen najveći broj dijagnoza, do aprila. Blaži skok evidentiranja ovih dijagnoza se beleži u maju i septembru. Alergijska astma se registruje u vrlo malom broju tokom cele godine, a najveći broj evidentiranih dijagnoza je u septembru. Evidentirane su svega tri dijagnoze karcinom dušnika, bronhija i pluća u toku 2015. godine: jedna dijagnoza u martu, i dve u letnjem periodu, u julu i avgustu.

Lokacijski posmatrano, Domu zdravlja „Jug Bogdana” najbliža je TO „SEVER” kod koje je u posmatranom periodu od pet godina, ni jednom nije došlo do prekoračenja GVE.

## 6.4 Diskusija istraživačkih rezultata

JKP „Novosadska toplana” emituje određenu količinu zagađujućih materija i samim tim doprinosi sveukupnom zagađenju vazduha u Novom Sadu. Na osnovu dobijenih uzoraka i nakon urađene analize dobijeni rezultati su pokazali da je u periodu od 2011. do 2015. godine došlo do prekoračenja propisanih graničnih vrednosti emisija (GVE) zagađujućih

materija na pojedinim izvorima JKP „Novosadska toplana” na teritoriji grada Novog Sada.

Ako se uzme u obzir da je Republika Srbija bogata ugljem, ovaj energent, kao i mazut bili bi daleko jeftiniji, pa samim tim i isplativiji za primenu u novosadskim toplanama, međutim zbog lokacijskih položaja svih toplana, koje se nalaze u zonama stanovanja, da bi se smanjilo aerozagađenje, a samim tim i zaštitila životna sredina i zdravlje ljudi, kao osnovni energent koristi se prirodni gas. Primenom prirodnog gasa kao osnovnog energenta u svim objektima JKP „Novosadska toplana” realizovan je značajan korak za smanjenje aerozagađenja. Kao najbolje alternativno gorivo, prirodni gas tokom sagorevanja u 99% slučajeva ne emituje sumporne okside, pa samim tim se objekti JKP „Novosadska toplana” ne mogu smatrati emiterom sumpornih oksida. U toku petogodišnjeg merenja ni na jednom izvoru u sastavu JKP „Novosadska toplana” nisu zabeleženi čak ni minimalne emisije SO<sub>2</sub>.

Toplana „ISTOK”, kao najopterećenija toplana u pogledu pokrivenosti konzuma, na koju je još dodatno priključen i deo konzuma iz toplane „SEVER”, po ukupnom broju konzuma oko dva puta prelazi instalisane kapacitete kotlova. Ako se u obzir uzme i da je starost kotlova preko 35 godina, dobijeni rezultati u toku petogodišnjeg istraživanja mogu se svesti na solidne, ali ne i zadovoljavajuće. Najveća koncentracija aerozagađenja emitovanih od strane ovog izvora jeste u vidu azotnih oksida. Prekoračenje zakonski propisanih graničnih vrednosti emisije (GVE) desilo se tokom 2013, 2014 i 2015. godine i prema zabeleženim emisijama svaka godina je imala tendenciju porasta. Emisija praškastih materija na ovom izvoru u 2015. godini prekoračila je propisane GVE. Emisija CO se kretala u dozvoljenim granicama. Prema analiziranim podacima može se zaključiti da TO „Istok” predstavlja najvećeg zagađivača u okviru četiri postrojenja JKP „Novosadska toplana”. Rezultati koji su dobijeni iz Doma zdravlja „Jovan Jovanović Zmaj”, koji je lokacijski gledano, najbliži toplani „ISTOK”, u 2015. godini pokazuju da je dijagnoza hroničnih obstruktivnih bolesti pluća najveća baš u navedenom Domu zdravlja. Najveći broj dijagnoza registrovan je u januaru, ali i u svim mesecima grejne sezone.

Toplana „ZAPAD” razmatrana je sa stanovišta šest izvora koji predstavljaju postojeća mala postrojenja (K1, K2 i K3), stara velika postrojenja (K4 i K5) i veliko postojeće postrojenje (K6). Postojeći kotlovi su u radu preko 30 godina i ako se uzme da na godišnjem nivou rade oko 7.000 do 8.000 sati, zaključuje se da su oni već tri puta prekoračili svoj predviđeni radni vek. Sa godišnjim povećanjem broja konzuma, kao i u slučaju TO „ISTOK”, i ovde je došlo do prekoračenja instalisane snage kotlova. Analizom uzoraka, dobijeni rezultati su pokazali da je u toku petogodišnjeg merenja emisija koja je dolazila u vidu azotnih oksida nije bila u dozvoljenim GVE za postojeća mala kotlovska postrojenja K1, K2 i K3 tokom 2012, 2013, 2014. godine. U toku petogodišnjeg merenja, nije zabeleženo prekoračenje GVE za ugljen monoksid na ovom postrojenju. Emisija praškastih materija kretala se u dozvoljenim granicama. Rezultati koji su dobijeni iz Doma zdravlja „Novo Naselje”, koji je lokacijski gledano, najbliži toplani „ZAPAD”, u 2015. godini pokazuju da je najveći broj dijagnoza kako za hronične obstruktivne bolesti, tako i za astmu najveći u mesecima grejne sezone. Karcinom dušnika, bronhija i pluća je najčešće registrovan u januaru i februaru, koji takođe predstavljaju mesece grejne sezone. Svakako treba imati u vidu vreme koje je potrebno za razvoj određenih bolesti, ali blizina velikih zagađivača svakako može da doprinese povećanju boja obolelih.

Toplana „JUG” razmatrana je sa stanovišta pet izvora. Ima dva novija kotla, instalisana 2003. godine, a zbog blizine stambenih objekata, koja se nisu tu nalazila prilikom izgradnje ove toplane, poseban problem predstavlja buka. U blizini ovog objekta poremećena je i ruža vetrova, usled izgradnje visokih objekata u okolini. Analizom uzoraka, dobijeni rezultati su pokazali da je u toku petogodišnjeg merenja emisija azotnih oksida više puta prekoračila propisane GVE na postojećem malom kotlu VKLM 8. Emisija ugljen monoksida ni jednom nije prekoračila propisane GVE. Emisija praškastih materija, takođe, se kretala u dozvoljenim granicama i nije došlo do prekoračenja GVE.

Rezultati koji su dobijeni iz Doma zdravlja „Liman”, koji je lokacijski gledano, najbliži toplani „JUG”, u 2015. godini pokazuju da je najveći broj registrovanih dijagnoza astme baš u ovom Domu zdravlja. Najveći broj dijagnoza registrovan je u januaru, ali i u svim mesecima grejne sezone. Po broju dijagnoze hroničnih obstruktivnih bolesti pluća nalaze se na drugom mestu, dok se po broju pretežno alergijske astme, kao i dijagnozi zloćudnih tumora dušnika, bronhija i pluća na prvom mestu u toku 2015. godine.

Toplana „SEVER” je jedna od najstarijih, pa zbog toga njena kompletna rekonstrukcija predstavlja jedan od najvažnijih zadataka za JKP „Novosadska toplana”. U toku 2014. godine prva faza rekonstrukcije je izvršena, te je s toga u analizu uzeta emisija sa ovog postrojenja za 2015. godinu. Analizom uzoraka, dobijeni rezultati su pokazali da je u toku petogodišnjeg merenja emisija azotnih oksida bila u dozvoljenim GVE, kao i emisija CO. Emisija praškastih materija, takođe, ni jednom nije prekoračila dozvoljenu GVE.

Rezultati koji su dobijeni iz Doma zdravlja „Jug Bogdan”, koji je lokacijski gledano, najbliži toplani „SEVER”, u 2015. godini pokazuju da je broj svih registrovanih dijagnoza najmanji u ovom Domu zdravlja. Hronične obstruktivne bolesti pluća su registrovane u najvećem broju u januaru, zatim se beleži trend opadanja do jula 2015. godine. Registracija dijagnoza astme pokazuje trend opadanja u periodu od januara, kada je zabeležen najveći broj dijagnoza, do aprila, a blaži poraste je ponovo evidentiran u maju i septembru. Alergijska astma se registruje u vrlo malom broju tokom cele godine, a najveći broj evidentiranih dijagnoza je u septembru, dok su svega tri dijagnoze karcinom dušnika, bronhija i pluća evidentirane u toku 2015. godine.

## **6.5 Poređenje rezultata istraživanja sa istraživačkim hipotezama**

*Osnovna istraživačka hipoteza glasi:* Nivo aerozagađenja nastao kao posledica rada termoenergetskih postrojenja JKP „Novosadska toplana” koja koriste prirodni gas kao osnovni energent nalaze se u okviru zakonske regulative (graničnih vrednosti emisije GVE), Uredbom o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduh („Službeni glasnik RS”, br. 71/10 i 6/11-ispr.). Uredbom o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduhu iz postrojenja za sagorevanje („Službeni glasnik RS”, broj 6/16).

Dobijeni rezultati pokazuju da ova hipoteza nije tačna. U period od 2011-2015 godine, dolazilo je do prekoračenja propisanih zakonskih regulativa emisije. Na toplani „ISTOK”

je u periodu 2013-2015 godine došlo do prekoračenja GVE za azotne okside, dok je u 2015. godini prekoračenje zabeleženo i za praškaste materije. Na toplani „Zapad” je u periodu 2012-2014 godine došlo do prekoračenja GVE za azotne okside na postojećim malim kotlovskim postrojenjima. Na toplani „JUG” je zabeleženo prekoračenje GVE 2011., 2012., 2013. godine u slučaju emisije azotnih oksida na postojećem malom kotlu VKLM 8.

*Pomoćna hipoteza H1:* Koncentracija CO nastala kao posledica rada termoenergetskih postrojenja JKP „Novosadska toplana” nalazi se u okvirima GVE. Dobijeni rezultati su potvrdili ovu hipotezu.

*Pomoćna hipoteza H2:* Koncentracija NO<sub>x</sub> nastala kao posledica rada termoenergetskih postrojenja JKP „Novosadska toplana” nalazi se u okvirima GVE. Dobijeni rezultati pokazali su da ova hipoteza nije tačna u svim slučajevima. U toku petogodišnjeg merenja na TO „ISTOK”, tri puta je došlo do prekoračenja GVE, više puta na TO „ZAPAD” kao i na TO „JUG”.

*Pomoćna hipoteza H3:* Koncentracija SO<sub>2</sub> nastala kao posledica rada termoenergetskih postrojenja JKP „Novosadska toplana” nalazi se u okvirima GVE. Dobijeni rezultati pokazali su da je ova hipoteza tačna. Primenom prirodnog gasa kao osnovnog energenta, emisija SO<sub>2</sub> najčešće je 0 ili se nalazi ispod granice detekcije. U periodu od 2011. do 2015. godine ni na jednom izvoru nije detektovana emisija SO<sub>2</sub>.

*Pomoćna hipoteza H4:* Nivo aerozagađenja koje nastaje kao posledica rada termoenergetskih postrojenja JKP „Novosadska toplana” najveće je tokom grejne sezone. Van grejne sezone u letnjem periodu u funkciji su samo kotlovi za toplu potrošnu vodu male snage koji rade u kontinualnom režimu rada. Svi ostali kotlovi su van funkcije. Analizom dobijenih podataka zaključuje se da je ova hipoteza tačna.

*Pomoćna hipoteza H5:* Vremenski uslovi utiču na koncentraciju zagađujućih materija (CO, NO<sub>x</sub>, praškaste materije) koje nastaje kao posledica rada termoenergetskih postrojenja JKP „Novosadska toplana”. Istraživanje je pokazalo da je ova hipoteza u potpunosti tačna.

*Pomoćna hipoteza H6:* Aerozagađenje koje nastaje radom termoenergetskih postrojenja JKP „Novosadska toplana” je u skladu sa propisima koji važe u zemljama Evropske unije. Ova hipoteza nije tačna.

## **7. PREDLOG MERA ZA UNAPREĐENJE EKOLOŠKIH PERFORMASI TERMOENERGETSKIH POSTROJENJA**

Kvalitet vazduha je jedno od globalnih problema koje izaziva najviše pažnje ne samo građana Evropske unije već i celog sveta i predstavlja jednu od oblasti gde su Evropska unija i UN najaktivnije. Problem koji nastaje usled primene fosilnih goriva i prirodnog gasa u termoelektranama i velikim postrojenjima javlja se svuda u svetu. Problem aerozagađenja iz ovih izvora negativno utiče na celokupnu životnu sredinu, a takođe nije zanemarljiv negativan uticaj koji ovi polutanti izazivaju na zdravlje ljudi.

Problem dobre prakse za aerozagađenja nastala iz termoenergetskih postrojenja može se pronaći u Nemačkoj, Japanu, Austriji i u mnogim drugim razvijenim državama, ali to ne znači da su one uspele da u potpunosti reše problem aerozagađenja iz ovih izvora. Implementacijom i primenom seta zakona iz Evropske unije moguće je smanjiti aerozagađenje na području Republike Srbije, a samim tim i na teritoriji grada Novog Sada.

Svako prekoračenje propisanih graničnih vrednosti za aerozagađenja ne mogu se zanemariti, ali u poređenju sa aerozagađenjima nastalim usled korišćenja uglja, lignita, nafte i mazuta, dobijeni rezultati se mogu smatrati zadovoljavajućim. To i jeste razlog zašto se prirodni gas smatra glavnim energentom u XXI veku.

Približavanje dobroj svetskoj praksi sprovelo bi se pre svega kroz rekonstrukciju svih kotlova, čime bi se povećala njihova efikasnost, a samim tim i smanjila aerozagađenja. U procesu proizvodnje mogućnost uštede se može postići na sledeće načina:

- automatizacijom toplotnih izvora i vođenjem procesa u skladu sa najvišim stepenom korisnosti kotlovskih postrojenja – optimalno upravljanje;
- zamenom starih kotlovskih postrojenja novim, sa višim stepenom korisnosti;
- dogradnja ili zamena dotrajalih delova kotlova sa efikasnijim izmenjivačem;
- zatvaranje kotlovskih jedinica koje su van objekata u objekte;
- gradnja frekventne regulacije na elektromotorima cirkulacionih pumpi, čime će se omogućiti smanjenje potrošnje aktivne i reaktivne energije, kao i angažovane snage, a ujedno omogućiti lako startovanje i zaustavljanje cirkulacije vode u sistemu;
- izgradnja sopstvenih bunara, čime će se smanjiti troškovi na dopuni sistema i ujedno dobiti sigurnost u snabdevanju vodom;
- korišćenje kondezata dimnih gasova, tretiranje i korišćenje te vode za dopunu sistema.

U procesu prenosa mogućnost uštede toplotne energije se može postići na sledeće načine:

- zamenom starih vrelovoda u kanalima sa novim (predizolovanim) vrelovodima, kod kojih je toplotni gubitak mnogo manji;

- edovnom kontrolom gubitaka vode i saniranjem svih havarija na vrelovodnom sistemu;
- redovnom kontrolom stanja izolacije tj. termovizijsko snimanje vrelovodnih trasa i planiranje sanacije u skladu sa nalazima;
- kontrola i monitoring sistema za kontrolu curenja na predizolovanim cevima.
- 

U samom procesu predaje toplotne energije u toplotnim podstanicama moguće uštede toplotne energije se mogu dobiti na sledeći način:

- rekonstrukcijom toplotnih podstanica tj. njihovom automatizacijom i stvaranjem mogućnosti za automatski rad u skladu sa potrebama potrošača, spoljnim uslovima, dnevnim i nedeljnim režimom rada;
- sanacijom izolacije u starim toplotnim podstanicama;
- realizacijom sistema za daljinski nadzor i upravljanje toplotnim podstanicama (naročito kod velikih objekata), kao i redovnom kontrolom i podešavanjem rada toplotnih podstanica od strane službe održavanja.

U procesu potrošnje toplotne energije moguće unapređenja se mogu ostvariti na sledeći način:

- donošenje tarifnog pravilnika i naplata prema izmerenoj energiji, tj. prema energiji koja je predata objektu;
- izrada tehnoekonomskih analiza ugradnje izolacije objekata i na osnovu predviđene ili izmerene uštede toplotne energije omogućiti povoljno kreditiranje građana za ugradnju izolacije uz pokrivanje ostalih troškova;
- donošenjem novih propisa u izgradnji objekata u smislu izolovanosti objekata;
- ugradnjom toplotne izolacije između stambenih i poslovnih prostora i između samih poslovnih prostora zbog mogućnosti isključenja pojedinih potrošača, ili međusobne štednje, ovaj uslov treba uneti u tehničke uslove i mora biti usvojen od Skupštine Grada čime će praktično navedeni uslov biti obaveza investitora, odnosno pravilo u projektovanju i izvođenju objekata na teritoriji grada Novog Sada;
- edukacija građana o potrebi štednje svih vidova energije i propagiranje energetske efikasnosti, edukacija treba da se sprovodi na adekvatan način za sve uzrastne kategorije.

Toplotni konzum se izgradnjom i priključenjem stambenih i poslovnih objekata neprestano povećava i popunjava, pa i prelazi kapacitete postojećih toplana. Porast konzuma je zadnjih godina izraženiji jer se pored izgradnje novih objekata na novim lokacijama intezivno vrši nadogradnja postojećih objekata, odnosno izgradnja većih objekata na mestima starih. Prema tome, planirana izgradnja na području grada takođe uslovljava i povećanje toplotnog konzuma za grejanje koji je već u 2008. godini dostigao veličinu od 830 MW. Glavim urbanističkim planom grada Novog Sada do 2021 godine toplotni konzum je procenjen na oko 900MW.

U narednom periodu se očekuje uvođenje ekonomske cene grejanja i naplata prema izmerenoj toplotnoj energiji što će delom usloviti smanjenje potrošnje zbog štednje, ali i potrebu za ugradnjom izolacije starih objekata koje će dodatno smanjiti potrošnju. Smatra se da će i pored navedenog svakako doći do povećanja konzuma, ali nešto sporije.

Dosadašnje i očekivano buduće povećanje konzuma uslovljava i povećanje kotlovskih kapaciteta u toplanama, a u zavisno je još i od raspoloživosti kapaciteta u TE-TO. Naime, povećanje kapaciteta kotlovskih postrojenja je sa jedne strane uslovljeno povećanjem konzuma, a sa druge strane i konceptom daljeg razvoja TE-TO „Novi Sad”. Toplifikacioni sistem JKP „Novosadska toplana” zajedno sa TE-TO „Novi Sad” na području JUG, ISTOK i SEVER je kocipiran tako da je TE-TO „Novi Sad” bazni izvor a kotlarnice predstavljaju vršni izvor toplotne energije, jer se 50% instalisane snage izvora nalazi u TE-TO „Novi Sad”, a 50% u priključenim toplanama (koeficijent toplifikacije je 0,5).

Toplana „ISTOK”, kao najopterećenija toplana u sklopu JKP „Novosadska toplana” zahteva rekonstrukciju i to tako što će se izvršiti zamena dva starija kotla jednim većim kotlom snage oko 70 MW. Zatim je potrebno izvršiti automatizaciju i povezati je na zajednički sistem za nadzor i upravljanje.

Na toplani „ZAPAD” potrebno je izvršiti rekonstrukciju kotlova broj 4 i 5 čija je snaga od po 58 MW. Puštanjem u pogon vrelovodnog kotla 6, snage 142 MW (2008), omogućilo je pouzdano i kvalitetno snabdevanje toplotnom energijom za grejanje do 2021. godine. Potrebno je izvršiti zamenu sva tri postojeća kotla za toplu potrošnu vodu, koji su do sada već tri puta prekoračili svoj radni vek. Usled konstantnog povećanja konzuma, postojeće kotlove je potrebno zameniti kotlovima većeg kapaciteta. Na svim kotlovskim postrojenjima, u narednom periodu, ukazaće se problem emisije NO<sub>x</sub> koja će usled promene granice GVE (od aprila 2018.) biti iznad dozvoljenih vrednosti. Projekti rekonstrukcije i zamene postojećih kotlova mogli bi da reše taj problem, sa posebnim osvrtom na kotao 6, koji je novije generacije i za koga bi trebalo da se uradi projekat smanjavanja emisije azotnih oksida NO<sub>x</sub>.

Na toplani „JUG” zamena dva kotla izvršena je 2003. godine, što ne znači da je rekonstrukcija ovde nepotrebna, problem će predstavljati neusaglašenost sa novom zakonskom regulativom tako da je potrebno razmotriti načine smanjenja emisije azotnih oksida na kotlovima K4 i K5 kao i zamenu kotla VKLM8, takođe ono što bi trebalo prvo da se unapredi na ovoj toplani jeste izgradnje jednog visokog dimnjaka sa posebnim dimnovodnim kanalima za svaki kotao u cilju smanjenja zagađenja jer je izgradnjom visokih objekata u blizini toplane poremećena ruža vetrova. Neophodno je sprovesti aktivnosti na smanjivanju nivoa buke, odnosno realizaciju postojećeg projekta.

Toplana „SEVER”, kao jedna od najstarijih, ujedno je i veoma preopterećena, tako da je na njoj neophodno izvršiti povećanje kapaciteta, rekonstrukcijom postojeće opreme, kao i ugradnjom nove opreme, kako bi se mogao pratiti porast toplotnog konzuma. Jedan od najprioritetnijih zadataka JKP „Novosadska toplana” upravo je kompletna rekonstrukcija toplane „SEVER”. Prva faza rekonstrukcije toplane „SEVER” izvršena je 2014. godine i



sastojala se od dogradnje kotlarnice i ugradnje vrelovodnog kotla snage 58 MW, izgradnje novog cirkulacionog postrojenja kapaciteta oko 3000 m<sup>3</sup>/h i napora 10 bar, izgradnja postrojenja za hemijsku pripremu vode i transformatorske stanice. Savremeni kotao kapaciteta 58 MW, sa visokim stepenom energetske efikasnosti, ima mogućnost korišćenje dva energenta: prirodni gas kao osnovni energent i niskosumporni mazut kao alternativno gorivo (u slučaju nestanka prirodnog gasa). Mogućnost automatske regulacije procesa sagorevanja ima za cilj povećanu energetske efikasnosti kotla kao i uštedu energenta, ali i smanjenje emisije gasova koji izazivaju efekat staklene bašte. Zahvaljujući ovoj rekonstrukciji omogućen je rad toplane sa kvalitativnom i kvantitativnom regulacijom, a cirkulaciono postrojenje povezano je u spregnuti sistem sa TE-TO „Novi Sad”. Kao sledeći korak izgrađen je povezni vod DN 500 od GRS do Toplane „SEVER” u dužini od oko 1900 m. Ovoj izgradnji prethodila je tehnokomonska analiza opravdanosti, kao i dugoročan Ugovor o isporuci toplotne energije od TE-TO „Novi Sad”.

Kao još jedna mera za unapređivanje ekoloških performansi termoenergetskih postrojenja predviđa se izgradnja kogeneracionog postrojenja na toplotnom izvoru. Realizacija ovakvog postrojenja moguće je u formi CDM projekta koji kao takav može biti finansiran pod povlašćenim uslovima. Realizacijom ovakvog projekta postigla bi se veća energetska efikasnost, uvelo bi se korišćenje obnovljivih izvora energije, dobila bi se kogenerativna proizvodnja energije, došlo bi do zamene goriva sa većim sadržajem ugljenika za gorivo sa manjim sadržajem ugljenika, vršilo bi se sakupljanje i korišćenje deponijskog gasa i biogasa, došlo bi do izmena u industrijskom procesu, što sve za rezultat ima smanjenje aerozagađenja (Golušin i dr, 2011).

Pored direktnog profita iz kombinovane proizvodnje električne i toplotne energije, izgradnjom kogenerativnog postrojenja postižuse dugoročni pozitivni efekti za JKP „Novosadska toplana” i to:

- povećanje raspoloživog kapaciteta u proizvodnji toplotne energije za pripremu tople potrošne vode, odnosno u budućnosti energije za hlađenje i klimatizaciju poslovnih objekata na konzumnom području;
- JKP „Novosadska toplana” postala bi povlašćeni proizvođač električne energije, odnosno proizvođač "zelenih" kilovata;
- jeftinija, efikasnija i pouzdanija proizvodnja toplotne energije;
- smanjenje emisije CO<sub>2</sub>, odnosno sticanje zelenih sertifikata;
- mogućnost definisanja pariteta sa postojećom TE-TO „Novi Sad”, kao sa njenim budućim strateškim partnerom i smanjivanje troškova u nabavci toplotne energije;
- mogućnost apliciranja kod fondova Evropske unije za dalje investiranje u obnovljive izvore energije i kogeneraciju.

## **8. ZAKLJUČAK**

Emisija zagađujućih materija iz termoenergetskih postrojenja (toplana) je predmet velikog broja istraživanja, s obzirom na činjenicu da su navedena postrojenja smeštena neposredno u gradskim sredinama. Osim toga, veliki savremeni gradovi imaju sopstvenu mikroklimu koja zavisi od velikog broja faktora i veoma složenih odnosa koji postoje među njima. Uticaj termoenergetskih postrojenja na životnu sredinu i posledično, na kvalitet života u gradskim sredinama je od posebnog naučnog i praktičnog interesa.

Osnovni cilj ove doktorske disertacije je sakupljanje, analiza i prezentacija podataka koji će ukazati na uticaj rada termoenergetskih postrojenja na aerozagađenje Novog Sada. U konkretnom slučaju, istraživanje je urađeno na osnovu prikupljenih uzoraka emisije iz JKP „Novosadska toplana” u periodu od 2011. do 2015. godine. Uzorci emisije aerozagađenjasu prikupljeni su iz četiri izvora: TO „ISTOK”, TO „ZAPAD”, TO „JUG” i TO „SEVER”. Analizirana je emisija četiri polutanta koja nastaju kao produkti sagorevanja energenta: (NO<sub>x</sub>), (CO), praškaste materije i (SO<sub>2</sub>).

Osnovni rezultati su pokazali da je je najveća emisija zagađujućih materija iz termoenergetskih postrojenja JKP „Novosadska toplana” u vidu azotnih oksida. Emisija azotnih oksida je 2013, 2014. i 2015. godine prekoračila propisane granične vrednosti emisije na TO „ISTOK”, 2012., 2013., 2014. godine na TO „ZAPAD” a, 2012., 2013., i 2014. na TO „JUG”.

Emisija ugljen monoksida je u ovom periodu na svim izvorima bila u dozvoljenim graničnim vrednostima. Emisija praškastih materija uglavnom je bila u dozvoljenim granicama, osim 2015. godine kada je prekoračena GVE na TE „Istok”. Na TO „SEVER” i TO „ZAPAD” je u toku svih pet godina emisija zagađujućih materija bila u dozvoljenim granicama i nijednom nije došlo do prekoračenja GVE. Emisija SO<sub>2</sub> nije detektovana ni iz jednog izvora, zato što sve toplane kao primarni energent koriste prirodni gas, čijim sagorevanjem ne dolazi do ispuštanja sumpornih jedinjenja ili su ona ispod granice detekcije.

Porast broja registrovanih dijagnoza hronične obstruktivne bolesti pluća i astme detektovan je uglavnom u zimskom periodu, odnosno u periodu grejne sezone. Naravno, zagađenje vazduha je tada najviše, ali ono nije prouzrokovano samo i isključivo iz stacionarnih izvora, već i iz mobilnih, naročito iz motornih vozila. Dati podaci predstavljaju podatke rutinske zdravstvene statistike iz kojih se ne može precizno pratiti kada se neka bolest najčešće javlja, koja je starost i pol obolelih, koliko novoobolelih ima u toku kalendarske godine. Za takve podatke potrebno je ozbiljno i temeljno istraživanje. Istraživanjem incidence respiratornih bolesti kao jednog od pokazatelja zdravlja stanovništva mogla bi se sa većom sigurnošću utvrditi veza između emisije zagađujućih materija i termoenergetskih postrojenja i nastanka hroničnih respiratornih oboljenja.

Istraživanje je pokazalo i da određeni prirodni faktori imaju uticaj na kvalitet vazduha u gradu Novom Sadu; između ostalih to su: geomorfološki položaja Novog Sada, klima,

temperatura vazduha, vetar, padavine, vlažnost vazduha, insolacija i oblačnost. Predstavljen je i uticaj rada termoenergetskih postrojenja na kvalitet vazduha, čime je ukazano da postoji statistički značajan uticaj vremenskih prilika na emisiju zagađujućih materija na svim mernim mestima. Osim toga, istraživanje je pokazalo da je najveći stepen uticaja vremenskih prilika zabeležen u slučaju azotnih oksida. Manji uticaj vremenske prilike imaju na emisiju ugljen monoksida, dok je najmanji stepen statističke značajnosti uticaja zabeležen u slučaju praškastih materija.

Istraživanje je pokazalo da, posmatrano pojedinačno, na emisiju ugljen monoksida i praškastih materija najveći uticaj ima vazdušni pritisak. Na emisiju azotnih oksida najveći uticaj ima temperatura vazduha. Ostali vremenski uslovi ne pokazuju statistički značajan uticaj na emisiju zagađujućih materija iz postrojenja JKP "Novosadska toplana".

Kao zemlja koja je u postupku pridruživanja Evropskoj uniji, Republika Srbija je u obavezi da unapredi svoj pristup i aktivnost u oblasti aerozagađenja, implementacijom evropskih zakona i direktiva, čime bi se stanje u ovoj oblasti harmonizovalo sa svetskom praksom i praksom u Evropskoj uniji.

Na svim toplanama JKP „Novosadska toplana” neophodno je uraditi kompletnu rekonstrukciju postojeće i ugradnju nove opreme, povećanje kapaciteta, kao i automatizaciju kompletnog sistema. Potrebno je nastaviti sa monitoringom kvaliteta vazduha na teritoriji Novog Sada i preduzeti određene aktivnosti u cilju smanjenja zagađenja, radi zaštite životne sredine i posebno zaštite zdravlja ljudi.

Uvođenjem obnovljivih izvora energije, naročito izgradnjom kogenerativnih postrojenja na toplotnim izvorima, došlo bi do smanjenja emisije aerozagađenja iz toplane. Treba imati u vidu da alternativni izvori energije ne mogu u potpunosti sistematski rešiti snabdevanje toplotnom energijom, ali bi njihovom implementacijom u postrojenje došlo do značajnog smanjenja aerozagađenja, kao i do drugih benefita.

Ovo istraživanje urađeno je u cilju dobijanja što preciznijih rezultata i podataka vezanih za emisiju aerozagađenja od strane JKP „Novosadska toplana”, ima svoju praktičnu i naučnu vrednost, te doprinos za unapređivanje kvaliteta životne sredine i kvalitetu života građana.

## 9. LITERATURA

1. Aberlin, H., Eppel, H. (2012) *“Photovoltaics”*, Willey, USA.
2. Agarwal, S. (2005) *“Air Pollution”*, New Delhi: APH Publishing Corporation.
3. Akimoto, H. (2003) *“Global Air Quality and Pollution”*, Science, Vol. 302, Issue 5651, pages 1716-1719.
4. Aksentijević, S. (2015) *“Metode analize zagađujućih materija”*, Užice: Visoka poslovno-tehnička škola strukovnih studija.
5. Alanne, K. Saari, A. (2006) *“Distributed energy generation and sustainable development”*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 10, Issue, 6, pages 539-558.
6. Anderson, R. (2013) *“Europe Bills: Who pays the most?”*, BBC News, 12. Decembar 2013.
7. Anisimova, S. (2011) *“The capability to reduce primary energy demand in EU housing”*, Energy and Buildings, Vol. 43, Issue 10, pages 2747–2751.
8. Baltagi B. H. (2013) *“Econometric Analysis of Panel Data”*, 5th Edition, John Wiley & Sons.
9. Bandlamudi, D., Acirneni, S. (2013) *“Power plant – a scientific disaster”*, International Journal of Engineering Research and Applications, Vol. 3, Issue 3, pages 061-065.
10. Barry, R., Chorley, R. (2003) *“Atmosphere, Weather and Climate”*, New York, Routledge.
11. Bernard, S. M., et al. (2001) *“The potential impacts of climate variability and change on air pollution-related health effects in the United States”*, Environment and Health Perspectives, Vol. 109, Issue 2, pages 199-209.
12. Bilitza, D. (2003) *“International reference ionosphere 2000: Examples of improvements and new features”*, Advances in Space Research, Vol. 31, Issue 3, pages 757-767.
13. Bilitza, D., Reinisch, B. (2008) *“International Reference Ionosphere 2007: Improvements and new parameters”*, Advances in Space Research, Vol. 42, Issue 4, pages 599-609.
14. Bojić, M. (2011) *“Termodinamika”*, Mašinski fakultet u Kragujevcu, Kragujevac.
15. Brasseur, G., Prinn, R., Pszenny, A. (2003) *“Atmospheric Chemistry in a Changing World”*, Springer.
16. Brasseur, G., Solomon, S. (2005) *“Aeronomy of the Middle Atmosphere”*, New York: Springer.
17. Breivik, K., Alcock, R., Li, Y., Bailey, R., Fiedler, H., Pacyna, J. (2004) *“Primary sources of selected POPs: regional and global scale emission inventories”*, Environmental Pollution, Vol. 128, Issue 1-2, pages 3-16.
18. Brkić, D. (2005) *“Određivanje graničnih parametara upotrebe prirodnog gasa u Beogradu”* Magistarski rad; Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
19. Bubalo-Živković, M., Dragin, A., Đerčan, B. (2009) *“Gravitaciono područje Novog Sada”*, Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet, Zbornik radova, Vol. VII.
20. Budden, K. (2009) *“Radio Waves in the Ionosphere”*, Cambridge University Press.
21. Bundalo, Z. (2000) *“Integralni transport”*, Beograd: Želnid.

22. Campa, M. Castanas, E. (2008) "Human health effects of air pollution", Environmental Pollution, Vol. 151, pages 362-367.
23. Campbell, M., Li, Q., Gingrich, S., Macfarlane, R., Cheng, S. (2005) "Should People Be Physically Active Outdoors on Smog Alert Days?", Canadian journal of public health, Vol. 96, Issue 1, pages 24-28.
24. Chandran, A., Collins, R., Garcia, R., Marsh, D. (2011) "A case study of an elevated stratopause generated in the Whole Atmosphere Community Climate Model", Geophysical Research Letters, Vol. 38, Issue 8, pages 8804.
25. Chatel-Pelage F., et al. (2006) "Applications of oxygen for NOx control and CO2 capture in coal-fired power plants", Thermal Science, Vol. 10, Issue 3, pages 119-142.
26. Chen, L., Lippmann, M. (2009) "Effects of Metals within Ambient Air Particulate Matter (PM) on Human Health", Inhalation Toxicology, Vol. 21, Issue 1, pages 1-31.
27. Chen, W., Chao, C., Nee, J. (2011) "Rayleigh lidar temperature measurements in the upper troposphere and lower stratosphere", Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, Vol. 66, Issue 1, pages 39-49.
28. Cheng, S. (2002) "Heavy metal pollution in China: Origin, pattern and control", Environmental Science and Pollution Research, Vol. 10, Issue 3, pages 192-198.
29. Cho H.S., Choi M. J. (2014) "Effects of Compact Urban Development on Air Pollution: Empirical Evidence from Korea", Sustainability, Vol. 6, Issue 14, pages 5968-5982.
30. Colls, S. (2002) "Air Pollution", London: Spon Press.
31. Connolly, D., Lund, H., Mathiesen, B., Werner, S., Möller, B., Persson, U., Boermans, T., Trier, D., Østergaard, P., Nielsen, S. (2014) "Heat Roadmap Europe: Combining district heating with heat savings to decarbonise the EU energy system", Energy Policy, Vol. 65, pages 475-489.
32. Cvetković, A. (2010) "Trendovi koncentracije i hemijskog sastava ultrmalih čestica u urbanoj sredini", doktorska disertacija, Beograd: Fakultet za primenjenu ekologiju "Futura", str.1- 138.
33. De Sario, M. (2013) "Climate change, extreme weather events, air pollution and respiratory health in Europe", European Respiratory Journal, Vol. Issue 3, pages 826-843.
34. Dokument (2012) "Nacrt Strategije Razvoja Energetike Republike Srbije za period do 2025. godine sa projekcijom do 2030. godine" Beograd: Ministarstvo energetike, razvoja i zaštite životne sredine.
35. Dom zdravlja "Novi Sad", Novi Sad, interna dokumentacija.
36. Dragojlović, N. (Ur.) (2010) "Vodič kroz EU politike – životna sredina", Beograd: Evropski pokret Srbija, 2010.
37. Duncan, B., Lamsal, L., Thompson, A., Yoshida, Y., Lu, Z., Streets, D., Huwitez, M., Pickering, K. (2016) "A space-based, high-resolution view of notable changes in urban NOx pollution around the world (2005–2014)", Journal of Geophysical Research, Vol. 121, Issue 2, pages 976–996.
38. Đorđević A., et al. (2011) "The effect of pollutant emission from district heating systems on the correlation between air quality and health risk", Thermal Science, Vol. 15, Issue 2, pages 293-310.
39. Fankhauser, S., Tepić, S. (2007) "Can poor consumers pay for energy and water? An affordability analysis for transition countries", Energy Policy, Vol. 35, Issue 2, pages 1038-1049.

40. Eurostat (2014) *“Greenhouse gas emissions by source sector, EU-27, 1990&2013”*, Eurostat report.
41. Filipović, S., Verbič, M., Radovanović, M. (2015) *“Determinants of energy intensity in the European Union: A panel data analysis”*, Energy, Vol. 92, Issue 3, pages 547-555, 2015.
42. Fedra, K. (1999) *“Urban environmental management: monitoring, GIS, and modeling”*, Environment and Urban Systems, Vol. 23, Issue 6, pages 443-457.
43. Forbes, J., Bruinsma, S., Zhang, X., Oberheide, J. (2009) *“Surface-exosphere coupling due to thermal tides”*, Geophysical Research Letters, Vol. 36, Issue 15, pages 5812.
44. Gettelman, A., Salby, M., Sassi, F. (2002) *“Distribution and influence of convection in the tropical tropopause region”*, Journal of Geophysical Research, Vol. 107, pages 6-12.
45. Godišnji izveštaj o stanju kvaliteta vazduha u Republici Srbiji 2010 – 2013, Republika Srbija, Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine.
46. Golušin, M., Dodić, S., Vučurović, D., Ostojić, A., Jovanović, L. (2011) *“Exploitation of biogas power plant – CDM Project, Vizelj, Serbia”*, Journal of Renewable and Sustainable Energy, Vol 3, Issue 5, pages 052701.
47. Golušin, M., Munitlak Ivanović, O. (2011) *“Kyoto protocol implementation in Serbia as precognition of sustainable energetic and economic development”*, Energy Policy, Vol 39, Issue 5, pages 2800-2807.
48. Golušin, M., Munitlak Ivanović, O., Redžepagić, S. (2013) *“Transition from traditional to sustainable energy development in the region of Western Balkans – current level and requirements”*, Applied Energy, Vol 101, pages 182-191.
49. Golušin, M., Tešić, Z., Ostojić, A. (2010) *“The Analysis of the Renewable Energy Production Sector in Serbia”*, Renewable and sustainable energy reviews”, Vol 14, Issue 5, pages 1477 – 1483.
50. Gomcharenko, L, Zhang, S. (2008) *“Ionospheric signatures of sudden stratospheric warming: Ion temperature at middle latitude”*, Geophysical Research Letters, Vol. 35, Issue 21, pages 1103.
51. Grupa autora (2008) *“Zaštita vazduha”*, Beograd: Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja.
52. Grupa autora (2009) *“Plan industrijskog razvoja Grada Novog Sada”*, Novi Sad: Kancelarija za lokalni ekonomski razvoj.
53. Grupa autora (2010) *“Klimatske promene – studije i analize”*, Beograd: Evropski pokret Srbija.
54. Grupa autora (2011) *“Izazovi evropskih integracija u oblastima zaštite životne sredine i održivog razvoja lokalnih zajednica”*, Beograd: PALGO centar.
55. Grupa autora (2011) *“Profil zajednice – Novi Sad”*, Novi Sad: Kancelarija za lokalni ekonomski razvoj.
56. Grupa autora (2012) *“Studija o dostignućima i perspektivama na putu ka zelenoj ekonomiji i održivom rastu u Srbiji”*, Nacionalni izveštaj za Svetsku konferenciju o održivom razvoju „Rio+20”, Rio de Žaneiro, 20–22. jun 2012., Beograd: Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja.
57. Grupa autora (2013) *“Studija prostorne diferencijacije životne sredine na teritoriji APV u cilju identifikacije najugroženijih lokaliteta”*, Novi Sad: JP Zavod za urbanizam Vojvodine.
58. Grupa autora (2013) *“Energetska efikasnost”*, Beograd: Palgo centar, Br. 6.

59. Grupa autora (2014) "*Klimatske karakteristike Srbije*", Republički hidrometeorološki zavod, Beograd.
60. Grupa autora (2015) "*Zaštita životne sredine u zakonodavstvu i praksi*", Beograd: Misija OEBS u Srbiji.
61. Grupa autora (2016) "*Plan kvaliteta vazduha u Novom Sadu*", Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.
62. Gržetić, I. (2010) "*Suspenzovane i respirabilne čestice u urbanim sredinama*", Univerzitet u Beogradu, Hemijski fakultet.
63. Heckman J.J., Learner E. E. (2007) "*Handbook of econometrics*", Edition 1, Volume 6, Elsevier.
64. Hester, R., Harrison, R. (1999) "*Air quality management*", London: The royal society of chemistry.
65. Holgate, S., Samet, J., Koren, H., Maynard, R. (1999) "*Air pollution and health*", London: Academic Press.
66. Hunsucker, R., Hargreaves, J. (2003) "*The High-latitude ionosphere and its effects on radio propagation*", Cambridge University Press.
67. Intergovernmental Panel on Climate Change (2014) "*Climate Change 2014 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Regional Aspects*", Cambridge University Press, USA.
68. Jacob, D. (1999) "*Atmospheric Chemistry*", Princeton University Press, United Kingdom.
69. Jacobson, M. (2005) "*Fundamentals of Atmospheric Modelling*", Cambridge University Press.
70. Jennings, T. (2005) "*Atmosphere and Weather*", London: Evans Brothers Ltd.
71. Jerenić, D., Milošević, Z., Begić, F. (2011) Samardžić, M., Dumanjić-Milovanović, S., Škundrić, J. "*Eksploatacioni pokazatelji pouzdanosti rada termoenergetskih postrojenja*", Termo-tehnika, Vol. 37, Br. 1, str. 53-63.
72. JKP "Novosadska toplana", Novi Sad, interna dokumentacija.
73. Jovanović, M., Tivadar, G. (2005) "*Geo nasleđe srednje pleistocenih lesno-paleozemljišnih sekvenci Vojvodine*", Zaštita prirode, Vol. 60, Br. 1-2, str. 375-385.
74. Kanjevac-Milovanović, K., Milivojević, J., Kokić-Arsić, A. (2006) "*Metode za vrednovanje i monitoring kvaliteta životne sredine*", Festival kvaliteta, 1. Nacionalna konferencija o kvalitetu života, Kragujevac, 10-12. maj 2016.
75. Katić, V., Popov, Z., Čorba, Z., Dumnić, B., Porobić, V., Ruman, A., Nenadov, V., Belić, D., Ivanković, D., Drašković, M. (2010) "*Atlas vetrova AP Vojvodine*", Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka.
76. Katsouyanni, K. (2006) "*Aphea Project: Air Pollution and Health: A European Approach*", Epidemiology, Vol. 17, Issue 6, pages S19.
77. Kaushik, C., Ravindra, K., Yadav, K., Mehta, S., Haritash, A. (2006) "*Assessment of Ambient Air Quality in Urban Centres of Haryana (India) in Relation to Different Anthropogenic Activities and Health Risks*", Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 122, Issue 1, pages 27-40.
78. Knowlton, K. et al. (2004) "*Assessing Ozone-Related Health Impacts under a Changing Climate*", Environmental Health Perspectives, Vol. 112, Issue 15, pages 1557-1563.
79. Kojić, R. (2016) "*Model vrednovanja uticaja saobraćajnih tokova i meteoroloških parametara na koncentracione nivoe hazardnog ugljen-dioksida*", Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka. Doktorska disertacija.

80. Koop, G., Tole, L. (2004) "Measuring the health effects of air pollution: to what extent can we really say that people are dying from bad air?", *Journal of Environmental Economic and Management*, Vol. 47, Issue 1, pages 30-54.
81. Lohmann, R., Breivik, K., Dachs, J., Muir, D. (2010) "Global fate of POPs: Current and future research directions", *Environmental Pollution*, Vol. 150, Issue 1, pages 15-165.
82. Lončar, D., Riđan, I. (2012) "Medium term development prospects of cogeneration district heating systems in transition country – Croatian case", *Energy*, Vol. 48, Issue 1, pages 32-39.
83. Marković, D. (2012) "Investicione perspektive Elektroprivrede Srbije", *Tribina Društva termičara Srbije*, Beograd.
84. Martinov, M. (2004) "Novi Sad – naš grad", Novi Sad: Magdalen Corporation.
85. Marlier, E., Van Dam, R. (2008) "Europe 2020: Towards a more social EU", Brussels: Peter and Lang.
86. Mazzei, F., D'Allesandro, A., Lucarelli, F., Prati, P., Valli, G., Vecchi, R. (2008) "Characterization of particulate matter sources in an urban environment", *Scienc of The Total Environment*, Vol. 401, Issue 1-3, pages 81-89.
87. Media report (2015) "Toxic coal: cutting the health cost of weak air EU pollution limits", Brussels: European Environment Bureau.
88. Mickley, L., Jacob, D., Field, B., Rind, D. (2004) "Effects of future climate change on regional air pollution episodes in the United States", *Geophysical Research Letters*, Vol. 31, Issue 24, pages 4103.
89. Mičić, R. (2015) "Istorija eksploatacije nafte i gasa", Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin" Zrenjanin.
90. Miličić, D. (2010) "Termoenergetika kao komponenta strategije razvoja energetike Republike Srpske i BiH", I Međunarodna konferencija "Termoenergetika i održivi razvoj – TENOR 2010", 21-23.11.2010, Ugljevik, Bosna i Hercegovina.
91. Milovanović, Z. (2011) "O energiji i energetskim postrojenjima", u "Energetska procesna postrojenja", Univerzitet u Banjoj Luci, Mašinski fakultet, Bosna i Hercegovina, str. 1-42.
92. Milovanović, Z. (2015) "Analiza energetske efikasnosti rada TE Ugljevik za period 2004-2014 godina", Naučno-stručni simpozijum Energetska efikasnost | ENEF 2015, Banja Luka, Bosna i Hercegovina, 25-26. septembar 2015.
93. Milovanović, Z., Dumonjić-Milovanović, S., Škundrić, J. (2015) "Termoenergetska postrojenja i zaštita životne sredine", *Arhiv za tehničke nauke*, Godina III – Broj 4, str. 53-60.
  
94. Milovanović, Z., Knežević, D., Milašinović, A., Škundrić, J. (2013) "Klasična termoenergetska postrojenja na ugalj – razvoj i perspektive primjene", Naučno-stručni simpozijum Energetska efikasnost | ENEF 2013, Banja Luka, Bosna i Hercegovina, 22. – 23. novembar 2013.
95. Mitrović, D., Živković, D., Rašković, P. (2004) "Programski sistemi za simulaciju i optimizaciju rada termoenergetskih postrojenja", *Procesna tehnika*, Vol. 20., Br. 2-3, str. 188-191.
96. Namieśnik, J., Wardencki, W. (2002) "Monitoring and Analytics of Atmospheric Air Pollution", *Polish Journal of Environmental Studies*, Vol. 11, No. 3, pages 211-218.
97. Nešić, S., Marinković, S., Kostić-Pulek, A. (2007) "Opša i neorganska hemija", Rudarsko-geološki fakultet Beograd.



98. Novitović, O., Trumbulović-Bujić, Lj., Marjanović, V., Aksentijević, S. (2013) *"Monitoring zagađivača i uzorkovanje"*, Visoka poslovno-tehnička škola strukovnih studija, Grafičko inženjerstvo i dizajn, Novi Sad.
99. Onjia, A. (2006) *"Analitičke tehnike za određivanje i praćenje hemijskih supstanci od uticaja na koroziju"*, Beograd: Institut za nuklearne nauke, Vinča.
100. Petrović-Gegić, A. (2009) *"Analitička hemija okoline"*, Novi Sad: Visoka tehnička Škola strukovnih studija.
101. Petrović-Gegić, A. (2010) *"Instrumentalne metode hemijske analize"*, Novi Sad: Visoka tehnička Škola strukovnih studija.
102. Petrović, J., Lečić, D. Pavlović, D. (2016) *"Sustainable urban development and industrial pollution"*, Industrija, Vol. 44, Issue 1, pages 167-185.
103. Phallen, RF., Phalen, RN. (2013) *"Introduction to Air Pollution Science"*, Burlington, Jonnes and Burtlett Learning.
104. Pirjola, L., Tsyro, S., Tarrason, L., Kulmala, M. (2003) *"A monodisperse aerosol dynamics module, a promising candidate for use in long-range transport models: Box model tests"*, Journal of Geophysical Research, Vol. 108, Issue ), pages 4258.
105. Popović, A., Djordjevic, D., Relić, D., Mihajlidi-Zelić, A. (2010) *"Speciation of Trace and Major Elements from Coal Combustion Products of Serbian Power Plants (I) - "Kostolac A" Power Plant"*, Energy Sources - Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects, Vol. 33, Issue 21, pages 1960-1968.
106. Popović, M. (2003) *"Senzori tečnosti i gasova"*, Istočno Sarajevo, Bosna i Hercegovina: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva.
107. Póstaí, M., Buseck, P. (2010) *"Nature and Climate Effects of Individual Tropospheric Aerosol Particles"*, Annual Review of Earth and Planetary Sciences, Vol. 38, pages 17-43.
108. Priručnik (2009) *"Kratki priručnik za mjerenje zacrtnjenosti dimnih gasova pomoću Ringelmann skale"*, Sarajevo, Bosna i Hercegovina: Centar za ekonomski, tehnološki i okolinski razvoj.
109. Radovanović, M., Filipovic, S. (2015) *"New approach to Energy Intensity in the EU – Total energy and carbon cost approach"*, Energy and Environment, Vol. 26, Issue 4, pages 601-616.
110. Radovanovic, M, Filipovic, S, Pavlovic, D. (2017) *"Energy security measurement – A sustainable approach"*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol 68, Part 2, pages: 1020-1032.
111. Rajs, V. (2015) *"Metode praćenja parametara životne sredine bazirane na pametnim mernim sistemima"*, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka. Doktorska disertacija.
112. Ramanathan, V., Feng, Y. (2009) *"Air pollution, greenhouse gases and climate change: Global and regional perspectives"*, Atmospheric Environment, Vol. 43, Issue 1, pages 37-50.
113. Ravishankara, A., Daniel, J., Portmann, R. (2009) *"Nitrous Oxide (N<sub>2</sub>O): The Dominant Ozone-Depleting Substance Emitted in the 21st Century"*, Science, Vol. 326, Issue 5949, pages 123-125.
114. Reiner, F., Reis, S. (2004) *"Emmissions of air pollutants"*, Springer.
115. Rehdanz, K. (2007) *"Determinants of residential space heating expenditures in Germany"*, Energy Economics, Vol. 29, Issue 2, pages 167-183.
116. Report (1981) *"Atmospheric structure determined from satellite data"*, NASA - National Aeronautics and Space Administration, Scientific and Technical Information

Branch, USA.

117. Report (2005) *“WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide”*, World Health Organization, Geneva.
118. Report (2014) *“Europe’s dirty 30: how the EU’s coal fired power plants are undermining its climate efforts”*,
119. Report (2014) *“Europe’s failure to tackle coal”*, London: Sandbag.
120. Report (2015) *“Consolidated annual activity report - 2015”*, European Environment Agency.
121. Report (2015) *“Thematic Strategy on air pollution”*, Brussels: European Commission.
122. Report (2016) *“WHO’s Urban Ambient Air Pollution database - Update 2016”*, World Health Organization, Geneva, Switzerland.
123. Report (2016) *“Europe’s Dark Cloud: How coal-burning countries are making their neighbours sick”*, Brussels: CAN Europe.
124. Republički zavod za statistiku, popis iz 2011. Godine.
125. Rishbeth, H., Müller-Wodarg, I., Zou, L., Fuller-Rowell, T., Millward, G., Moffett, R., Idenden, D., Aylward, A. (2000) *“Annual and semiannual variations in the ionospheric F2-layer: II. Physical discussion”*, Annales Geophysicae, Vol. 18, Issue 8, pages 945-956.
126. Sandholt, I., Rasmunssen, J., Andersen, J. (2002) *“A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status”*, Remote Sensing of Environment, Vol. 79, Issue 2-3, pages 213-224.
127. Sandić, N. (2013) *“Obnovljivi izvori energije kao factor ekonomskog razvoja Srbije”*, Beograd: Univerzitet Singidunum.
128. Santamoris, M., Kolokotsa, D. (2015) *“Urban Climate Mitigation Techniques”*, New York: Routledge.
129. Savigny, C., Robert, C., Bovensmann, H., Burrows, J., Schwartz, M. (2007) *“Satellite observations of the quasi 5-day wave in noctilucent clouds and mesopause temperatures”*, Geophysical Research Letters, Vol. 34, Issue 24, pages 4808.
130. Schlager, H., Grewe, V., Roiger, A. (2012) *“Chemical Composition of the Atmosphere”* Schumman U. (Ed.) *“Atmospheric Physics”*, Springer.
131. Seagrave et al. (2006) *“Lung Toxicity of Ambient Particulate Matter from Southeastern U.S. Sites with Different Contributing Sources: Relationships between Composition and Effects”*, Environmental Health Perspectives, Vol. 114, Issue 9, pages 1387-1393.
132. Selimović, G. (2013) *“Nove metode nadzora onečišćenja primjenom svjetlovodne tehnologije”*, diplomski rad, Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet u Rijeci.
133. Sentić, M. (2016) *“Elektrogenerisana hemiluminiscencija: ispitivanje mehanizma i njena primena u bioanalitici”*, doktorska disertacija, Beograd: Univerzitet u Beogradu, Hemijski fakultet.
134. Singh, A., Agrawal, M. (2008) *“Acid rain and its ecological consequences”*, Journal of Environmental Biology, Vol. 29, Issue 1, pages 15-24.
135. Sinnhuner, M., Nieder, H., Wieters, N. (2011) *“Energetic Particle Precipitation and the Chemistry of the Mesosphere/Lower Thermosphere”*, Surveys in Geophysics, Vol. 33, Issue 6, pages 1281–1334.
136. Službeni glasnik Republike Srbije, broj 11/2010, 75/2010 i 63/2013.
137. Službeni list Grada Novog Sada, broj 11/2012.

138. Sofilić, T. (2014) "Ekotoksikologija", Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Sisak, Republika Hrvatska.
139. Sorokin, V., Yaschenko, A. (2000) "Electric field disturbance in the Earth-ionosphere layer", *Advances in Space Research*, Vol. 26, Issue 8, pages 1219-1223.
140. Staffoglia, M., et al. (2008) "Does Temperature Modify the Association between Air Pollution and Mortality? A Multicity Case-Crossover Analysis in Italy", *American Journal of Epidemiology*, Vol. 167, Issue 12, pages 1476-1485.
141. Stefanovic G., et al. (2008) "Pollution data tracking in the western Balkan-Countries: a state-of-the-art review", *Thermal Science*, Vol. 12, Issue 4, pages 105-112.
142. Stevanović, S., Nikić, D. (2005) "Izloženost zagađenom vazduhu i pojava opstruktivnog bronhitisa", *Acta Medica Medianae*, Broj 44, str. 21-25.
143. Startegija razvoja energetike Republike Srbije do 2025. godine sa projekcijama do 2030. godine, 2015.
144. Streets, D., Waldhoff, T. (2000) "Present and future emissions of air pollutants in China.: SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, and CO", *Atmospheric Environment*, Vol. 34, Issue 2, pages 363-374.
145. Stockholm convention on persistent organic Pollutants, 2004.
146. Stojiljković, M., et al. (2010) "Effects of implementation of cogeneration in the district heating system of the Faculty of Mechanical Engineering in Niš", *Thermal Science*, Vol. 14, Issue 1, pages 41-51.
147. Summer, J., Masson, C. (2006) "Influence of Atmospheric Stability on Wind Turbine Power Performance Curves", *Journal of Solar Energy Engineering*, Vol. 128, Issue 4, pages 531-538.
148. Sun, Y., Zhuang, G., Wang, Y., Han, L., Guo, J., Dan, M., Zhang, W., Wang, Z., Hao, Z. (2004) "The air-borne particulate pollution in Beijing—concentration, composition, distribution and sources", *Atmospheric Environment*, Vol. 38, Issue 25, pages 5591-6004.
149. Štajner, D., Kevrešan, S. (2014) "Hemija", Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet.
150. Škrbić B. (2006) "Fotohemijski smog – mehanizam nastajanja", *Gas*, Broj 11, str. 13-18.
151. Tanaka, N., Wicks, R. (2010) "Power generation from coal", Paris: International Energy Agency.
152. The Vienna Convention for the Protection of the the Protection of the Ozone Layer, 1985.
153. Thompson, D., Solomon, S., Kushner, P., England, M., Grise, K., Karoly, D. (2011) "Signatures of the Antarctic ozone hole in Southern Hemisphere surface climate change", *Nature Geoscience*, Vol. 4, pages 741-749.
154. Thurston, G., et al. (2005) "Workgroup Report: Workshop on Source Apportionment of Particulate Matter Health Effects-Intercomparison of Results and Implications", *Environmental Health Perspectives*, Vol. 113, Issue 12, pages 1768-1774.
155. Tomasović, N. (2014) "Prospective thermal power generation in the Western Balkan Countries", *Thermal Science*, Vol. 19, Issue 2, pages 357-370.
156. Touyz, R., Briones, A., Sedeek, M., Burger, D., Montezano, A. (2011) "NO<sub>x</sub> Isoforms and Reactive Oxygen Species in Vascular Health", *Molecular Interventions*, Vol. 11, Issue 1, pages 27-35.
157. Tracker, N. (2008) "Hazardous Air Pollutants" in Devotta, S., Rao, C. (Eds): "Environmental status of India", New Delhi: Atlantic Publishers and Distributors Ltd.

158. Trumbulović-Bujić, L.J., Aćimović-Pavlović, Z. (2008) “*Uticaj aerozagađivača na kvalitet vazduha u industrijskoj sredini*”, Journal of Metallurgy, Vol. 14, Issue 3, pages 229-240.
159. Ujkanović, I. (2014) “*Izvori energije i životna sredina*”, Tehnika i informatika, Br. 2014-2015.
160. Uredba o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija iz postrojenja za sagorevanje, "Službeni glasnik RS", br. 6/2016.
161. Uredba o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha, „Službeni glasnik RS“, br. 11/2010, 75/2010 i 63/2013.
162. Uredba o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha, “Službeni glasnik RS“, br. 36/09 i /13.
163. Vianna, M. et al. (2008) “*Source apportionment of particulate matter in Europe: A review of methods and results*”, Journal of Aerosol Science, Vol. 39, Issue 10, pages 827-849.
164. Zachariah-Wolf, L., Egyedi, T., Hemmes, K. (2007) “*From natural gas to hydrogen via the Wobbe index: The role of standardized gateways in sustainable infrastructure transitions*”, International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 32, Issue 9, pages 1235-1245.
165. Zaitseva, N. (2014) “*Composition and structure of the atmosphere*”, UNESCO-Encyclopedia Life Support Systems, UNESCO.
166. Zakon o efikasnom korišćenju energije („Službeni glasnik RS“ br.25/2013).
167. Zakon o ratifikaciji Bečke konvencije “Službeni list SFRJ” – Međunarodni ugovor, br. 1/90.
168. Zakon o ratifikaciji Montrealskog protokola o supstancama koje oštećuju ozonski omotač “Službeni list SCG - Međunarodni ugovori”, br. 24/2004 – dr.zakon
169. Zakon o ratifikaciji amandmana na Montrealski protokol o supstancama koje oštećuju ozonski omotač “Službeni list SCG - Međunarodni ugovori”, br. 24/2004.
170. Zakon o zaštiti vazduha (“Službeni glasnik RS”, br. 36/2009 i 10/2013).
171. Zatežić, M., Mujić, DŽ., Biočanin, I. (2008) “*Saobraćaj i životna sredina u sistemu kvaliteta*”, 1st International Conference “Ecological Safety in post-modern environment” 26-27. Juny 2009. Banja Luka, Bosna i Hercegovina.
172. Wondyfraw, M. (2014) “*Mechanisms and Effects of Acid Rain on Environment*”, Earth Science & Climatic Change, Vol. 5, Issue 6, pages 1000206.
173. World Bank (2008) “*Environmental, Health, and Safety Guidelines for Thermal Power Plants*”, New York: World Bank.
174. Quaddus, M., Siddique, M. (2010) “*Modelling sustainable development planning: A multicriteria decision conferencing approach*”, Environment International, Vol. 27, Issue 2-3, pages 89-95.
175. Yokohama, T., Hysell, D., Otsuka, Y., Yamamoto, M. (2009) “*Three-dimensional simulation of the coupled Perkins and Es-layer instabilities in the nighttime midlatitude ionosphere*”, Journal of Geophysical Researchs, Vol. 114, pages 3308.

**Internet izvori:**

1. <http://nauka.rs/tag/vazduh> [Datum pristupa: 22.01.2016]
2. <https://zadane.pl/zadanie/3315621> [Datum pristupa: 02.02.2016]
3. <http://novisaduopsteno.blogspot.rs/2013/04/geografski-polozej.html>  
[Datum pristupa: 22.02.2016]
4. <http://www.hidmet.gov.rs/latin/osmotreni/naslovna.php>  
[Datum pristupa: 22.02.2016]
5. <http://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/klimatologija.php>  
[Datum pristupa: 22.02.2016]
6. <https://www.google.rs/search?q=novi+sad+industrijska+zona+plan+grada&source=lnms> [Datum pristupa: 15.05.2016]
7. <http://www.flexynets.eu/en/News> [Datum pristupa: 04.08.2016]
8. <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/main-anthropogenic-air-pollutant-emissions/assessment> [Datum pristupa: 04.08.2016]
9. [http://www.coolheating.eu/images/downloads/6\\_RES\\_FOUNDATION\\_SRB.pdf](http://www.coolheating.eu/images/downloads/6_RES_FOUNDATION_SRB.pdf) [Datum pristupa: 04.08.2016]
10. [http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/production-and-consumption-of-ozone/ccm123\\_fig2-18.eps](http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/production-and-consumption-of-ozone/ccm123_fig2-18.eps) [Datum pristupa: 11.09.2016]
11. <http://www.cis.org.rs/sr-lat/propisi?kategorija=2&oblast=2&parent=125>  
[Datum pristupa: 11.09.2016]
12. <http://www.amskv.sepa.gov.rs/> [Datum pristupa: 29.09.2016]

**SPISAK TABELA**

<b>Red.br.</b>	<b>Naslov tabele</b>	<b>Strana</b>
1.	Klimaske karakteristike Novog Sada (Republički hidrometeorološki zavod Srbije)	29
2.	Temperaturni ekstremi i srednje godišnje vrednosti temperature vazduha u Novom Sadu (2000-2014)	30
3.	Srednje vrednosti čestina i jačina vetrova u Novom Sadu (2000-2014)	31
4.	Srednje dnevne sume energije globalnog sunčevog zračenja na horizontalnu površinu (kWh/m <sup>2</sup> ) za Novi Sad (2016)	33
5.	Srednje vrednosti insolacije (u časovima) za meteorološku stanicu Rimski Šančevi (1951-2000)	33
6.	Približne mesečne vrednosti dozračene energije Sunčevog zračenja (kJH/m <sup>2</sup> ) na južno orijentisanu površinu, nagnuto pod uglom, za grad Novi Sad	34
7.	Srednja mesečna i srednja godišnja vrednost oblačnosti (%) u Novom Sadu (1951-2000)	35
8.	Prosečan udeo motornih vozila u ukupnoj emisiji pojedinih zagađujućih supstanci u Novom Sadu	41
9.	Granične vrednosti imisije za neorganske supstance	45
10.	Granična vrednost imisije za ukupne taložne materije	45
11.	Granična vrednost imisije za teške metale u taložnim materijama	46
12.	Klase atmosferske stabilnosti	50
13.	Zavisnost pojedinih parametara od kategorija vremenskih uslova (matrica vremenskih uslova)	51
14.	Prosečne godišnje koncentracije NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) u Novom Sadu (2010-2013)	57
15.	Prosečne godišnje koncentracije SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) u Novom Sadu (2010-2013)	59
16.	Prosečne godišnje koncentracije CO (µg/m <sup>3</sup> ) u Novom Sadu (2010-2013)	61
17.	Srednje godišnje preporučene i prelazne ciljane granične vrednosti za suspendovane čestice	64
18.	Srednje godišnje preporučene i prelazne ciljane granične vrednosti za suspendovane čestice	64
19.	Prosečne godišnje koncentracije PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) u Novom Sadu (2010-2011)	65
20.	Srednje godišnje vrednosti maksimalnih 8-satnih koncentracija prizemnog ozona (µg/m <sup>3</sup> ), u Novom Sadu (2010-2013)	68

21.	Gubici toplote tokom proizvodnje, distribucije i isporuke u zemljama u tranziciji i u Zapadnoj Evropi	81
22.	Gornja toplotna moć prirodnog gasa u pojedinim državama proizvođačima prirodnog gasa	85
23.	Procenjena potrošnja prirodnog gasa u Republici Srbiji (109 m <sup>3</sup> )	87
24.	Uobičajeni sastav i toplotna vrednost uvoznog prirodnog gasa u Republici Srbiji	87
25.	Potrošnja prirodnog gasa u JKP "Novosadska toplana" (2011-2015)	88
26.	Granične vrednosti koncentracije zagađujućih materija u skladu sa Uredbom o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduh („Sl. glasnik RS“, br. 71/2010 i 6/2011-ispr.)	101
27.	Granične vrednosti emisija zagađujućih materija za postojeća mala postrojenja	103
28.	Granične vrednosti emisija zagađujućih materija za postojeća srednja postrojenja	103
29.	Granične vrednosti emisija zagađujućih materija za postojeća velika postrojenja	104
30.	Emisije zagađujućih materija iz kotlova JKP "Novosadska toplana" (2011-2013)	141
31.	Vremenski pokazatelji na kotlovima "JKP Novosadska Toplana" (2011-2013)	142
32.	Procena stepena značajnosti uticaja vremenskih parametara na emisiju ugljen monoksida	143
33.	Procena stepena značajnosti uticaja vremenskih parametara na emisiju azot dioksida	145
34.	Procena stepena značajnosti uticaja vremenskih parametara na emisiju praškastih materija	146
35.	Stepen uticaja vremenskih parametara na koncentraciju zagađujućih materija emitovanih iz JKP "Novosadska toplana"	148
36.	Zastupljenost respiratornih oboljenja u Novom Sadu (2010-2015)	149
37.	Registrovane dijagnoze respiratornih oboljenja u Domu zdravlja "Novo naselje" (2015)	152
38.	Registrovane dijagnoze respiratornih oboljenja u Domu zdravlja "Liman" (2015)	153
39.	Registrovane dijagnoze respiratornih oboljenja u Domu zdravlja "Jovan Jovanović Zmaj" (2015)	154
40.	Registrovane dijagnoze respiratornih oboljenja u Domu zdravlja "Jug Bogdan" (2015)	155

## SPISAK SLIKA

<b>Red.br.</b>	<b>Naslov slike</b>	<b>Strana</b>
1.	Konzumna područja JKP "Novosadska toplana": TO "Sever" (ljubičasto), TO "Istok" (žuto), TO "Jug" (plavo) i TO "Zapad" (narandžasto)	7
2.	JKP "Novosadska toplana"- Toplana "Jug"	9
3.	JKP "Novosadska toplana"- Toplana "Istok"	10
4.	JKP "Novosadska toplana"- Toplana "Sever"	11
5.	JKP "Novosadska toplana"- Toplana "Zapad"	12
6.	Sastav atmosfere	19
7.	Vertikalna struktura atmosfere	20
8.	Velika Ozonska rupa iznad Antarktika	22
9.	Slojevi atmosfere	24
10.	Slojevi jonosfere u toku dana i noći	25
11.	Položaj grada Novog Sada u Evropi i Republici Srbiji	28
12.	Prikaz učestalosti, čestine i brzine vetrova na teritoriji Novog Sada	31
13.	Grafički prikaz ukupne godišnje sume padavina (mm) u Novom Sadu (1985-2012)	32
14.	Sunčevo zračenje u umereno-kontinentalnim područjima u različitim godišnjim dobima	33
15.	Opštine i mesne zajednice na području Grada Novog Sada	36
16.	Područja stanovanja u užem području grada Novog Sada	37
17.	Lokacije glavnih industrijskih zona u Novom Sadu	39
18.	Emisija, disperzija i transformacija zagađujućih materija	44
19.	Grafički prikaz koncentracije NO <sub>2</sub> dobijene na manuelnim mernim stanicama u Novom Sadu (2003-2012)	57
20.	Grafički prikaz koncentracije SO <sub>2</sub> dobijene na manuelnim mernim stanicama u Novom Sadu (2004, 2005, 2006 i 2010)	60
21.	Model verovatnoće deponovanja suspendovanih čestica u pojedinim delovima i ukupno u respiratornom traktu	63
22.	Grafički prikaz prosečne koncentracije čađi i procenat prekoračenje GVI na manuelnim mernim stanicama u Novom Sadu (2003-2012)	65
23.	Emisija zagađujućih materija iz termoenergetskih postrojenja u zavisnosti od korišćenog energenta	72
24.	Uticaj emisije polutanata usled primene uglja na zdravlje ljudi na godišnjem nivou u Evropskoj uniji	73
25.	Udeo daljinskog grejanja u Evropi (2012)	76



26.	Ukupna emisija glavnih aerozagađivača u zemljama Evropske unije (1990 – 2015)	77
27.	Opštine u Republici Srbiji sa sistemom daljinskog grejanja	82
28.	Cene prirodnog gasa u odabranim gradovima Evrope (2013)	83
29.	Cena daljinskog grejanja u Beču, Stokholmu, Finskoj i Novom Sadu	83
30.	Proizvodnja prirodnog gasa u m <sup>3</sup> u svetu na godišnjem nivou	86
31.	Vrste energenata koji se koriste za zagrevanje domaćinstava u Republici Srbiji	89
32.	Emisija gasova staklene bašte u Evropskoj uniji po sektorima (1990 i 2013)	95
33.	Grafički prikaz potrošnje supstanci koje oštećuju ozonski omotač u Evropskoj uniji (1986 – 2009)	96
34.	Grafički prikaz emisije NO <sub>x</sub> u TO “ISTOK” (2011-2015)	105
35.	Grafički prikaz ukupne emisije NO <sub>x</sub> izražene u kg na godišnjem nivou u TO “ISTOK” (2011-2015)	106
36.	Grafički prikaz emisije NO <sub>x</sub> u TO “ZAPAD” (2011-2015)	107
37.	Grafički prikaz ukupne emisije NO <sub>x</sub> izražene u kg na godišnjem nivou u TO “ZAPAD” (2011-2015)	108
38.	Grafički prikaz emisije NO <sub>x</sub> u TO “JUG” (2011-2015)	109
39.	Grafički prikaz ukupne emisije NO <sub>x</sub> izražene u kg na godišnjem nivou u TO “JUG” u (2011-2015)	110
40.	Grafički prikaz emisije NO <sub>x</sub> u TO “SEVER” (2011-2015)	111
41.	Grafički prikaz ukupne emisije NO <sub>x</sub> izražene u kg na godišnjem nivou u TO “SEVER” (2011-2015)	112
42.	Grafički prikaz emisije CO u TO “ISTOK” (2011-2015)	113
43.	Grafički prikaz ukupne emisije CO izražene u kg na godišnjem nivou TO “ISTOK” (2011-2015)	114
44.	Grafički prikaz emisije CO u TO “ZAPAD” (2011-2015)	115
45.	Grafički prikaz ukupne emisije CO izražene u kg na godišnjem nivou TO “ZAPAD” (2011-2015)	116
46.	Grafički prikaz emisije CO u TO “JUG” (2011-2015)	117
47.	Grafički prikaz ukupne emisije CO izražene u kg na godišnjem nivou u TO “JUG” (2011-2015)	117
48.	Grafički prikaz emisije CO u TO “SEVER” (2011-2015)	119
49.	Grafički prikaz ukupne emisije CO izražene u kg na godišnjem nivou u TO “SEVER” u (2011-2015)	120
50.	Grafički prikaz emisije praškastih materijau TO “ISTOK” (2011-2015)	121

51.	Grafički prikaz ukupne emisije praškastih materija izraženih u kg na godišnjem nivou u TO "ISTOK" (2011-2015)	121
52.	Grafički prikaz emisije praškastih materija u TO "ZAPAD" (2011-2015)	123
53.	Grafički prikaz ukupne emisije praškastih materija izraženih u kg na godišnjem nivou u TO "ZAPAD" (2011-2015)	124
54.	Grafički prikaz emisije praškastih materijau TO "JUG" (2011-2015)	125
55.	Grafički prikaz ukupne emisije praškastih materija izraženih u kg na godišnjem nivou u TO "JUG" (2011-2015)	126
56.	Grafički prikaz emisije praškastih materija u TO "SEVER" (2011-2015)	127
57.	Grafički prikaz ukupne emisije praškastih materija izraženih u kg na godišnjem nivou u TO "SEVER" (2011-2015)	128
58.	Grafički prikaz nivoa koncentracije kao i emitovane količine svih zagađujućih materija iz TO "ISTOK" (2011-2015)	129
59.	Grafički prikaz nivoa koncentracije kao i emitovane količine svih zagađujućih materija iz TO "ZAPAD" (2011-2015)	130
60.	Grafički prikaz nivoa koncentracije kao i emitovane količine svih zagađujućih materija iz TO "JUG" (2011-2015)	131
61.	Grafički prikaz nivoa koncentracije kao i emitovane količine svih zagađujućih materija iz TO "SEVER" (2011-2015)	132
62.	Grafički prikaz zbirne emisije azotnih oksida iz svih izvora JKP "Novosadska toplana" (2011 - 2015)	133
63.	Grafički prikaz zbirne emisije ugljen monoksida iz iz svih izvora JKP "Novosadska toplana" (2011-2015)	134
64.	Grafički prikaz zbirne emisije praškastih materija iz svih izvora JKP "Novosadska toplana" (2011-2015)	135
65.	Grafički prikaz zbirne emisije azonih oksida iz svih izvora JKP "Novosadska toplana" izražene u tonama (2011-2015)	136
66.	Grafički prikaz zbirne emisije ugljen monoksida iz svih izvora JKP "Novosadska toplana" izražene u kilogramima (2011-2015)	137
67.	Grafički prikaz zbirne emisije praškastih materija iz svih izvora JKP "Novosadska toplana" izražene u kilogramima (2011-2015)	138
68.	Grafički prikaz registrovanog broja pacijenata sa dijagnozom hronične obstruktivne bolesti pluća u Domovima zdravlja na teritoriji grada Novog Sada (2010-2015)	149
69.	Grafički prikaz registrovanog broja pacijenata sa dijagnozom bronhijalne astme u Domovima zdravlja na teritoriji grada Novog Sada (2010-2015)	150
70.	Grafički prikaz registrovanog broja pacijenata sa dijagnozom alergijske astme u Domovima zdravlja na teritoriji grada Novog Sada (2010-2015)	151

71.	Grafički prikaz registrovanog broja pacijenata sa dijagnozom zloćudnog tumora dušnika, bronhija i pluća u Domovima zdravlja na teritoriji grada Novog Sada (2010-2015)	151
-----	--	-----

**IZJAVA KANDIDATA O AUTORSTVU DOKTORSKE DISERTACIJE**

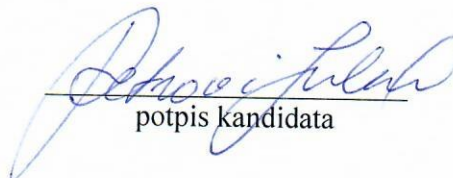
Potpisana Julka Petrović iz Novog Sada , Republika Srbija, Ćirila i Metodija 176a,

IZJAVLJUJEM

da je doktorska disertacija pod naslovom „EKOLOŠKI ASPEKTI RADA TERMOENERGETSKIH POSTROJENJA U NOVOM SADU-AEROZAGAĐENJE“

- rezultat mog sopstvenog istraživačkog rada,
- da predložena disertacija u celini ili u delovima nije bila predložena za dobijanje bilo koje diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova u zemlji i inostrantvu,
- da su rezultati istraživanja ispravno i akademski korektno navedeni, i
- da nisam tokom istraživanja i pisanja disertacije kršio tuđa autorska prava i koristio intelektualnu svojinu drugih lica kao svoju bez odobrenja.

U Sremskoj Kamenici, 27.06.2017.

  
potpis kandidata

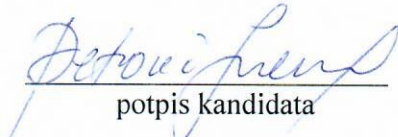
**IZJAVA KANDIDATA O ISTOVETNOSTI  
ŠTAMPANE I ELEKTRONSKE VERZIJE DOKTORSKE DISERTACIJE**

Potpisana Julka Petrović iz Novog Sada , Republika Srbija, Ćirila i Metodija 176a,

IZJAVLJUJEM

da je štampana verzija moje doktorske disertacije pod naslovom „EKOLOŠKI ASPEKTI RADA TERMOENERGETSKIH POSTROJENJA U NOVOM SADU - AEROZAGAĐENJE“ identična elektronskoj verziji koju sam predala Univerzitetu Edukons. Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog zvanja doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja, i datum odbrane rada. Ovi podaci se mogu objaviti u publikacijama Univerziteta Edukons ili na elektronskim portalima.

U Sremskoj Kamenici, 27.06.2017.

  
potpis kandidata

Izjava o unošenju u Repozitorijum i korišćenju doktorske disertacije

**IZJAVA KANDIDATA O KORIŠĆENJU DOKTORSKE DISERTACIJE**  
Potpisana Julka Petrović iz Novog Sada, Republika Srbija, Ćirila i Metodija 176a,

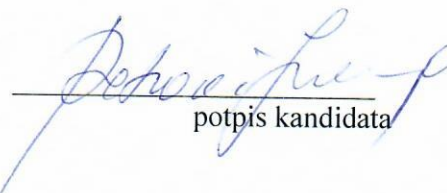
**IZJAVLJUJEM**

Potpisana Julka Petrović ovlašćujem Biblioteku Univerziteta Edukons da u Repozitorijum Univerziteta Edukons unese moju disertaciju pod naslovom „EKOLOŠKI ASPEKTI RADA TERMOENERGETSKIH POSTROJENJA U NOVOM SADU - AEROZAGAĐENJE“ koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sam sa svim priložima predao/predala u elektronskoj formi pogodnoj za trajno arhiviranje. Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Repozitorijumu Univerziteta Edukons mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons, <http://creativecommons.org/>), za koju sam se odlučio (zaokružiti samo jednu opciju).

1. Autorstvo
2. Autorstvo – nekomercijalno
3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade
- 4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima**
5. Autorstvo – bez prerade
6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima

U Sremskoj Kamenici, 27.06.2017.

  
potpis kandidata

**Tipovi licence:**

1. **Autorstvo** – Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i njegove prerade, ako se na ispravan/određen način navede ime autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrha. Ovo je licenca koja daje najviši stepen slobode u korišćenju dela.
2. **Autorstvo – nekomercijalno**. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i njegove prerade, ako se na ispravan/određen način navede ime autora ili davaoca licence, ali izvan komercijalne upotrebe dela-disertacije.
3. **Autorstvo - nekomercijalno – bez prerade**. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, ali bez njegove prerade, promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se na ispravan/određen način navede ime autora ili davaoca licence, ali izvan komercijalne upotrebe dela-disertacije. Ovaj tip licence najviše ograničava prava korišćenja dela-disertacije.
4. **Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima**. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i njegove prerade, ako se na ispravan/određen način navede ime autora ili davaoca licence, i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom, ali bez komercijalne upotrebe.
5. **Autorstvo – bez prerade**. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, ali bez njegove prerade, promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se na ispravan/određen način navede ime autora ili davaoca licence, uz mogućnost komercijalne upotrebe dela-disertacije.
6. **Autorstvo – deliti pod istim uslovima**. Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i njegove prerade, ako se na ispravan/određen način navede ime autora ili davaoca licence, i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ovaj tip licence dozvoljava komercijalnu upotrebu dela-disertacije i prerada iste. Slična je softverskim licencama, tj. licencama otvorenog tipa.