

Оригинални научни рад

ЗАГАЂЕЊЕ ВАЗДУХА КАО ДЕТЕРМИНАНТА ЕКОЛОШКЕ БЕЗБЕДНОСТИ СРБИЈЕ

Биљана Пејић*¹

* Универзитет у Београду, Географски факултет, Београд

Извод: Рад указује на проблем загађења ваздуха у Србији, као једног од доминантних еколошких опасности с којима се суочава наше друштво. Анализом су посебно обухваћене емитоване количине загађујућих материја у ваздуху, извори загађења, као и тренд и актуелно стање квалитета ваздуха у Србији. Размотрене су последице које загађење ваздуха оставља на безбедност људи и природу, а све у циљу стварања увида о потенцијалној угрожености друштва и читавог екосистема услед загађења ваздуха.

Кључне речи: ваздух, загађење, еколошка безбедност, Србија

Предат: 26. јун 2015; *прихваћен:* 12. новембар 2015.

Увод

Данас живимо у једном глобалном поретку у којем се суочавамо са ризицима по нашу безбедност, укључујући и еколошке ризике, којима претходне генерације нису биле изложене у мери која прети да угрози људски опстанак. Објективно, питање еколошке безбедности старо је колико и човечанство. Његово разматрање било је својствено за све до сада познате цивилизације и религије, нарочито филозофе и научнике многобројних специјалности (Милинчић, 2009). Међутим, тек у новије доба, с интензивним друштвено-економским развојем, ова тема добија на значају, као мало који други реални феномен савременог света. У фундаменталном смислу, према схватањима многих аутора, еколошка безбедност повезује услове животне средине са условима укупне безбедности (Dalby, 2002; Rogers, 1997). Овако схваћен концепт полази од промена насталих у животној средини и изучава њихове узроке и последице. Према неким ауторима (нпр, Barnett, 2011), под еколошком безбедношћу, у ширем смислу, је обухваћена способност друштва да одоли ризицима и нежељеним променама у животној средини или напетостима и евентуалним друштвеним сукобима (цитрано у Бакрач, Вуруна и Милановић, 2010).

¹ Контакт адреса: biljana.pejic.87@gmail.com

Модернизација је поред огромног напретка у унапређењу друштвено-економских услова за живот човека, донела и низ еколошких опасности. Међу многобројним облицима еколошких опасности с којима се суочава човечанство, сматра се да загађење ваздуха и атмосферске промене узроковане аерозагађењем представљају једну од највећих претњи по људску безбедност и безбедност животне средине (Daly & Zannetti, 2007). Тим пре што ваздух представља основни фактор квалитета животне средине, а чист ваздух предуслов за живот и здравље људи и одрживост читавог екосистема. Међутим, природна равнотежа састава ваздуха (азот – 78,1%, кисеоник – 20,9%, аргон – 0,9%, угљен диоксид – 0,03%, неон, хелијум, метан, криптон, сенон и др.) поремећена је активностима човека, првенствено интензивним процесима сагоревања великих количина фосилних горива, уништавања шума, индустријским процесима и др. (Милинчић, 2009). Загађење ваздуха изазива бројне и далекосежне последице како на локалном, тако и на глобалном нивоу. Зато је постизање и очување његовог квалитета један од најважнијих циљева савременог друштва, у чију су реализацију укључене многе организације и државе света (предвођене Уједињеним нацијама).

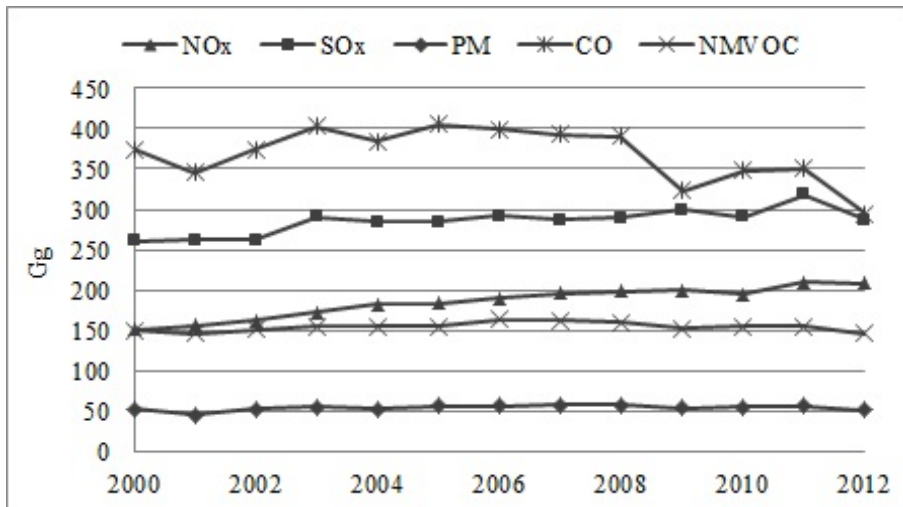
Традиционално, загађивање ваздуха третирано је као проблем који највише погађа индустријализоване, високо развије земље. Последњих деценија, међутим, оно бележи брз пораст и у земљама у развоју, које пролазе кроз процес убрзаног привредног раста. Истовремено, модерна технолошка опремљеност, коришћење обновљивих извора енергије, смањење или избацивање из употребе моторног горива које садржи олово, као и висока друштвена свест о нужности заштите животне средине, значајно су допринели релативном смањењу загађења ваздуха у развијен земљама. Нивои, а нарочито ефекти загађења ваздуха нарочито су високи у земљама Источне и Југоисточне Европе, Јужне Америке и Јужне Азије (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2014).

Емисије загађујућих материја у ваздух

Емисијом аерозагађујућих материја повећава се њихова концентрација у ваздуху што доводи до промене хемијске равнотеже и нарушавања квалитета ваздуха. У саставу ваздуха, посебно већих урбаних и индустријских центара, као основне загађујуће материје које су најчешће присутне и широко распрострањене, јављају се оксиди сумпора, азотни оксиди, суспендоване честице (дим, чађ, прашина), угљен моноксид и испарљива органска једињења. Поред ових, у ваздуху се могу наћи и друге, специфичне загађујуће материје, које претежно настају као резултат одређених индустријских процеса производње. Такви загађивачи су тешки метали и металоиди, као што су олово, арсен, никл, цинк, кадмијум, жива и др, неорган-

ски гасови попут флуорида, хлора, затим органска једињења као што су хидроугљеници, диоксини и остале загађујуће материје.

Услед структуре привреде и њене неадекватне техничке ефикасности у погледу заштите животне средине, количине емитованих аерозагађујућих материја на подручју Србије велике су у односу на привредну активност земље. Након 1990-их година, током којих се пад привредних активности одразио на смањење аерозагађујућих материја², количине емитованих загађивача ваздуха континуирано благо расте. Највећи раст остварен је у емисијама азотних и сумпорних оксида, што је последица интензивније потрошње енергије (базиране на сагоревању фосилних горива) и развоја саобраћаја. Према подацима Агенције за заштиту животне средине (2013), задужене за регистровање емисија аерозагађујућих материја у Србији, укупно емитоване количине сумпорних и азотних оксида 2012. године достигле су вредност приближно 290 Gg/год, односно 210 Gg/год. Значајне су и количине емитованих суспендованих честица, односно прашкастих материја које дужи временски период имају константну вредност емисије од око 50 Gg годишње. Емитоване количине свих ових загађивача директно зависе од врсте коришћеног енергетског горива, затим од сектора употребе, што условљава режим сагоревања, као и примене доступних техника за њихово уклањање приликом производних процеса.



Слика 1. – Тренд емисије основних загађујућих материја у ваздух, Србија 2000-2012. година (SEPA, 2013)

²У периоду 1990-2001. година, током привредне и друштвене кризе, потрошња фосилних горива у енергетске сврхе опала је за готово 30%. У истом периоду индустријска производња опала је за 60% (SEPA, 2013). Ове промене одразиле су се на смањење емисије загађујућих материја у ваздух.

Највећи допринос емисији потиче од сагоревања фосилних горива пореклом из термоенергетских постројења, друмског саобраћаја, постројења за производњу и прераду метала, рафинерија, прехранбене и хемијске индустрије итд. Последњих година приметан је тренд смањења емисија угљен монооксида (CO) и неметанских испарљивих органских једињења (NMVOC), који доприносе формирању приземног озона, а најчешће настају сагоревањем моторних горива, процесом производње топлотне енергије, у пољопривредној производњи итд.

Емисијама појединих загађујућих материја (првенствено угљен диоксида, затим метана, азотових и сумпорних оксида, флуорисаних угљоводоника) повећавају се атмосферске концентрације гасова који стварају ефекат „стаклене баште“ услед чега долази до глобалног загревања атмосфере. Само емисија угљен диоксида, који је одговоран за преко половине повећања ефекта стаклене баште, на глобалном нивоу расте годишње стопом од преко 2% (Olivier et al., 2014). Око 98% глобалне емисије угљен диоксида потиче од сагоревања фосилних горива, док се остатак емитује при одређеним производним процесима, приликом сагоревања отпада, или је последица деградације шума. Србија, поготово са степеном индустријске активности, не спада у велике емитере гасова са ефектом стаклене баште. Процењује се да у укупној емисији гасова стаклене баште Србија учествује са 0,17% (IPCC, 2014). Иако у Србији не постоји систематско праћење емисије угљен диоксида, процене Првог извештаја Републике Србије према Оквирној конвенцији Уједињених нација о промени климе (2010) показују да просечна емисија угљен диоксида по становнику за годину дана износи око 4,5t, што је за 14% више од светског просека, док је по јединици БДП емисија угљендиоксида у Србији већа преко четири пута од светског просека.³ На територији Србије овај гас углавном настаје при сагоревању фосилних горива у термоелектранама и топланама и у једном делу станова који се греју на овај начин.

У циљу очувања стратосферског озонског слоја, Србија је од 1990. године почела да контролише потрошњу супстанци које оштећују озонски омотач. Циљ је смањење потрошње и потпуно избацивање из употребе материја које оштећују озонски слој, у највећој мери хлорофлуороугљеника (CFC). Србија није произвођач ових материја, а њихова потрошња се у последњих 25 година континуирано смањује (Дуцић и др, 2008). У рангу је са земљама у развоју чија је процењена годишња потрошња контролисаних материја које оштећују озонски омотач мања од 0,3kg по глави становника.

³ Подаци о емисијама гасова стаклене баште за Србију се очекују у Другом извештају у оквиру обавеза које проистичу из чланства Србије у Оквирној конвенцији УН о промени климе (UNFCCC) и Кјото протоколом који је Србија ратификовала 2008. године.

Извори загађења ваздуха

Већина економских и друштвених активности проузрокује емисије загађујућих материја у ваздух. Као највећи загађивачи ваздуха у Србији издвојили су се енергетски сектор, различита индустријска постројења и друмски саобраћај. Према Извештају о заштити животне средине (SEPA, 2014), око 85% емисије оксида сумпора и близу 60% оксида азота настаје процесом производње и дистрибуције енергије. И глобално посматрано на светском нивоу енергетски сектор јесте међу доминантним изворима загађења ваздуха. Тако у Европи око 70% оксида сумпора и око 20% оксида азота потиче из енергетског сектора (European Environment Agency [ЕЕА], 2014). Међутим, стање у енергетици – неповољна структура расположивих енергената, технолошка застарелост и неадекватно одржавање, ниска енергетска ефикасност, низак степен коришћења потенцијала обновљивих извора енергије итд, доприносе већем утицају енергетског сектора на загађење ваздуха и животне средине у Србији.

Енергетска производња у Србији заснива се на потрошњи фосилних горива, док учешће обновљивих извора енергије чини мање од 7% потрошње укупне примарне енергије, и то само ако се у ову енергију рачуна произведена енергија из великих хидроелектрана (SEPA, 2014). За производњу енергије у термоенергетским постројењима, од којих су највећа у Обреновцу, Лазаревцу, Костолцу, користе се велике количине нискокалоричног лигнита лошег квалитета и високог садржаја воде, а његовим сагоревањем настају велике количине сумпорних и азотових оксида, угљендиоксида, суспендованих честица, тешких метала итд. Зато је садашњи начин коришћења оваквих нискокалоричних угљева у термоелектранама крајње нерационалан, како са аспекта коришћења енергије у њима тако и са аспекта заштите животне средине.

Велике количине фосилног горива ниског квалитета користе се и у производњи топлотне енергије како за потребе индустрије, тако и за загревање домаћинстава. Код постројења за производњу топлотне енергије (топлане и индустријски котлови), која чине 73% инсталираног енергетског капацитета, не одржава се или не постоји систем за отпришивање, па су поред термоелектрана, значајни емитери загађујућих материја у ваздух. На територији Републике Србије постоје 43 града који поседују топлане за систем даљинског грејања, а њихова ефикасност производње и дистрибуције топлоте је мања од 55%. Према последњим подацима (Републички завод за статистику, [РЗС] 2013), најчешћи начин загревања станова у Србији (у 2011. години око 60% станова) још увек су чврста горива, у већој мери огревно дрво и у

мањој мери угаљ. Грејање на угаљ и дрво проузрокује на локалном нивоу велике емисије чађи, сумпорне и азотне оксиде.

Поред лоше структуре енергената у производњи енергије, највећи број енергетских постројења карактерише технолошка застарелост, што проузрокује високу специфичну потрошњу горива и ниску енергетску ефикасност. При том, опрема за пречишћавање издувних гасова у највећим термоенергетским постројењима је неадекватна – иако су опремљене електрофилтрима, недостају постројења за одсумпоровање или смањење емисија азотних оксида.

Значајни загађивачи ваздуха у Србији јесу и различита индустријска постројења - рафинерије нафте и нафтних деривата у Панчеву и Новом Саду, хемијске фабрике и металуршки комплекси у Панчеву, Бору, Смедереву, Кикинди, Крушевцу, Шапцу, фабрике прехранбене индустрије итд. И у овом случају узрочници загађења ваздуха јесу: застареле технологије, слаба ефикасност филтера, лош квалитет сировина и ниска енергетска ефикасност, као и неадекватно функционисање и одржавање индустријских постројења. Комбинација ових фактора проузрокује високе нивое загађујућих издувних гасова, честица, тешких метала.

Садашњи саобраћајни систем, првенствено друмски саобраћај, због наглог пораста и зависности од необновљивих фосилних горива значајно доприноси лошем квалитету ваздуха у Србији. Емитоване материје пореклом из друмског саобраћаја се састоје од неколико стотина једињења. Најзначајнији загађивачи укључују материје у облику течних или чврстих честица, угљенмоноксид, угљендиоксид, азотни и сумпорни оксиди, лако испарљива органска једињења итд. Подаци Европске агенције за животну средину (2014) показују да друмски саобраћај највише доприноси загађењу ваздуха азотним оксидима у ЕУ (40% укупне емисије азотних оксида), и један је од водећих фактора који стоји иза великог броја случајева прекорачења емисије азотних оксида. У Србији, према подацима Агенције за заштиту животне средине (2014), учешће друмског саобраћаја у укупним емисијама азотних оксида је око 35%, али је одговоран за половину укупне емисије угљен моноксида.

Услед повећања броја свих врста возила, у Србији се током последње деценије бележи константан пораст већине емитованих загађујућих материја пореклом из друмског саобраћаја. То је нарочито изражено када су у питању тешка теретна возила и аутобуси, док је утицај других врста возила мање изражен. Највећи пораст остварен је у емисијама угљен диоксида, азотних оксида и суспендованих честица, док су емисије угљен моноксида, метана и неметанских испарљивих органских једињења пореклом из друмског саобраћаја током последње деценије смањене.

Стање и оцена квалитета ваздуха

Квалитет ваздуха на подручју Србије одређује се на основу систематског мониторинга који спроводи Агенција за заштиту животне средине (2014). Систематско праћење квалитета ваздуха врши се мерењем концентрација основних загађујућих материја у мрежи мерних места на територији целе Републике. Последња мерења показују да је више од четвртине становништва Србије изложено повишеним концентрацијама загађујућих материја. Аерозагађењу је нарочито изложено становништво урбаних насеља – током 2013. године 73% становника у урбаним или урбано-индустријским центрима је било потенцијално изложено концентрацијама загађујућих материја изнад прописаних референтних нивоа имисије.

Резултати мониторинга квалитета ваздуха обављених у периоду 2010-2013. године показују да су најзагађенија насеља Београд и Бор, у којима је квалитет ваздуха, одређен на основу годишњих концентрација загађујућих материја, перманентно треће категорије, односно прекомерно загађен ваздух.⁴ У Београду прекомерно загађење ваздуха је условљено прекорачењем толерантних вредности концентрација суспендованих честица и азот диоксида, док је квалитет ваздуха у Бору угрожен прекомерном имисијом сумпор диоксида. Поред ових насеља, прекомерно загађењем ваздуху, услед повишених концентрација суспендованих честица, је изложено и становништво Смедерева, Ваљева и Ужица.

У појединим насељима је током последњих година присутан тренд побољшања квалитета ваздух. Тако је квалитет ваздуха у Новом Саду, Нишу и Панчеву у 2013. години достигао категорију чистог или незнатно загађеног ваздуха, где ни на једној мерној станици нису забележена прекорачења референтних вредности концентрација ни за једну загађујућу материју. У Новом Саду је то, највероватније, последица смањења емисија азотних оксида из топлане на природни гас, у Нишу последица смањења годишњих вредности концентрација суспендова-

⁴ На основу годишњих концентрација загађујућих материја добијених аутоматским мониторингом квалитета ваздуха у државној мрежи врши се категоризација која представља званичну оцену квалитета ваздуха у Републици Србији. Сагласно са Законом о заштити ваздуха, одређене су три категорије квалитета ваздуха: I категорија, чист или незнатно загађен ваздух - где нису прекорачене граничне вредности (ГВ) нивоа ни за једну загађујућу материју; II категорија, умерено загађен ваздух - где су прекорачене граничне вредности за једну или више загађујућих материја, али нису прекорачене толерантне вредности (ТВ) ни једне загађујуће материје; и III категорија, прекомерно загађен ваздух - где су прекорачене толерантне вредности за једну или више загађујућих материја (SEPA, 2014).

них честица, док се оцена квалитета ваздуха у Панчеву може сматрати непоузданом због непотпуних података са појединих мерних станица на подручју насеља.

Табела 1. – Тренд квалитета ваздуха

Насеље	Број становника	Категорија квалитета ваздуха			
		2010	2011	2012	2013
Београд	1.586.916	III	III	III	III
Бор	48.615	III	III	III	III
Ваљево	90.312	I	I	III	III
Косјерић	12.090	-	III	III	II
Ниш	260.237	III	III	II	I
Нови Сад	341.625	III	III	I	I
Обреновац	72.524	-	III	II	II
Панчево	123.414	II	III	III	I
Смедерево	108.209	I	III	I	III
Ужице	78.040	II	II	II	III

Извор: SEPA, 2014.

Извештај о стању квалитета ваздуха за 2013. годину (SEPA, 2014) показује да су концентрације суспендованих честица (PM10) доминантне загађујуће материје које одређују квалитет ваздуха на подручју Србије. На ову чињеницу упућују карактеристике већине релевантних индикатора квалитета ваздуха који се огледају у: средњим годишњим вредностима концентрације загађујућих материја, броју дана са прекораченим прописаним граничним вредностима имисије, максималним дневним вредностима концентрације загађујућих материја, учесталости класа квалитета ваздуха итд.

Годишње концентрације суспендованих честица прекорачиле су прописану граничну вредност имисије од 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ на подручју Ваљева (63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Ужица (61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Београда (55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Смедерева (54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), као и Обреновца и Косјерића у којима су условиле умерено загађење ваздуха (II категорије квалитета). При томе, прекорачења дневних граничних вредности, по домаћој регулативи од 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, током 2013. године забележена су на свим мерним местима. Најчешћа су била у Београду (146 дана), Смедереву (119 дана), Ваљеву (118 дана) и Ужицу (110 дана). Оцена дневних концентрација указује да је присуство суспендованих честица најчешћи узрочник класе загађеног и јако загађеног ваздуха на подручју Србије. По истим подацима, ваздух је најчешће био јако загађен услед присуства PM10 у Ваљеву (25% случајева), Смедереву (19%), Београду и Ужицу (18%).

Табела 2. – Концентрације загађивача ваздуха 2013. године за поједина насеља у Србији

Насеље	PM ₁₀			NO ₂			SO ₂		
	средња годишња вредност (ГВ=40 µg/m ³)	број дана са >50 µg/m ³	максимална дневна вредност	средња годишња вредност (ГВ=40 µg/m ³)	број дана са >85 µg/m ³	максимална дневна вредност	средња годишња вредност (ГВ=50 µg/m ³)	број дана са >125 µg/m ³	максимална дневна вредност
Београд	54,8	146	298	56,6	46	396	38,6	4	166
Бор	-	-	-	24,6	2	151	225,1	137	1564
Ваљево	63,1	118	386	34,2	7	332	-	-	-
Косјерић	40,2	83	211	12,9	0	31	11,5	0	38
Ниш	30,8	52	181	35,7	0	64	9,4	0	58
Нови Сад	32,6	47	106	18,8	0	59	13,0	1	140
Обреновац	41,3	86	261	8,7	0	31	13,9	1	169
Панчево	29,4	27	6	21,5	1	49	11,7	0	109
Смедерево	54,2	119	181	13,8	0	28	32,6	0	107
Ужице	61,0	110	368	48,7	16	102	-	-	-

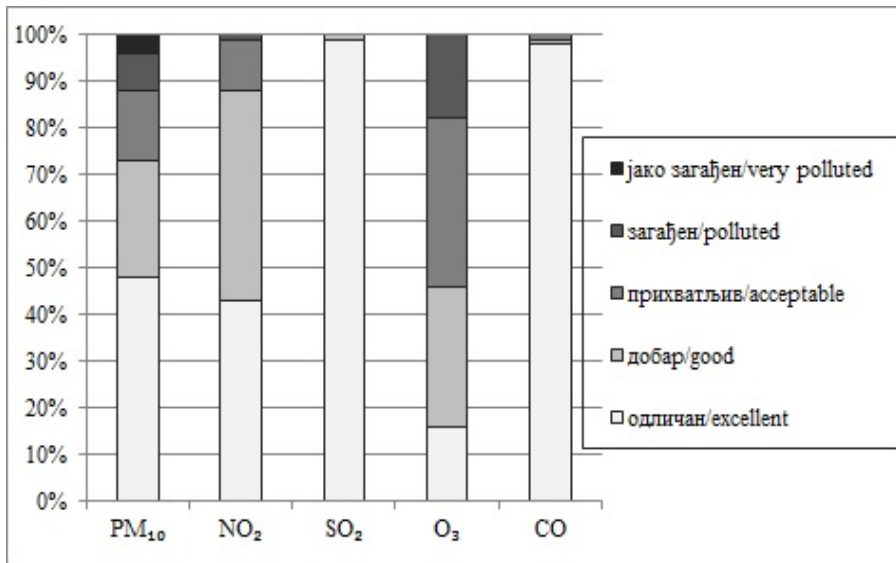
Извор: SEPA, 2014.

Поред суспендованих честица, загађење ваздуха у Србији условљавају и концентрације азотових и сумпових оксида. Подаци за 2013. годину показују да су најзагађенија насеља у погледу присуства азот диоксида Београд и Ужице. У Београду је забележен и највећи број дана са прекорачењем дневних граничних вредности (46 дана) и максималним дневним вредностима имисије овог загађивача.

Утицај сумпор диоксида на стање квалитета ваздуха је најизразитији на подручју Бора, где условљава најчешће јако загађен ваздух (у 39% случајева). Док је у остатку Србије имисија овог загађивача у границама дозвољених, на мерним станицама у Бору током 2013. године забележене су концентрације и до 4,5 пута веће од дозвољених, а чак 137 дана концентрација је била виша од прописаних дневних вредности. Аерозагађење ових размера у Бору изазвано је интензивним производним процесима у топио-

ничким постројењима и фабрици за производњу сумпорне киселине, као и технолошком застарелошћу самог производног процеса.

Иако измерене годишње концентрације осталих основних загађивача нису условиле појаву загађеног ваздуха, њихов утицај на квалитет ваздуха у Србији није безначајан. Тако током 2013. годишња гранична вредност концентрација угљен монооксида ($3\text{mg}/\text{m}^3$) није прекорачена ни на једном мерном месту, али је прекорачење дневних граничних вредности ($5\text{mg}/\text{m}^3$) забележено у Зајечару, Ужицу, Врању, Шапцу и Београду.



Слика 2. – Учесталост прекорачења граничних вредности дневних концентрација загађујућих материја у Београду, 2013

Ни годишње концентрације приземног озона не условљавају појаву загађеног ваздуха на подручју Србије, осим током топлог периода када могу условити епизоде умерено загађеног ваздуха у урбаним подручјима. Међутим, прекорачења граничне вредности приземног озона, изражене максималним годишњим осмосатним концентрацијама од $120\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, јављају се на већини мерних места. Најчешћа прекорачења, као и највеће концентрације приземног озона забележена су у градовима са великим интензитетом саобраћаја: Београду, Новом Саду и Нишу, али и на мерним местима на великим надморским висинама (Копаоник и Каменички Вис), с обзиром на природну промену концентрације приземног озона са порастом надморске висине.

Анализа садржаја тешких метала показала је да олово, никл и кадмујум нису присутни у суспендованим честицама у тој мери да представљају загађење, а арсен је једини који је детектован у већој мери него што је дозвољено на мерном месту у Београду.

Утицај атмосферских промена на безбедност људи и животне средине

Хронична контаминација ваздуха има разноврстан штетан утицај на људску заједницу и екосистем, јер ваздух представља главни медијум преко кога загађујуће материје ступају у интеракцију са осталим компонентама простора. Глобално загревање атмосфере и оштећење озонског омотача, појава киселих киша, смога и лош квалитет ваздуха, само су неки од утицаја загађења ваздуха које директно угрожавају живи свет, климу, атмосферске и површинске воде, земљиште, материјална и културна добра и друго.

Глобално увећање загађујућих материја у атмосфери мења њен састав, хемијске процесе и динамику, доводи до климатских промена и смањује заштиту од Сунчевог зрачења у форми стратосферског озонског слоја. Климатске промене, који многи сматрају најозбиљнијим еколошким изазовом нашег времена, у тесној су вези са глобалним повећањем емисија загађујућих гасова који појачавају природан ефекат стаклене баште, задржавајући већу топлоту унутар земљине атмосфере. Од почетка индустријализације, а нарочито у последњих неколико деценија, дошло је до наглог раста концентрација гасова стаклене баште. Тако је нарушен енергетски биланс атмосфере и започео процес њеног загревања у глобалним размерама. Током последњих 100 година највише је дошло до повећања концентрације угљен диоксида, и то за готово 30%, који се и сматра једним од главних узрочника глобалног загревања. Загревање атмосфере мења климатске обрасце, што за последицу има мноштво штетних ефеката. Ситуација је погоршана и чињеницом да климатске промене детерминишу по људску популацију најпогубније природне непогоде - суше, олује и поплаве.

Као резултат процеса глобалног загревања просечна температура планете је током прошлог века порасла за 0,74°C, а пројекције указују да ће у 21. веку температура ваздуха порасти у границама од 2-4,5°C, уколико се присуства гасова стаклене баште настави истим трендом (IPCC, 2014). Иако је утицај загревања атмосфере већ приметан како на глобалном, тако и на националном нивоу, штетне последице великих размера се тек очекују. Процењује се да ће услед повећања влажности свет погађати све чешће изненадне поплаве, снажнији олујни ветрови, а више сушних дана и мање падавина током године утицаће на смањење пољопривредних приноса. Такође, очекивана последица глобалног загревања атмосфере јесте отапање поларних глечера и подизање нивоа мора, што би угрозило територије многих приобалних области. Температурне промене повећавају ризик од инфективних и заразних болести широм света којима су изложени не само људи већ и биљни и животињски свет. У крајњем случају, пораст температуре погађа и енергетски сектор, јер се потражња за енергијом повећава, а тиме се угрожава укупна енергетска безбедност.

Тренд и поједине последице климатских промена уочљиви су и на подручју Србије. Преглед вредности података температуре ваздуха у последњих 50 година показује тренд пораста средње годишње температуре на подручју готово целе Србије, који износи до 0,04°C по години (SEPA, 2013). Краћи периоди имају веће позитивне вредности, што практично значи да се отопљавање на годишњем нивоу интензивирало последњих деценија. Практично, 1982. године започео је раст годишње температуре у Србији, који и даље траје. За већи део Србије карактеристичан је негативан тренд годишњих сума падавина, који се поклапа са почетком периода раста годишњих температура ваздуха. Промене климатских услова на подручју Србије праћене су порастом броја природних катастрофа, и то изразито оних које су изазване климатских прилика. Тако је од краја 20. века дошло до учестале појаве катастрофалних поплава, екстремно сушних периода и шумских пожара, који су значајно угрозили безбедност људи и нанели велику материјалну штету (Милановић, Урошев & Милијашевић, 2010). Повећање температуре, просторна и временска измена режима падавина, као и све друге импликације које за собом повлаче климатске промене могу имати снажне утицаје на многе аспекте у друштву, привреди и уопште у функционисању једне државе. Повећање учесталости неповољних временских услова као и могуће повећање екстремних природних појава са катастрофалним последицама сигурно ће имати значајан утицај на све секторе и делатности који су на било какав начин повезани са природним ресурсима, њиховим коришћењем и заштитом. Јасно је да ће области као што су јавно здравље, пољопривреда, енергетика, управљање водним ресурсима и заштита животне средине осетити најдиректније и могуће најинтензивније последице климатских промена.

Табела 3. – Хемизам падавина на територији Србије за 2013. годину (средње и најниже рН вредности и средње и највеће концентрације појединих загађивача)

Станица	рН	Mg/l							
		SO _x	NO _x	NH ₃	Cl	Na	K	Mg	Ca
Каменички Вис*	5,2	0,8	0,3	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	1,7
	3,4	15,6	3,9	16,1	8,5	31,5	12,6	11,3	59,2
Београд	5,7	1,3	0,5	0,9	0,5	0,3	0,2	0,2	1,7
	3,9	12,2	5,5	7,6	5,3	2,9	6,5	5,2	21,6

* Станица на којој се спроводи међународни програм мерења у оквиру Конвенције о прекограничном загађивању ваздуха на великим удаљеностима.

Извор: РЗС, 2014.

Једна од директних последица загађења ваздуха јесу и киселе кише, појава која настаје када се сумпор диоксид, азотни оксиди и друга хемијска једињења вежу за воду у атмосфери. С обзиром да загађена

кишница има вредност рН 5,6 и више, све што је киселије од ове вредности сматра се киселом кишом. Уобичајена рН вредност киселе кише креће се између 4 и 4,5, али уколико су у ваздуху поред сумпор диоксида присутни и други кисели оксиди тада киселост насталих киша може бити веома ниске рН вредности испод 3. Земље Скандинавског полуострва и Северне Америке нарочито су изложене киселим кишама, у којима су забележене и рекордно ниске рН вредности од само 2,1. Иако се у Србији средње годишње рН вредности падавина крећу око граничне вредности, у Бору киселост киша често достиже рН вредност 3 и мање.

Киселе кише мењају хемијски састав површинских и подземних вода, и један су од главних разлога смањења залиха питке воде на светском нивоу. Врше и контаминацију земљишта, чиме се нарушава природна равнотежа у земљишту. Тиме се угрожава биљни и животињски свет, смањују пољопривредни приноси и др. Киселе кише представљају један од главних узрока одумирања шума јер директно уништавају лисну масу, чиме се онемогућава њихово нормално функционисање и вршење фотосинтезе. Све загађујуће супстанце присутне у кишама на разне начине могу проузроковати оштећења објеката и пропадање споменика културе.⁵

Као и многим другим опасностима којима је изложен еколошки систем, тешко је супротставити се киселим кишама, јер су оне по свом пореклу и последицама најчешће транснационалне – загађујуће материје прелазе границе земље у којој су настале и изазивају падање киселих киша у другим земљама. Зато решење овог проблема често није у границама држава које су изложене појави киселих киша па су у многим случајевима склапају међудржавни споразуми у циљу смањења штетног утицаја киселих киша.

Загађење ваздуха је важан фактор нарушавања здравља људи. Изложеност загађењу спољашњег ваздуха је повезана са великим бројем здравствених проблема, претежно респираторног и кардио-васкуларног система, од блажих поремећаја, па све до смрти. Бројна истраживања су доказала да већина аерозагађујућих материја има негативан утицај на здравље људи, поготово суспендоване честице, озон, азот диоксид, сумпор диоксид, метан, жива, олово итд. Повећаном здравственом ризику од аерозагађења нарочито је изложено становништво великих урбаних подручја. Сматра се да квалитет ваздуха у урбаним срединама има већи утицај на здравље становништва него остали фактори животне средине.

⁵ Познати су бројни примери веома штетних ефеката дејства киселих киша на споменике културе. Киселина у кишници нагризањем кречњак који је базног састава проузрокује „рак камена“ од којег је страдала културна баштина Грчке и Италије. За протеклих пар деценија храм богиње Атине, Партеон на Акропољу, саграђен од белог мермера,страдао је због загађености киша и ваздуха више него за 2500 година његовог постојања. Колосеум у Риму, као и Тац Махал, маузолеј код Агре у Индији доживели су сличну судбину (Бакрач и др, 2010).

Додатној угрожености здравља људи доприноси и чести смог карактеристичан за велика урбана подручја. Смог настаје када су полутанти заробљени испод масе ваздуха, чиме се њихова количина увећава, а нарочито сумпор диоксида, азотних оксида, приземног озона и чађи.

Према извештају Светске здравствене организације (WHO, 2013) загађење ваздуха је сврстано у један од десет главних глобалних фактора ризика по здравље. Процене су да се у свету годишње услед загађења ваздуха догоди преко 2,7 милиона смртних случајева. Поред тога, загађење ваздуха је сврстано као водећи еколошки узрок за појаву рака. Процењује се да је само у 2010. години више од 10.000 особа у Србији умрло превремено услед изложености загађујућих материја у ваздуху, што представља другу по реду највећу стопу превремених смрти због загађења ваздуха у Европи (Health and Environment Alliance [HEAL], 2014). Поједина истраживања о здравственим ефектима аерозагађења су на основу глобалних емпиријских налаза утврдила да на сваких $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ аерополутаната у виду суспендованих честица следи пораст од 0,12% општег морталитета, као и 0,17% пораста кардио-васкуларног и респираторног морталитета (Roberts & Martin, 2006). Према предвиђањима Организације за економску сарадњу и развој (OECD, 2012) средином века на глобалном нивоу загађење ваздуха биће највећи узрок смрти повезаних са еколошким условима.

Закључак

Квалитет ваздуха је битан елемент безбедности друштва. Стални развој друштва који је праћен развојем привредних сектора доводи до интензивних атмосферских промена и генерише читав низ еколошких опасности који се манифестују не само на глобалном, већ и на локалним нивоима. Поред многобројних закона који су усвојени у области заштите ваздуха, загађеност ваздуха у Србији је већ дуже време један од најизраженијих еколошких проблема. Анализа квалитета ваздуха указује да је релативно низак ниво привредног и друштвеног развоја Србије праћен великим степеном загађења ваздуха. Учесталост штетних ефеката загађења ваздуха, нарочито у урбаним и индустријским срединама, указују на потребу да се обезбеђење чистог ваздуха уврсти у приоритете друштвеног деловања.

Да би се умањиле последице и обезбедио чист ваздух, потребно је развијање нових енергетских технологија на бази одрживог развоја. Јасно је да државе не могу појединачно осигурати потпуну еколошку безбедност и да међународне организације, са друге стране, не располажу капацитетима за уклањање ових опасности. На националном и глобалном нивоу морају се пронаћи чврсти механизми заједничког деловања, базирани на идеји да једино темељна промена односа човека према околини обезбеђује безбедност и даљи напредак људског друштва.

Литература

- Агенција за заштиту животне средине (2013). *Извештај о стању животне средине у Републици Србији*. Доступно на: http://www.sepa.gov.rs/download/Izvestaj_2012.pdf
- Агенција за заштиту животне средине (2014). *Годишњи извештај о стању квалитета ваздуха у Републици Србији 2013. године*. Доступно на: <http://www.sepa.gov.rs/download/VAZDUH2013.pdf>
- Бакрач, С., Вуруна, М., & Милановић, М. (2010). Деградација животне средине – утицај на еколошку безбедност. *Војно дело*, 62, 314-328.
- Дуцић, В., Ђурђић, С., & Мартић Бурсаћ, Н. (2008). Актуелно стање озонског омотача на Земљи са посебним освртом на Србију. *Зборник радова – Географски факултет Универзитета у Београду*, 61, 41-54.
- Милановић, А., Урошев, М., & Милијашевић, Д. (2010). Поплаве у Србији у периоду 1999-2009 година- хидролошка анализа и мере заштите од поплава. *Гласник СГД*, 40, 93-108.
- Миљинчић, М., Souliotis, L., Михајловић, Ј., & Пожар, Т. (2014). Географија и наука о животној средини. *Зборник радова – Географски факултет Универзитета у Београду*, 62, 1-14.
- Миљинчић, М., Михајловић, Б., Шабић, Д., & Ђурчић, Н. (2010). Геопросторне детерминанте еколошке безбедности човечанства. *Глобус*, 41(35), 55-68.
- Миљинчић, М., Раткај, И., & Пецељ, М. (2007). Основна обележја геопростора и стање животне средине – оквир одрживог развоја Србије. У М. Тодоровић (ур.), *Први конгрес српских географа*, Зборник радова, књ. 1 (стр. 345-352). Београд: СГД.
- Миљинчић, М., Туцовић, М., & Мандић, Б. (2013). Неки аспекти утицаја пољопривреде на животну средину. *Зборник радова – Географски факултет Универзитета у Београду*, 61, 31-58.
- Министарство животне средине и просторног планирања (2010). *Први извештај Републике Србије према Оквирној конвенцији Уједињених нација о промени климе*. Београд: Министарство животне средине и просторног планирања.
- Републички завод за статистику (2013). *Попис становништва, домаћинства и станова 2011. у Србији: Станови према врсти енергената за грејање*, књ. 30. Београд: Републички завод за статистику.
- Републички завод за статистику (2014). *Статистички годишњак*. Београд: Републички завод за статистику.
- Barnett, J. (2001). *The Meaning of Environmental Security: Ecological Politics and Policy in the New Security Era*. London, New York: Zed Books.

- Dalby, S. (2002). Security and Ecology in the Age of Globalization. *Environmental Change and Security Project Report*, 8, 95-108.
- Daly, A., & Zannetti, P. (2007). An Introduction to Air Pollution – Definitions, Classifications, and History. In P. Zannetti, D. Al-Ajmi, & S. Al-Rashied (Ed.), *Ambient Air Pollution* (pp. 1-14). Fremont: The Enviro Comp Institute.
- European Environment Agency (2014). *Air Quality in Europe – 2014 Report*. Retrieved from: <http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2014>
- Fond za otvoreno društvo (2007). *Stanje ljudske bezbednosti u Srbiji, Izveštaj za 2005–2006. godinu*. Beograd: Fond za otvoreno društvo.
- Health and Environment Alliance (2014). Zagađenje vazduha i zdravlje u Srbiji: Činjenice, brojke i preporuke. Retrieved from: http://env-health.org/IMG/pdf/heal_briefing_air_serbian_version.pdf
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: University Press; Cambridge; New York: UNEP, WMO.
- Milinčić, M. (2009). Ekološka bezbednost postmodernog društva u kontekstu evolucije i koevolucije ekosfere. *I Naučna konferencija sa međunarodnim učešćem, Ekološka bezbednost u postmodernom ambijentu*, Knj. 1 (str. 105-120). Banja Luka: Panevropski Univerzitet.
- Olivier, J., Janssens-Maenhout, G., Muntean, M. & Peters, J. (2014). *Trends in global CO2 emissions*. The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. Retrieved from: www.pbl.nl/en or edgar.jrc.ec.europa.eu.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (2012). *OECD Environmental Outlook to 2050*, OECD Publishing. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264122246-en>
- Prinn, G. R., Reilly, J., Sarofim, M., Wang, C., & Felzer, B. (2005). *Effects of Air Pollution Control on Climate*. Report No.118. Boston: Joint Program on the Science and Policy of Global Change, MIT.
- Roberts, S. & Martin, M. A. (2006). Applying a moving total mortality count to the cities in the NMMAPS database to estimate the mortality effects of particulate matter air pollution. *Occun Environ Med*. 63. 193-197.
- Rogers, S. K. (1997). Ecological Security and Multinational Corporations. *Environmental Change and Security Project Report*, 3, 29-36.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2012). *Provisional Assessment of Recent Studies on Health Effects of Particulate Matter Exposure*. National Center for Environmental Assessment Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency.
- World Health Organization (2013). *Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP project: Final technical report*. Denmark: WHO Regional Office for Europe.

Original scientific article

AIR POLLUTION AS A DETERMINANT OF ENVIRONMENTAL SECURITY IN SERBIA

Biljana Pejić*¹

* University of Belgrade, Faculty of Geography, Belgrade

Abstract: This work points to the problem of air pollution in Serbia as one of the prevalent ecological threats that our society is facing. The analysis included in particular the quantity of pollutants emitted into the air, sources of pollution as well as trends and the current condition of air quality in Serbia. The consequences that air pollution has on the safety of people and nature have been considered, with the aim of creating an insight on the potential vulnerability of the society and the entire ecosystem due to air pollution.

Keywords: air, pollution, environmental security, Serbia

Date submitted: 26 June 2015; *Date accepted:* 12 November 2015

Introduction

The world we live in today is one where we are faced with risks to our security, including environmental risks, which preceding generations had not been exposed to an extent that threatens the survival of human race. The issue of environmental security is as old as mankind. Its deliberation was inherent in all known civilizations and religions, especially in the works of philosophers and various scientists (Milinčić, 2009). However, only in recent past, alongside intense socio-economic development, this topic becomes more significant (unlike any other real phenomena of the modern world). In basic terms, according to many authors, environmental security associates environmental conditions with the conditions of total safety (Dalby, 2002; Rogers, 1997). This concept is based on changes in the environment and examines their causes and consequences. According to some authors (e.g. Barnett, 2011), the term environmental security, in a broad sense, covers the society's ability to resist risks and unwelcome changes in the environment or tensions and possible social conflicts (as cited in Bakrač, Vuruna & Milanović, 2010).

¹ Correspondence to: biljana.pejic.87@gmail.com

Modernization, next to the vast progress in improving socio-economic conditions of human life, also brought a series of environmental hazards. Among many forms of environmental threats facing humanity, it is considered that air pollution and atmospheric changes caused by air pollution represent one of the greatest threats to human safety and environmental security (Daly & Zannetti, 2007). Even more so because the air is a basic factor for quality of the environment, and clean air is a prerequisite for human life, health and sustainability of the entire ecosystem. But the natural balance of the composition of air (nitrogen - 78.1%, oxygen - 20.9%, argon - 0.9%, carbon dioxide - 0.03%, neon, helium, methane, krypton, xenon, etc.) is disturbed by human activity, primarily by the intensive processes of combustion of large amounts of fossil fuels, deforestation, industrial processes, etc. (Milinčić, 2009). Air pollution arouses numerous far-reaching effects on the local as well as on the global level. That is why the achievement and preservation of its quality is one of the most important goals of modern society, whose implementation involved many organizations and countries of the world (led by the United Nations).

Traditionally, air pollution was considered to be a problem that affects mostly industrialized, highly developed countries. However, in recent decades its fast increase had been recorded in developing countries that are experiencing rapid growth of their economies. At the same time, modern technological equipment, use of renewable energy sources, reducing or phasing out lead containing fuels as well as high social awareness of the necessity of environmental protection have contributed significantly to the relative reduction of air pollution in developed countries. Levels and especially effects of air pollution are extremely high in countries of Eastern and Southeastern Europe, South America and Southern Asia (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2014).

Emission of pollutants into the air

The emission of air polluting materials increases their concentration in the air, which leads to changes in the chemical balance and disrupts the quality of air. In the composition of air, particularly in major urban and industrial centers, as primary pollutants that are usually present and widespread, there are sulfur oxides, nitrogen oxides, suspended particles (smoke, soot and dust), carbon monoxide and volatile organic compounds. In addition to these, other specific pollutants can be found in the air, which mostly arise as a result of certain industrial processes. Such contaminants are heavy metals and metalloids such as lead, arsenic, nickel, zinc, cadmium, mercury, etc., inorganic gases such as fluoride, chloride, then the organic compounds such as hydrocarbons, dioxins and other pollutants.

Due to the structure of the economy and its inadequate technical efficiency in terms of environmental protection, quantity of issued air polluting substances on the territory of Serbia is large in relation to economic activity of the country. After the 1990s, during which time the decline in economic activity was reflected in reduction of air polluting substances², the quantities of issued air pollutants continuously increases slightly. The biggest growth was achieved in emissions of nitrogen and sulfur oxides as a result of more intense energy consumption (based on burning fossil fuels) and development of transportation. According to the Agency for Environmental Protection (SEPA, 2013), in charge of registering the emissions of air polluting matter in Serbia, total issued amount of sulfur and nitrogen oxides in 2012 reached a value of approximately 290Gg/year and 210Gg/year. Also, there is a significant amount of released suspended particles or particulate matter that has a constant value of the emission in a longer period of time, of about 50Gg/year. Issued quantities of these pollutants are directly proportional to the type of the energetic fuel used, then to the sector of use, caused by the combustion mode, as well as application of available techniques for their removal during the manufacturing process.

Figure 1 – *Emission trends of basic air pollutants, Serbia 2000-2012* (SEPA, 2013) (see at page 3)

Most of the emissions come from the burning of fossil fuels from thermal power plants, road traffic, installations for the production and processing of metal, refineries, food and chemical industries, etc. In recent years there has been a pattern of reducing emissions of carbon monoxide (CO) and non-methane volatile organic compounds (NMVOC), which contribute to the formation of ground-level ozone and usually emerge from the combustion of motor fuels, through the process of thermal energy production, agricultural production, etc.

Emissions of certain pollutants (primarily carbon dioxide, then methane, nitrogen and sulfur oxides, fluorinated hydrocarbons) increase the atmospheric concentrations of gases that create the greenhouse effect causing a global warming of the atmosphere. Solely the emission of carbon dioxide, which is responsible for more than half of the increase of greenhouse effect, on global level is growing annually at a rate of over 2% (Olivier et al., 2014). About 98% of global carbon dioxide emission comes from the burning of fossil fuels, while the rest is transmitted in certain manufacturing processes,

² In the period from 1990 to 2001, during the economic and social crisis, the consumption of fossil fuels for energy purposes decreased by almost 30%. In the same period, industrial production decreased by 60% (Agency for Environmental Protection, 2013). These changes reflected in reduced emission of air pollutants.

through the combustion of waste, or is the result of forest degradation. Serbia, especially according to the level of industrial activity, doesn't belong to large emitters of greenhouse gases. It is estimated that Serbia participates in the total emission of greenhouse gases with 0.17% (IPCC, 2014). Although there is no systematic monitoring of carbon dioxide emissions in Serbia, estimates of the First Report of the Republic of Serbia to the United Nations Framework Convention on Climate Change (2010) show that the average carbon dioxide emissions per capita for one year is about 4.5t, which is 14% more than the world average, while carbon dioxide emission per unit of GDP is over four times larger than the world average.³ In Serbia this gas is mostly produced by burning fossil fuels in power plants and heating plants and in certain number of households that are heated this way.

In order to preserve the stratospheric ozone layer, Serbia has since 1990 begun to control the consumption of substances that afflict the ozone layer. The goal is to reduce consumption and completely phase-out those substances, mainly chlorofluorocarbons (CFCs). Serbia is not the manufacturer of these substances and their consumption in the last 25 years is continuously decreasing (Ducić et al., 2008). It is in the rank of developing countries whose estimated yearly consumption of controlled substances that afflict the ozone layer is less than 0,3kg per capita.

Sources of air pollution

Most of the economic and social activities cause the emission of pollutants into the air. As the biggest air polluters in Serbia we have singled out the energy sector, various industrial facilities and road traffic. According to the Report on Environmental Protection (2014), approximately 85% of emissions of sulfur oxides and close to 60% of nitrogen oxides derives through a process of production and distribution of energy. Globally, the energy sector is among the dominant sources of air pollution. Therefore in Europe about 70% of sulfur oxides and about 20% of nitrogen oxides comes from energy sector (European Environment Agency [EEA], 2014). However, the situation in the energy sector - unfavorable structure of available energy sources, technological obsolescence and inadequate maintenance, low energy efficiency, low level of utilization of the potential of renewable

³ The data on greenhouse gases emission for Serbia are expected in the Second report under the obligations deriving from Serbia's membership in the UN Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) and the Kyoto Protocol, which was ratified by Serbia in 2008.

energy sources etc., contribute to greater influence of energy sector on air pollution and environmental pollution in Serbia.

Energy production in Serbia is based on the consumption of fossil fuels, while the share of renewable energy sources makes it less than 7% of total primary energy consumption, and only if in this energy is included energy produced from large hydroelectric power plants (SEPA, 2014). For the producing of energy in thermal power plants, the largest being in Obrenovac, Lazarevac and Kostolac, large amounts of low calorie lignite of poor quality and high moisture content is being used, and its combustion produces large quantities of sulfur and nitrogen oxides, carbon dioxide, suspended particles, heavy metals, etc. That is why the current way of using these low calorie coals, in thermal power plants, is extremely irrational, both in terms of use of energy in them and in terms of environmental protection.

Large quantities of low-quality fossil fuels are being used in the production of thermal energy for the needs of industry, as well as for household heating. In facilities for the production of thermal energy (thermal power plants and industrial boilers), which make up 73% of the installed energy capacity, dedusting system is not maintained or not even there, so they are, next to power plants, significant emitters of air pollutants. On the territory of the Republic of Serbia there are 43 cities that have cogeneration for district heating system, and their production efficiency and heat distribution is less than 55%. According to the most recent data (National Bureau of Statistics, 2013), the most common way of heating apartments in Serbia (in 2011 about 60% of homes) are still solid fuels, to a greater extent firewood and to a lesser extent coal. Heating with coal and wood locally produce high emissions of soot, sulfur oxides and nitrogen oxides.

In addition to the poor structure of energy sources in energy production, the largest number of power plants is characterized by technological obsolescence, causing high specific fuel consumption and low energy efficiency. Also, the equipment for filtering of exhaust gases in the biggest thermal power plants is inadequate - although equipped with electro filters, they are missing facilities for desulphurization or reduction of emission of nitrogen oxides.

Significant air polluters in Serbia are various industrial plants as well – refineries of oil and oil derivatives in Pančevo and Novi Sad, chemical plants and metallurgical complexes in Pančevo, Bor, Smederevo, Kikinda, Kruševac, Šabac, factories of food industry, etc. In these examples also the causes of air pollution are - outdated technology, poor efficiency of filters, poor quality of raw materials and low energy efficiency, as well as inadequate operating and maintenance of industrial facilities. Combination of these factors causes high levels of the polluting exhaust gases, particulates, heavy metals.

Current transport system, especially road transport, due to the rapid growth and dependence on non-renewable fossil fuels, contributes significantly to poor quality of air in Serbia. Transmitted substances from road traffic are consisting of several hundred compounds. The most significant pollutants include substances in the form of liquid or solid particles, carbon monoxide, carbon dioxide, nitrogen and sulfur oxides, volatile organic compounds, etc. Data of the European Environment Agency (2014) show that road traffic contributes mostly to air pollution by nitrogen oxides in the EU (40% of total emission of nitrogen oxides), and is one of the leading factors behind the large number of cases of exceeding the emission of nitrogen oxides. In Serbia, according to the Agency for Environmental Protection (2014), contribution of road transport in total emission of nitrogen oxides is about 35%, but it is responsible for half of the total emission of carbon monoxide.

Due to the increase in the number of all types of vehicles in Serbia over the last decade, there is a constant increase of the majority of pollutants emission originating from road traffic. This is particularly evident when it comes to trucks and buses, while the influence of other types of vehicles is less expressed. The largest increase was recorded in the emissions of carbon dioxide, nitrogen oxide and suspended particles, while the emissions of carbon monoxide, methane and non-methane volatile organic compounds originating from road traffic have been reduced during the last decade.

Condition and assessment of air quality

The quality of air in Serbia is determined on the basis of systematic monitoring conducted by the Agency for Environmental Protection (2014). Systematic air quality monitoring is being performed by measuring the concentration of basic pollutants in the network of measuring points throughout the republic. Latest measurements show that more than a quarter of the population of Serbia is exposed to elevated concentration of pollutants. Population that is especially being exposed to air pollution is the one of urban settlements - in 2013 73% of population in urban or urban-industrial centers has been potentially exposed to concentration of pollutants exceeding the prescribed reference levels of immission.

Results of air quality monitoring carried out from 2010 to 2013 show that the most polluted cities are Belgrade and Bor, where the air quality (determined on the basis of the annual concentration of pollutants) is permanently of category III, or excessive air pollution.⁴ Excessive air pollution in Belgrade is

⁴ Based on the annual concentration of pollutants received by automatic monitoring of air quality in the state network, a categorization is being performed which is the official assessment of the air quality in the Republic of Serbia. In accordance with

caused by exceedance in the tolerance value of the concentration of suspended particles and nitrogen dioxide, while the air quality in Bor is threatened by excessive immission of sulfur dioxide. Right next to these settlements, to the excessive air pollution is exposed the population of Smederevo, Valjevo and Užice, due to elevated concentrations of suspended particles.

In some cities in recent years there is a trend of improving air quality. Thus, the air quality in Novi Sad, Niš and Pančevo in 2013 reached the category of clean or slightly polluted air. And none of the metering stations recorded concentrations exceeding the reference value for any pollutant. In Novi Sad, this is most likely due to the reduction of emission of nitrogen oxides from the heating plants to natural gas. In Niš, due to the reduction of the annual value of the concentration of suspended particles. Whereas the assessment of air quality in Pančevo can not be considered reliable because of incomplete data from some of the measuring stations in town.

Table 1 – Trends of air quality

Settlement	Population	Category of air quality			
		2010	2011	2012	2013
Belgrade	1.586.916	III	III	III	III
Bor	48.615	III	III	III	III
Valjevo	90.312	I	I	III	III
Kosjerić	12.090	-	III	III	II
Niš	260.237	III	III	II	I
Novi Sad	341.625	III	III	I	I
Obrenovac	72.524	-	III	II	II
Pančevo	123.414	II	III	III	I
Smederevo	108.209	I	III	I	III
Užice	78.040	II	II	II	III

Source: SEPA, 2014

The report on the condition of air quality in 2013 (SEPA, 2014) shows that the concentration of suspended particles (PM10) are dominant pollutants that determine the air quality on the territory of Serbia. This fact is indicated by the characteristics of most relevant indicators of air quality reflected in average annual values of concentration of pollutants, the number of days with

the Law on the air protection, three categories of air quality are determined: Category I, clean or slightly polluted air - where there is no exceedance of the limit value (LV) level for any pollutant; Category II, moderately polluted air - where limit values are exceeded for one or more pollutants, but the tolerance value (TV) for any pollutant is not exceeded; and Category III, excessively polluted air - where there is exceedance of the tolerance value for one or more pollutants (SEPA, 2014).

exceedances of prescribed reference level of immission, the maximum daily values of concentration of pollutants, frequency range air quality, etc.

The annual concentration of suspended particles exceeded the prescribed limit value of immission, that is $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in the area of Valjevo ($63\mu\text{g}/\text{m}^3$), Užice ($61 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Belgrade ($55\mu\text{g}/\text{m}^3$), Smederevo ($54\mu\text{g}/\text{m}^3$) and Obrenovac and Kosjerić where they caused moderate air pollution (category II quality). At the same time, exceedance in the daily limit values, according to the local regulations of $50\mu\text{g}/\text{m}^3$, in 2013 were recorded at all measuring points. The most often were in Belgrade (146 days), Smederevo (119 days), Valjevo (118 days) and Užice (110 days). Assessment of daily concentrations suggests that the presence of suspended particles is the most common cause of category of polluted and heavily polluted air on the territory of Serbia. According to the same data, the air was the most heavily polluted due to the presence of PM10 in Valjevo (25% of cases), Smederevo (19%), Belgrade and Užice (18%).

Table 2 – Concentration of air pollutants in 2013 for the various settlements in Serbia

Settlement	PM ₁₀			NO ₂			SO ₂		
	average annual value (LV=40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	number of days with > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	maximum daily values	average annual value (LV=40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	number of days with > 85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	maximum daily values	average annual value (LV=50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	number of days with > 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	maximum daily values
Belgrade	54,8	146	298	56,6	46	396	38,6	4	166
Bor	-	-	-	24,6	2	151	225,1	137	1564
Valjevo	63,1	118	386	34,2	7	332	-	-	-
Kosjerić	40,2	83	211	12,9	0	31	11,5	0	38
Niš	30,8	52	181	35,7	0	64	9,4	0	58
Novi Sad	32,6	47	106	18,8	0	59	13,0	1	140
Obrenovac	41,3	86	261	8,7	0	31	13,9	1	169
Pančevo	29,4	27	6	21,5	1	49	11,7	0	109
Smederevo	54,2	119	181	13,8	0	28	32,6	0	107
Užice	61,0	110	368	48,7	16	102	-	-	-

Source: SEPA, 2014

In addition to the suspended particles, air pollution in Serbia is conditioned by the concentration of nitrogen and sulfur oxides. Data for 2013 show that the most polluted settlements in terms of presence of nitrogen dioxide are Belgrade and Užice. In Belgrade was recorded the highest number of days with exceedance in the daily limit value (46 days) and a maximum daily values of immission of this pollutant.

The effect that sulfur dioxide has on the quality of air is most clearly manifested in the area of Bor, where it most often causes heavily polluted air (in 39% of tests). While in the rest of Serbia immission of this pollutant is within the permitted range, the measuring stations in Bor in 2013 recorded concentrations as high as 4.5 times higher than allowed, and for 137 days concentration was higher than the prescribed daily amount. Air pollution of this magnitude in Bor is caused by intensive production processes in smelting plant and a factory for production of sulfuric acid, as well as the technological obsolescence of the production process.

Although measured annual concentrations of other basic pollutants did not cause the occurrence of polluted air, their impact on air quality in Serbia is not insignificant. In 2013 the annual limit of carbon monoxide ($3\text{mg}/\text{m}^3$) have not been exceeded at any measurement points, but the excess of daily limit values ($5\text{mg}/\text{m}^3$) have been recorded in Zaječar, Užice, Vranje, Šabac and Belgrade.

Figure 2 – *The exceedance frequency of limit values in daily concentration of pollutants in Belgrade, 2013 (see at page 10)*

Even the annual concentrations of ground-level ozone don't cause the occurrence of air pollution on the territory of Serbia, except during the warm period when they can cause episodes of moderately polluted air in urban areas. However, exceedance of limit values of ground-level ozone, expressed in maximum annual eight-hour concentration of $120\mu\text{g}/\text{m}^3$, occurs at most measuring points. The most frequent exceedances, as well as the highest concentrations of ground-level ozone, were recorded in cities with great intensity of traffic - Belgrade, Novi Sad and Niš, but also at the measuring points at high altitudes (Kopaonik and Kamenički Vis), considering the natural change in concentrations of ground-level ozone with the increase of elevation.

The analysis of content of heavy metals showed that lead, nickel and cadmium are not present in the suspended particles to the extent that they represent pollution and arsenic is the only one that was detected to a greater extent than it is allowed at the measuring point in Belgrade.

The impact of atmospheric changes on human safety and the environment

Chronic contamination of air has various damaging impacts on human society and the ecosystem, because the air is the main medium through which pollutants interact with other components of the space. Global warming of the atmosphere and damage of the ozone layer, the occurrence of acid rain, smog and poor air quality are just some of the impacts of air pollution that directly threaten wildlife, climate, atmospheric and surface water, land, material and cultural goods, etc.

The global increase of pollutants in the atmosphere is changing its composition, chemical processes and dynamics, leading to climate change and reducing the protection of solar radiation in the form of the stratospheric ozone layer. Climate change, which many consider the most serious environmental challenge of our time, are closely related to global increase of emission of polluting gases that enhance the natural greenhouse effect, while retaining the more heat within the Earth's atmosphere. Since the beginning of industrialization, especially in the last few decades, there has been a rapid growth in concentrations of greenhouse gases. And so the energy balance of the atmosphere had been disrupted and the process of its global warming had begun. Over the last 100 years the most increased was the concentration of carbon dioxide, by almost 30%, which is considered one of the main causes of global warming. Warming of the atmosphere is changing climate patterns, resulting in a multitude of harmful effects. The situation is exacerbated by the fact that climate changes determine the most lethal natural disasters to human population - droughts, storms and floods.

As a result of global warming, the average temperature of the planet over the last century has increased by 0.74°C, and projections suggest that in the 21st century air temperature will increase in the range from 2 to 4.5°C, if the presence of greenhouse gases continues in the same manner (IPCC, 2014). While the impact of warming of the atmosphere is already noticeable on both the global and national level, the adverse effects of large scale are expected. It is estimated that due to the increase of humidity the world will be affected more often by flash floods, more intense storm winds, and more dry days and less rainfall during the year will cause the reducing of agricultural yields. Also, the expected consequences of global warming of the atmosphere are melting of polar glaciers and rising of sea levels, threatening the territories of many coastal areas. Temperature changes increase the risk of infectious and contagious diseases around the world to which are exposed not only humans but also the flora and fauna. In extreme case, an increase in temperature will affect the energy sector, as demand for energy increases, and thereby will threaten the overall energy security.

Trends and individual consequences of climate change are also noticeable in the territory of Serbia. Overview of data values of air temperature over the last 50 years shows a trend of increase in the annual temperature in almost whole of Serbia, which goes to 0.04°C per year (SEPA, 2013). Shorter periods have higher positive values, meaning that the annual warming intensified in recent decades. Practically, in 1982 started the annual temperature rise in Serbia, which is still ongoing. For the most part of Serbia it is characterized by a negative trend of annual amount of precipitation, which coincides with the beginning of annual temperatures rising period. Changes in climatic conditions in Serbia were followed by increase in the number of natural disasters and especially those caused by climatic conditions. Thus, from the late 20th century there have been frequent catastrophic floods, extreme periods of drought and forest fires, which have significantly jeopardized the safety of people and caused extensive material damage (Milanović, Urošev & Milijašević, 2010). Increase of temperature, spatial and temporal changes in the precipitation regime, as well as all other implications which climate change entail can have a strong impact on many aspects of the society, economy and even in the functioning of a state. Increase in the frequency of adverse weather conditions as well as the possible increase in extreme natural events with catastrophic results will certainly have a significant impact on all sectors and activities that are in any way related to natural resources, their use and protection. It is clear that areas such as public health, agriculture, energy, water resources management and environmental protection will feel most direct and most intense possible consequences of climate change.

Table 3 - *Chemism of precipitation on the territory of Serbia in 2013* (medium and low pH values and medium and maximum concentrations of certain pollutants)

Station	pH	Mg/l							
		SO _x	NO _x	NH ₃	Cl	Na	K	Mg	Ca
Kamenički Vis*	5,2	0,8	0,3	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	1,7
	3,4	15,6	3,9	16,1	8,5	31,5	12,6	11,3	59,2
Belgrade	5,7	1,3	0,5	0,9	0,5	0,3	0,2	0,2	1,7
	3,9	12,2	5,5	7,6	5,3	2,9	6,5	5,2	21,6

* The station at which is implemented the international measurement program under the The Convention on Long-range Transboundary Air Pollution.

Source: Statistical Office of the Republic of Serbia, 2014

One of the direct consequences of air pollution is acid rain, a phenomenon that occurs when sulfur dioxide, nitrogen oxides and other chemical compounds bind to water in the atmosphere. Since the unpolluted rainwater has a pH value of 5.6 and more, every rain that is more acidic than this value is considered to be an acid rain. The usual pH value of acid rain is between 4 and 4.5, but if in the air, in addition to sulfur dioxide, are also other acidic oxides the rain acidity can have very low pH value, below 3. Scandinavian and North American countries are particularly exposed to acid rain, where were recorded the record low pH values of only 2.1. Though in Serbia average annual pH values of rainfall range around the limit value, acidity of rain in the city of Bor often has values of 3 or less.

Acid rains change the chemical composition of surface and ground water, and are one of the main reasons for the reduction of drinking water supplies worldwide. They also contaminate the soil disrupting the natural balance in it. This threatens flora and fauna, reduces agricultural yields, etc. Acid rains are one of the major causes of withering forests because they directly destroy the foliage, thus preventing their normal functioning and performing photosynthesis. All the pollutants present in the rains can cause damage to facilities in various ways and the deterioration of cultural monuments.⁵

Like many other hazards that ecological system is exposed to, it is difficult to withstand to acid rain, because they are in its origin and consequences usually transnational - polluting substances are crossing the limits of the country in which they arose and cause acid rain in other countries. So the solution to this problem is often not within the boundaries of the countries that are prone to acid rain, therefore in many cases international agreements have been concluded aimed at reducing the harmful effects of acid rain.

Air pollution is an important factor in damaging the human health. Exposure to outdoor air pollution is associated with a number of health problems, mainly those of respiratory and cardiovascular system, from mild disorders to death. Numerous studies have proved that most of the air polluters have a negative impact on human health, mainly particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide, methane, mercury, lead, etc. Population of large urban areas is especially exposed to increased health risks

⁵ There are numerous examples of very harmful effects of acid rain on cultural monuments. The acid in rainwater by corroding the limestone, which is of base composition, causes "stone cancer" that cultural heritage of Greece and Italy suffers from. For the past few decades, the temple of the goddess Athena, the Parthenon on the Acropolis, built of white marble, suffered more damage of rain and air pollution than over the 2,500 years of its existence. Colosseum in Rome, as well as the Taj Mahal, a mausoleum at Agra in India, encountered a similar fate (Bakrač et al., 2010).

from air pollution. It is believed that air quality in urban areas has a greater impact on health of the population than other environmental factors. An additional threat to human health is smog which is common for large urban areas. Smog occurs when pollutants are trapped under a mass of air, thus their quantity increases. This primarily stands for sulfur dioxide, nitrogen oxides, ground-level ozone and soot.

According to the World Health Organization report (World Health Organization [WHO], 2013) air pollution is among one of the ten major global risk factors to health. Estimates are that in the world every year due to air pollution occurs over 2.7 million deaths. In addition, air pollution is among the leading environmental causes of cancer. It is estimated that in 2010 more than 10,000 people in Serbia died prematurely due to exposure to air pollutants, which is the second-highest rate of premature deaths due to air pollution in Europe (Health and Environment Alliance [HEAL], 2014). Certain research about the health effects of air pollution on the basis of global empirical findings discovered that for every $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ of air pollutants in the form of suspended particles there is an increase of 0.12% in overall mortality, as well as the 0.17% increase in cardiovascular and respiratory mortality (Roberts & Martin, 2006). According to forecasts by the Organization for Economic Cooperation and Development (Organization for Economic Cooperation and Development [OECD], 2012) by mid-century at the global level air pollution will be the largest cause of death associated with environmental conditions.

Conclusion

Air quality is an important element of safety of society. The constant development of society accompanied by the development of economic sectors leads to intense atmospheric changes and generates a series of environmental hazards that are manifested not only at global but also at local levels. Despite numerous laws adopted in the field of air protection, air pollution in Serbia has for long been one of the most prominent environmental problems. Analysis of air quality indicates that the relatively low level of economic and social development of Serbia was accompanied by high levels of air pollution. The incidence of harmful effects of air pollution, mainly in urban and industrial areas, is suggesting that the need for the providing of clean air should be included in the priorities of social action.

In order to minimize consequences and ensure clean air, it is necessary to develop new energy technologies based on sustainable development. It is understood that one state alone can not ensure complete environmental safety and international organizations, on the other hand, don't have the capacity to remove these hazards. Hard mechanisms of joint action at the national and

global level must be developed, based on the idea that only a fundamental change in the relationship of man and environment ensures the safety and further progress of human society.

References (see at page 15)