ACE BH
UKI BIH



ZBORNIK RADOVA / PROCEEDINGS

REGIONALNI SIMPOZIJUM O PLANIRANJU KVALITETA ZRAKA U GRADOVIMA

REGIONAL SYMPOSIUM ON AIR QUALITY IN CITIES

Sarajevo, Bosna i Hercegovina
30 - 31 januar 2020.

Zbornik radova
Proceedings

Izdavač / Publisher:

Udruženje Konsultanata Inženjera Bosne i Hercegovine
Udruga Konzultanata Inženjera Bosne i Hercegovine
Удружење Консултаната Инжињера Босне и Херцеговине
Association of Consulting Engineers Bosnia and Herzegovina

Put života bb
71 000 Sarajevo
Bosna i Hercegovina

tel: +387 33 276 323
fa: +387 33 276 355
e-mail: **uki@bih.net.ba**
URL: **www.uki.ba**

Za izdavača / For publisher:

Ešref Gačanin

Urednik / Editor:

Alen Mehić, Emir Jašarević i Nataša Stanišić

Grafički urednik / Layout editor:

Edita Čaušević

Tehnička podrška / Technical support:

Emir Jašarević

Prevod / Translation:

Alen Mehić i Emir Jašarević

Organizator / Organizer:

Udruženje Konsultanata Inženjera Bosne i Hercegovine
Udruga Konzultanata Inženjera Bosne i Hercegovine
Удружење Консултаната Инжињера Босне и Херцеговине
Association of Consulting Engineers Bosnia and Herzegovina

REGIONALNI SIMPOZIJUM O PLANIRANJU KVALITETA ZRAKA U GRADOVIMA
REGIONAL SYMPOSIUM ON AIR QUALITY IN CITIES

Zbornik radova
Proceedings

Pokrovitelj / Supporter:

Ministarstvo vanjske trgovine i ekonomskih odnosa Bosne i Hercegovine
Ministry of Foreign Trade and Economic Relations of Bosnia and Herzegovina



Naučno- stručni i Organizacioni odbor

Scientific and Organizational Board

≈ Naučno- Stručni odbor
Scientific Board

Predsjednik / President: Akademik Kemal Hanjalić

Članovi / Members:

Dr. sc. Gordana Pehnec
Dr. sc. Cleo Kosanović
Prof. dr. Petar Gvero
Prim. dr sci. med. Branislava Matić
Prof. dr. Dejan Radić
Doc. dr. Dušan Todorović
Prof. dr. Aleksandar Knežević
Doc. dr. Katja Džepina
Dr. Mehmed Cero
Dr. Admir Softić
Dr. Adnan Mašić
Enis Omerčić
Prof. dr. Samir Lemeš
Doc. dr. Terzić Edin
Prof. dr. Bogdana Vujić
Viktor Simončič
Ismar Jamaković
Prof. dr. Azrudin Husika
Prof. dr. Zarema Obradović
Mr. sc. Nijaz Delalić
Prof. dr. Muhamed Hadžiabdić
Mr. sc. Halim Prcanović
Prof. dr. Sandra Midžić Kurtagić

Organizacioni odbor
Organizational Board

Predsjednik / President: Aleksandar Knežević

Članovi / Members:

Srebrenka Golić
Ministrica za prostorno uređenje, građevinarstvo i ekologiju Republike Srpske (RS)

Ozren Laganin
Viši stručni saradnik za klimatske promjene i ozon u Ministarstvu za prostorno uređenje, građevinarstvo i ekologiju RS-a

Svjetlana Radusin
Pomoćnik ministra za zaštitu životne sredine u RS

Popović Suada
Samostalni stručni saradnik za zaštitu životne sredine u Gradskoj upravi Bijeljina

Edita Đapo
Ministar okoliša i turizma FBiH

Zijada Krvavac
Pomoćnik ministra
Ministarstvo prostornog uređenja, građenja i zaštite okoliša KS

Senad Oprašić
Šef Odjela za zaštitu okoliša u Ministarstvu vanjske trgovine i ekonomskih odnosa BiH

Jasmina Čomić
CETEOR, Direktorica konsaltinga

Almira Kapetanović
Šef Sektora okoliša Federalnog ministarstva okoliša i turizma BiH

Almir Bijedić
Direktor, FHMZ BiH

Goran Mišić
Pomoćnik ministra
Ministarstvo prostornog uređenja i zaštite okolice TK

Elma Kavazović
CETEOR

Tatjana Kapetanović
Fond za zaštitu okoliša Federacije BiH

Nermin Mandra
Zastupnik u Zastupničkom domu Parlamentarne skupštine BiH

Pirić Erdal
Rudarski institut Tuzla



Sadržaj
Content

01 Zijada Krvavac, Aleksandar Knežević
Uspostava centra za menadžment kvaliteta zraka u Sarajevu
Establishment of the Air Quality Management Center in Sarajevo ____ 14

02 Kemal Hanjalić
Kompjuterska simulacija urbane mikroklime: Neizbježno oruđe za upravljanje kvalitetom zraka
CFD simulation of urban microclimate: Indispensable tool for air- quality management ____ 24

03 Almir Bajtarević, Amna Bajtarević
Prerada komunalnog i industrijskog otpada kao zamjenskog goriva u industriji cementa
Co- processing of municipal and industrial waste as alternative fuel in cement industry ____ 40

04 Sanda Midžić Kurtagić, Samra Arnaut, Fejsal Ćorović
Utvrđivanje uzroka zagađenosti zraka kroz indikatore pritiska
Determining the cause of air pollution through the pressure indicators ____ 48

05 Klas Sander
Upravljanje zagađenjem zraka u BiH
Air pollution management in BiH ____ 56

06 Christian Nagl
Air quality management in the EU ____ 72

07 Dragica Arnautović-Aksić
IMPAQ projekt
IMPAQ project ____ 80

08 Senka Mutabdžija Bećirović
Izazovi u održivom korištenju šumske drvne biomase u Bosni i Hercegovini, rezultati projekta "Zapošljavanje i sigurno snabdijevanje energijom korištenjem biomase u Bosni i Hercegovini"
Challenges in the sustainable utilization of wood biomass in Bosnia and Herzegovina, results of the project "Biomass energy for employment and energy security in Bosnia and Herzegovina" ____ 82

09 Aida Hanjalić, Vedad Suljić
Energetske zadruge u funkciji poboljšanja kvalitete zraka
Energy cooperatives for the purpose of air quality ____ 90

10 Osman Lindov, Boran Pikula
Modeli elektromobilnosti i održivi urbani razvoj
Enlectromobility models and sustainable urban development ____ 96

11 Viktor Simončič
Približavanje EU sa stajališta ispunjavanja obaveza iz Poglavlja 27 (okolina i klima)
Approximation of the EU from the point of view of the fulfillment of Chapter 27 Commitments (Environment & Climate) ____ 104

12 Rudi Vončina, Matjaž Harmel
Modeliranja kvalitete zraka kao alat za prostorno planiranje. Rješavanje problematike kvalitete zraka u Prostornom planu grada Ljubljana
Air quality modeling as a tool in spatial planning. Addressing air quality issues in the City of Ljubljana Spatial Plan ____ 120

13 Samir Lemeš
Zavisnost kvaliteta računarskih simulacija zagađenja zraka od ulaznih podataka
Influence of input data on the quality of air pollution distribution computer simulations ____ 148

14 Muhamed Hadžiabdić, Samra Arnaut, Fejsal Ćorović, Tarik Begić, Kemal Hanjalić
Vjetar i disperzija polutanata u realnim urbanim konfiguracijama- Kompjuterska simulacija korištenjem naprednih CFD modela i metoda
Wind and pollution dispersion in real urban environment- Computer simulations with advanced CFD models and features ____ 164

15 Mirela Poljanac, Ismar Jamaković, Albin Toljević
Izrada registra postrojenja i zagađivanja Zeničko- dobojskog kantona
Development of register of plants and pollutions of Zenica-Doboj Canton ____ 182

16 Albin Toljević, Ismar Jamaković, Aida Muminović
Metodologija izrade inventara emisija za područje Tuzlanskog kantona za 2016. godinu
Emission inventory methodology for the area of Tuzla Canton for 2016 ____ 204

17 Marko Moldovan
Mjere za poboljšanje kvalitete zraka kroz tehnologiju grijanja- hlađenja
Measures to improve air quality trough heating - cooling technology ____ 216

18 Federico Fontana
Mjere za poboljšanje kvalitete zraka kroz HVAC rješenja
Measures to improve air quality trough HVAC solutions ____ 218

19 Husika Azrudin
Model poboljšanja energetske efikasnosti u zgradarstvu na području Kantona Sarajevo
Model for energy efficiency improvement in buildings in Sarajevo Canton ____ 238

20 Jasmin Burzić, Meho Zatega
Poboljšanje kvaliteta zraka korištenjem toplotnih pumpi
Improving air quality by using heat pumps ____ 240

21 Štaljo Vedad, Husika Azrudin
Uticaj individualnih ložišta na kvalitet zraka u Sarajevu
Impact of individual fireboxes on air quality in Sarajevo ____ 260

22 Zlatko Malović, Željko Milanović
Projekat ODG postrojenja u Termoelektrani Ugljevik
FGD retrofit project for Thermal power plant Ugljevik ____ 266

23 Adnan Mašić
Razvoj novih alata u menadžmentu kvaliteta zraka
Development of new tools for air quality menagement ____ 278

24 Gordana Pehnec
Trendovi kvalitete zraka u Zagrebu
Trends of air quality in Zagreb ____ 288

25 Andrej Šoštarić, Miroslav Matijević, Dušica Matijević, Vesna Slepčević, Slaviša Mladenović
Monitoring kvaliteta vazduha u Beogradu- ispitivanje, izveštavanje i odnosi sa javnošću
Air quality monitoring in Belgrade- testin, reporting and public relations ____ 298

26 Branislava Matić, Snežana Dejanović, Visa Tasc
Zagađenost urbanog vazduha na teritoriji Republike Srbije mjerena u mreži Institucija javnog zdravstva
Urban air pollution in Republic of Serbia measured within the network of Public health institutes ____ 318

27 Cleo Kosanović
AIRQ- proširenje i modernizacija državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka
AIRQ- expansion and modernisation of the national network for continious air quality monitoring ____ 324

28 Katja Džepina
Karakterizacija atmosferskih lebdećih čestica u Kantonu Sarajevo: rezultati kampanje mjerenja Sarajevo Canton Winter Field Campaign 2018 (SAFICA)
Characterization of atmospheric aerosols in the Sarajevo Canton: results of Sarajevo Canton Winter Field Campaign 2018 (SAFICA) ____ 336

29 Gayle S.W. Hagler, Tim Hanley, Robert Vanderpool, Beth Hassett-Sipple, Marissa Smith, John Wilbur, Thomas Wilbur, Tim Oliver, Dina Shand, Vedran Vidacek, Caroline D'Angelo, Richard Allen, Beth M. Hassett-Sipple
PM2.5 temporal trends and instrument performance assessment over 2018-2019 in Sarajevo, BiH ____ 338

30 Adnan Mašić, Dževad Bibić, Boran Pikula, Kulo Aida, Sanela Klarić
Procjena senzora za mjerenje karbon dioksida kod praćenja kvalitete unutrašnjeg zraka
Evaluation of carbon dioxide sensors for indoor air quality monitoring ____ 346

31 Srđan Kukolj, Vlatka Matković Puljić
Hronično zagađenje ugljem
Chronic coal pollution ____ 352

32 Dinko Tuhtar
Epizode pojačane zagađenosti zraka- nastanak i vrednovanje
Episodes of increased air pollution- formation and evaluation ____ 360

33 Nataša Petrušić, Andrej Šoštarić
Plan kvaliteta vazduha u aglomeraciji za period 2015-2020. godina (sprovedene mere i aktivnosti)
Air quality plan in Belgrade agglomeration for period 2015-2020. (implemented meassures and activities) 366

34 Zdenko Franić
Akreditacija labaratorija iz područja zaštite zraka u Republici Hrvatskoj
Experiences in accreditation of labaratories in the field of air protection in Croatia ____ 378

35 Jasmina Čomić
Modeli za procjenu izloženosti populacije zagađujućim materijama iz zraka
Air pollutants exposure assessment models ____ 386

36 Enis Omerčić
Indeks kvaliteta zraka u Federaciji BiH
Air quality index in Federation of BiH ____ 392

37 Sabina Hodžić, Nedžad Voljevica, Dženan Zulum, Almir Bijedić
Primijećene promjene klime u FBiH u periodu 1961.-2018. i mogući uticaj na kvalitet zraka
Observed climate change in the FBiH in the period 1961-2018. and possible impact on air quality ____ 398

38 Gojak Ema, Salihović Amela
Utjecaj zagađenog zraka
The impact of air pollution ____ 414

39 Marko Emanović, Eduard Missoni
Utjecaj ispušnih plinova motornih vozila na okoliš i zdravlje zaposlenika stanica za tehnički pregled vozila u Republici Hrvatskoj
Impact of motor vehicles exhaust gases on environment and employees in the stations for technical inspection of vehicles in the Republic of Croatia ____ 422

40 Jasmina Isabegović
Mogućnosti korištenja metana iz rudnika sa podzemnom eksploatacijom uglja kao energentskog izvora u cilju smanjenja efekta staklenika
The possibility of using methane from underground coal mining as energy sources in order greenhouse effect ____ 434

01

Zijada Krvavac
Kanton Sarajevo
zijada.krvavac@mpz.ks.gov.ba

dr. Aleksandar Knežević
UG Impulsio, Sarajevo
a.knezevic@impulsio-sarajevo.org

Uspostava centra za menadžment kvaliteta zraka u Sarajevu
Establishment of the Air Quality Management Center in Sarajevo

Sažetak: U poslijeratnom razdoblju Sarajeva, mada se za to izdvajaju relativno značajna sredstva nije postojala politička volja za kvalitetniji rad na planu kvaliteta zraka. Aktivnost se svodila na praćenje kvaliteta zraka i emisija u zrak bez značajnijeg povezivanja ovih aktivnosti sa ostalim segmentima razvoja. Predlagale su se određene sanacione mjere bez uvođenja kvantitativnih pokazatelja. Prukupljani podaci o emisijama i kvalitetu zraka nisu bili dovoljno ni obrađivani ni korišteni. Aktuelna vlast u Kantonu Sarajevo se odlučila da poboljša efektivnost rada na zaštiti zraka od zagađivanja tako što bi dio aktvnosti koju su obavljale vanjske organizacije preuzela stručna lica zaposlena u Centru, te obuhvatile i one aktovnosti koje do sada nisu vršene. Tako bi se iz sistema monitoringa kvaliteta zraka i emisija izvukao veći broj podataka (uključujući predhodni period), te ove aktivnosti povezale sa prostornim i urbanističkim planiranjem Kantona, odnosno sa segmentima razvoja kao što su energetika, promet i drugo. Dobili bi se odgovori na mnoga važna pitanja. Predviđeno je da zaposleni u Centru pokrivaju pet grupa poslova: (1) emisije (ložišta, promet, energenti, energijska efikasnost, tržište, inspekcija), (2) modeliranje strujanja i dispertije zagađujućih materija, (3) kvalitet zraka (monitoring kvaliteta zraka, uključujući meteorološke parametre - podaci u realnom i integrisanom vremenu) i uticaji na zdravlje (pomoću matematskih modela i na bazi domaće zdravstvene statistike), (4) odnos sa javnošću, te (5) međunarodna saradnja, unutrašnja i vanjska edukacija. Osnovne karakteristika sistema su saradnja sa svim sektorima vlade Kantona, efikasnije korištenje podataka, te vrednovanje svake mjere kroz očekivanu promjenu kvaliteta zraka i kroz vrednovanje uticaja na zdravlje.

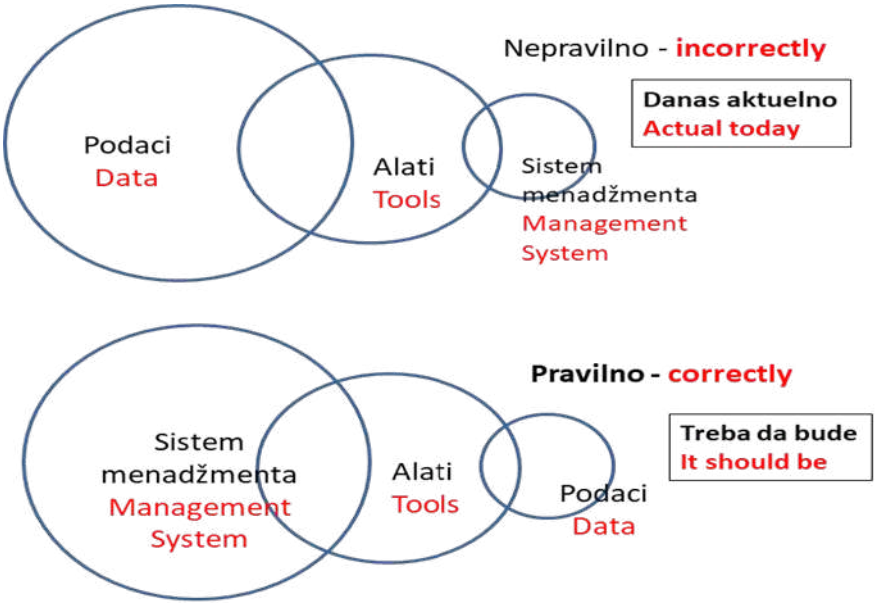
Ključne riječi: *kvalitet zraka, menadžment, Sarajevo*

Abstract: In the post-war period of Sarajevo, although relatively significant funds are allocated for this purpose, there was no political will for better work on air quality. The activity was limited to monitoring air quality and air emissions without significant linkage with these activities and other development segments. Certain remedial measures were proposed but without introducing quantitative indicators. The collected data on emissions and air quality were neither sufficiently processed nor used. The current Sarajevo Canton authorities have decided to improve the effectiveness of the work on protection of ambient air from pollution by taking over part of the activities so far carried out by outside organizations, to be performed by professionals employed at the Center, and including those activities that have not been performed so far. Thus, more data (including the previous period) would be extracted from the air quality and emissions monitoring system, in the context of which, these activities would be linked to the spatial and urban planning of the Canton, that is, to development segments such as energy, transport, etc. As result, many important questions would be answered. It is envisaged that the employees of the Center cover five groups of jobs: (1) emissions (furnaces, traffic, energy, energy efficiency, market, inspection), (2) modeling of the flow and dispersion of pollutants, (3) air quality (air quality monitoring, including meteorological parameters - real and integrated data) and health impacts (using mathematical models and based on national health statistics), (4) public relations, and (5) international cooperation, internal and external education. The basic features of the system are cooperation with all sectors of the Cantonal Government, more efficient usage of data, and evaluation of each measure through the expected change in air quality and through the evaluation of health impacts.

Key words: *air quality, management, Sarajevo*

1. Osnovni pristup / General approach

Aktivnosti na očuvanju čistoće zraka moraju biti povezane, moraju činiti cjelinu. Jedino tako cijeli posao ima smisao. Očuvanje čistoće zraka se postiže kroz razvoj. Kvalitet zraka treba da se osigura kroz aktivnost relevantnih ministarstava i zavoda Kantona. Stoga je osnovni zadatak Centra da postojećim ministarstvima i zavodima pruži podršku da u svoje poslovanje uključe komponnetu zrak. Tu se u prvom redu misli na mnistarstva i organizacije zadužene za industriju, energetiku, promet, korištenje prostora i sl.



Sl. 1 Veza Sistema menadžmenta, korištenih alata i podataka
Fig. 1. Relationship between Management systems, tools and data used

Sistem se zasniva na dvije poluge: (1) odgovornost za emisije zagađujućih materija (zagađivanje) i (2) odgovornost za stanje (zagađenost). Odgovornost za emisiju se odnosi na vlasnike potrojenja koja imaju emisiju u atmosferu; od njih se traži da ograniče emisiju na nivou tehno-ekonomskih uslova države.

Odgovornost za stanje se odnosi na one koji planiraju prostor i one koji izdaju dozvole za korištenje prostora; ne smije se dozvoliti da se emituje vać količina zagađujućih materija nego što je sposobnost samočišćenja atmosfere datog prostora.

Ukoliko se radi o sanaciji kvaliteta zraka onda se: (i) postavljaju dodatni zahvati čiji je cilj smanjenja emisije iz postojećih izvora (koji već imaju dozvole za korištenje prostora i djelatnost) i (ii) planira prostor da se povečaju (ili barem ne smanjuju) prirodne sposobnosti samočišćenja atmosfere.

2. Obuhvat posla / Coverage of work

Da bi se dobile podloge za primjenu mjera, kao i za njihovu valorizaciju potrebno je uspostaviti jedinstveni sistem upravljanja kvalitetom zraka (eng. Air Quality Management). On je ovdje prikaza kroz šest blokova:

- blok 1: Emisije zagađujućih materija
- blok 2: Pocesi samočišćenja atmosfere
- blok 3: Procjena kvaliteta zraka i uticaj na zdravlje
- blok 4: Prijedlozi razvojnih i sanacionih mjera

≈ blok 5: Edukacija (unutrašnja i vanjska)

≈ blok 6: Ocjena stanja, ocjena mjera i izvještavanje javnosti

Blok 1 – Emisije zagađujućih materija / Block 1 – emission of pollutant

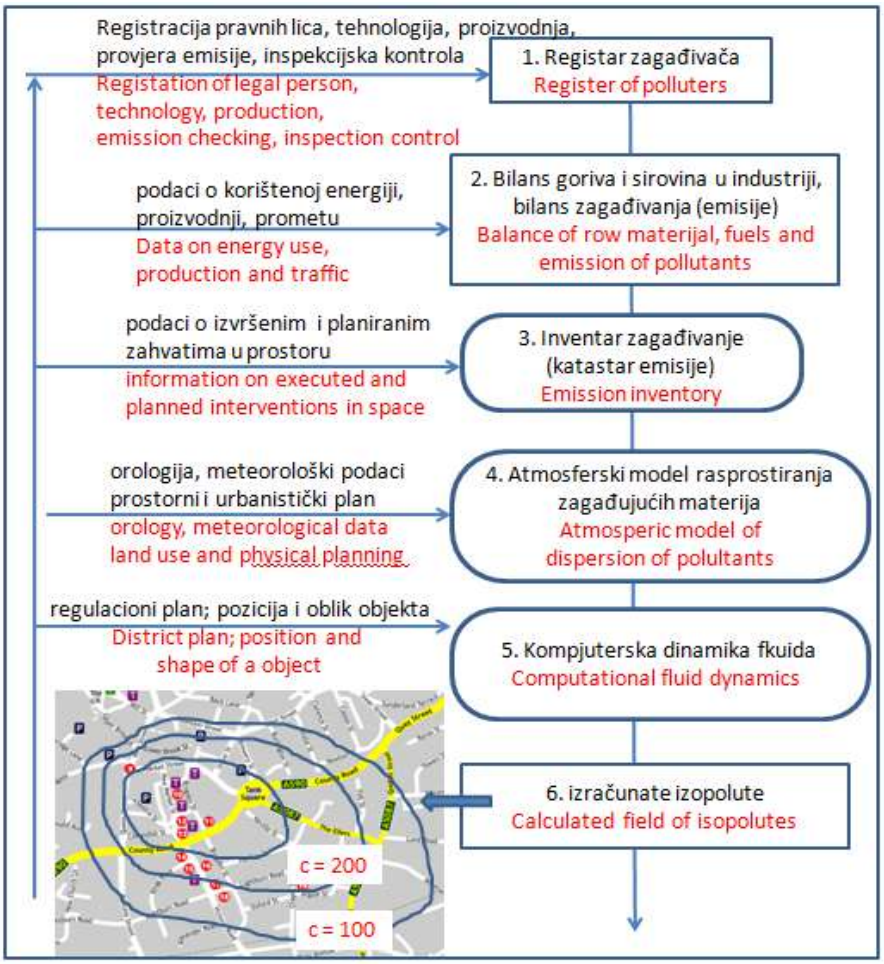
Postupak procesa očuvanja zraka započinje sa (v. sl. 1): (1) Registrom zagađivača (operatera). Sadrži podatke o pravnom statusu zagađivača (operatera), opis tehnološkog procesa i iznos godišnjih emisija relevantnih zagađujućih materija. Ovdje spadaju i podaci o izvršenim provjerama emisija, te reagovanja ispekcijskih službi.

Na bazi predhodnih podataka, te podataka o korištenim energentima, industrijskoj proizvodnji i prometu čini se (2) bilans emisija relevantnih zagađujućih materija (na bazi godišnje potrošnje energije, potrošnje sirovina u industriji, podataka o prometu) po sektorima. Izlaz je tok potrošnje energije i emisije u toku višegodišnjeg perioda praćenja. Ovi podaci se mogu preračunavati u dnevne, satne i sekundne.

Na bazi podataka o stvarnoj namjeni prostora (stanovanje, promet, industrija) pravi se (3) Inventar zagađivanja (katastar emisija). On čini teritorijalni pregled veličina emisija (tona godišnje) u mreži kvadranata, prema mjesnim zajednicama ili na neki drugi način. Podaci se mogu dati za sezonu loženja i ljetnu sezonu, te mjesečne, satne i sekundne vrijednosti za te dvije sezone.

Blok 2 – Procesi samočišćenja atmosfere, modeliranje rasprostiranja zagađujućih materija / Block 2 - Atmospheric self-cleaning processes, modeling pollutant dispersion

Uklanjanje zagađujučih materija iz zračnog bazena vrši se taloženjem zagađujućih materija, konvekcijom i turbulencijom (odnošenje), te njihovim hemijskim vezivanjem za sadržaje u prostoru.

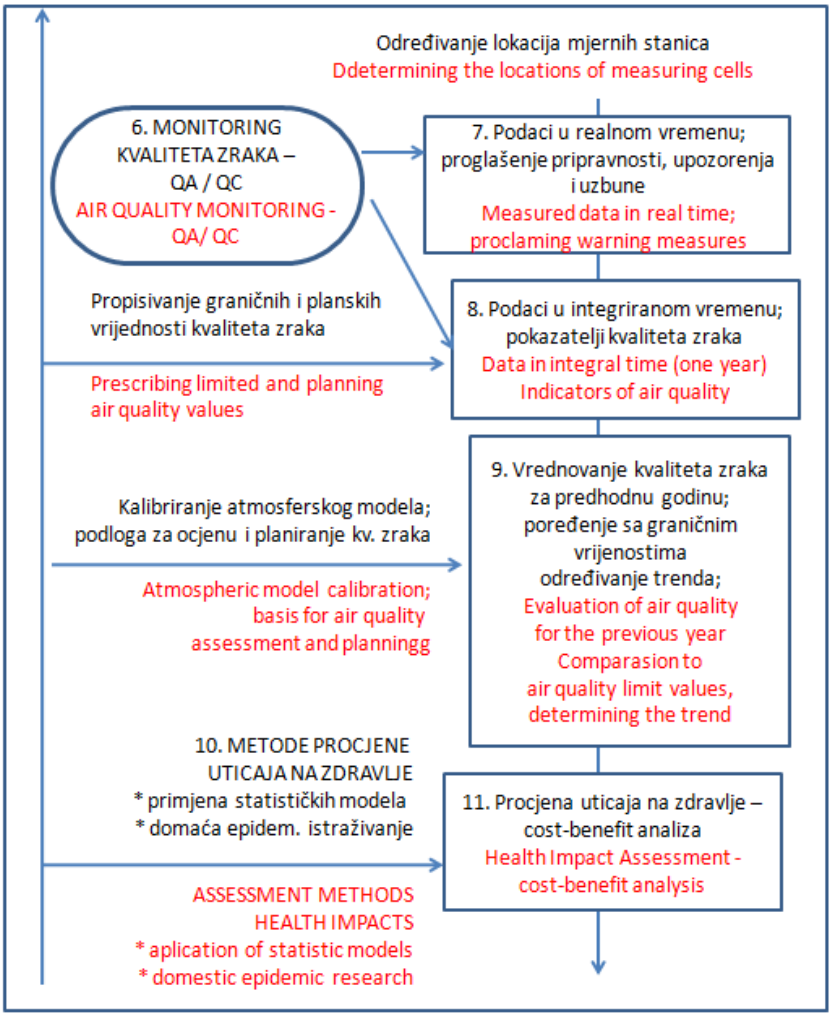


Sl .3. Aktivnosti na planu emisija i rasprostiranja zagađujućih materija- blokovi 1 i 2
Fig. 3. Activities related to the emission and dispersion of pollutants

Potrebno je (4) istraživati strujanja zraka na bazi orografskih i širih meteoroloških podataka, kao i rasporeda objeakta. Kako bi se mogle simulirati mjere za smanjenje zagađivanja koristi se (5) atmosferski (matematski) model rasprostiranja zagađujućih materija – veza između procjena emisija na pojedinim lokacijama i promjene zagađenosti (kvaliteta zraka) na cijelom posmatranom području.

Blok 3 – Procjena kvaliteta zraka i uticaj na zdravlje / Block 3 - Air Quality Assessment and Health Impact

Procjena kvaliteta zraka u naselju se vrši računski na bazi: podataka o emisiji iz inventara emisije (3), oroloških i meteoroloških podataka za dato područje, te (5) primjenom atmosferskog modela disperzije zagađujućih materija. Proračunati podaci o kvalitetu zraka se kalibriraju na bazi podataka (6) monitoringa (sistema praćenja kvaliteta zraka. Ovaj monitoring omogućuje kalibriranje rezultata dobjenih atmosferrskim modelom. Znači, relativne greške inventara emisije se gube kroz ovaj proces kalibracije. Stoga Sistem monitoringa treba da ima uspostavljen sistem osiguranja kvaliteta (QA/QC).



Sl. 4. Aktivnosti na planu utvrđivanja kvaliteta zraka i uticaja na zdravlje ljudi – blok 3
Fig. 4. Activities to determine air quality and the impact on human health – block 3

Razlikuju se: (7) podaci u realnom vremenu u cilju poduzimanja pasivnih i kratkotrajnih (različita ograničenja) mjera mjera zaštite od zagađivanja (upozorenje građana i uzbuna), dok se za poređenje podataka kvaliteta zraka među pojedinim dijelovima grada, ta poređenja pojedinih gradova u zemlji ili svijetu koriste (8) podaci o kvalitetu zraka u integriranom vremenu, tj statistička procjena skupova mjernih vrijednosti u periodu kalendarske godine. Ovi podaci se porede sa graničnim vrijednostima kvaliteta zraka, propisanih zakonski ili planskim vrijednostima uvaliteta zraka (ukoliko postoje). Tako se uspostavljaju kategorije kvaliteta zraka (nezagađen, tolerantno zagađen, ...). Kod naprednijih

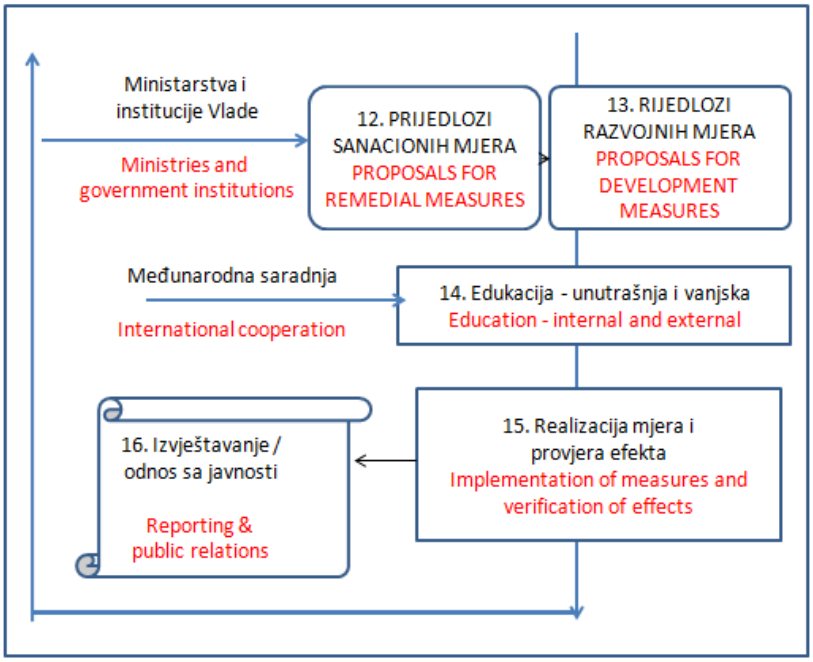
sistema menadžmenta koriste se planske vrijednosti kvaliteta zraka koji za određeni period mogu biti tolerantnije od graničnih vrijednosti, ili strožije od graničnih vrijednosti ukoliko postoji takva politika. Podaci o pokazateljima visokih statističkih vrijednosti čine godišnji niz iz koga se vidi trend promjene kvaliteta zraka. Zbog različitih uslova samočišćenja atmosfere u pojedinim zimskim sezonama trend se ne može utvrditi za period kraći od deset godina.

Rezultat je i karta kvaliteta zraka (sa izopolutama – linijama jednake zagađenosti) (9). Na bazi podataka o kvalitetu zraka u višegodišnjem periodu određuju se trendovi kvaliteta zraka, te provjeravaju efekti poduzetih mjera.

Na bazi podataka o kvalitetu zraka u všegodišnjem periodu mogu se procjeniti uticaji zagađenog zraka na zdravlje. Moguće je koristiti metode koje se koriste u EU (najčešće softver ExternE) Posebno su značajna domaća epidemiološka istraživanja za karakteristična oboljenja (10). Na bazi procjene uticaja na zdravlje može se izvršiti cost-benefit analiza troškova sanacionih mjera u odnosu na gubitak zbog bolovanja i troškova liječenja.

Blok 4 Prijedlozi razvojnih i sanacionih mjera / Block 4 Proposals for development and remedial measures

Prijedloge za sanacione mjere (12) i razvojne mjere (13) daju resorna ministarstva i zavodi vlade, a na bazi israživanja unutar Centra.



Sl. 5. Aktivnosti na planu predlaganja razvojnih i sanacionih mjera, te izvještavanje javnosti
Fig. 5. Activities on proposing of development and remedial measures & public relation

Blok 5 – Edukacija / Block 5 Education

Za funkcionisanje sistema bitna je edukacija kako zaposlenih u Centru, tako i svih dionika (stakeholdera) - (14) – od zaposlenih u Kantonu i zavodima, te šire.

Blok 6 – Ocjena stanja, ocjena mjera i izvještavanje javnosti / Block 6 Estimation of effect of measures, reporting to public

Ovim su dobijene podloge za ocjenu stanja kvaliteta zraka, ocjenu efekata poduzetih mjera, te osnovu za predlaganje dodatnih mjera (15).

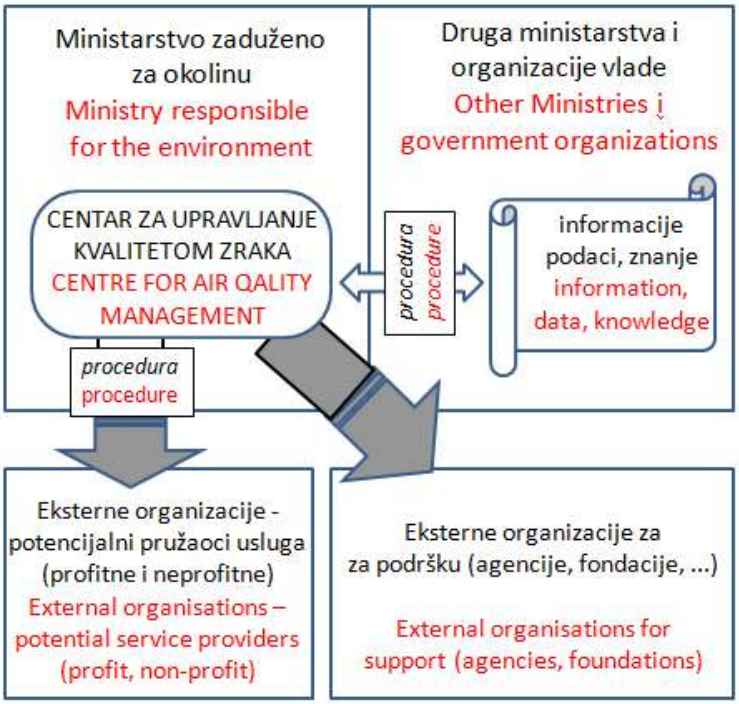
O svemu se izvještava javnost, analiziraju se reakcije struke i javnosti (16). Postoji organizovan odnos sa nevladinim okoliskim organizacijama.

Inventar emisije i monitoring kvaliteta zraka se konstatno održavaju, konstantno se prate efekti poduzetih mjera. Cijeli sistem se koristi i za modeliranje pojedinačnih mjera – na pr. akcijom A moguće je smanjiti emisije date zagašujuće materije na području B što će smanjiti zagađenost zraka za toliko i toliko na područjima C1, C2, C3 ....

3. Opšti model uspostave Centra - General model for the establishment of the Center

Centar je posebna organizacija u sastavu ministarstva zadužena za okolinu. Centar samostalno donosi odluke. Centar sarađuje sa drugim ministarstvima i zavodima vlade po određenim procedurama (u prvom redu se odnosi na arhiviranje razmjenjenih informacija i podataka) – sl. 6.

Centar donosi odluke o angažovanju spoljnih (eksternih) prganizacija, dok pravne procedure (tenderi, ponude, ugovori, ...) obavlja Ministarstvo. Veza između Ministarstva i Centra je definisana određenom procedurom.



Sl. 6. Organizaciona šema Centra (pripadnost i komunikacije)
Fig. 6. Center's organizational chart (affiliation and communications)

Centar nema pravo samostalnog raspolaganja sredstvima. Angažovanje eksternih organizacija i saradnika će se obavljati putem Ministarstva i kroz sistem javnih nabavki.

Pored procedura za saradnju sa matičnim ministarstvom te ostalim ministarstvima i organizacijama vlade, Centar će imati svoj interni sistem kvaliteta (po BAS EN ISO 9001 i BAS EN ISO 14001), sa naglaskom na stalno širenje obima internog znanja i znanja prema vani (ovaj sistem ne treba da bude certificiran od strane vanjske organizacije).

I eksterne organizacija – potencijani pružaoci usluga treba da imaju uspostavljene sisteme kvaliteta koji ne moraju da budu certificirani.

Sistemi kvaliteta Centra i eksternih organizacija koje nude usluge Centru su javni.

4. Saradnja / Co-operation

Centar sarađuje sa pojedinim ministarstvima i organizacijama vlade iz dva razloga: prvi, da bi dobijao podloge za svoj rad iz tih organizacija i drugi, kako bi ministarstva i organizacije dobijali podloge i prijedloge od Centra za dio svojih aktivnosti.

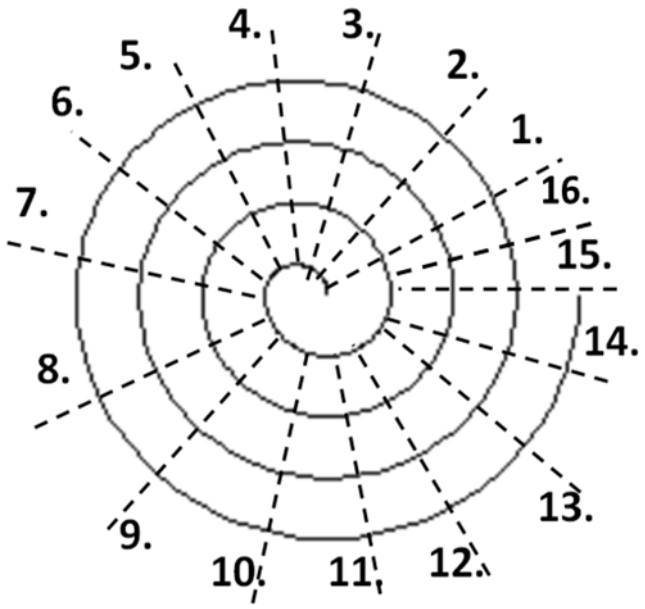
Na planu zaštite okoline postoji značajna međunarodna saradnja, uključujući i finanijsku pomoć. Cntar treba da se dgovarajuće postavi i kroz međunarodnu saradnju dođe do dodatnog prihoda, kao i da osigura edukaciju svojih zaposlenih, kao i drugih.

5. Proces uspostavljanja sistema / The process of establishing the system

Treba znati da se moguće uspostaviti ovakav sistem u svakoj opštini u Evropi u kratkom vremenu od strane samo jednog stručnog lica. Radi se na bazi najboljeg raspoloživog znanja. Na bazi podataka o potrošnji energenata i podataka o emisionim koeficijetima iz literature, pravi se bilans emisija. Na bazi podataka iz sektora urbanizma ova emisija se raspoređuje na nekoliko teritoija (zone stanovanja, industrijska zona i sl.). Poznavajući osnovne mehanizme rasprostiranja zagađujućih materija u atmopsferi Izrađuje se jednostavan matematski model disperzije, te se dobija prva predstava o mogućim vrijednostima zagađenosti zraka. Sada se može projektovati sistem monitoringa zagađujućih materija i započeti sa indikativnim merenjima. Onda opemiti jedu mjernu stanicu sa opremom za 24-časovno uzorkovanje (opremu sa jednočasovnim uzorkovanjem treba nabavljati tek kada se za to ukaže potreba) i td. Sistem treba postepeno razvijati (sl ...).

Organizacioni sistem koji se bavi kvalitetom zraka je dobar ukoliko se osjeća nedostatak alata, a alati su dobri ukoliko se osježa nedostatak podataka. Treba izbjegavati proizvodnju miliona podataka, a da pri tom ne postoje alati za njihovo korištenje niti organizacija koja bi rezultate uključila u praksu.

Nadalje, ne može se kupovati oprema i softveri ukoliko se ne može predhodo doći do podataka osmatranjem analizom raspoloživih podataka i jednosatvnim simulacija.



Sl. 7. Model kontinualnog razvoja sistema
Fig. 7. Model of continual development of the system

Znači, uvode se aktivnonosti 1, 2, 3 ... na nivou raspoloživog znanja i resursa. Nakom prvog kruga ide se u drugi krug kada se radi o dodatnim znanjima i informacijama, itd.

6. Saradnja sa eksternim organizacijama / Collaboration with external organizations

Centar će po potrebi uspostavljati saradnju sa eksternim rganizacijama kada se radi o prijemu znanja i postupaka, te edukaciji zaposlenih u Centru ministarstvima i zavodima Kantona.

7. Zaposleni u Centru – poslovi / Jobs in the Centra

Centar zapošljava šest lica; sedmog nivoa obrazovanja (drugi ciklus visokog pbrazovanja) tehničkih ili prirodnomatematskog fakulteta.

Posao 1: direktor Centra

Posao 2: Blok 1 - emisije (1, 2 i 3, te 12 i 13)): obuhvata odnose sa industrijom, komunalnim organizacijama od kojih zavisi kvalitet zraka, inspekcijom tržišta goriva i opreme, te inspekcijom koja pokriva obaveze emitera

Posao 3: Blok 2 - modeliranje rasprostiranja zagađujućih materija (4 i 5); obuhvata odnose sa Hidrometeorološkim zavodom, Zavodom za planiranje razvoja kantona Sarajevo

Posao 4: Blok 3a monitoring kvaliteta zraka (6, 7 8 i 9)): obuhvata odnose sa organizacijom odgvoronom za funkcionisanje sistema, vrši statističku obradu podataka, odgovoran za objavu podataka; Blok 3b: pokriva i uticaja na zdravlje (10 i 11).

Posao 5: Odnos sa javnošću (davanje podataka građanima, udruženjima građana. vlastima na različitim nivoima (16).

Posao 6: Ostvarivanje domaće i međunarodne saradnje i briga o unutrašnjoj i vanjskoj edukaciji (14).

8. Prioritetne akcije / Priority actions

Prioritetne akcije Centra bile bi:

1. Izvršiti dopunsku statističku obradu podataka o kvalitetu zraka u integriranom vremenu (dva statistička pokazatelja za svaku kalendarsku godinu i za svaki polutant, te utvrditi višegodišnji trend kvaliteta zraka i porediti ga sa periodom 1967 – 1990; posebno treba dokumentovati (što do sada nije bila praksa) epizode prekomjerne zagađenosti iz predhodnog perioda; obraditi i pripadajuće meteorološke podatke kako bi se dobile informacije o strujanju zraka u doba temperaturnih inverzija;
2. Uvesti primjenu kompjuterske menahnike fluida u cilju modeliranja strujanja zraka u Sarajevu za potrebe urbanističkog planiranja i izradu regulacionih planova (to ne znači odustajanja od gradnje nego usmjeravanje lokacije, spratnosti, razmještaj zgrada i dr. i
3. Uspostaviti kampanju smanjenja gubitaka energije u individualnim zgradama i promjene načina loženja sobnih peći na ugalj. Podrazumjeva širok spektar aktivnosti (istraživanje jednostavnih mjera, štampanje uputstava, uspostava savjetovališta, rad sa građanima, predavanja u školama i mjesnim zajednicama, itd.) Rezultat kampanje je smanjenje potreba za energijom 20 % i smanjenje potrošnje goriva po jedinici toplotnih potreba za dodatnih 20 %. Ovdje spada i finansiranje projekta „Smanjenje troškova nabavke sobnih peći i peleta“ kroz masovnu nabavku od strane vlasti tokom ljeta te prodajom građanima na kredit od šest mjeseci.

Ovo treba da bude osnova za sanaciju padinskih naselja u Sarajevu. Akcije Centra bi dovele i do izvoza znanja iz Sarajeva.

9. Zaključci / Conclusions

Praksa je pokazala da se u mnogim sredinama (gradovi, opštine) koriste različiti alati iz oblasti menademnta kvaliteta zraka, ali da je njihova primjena nepovezana, tme i neefektivna. Stoga se u radu daje pottpuni alforitam menadžmenta kvaliteta zraka – od identifikacije izvora zagađivanja zraka do donošenja sanacionih i razvojnih mjera. To omogućuje povezivanje pojedinačnih aktivnosti kako bi se došlo do krajnjeg rezultata. Dat je model uspostave Centra za upravljanje kvalitetom zraka sa specificiranih šest občasti rada. Ovaj cebtar treba da inicra donošenje mjera u okviru pojedinih ministarstava vlade.

Predlaže use tri mjere; (i) Izvršiti dopunsku statističku obradu podataka o kvalitetu zraka u integriranom vremenu kako bi se, pored podataka o kvalitetu zraka, dobile i druge korisne informacije, kao što je identifikacija strujanja zraka u vrijeme epizoda prekomjerne zagađenosti zraka; (ii) uvesti primjenu kompjuterske menahnike fluida u cilju modeliranja strujanja zraka u Sarajevu za potrebe urbanističkog planiranja i izradu regulacionih planova i (iii) uspostaviti kampanju smanjenja gubitaka energije u individualnim zgradama i promjene načina loženja sobnih peći na ugalj kroz primjenu desetine sitnih mjera koje ne iziskuju posebna ulaganja; Ovdje spada i finansiranje projekta „Smanjenje troškova nabavke sobnih peći i peleta“ kroz masovnu nabavku od strane vlasti tokom ljeta te prodajom građanima na kredit od šest mjeseci.



02

Kemal Hanjalić, Prof. Emeritus
Delft University of Technology, Nl and
University of Sarajevo, BH

Kompjuterska simulacija urbane mikroklime: Neizbježno oruđe za upravljanje kvalitetom zraka

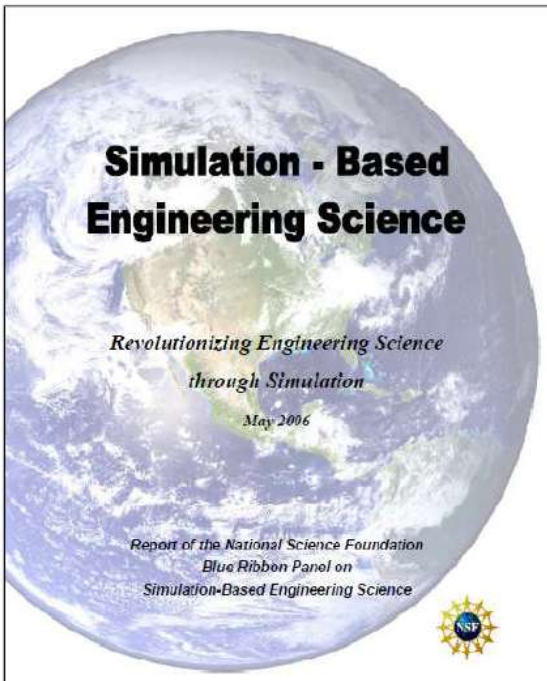
CFD simulation of urban microclimate: Indispensable tool for air- quality management

Sažetak: Održivo upravljanje urbanim kvalitetom zraka podrazumijeva mnogo šire izazove nego što je monitoring koncentracija, regulisanje i ograničenje emisije polutanata kako to smatraju neki eko-aktivisti i kreatori eko-politike. Efikasno upravljanje zahtijeva egzaktniji i sadržajniji pristup, verifikaciju i validaciju mjerenih podataka o emisiji i imisiji, njihovovo procesiranje, analizu i dedukcije, uzimajući u obzir sve faktore koji utiču na kvalitet zraka, uključivo apsorpcioni i regenerativni kapacitet okoliša. Urbane sredine sa strukturom gradjevina, uličnim kanjonima, vegetacijom, toplotnim ostrvima i raznovrsnim prirodnim i antropogenim emiterima polutanata, čini urbani pejsaž mnogo složenijim od ruralnog. Sveobuhvatni pristup zahtijeva prognoze vremenske i prostorne dinamike strujanja zraka i disperzije polutanata, njihove hemijske i fizičke pretvorbe, depoziciju i apsorpciju, za realnu orografiju terena i urbanih struktura, dinamiku prizemne atmosphere i vremenskih prilika. Takvi zadaci su izvan domašaja standardnih mjernih tehnika i popularnih disperzionih modela i mogu se rješavati samo primjenom kompjuterskih simulacija korištenjem Numeričke Dinamike Fluida (CFD), kao jedinog orudja za detaljni uvid u ove složene procese i fenomene.

U ovom izlaganju, nakon osvrta na postavke i verifikaciju pouzdanosti modela, potencijal CFD ce se demonstrirati primjerima proračuna dnevno-noćne circulacije zraka i disperzije polutanata u gradovima specifične orogarfije terena, urbanih struktura i mikroklimatskih specifičnosti. Razmotriće se kritične episode stabilne stratifikacije prizemnog sloja pokrivenog inverzijom u kojem lokalno strujanjem zraka generiše isključivo termalni uzgon iznad toplotnih otoka: u Sarajevu (BH) - kao primjer kotlinskog grada, i u Krasnojarsku (Rusija) sa velikom rijekom (Jenisej) koja značajno utiče na loklanu mikroklimu i zagadjenost.

Abstract: Sustainable management of urban air quality implies much a broader challenge than just its monitoring and restricting pollutant emission as understood by some environmentalists and policy makers. It requires a more exact and comprehensive approach, verification and validation of measured data on emission and immission, their professional processing, analysis and deductions, accounting for all influential factors, including the environment absorptive and regenerative capacities. Urban areas with building structures, street canyons, vegetation, heat island and a variety of natural and manmade sources of pollution, make urban canopy much more complex than rural areas. A comprehensive approach calls for accurate field predictions in time and space of air movement and pollutants dispersion, their chemical and physical transformation, deposition and absorption, accounting for real terrain orography, urban structures and the dynamics of lower atmosphere and weather conditions. Such tasks, usually beyond the reach of common measuring techniques and dispersion models, can be handled only by computer simulations using Computational Fluid Dynamics (CFD), which is the only viable option for gaining detailed insights into these complex processes and phenomena. In this presentation, after a brief overview of the CFD rationale and its fidelity benchmarking, the CFD potential will be demonstrated by predictions of diurnal variation of air circulation and pollutants spreading over cities with specific terrain orography, urban canopy and weather conditions. Considered are critical inversion-capped stably-stratified “windless” episodes at micro- and mesoscales governed solely by thermal buoyancy over heat islands in Sarajevo (BH) as an example of densely urbanised town in a montunoes valley, and over the city of Krasnoyarsk (Russia) with a large river that significantly affects the local microclimate.

"Revolutionizing Engineering Science through Simulations" (+ up-to-date Experimental Diagnostics)



CONTENTS

PREFACE.....
CONTENTS .....
EXECUTIVE SUMMARY .....
1.0 SBES: A National Priority for Tomorrow's Engineering and Science..
2.0 THE PAYOFF: Driving Applications and Societal Benefits of SBES .....
2.1 SBES in Medicine .....
2.2 SBES in Predictive Homeland Security
2.3 SBES in Energy and the Environment ..
2.4 SBES in Materials .....
2.5 SBES in Industrial and Defense Applications ...
3.0 CORE ISSUES: Challenges, Barriers, and Opportunities
.....

2

Kompjutersko modeliranje disperzije polutanata u prirodi

Razni pristupi: najpolularniji "disperzioni modeli"

WIKIPEDIA

List of atmospheric dispersion models

Atmospheric dispersion models are computer programs that use mathematical algorithms to simulate how pollutants in the ambient atmosphere disperse a

Contents

US Environmental Protection Agency models
Preferred and recommended models
Alternative models
Screening models
Photochemical models
Other models developed in the United States
Models developed in the United Kingdom
Models developed in continental Europe
Models developed in Australia
Models developed in Canada
Models developed in India
See also
Air pollution dispersion models
Others
References
Further reading
External links

Prednosti:
- profesionalni, testirani, verificirani, sadržajni (uključeni brojni fizikalni efekti, veliki broj kemijskih komponenti, itd);
- User friendly (dobra dokumentacija)

Pogodni za ravne (ili blago reljefne) terene, orijentacione procjene (projektne/fizibiliti studije, ..)

Nedostatci i ograničenja:
- zahtjeva (kao ulaz) brzinu vjetra, (podešljiva prema terenu), uprošteni modeli disperzije, turbulencije (Gaus ili K-model), kriterija stabinosti,..

– ne može tretirati zgrade/objekte, ulične kanjone,..

NE FUNKCIONIRA ako nema vjetra!

3

Numerička simulacija/modeliranje CFD metodom

- CFD (Computational Fluid Dynamics) rješava diskretizirane diferencijalne jednačine polja (Navier-Stokes za brzinu, energije/temperature, vlažnosti, koncentracije raznih polutanata, efekat zračenja, Zemljine rotacije,..)
- Dva pristupa danas u praksi:
  - Large eddy simulations (LES): numerička rezolucija većeg dijela spektra turbulencije, dio (sitne strukture) se modelira)
    Vrlo tačan, malo empirije, ali zahtjeva vrlo velike numeričke mreže (10^8 – 10^{10}) ćelija, nepraktičan, dugotrajan, skup,..
  - Reynolds-averaged Navier Stokes (U-RANS): modelira se čitav spektar turbulencije, ali toleriše mnogo grublju mrežu (10^5 -10^7); prevalentni metod za praktične proračune u industriji i okolišu (robustan, efikasan,..)
- Izvori neizvjesnosti:
  - Modeli (= aproksimacije pojedinih fenomena)
  - Ulazni podaci / granični uslovi
- Različiti nivoi modliranja i performance! Ocjena i provjera:

"**3V**": VERIFIKACIJA, VALIDACIJA, VALORIZACIJA

4

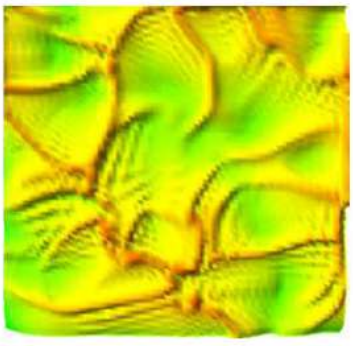
Model validation: Bénard cellular pattern of sheet-like plumes



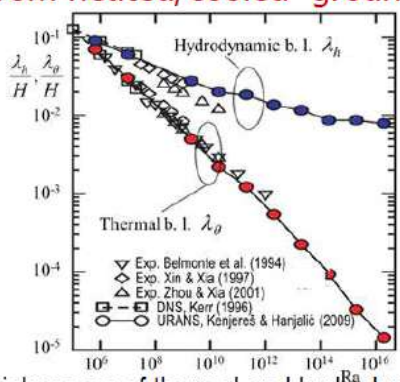


Challenge: "windless" thermal convection from heated/cooled ground

Ra=10^9 URANS
z/H=0.005
Grid:0.5×10^6
(*Kenjereš & Hanjalić, 2006*).



Isosurface of T=const coloured by vertical velocity in R-B convection,

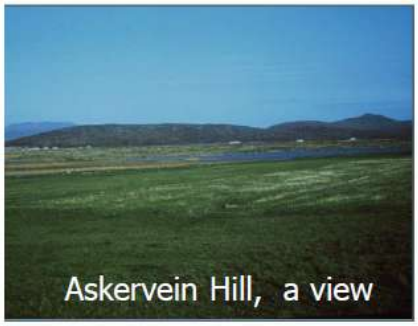


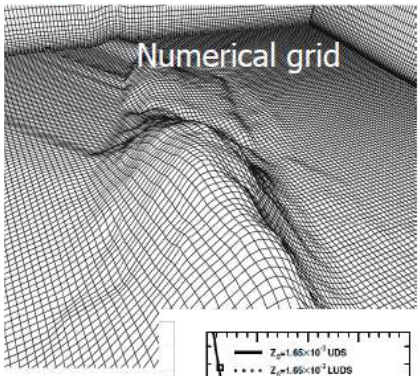
Thicknesses of thermal and hydrodynamic b.l. vs Ra (*Kenjereš & Hanjalić 2009*).

Banchmarking: Askervein Hill, Scotland

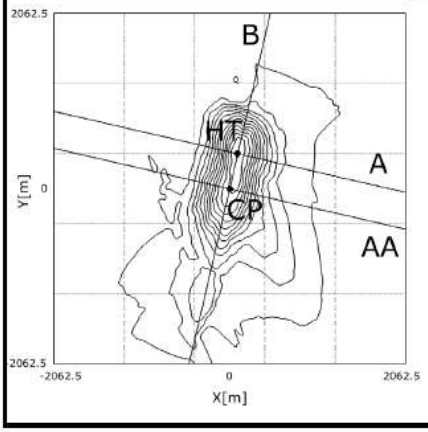
R. Hagenziekr, MS thesis, TUD, 2006

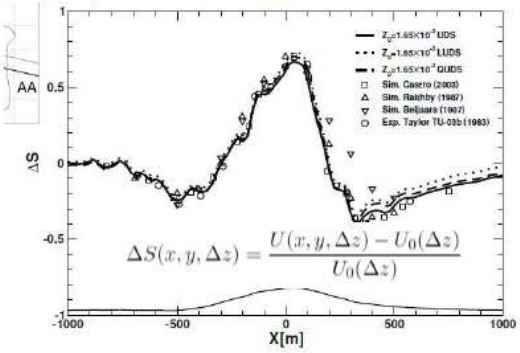




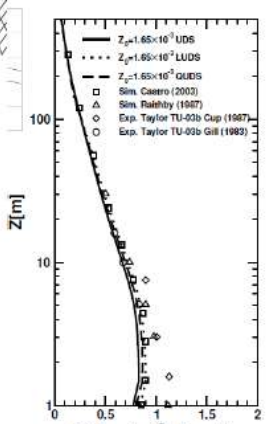


A, AA, B: velocity measurements
HT- Hill Top; CP- Central Point





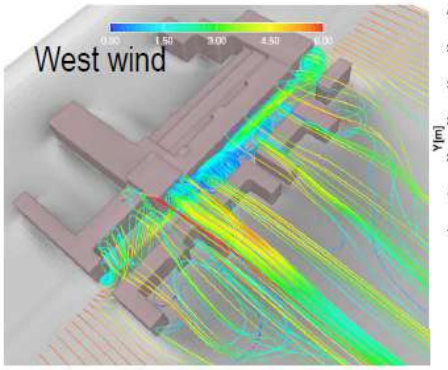
Horizontal velocity deffect at 10m, AA

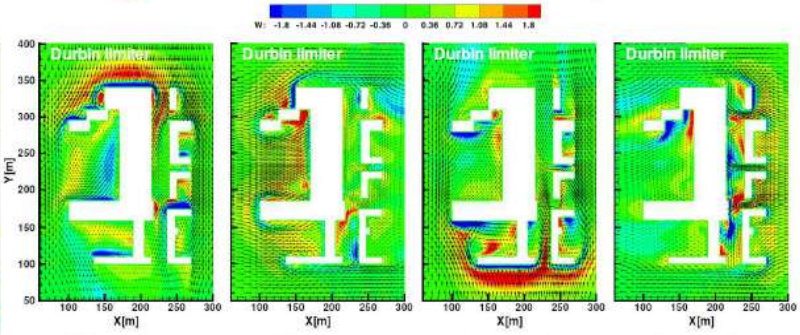


Wind velocity profile at CP

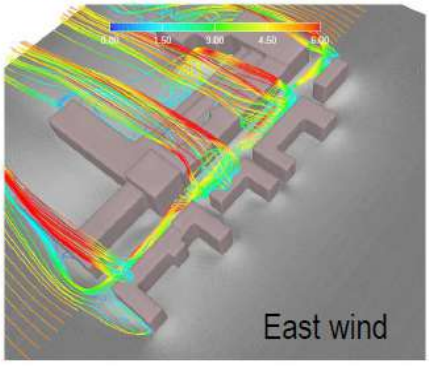
6

Banchmarking: Göttinger Strasse, Hannover, Ge

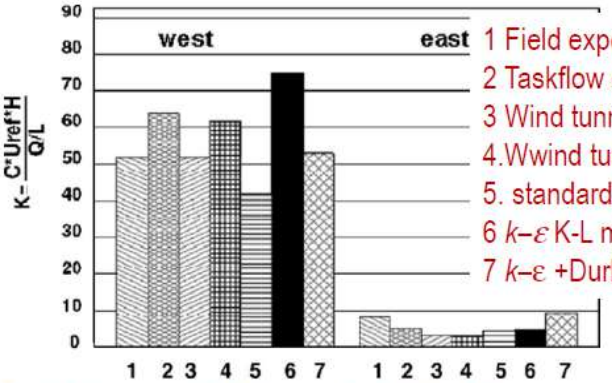




(a) North inlet (b) West inlet (c) South inlet (d) East inlet



Pollutant concentration at a monitoring point



1 Field experiments
2 Taskflow comp.
3 Wind tunnel (detailed ex
4.Wwind tunnel exp
5. standard k–ε (comp.)
6 k–ε K-L model (comp)
7 k–ε +Durbin scale limit

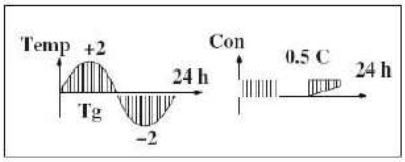
R. Hagenziekr, MS thesis, TUD, 2006, Hanjalić & Kenjereš, J. Wind Engineering, 2008

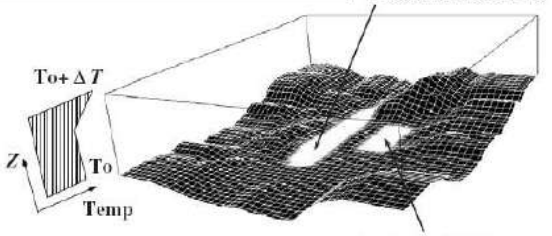
7

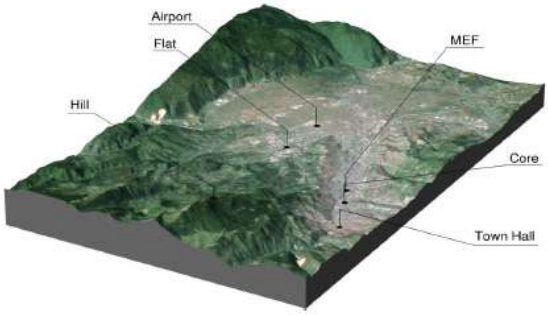
T-RANS of pollutant dispersion in Sarajevo valley

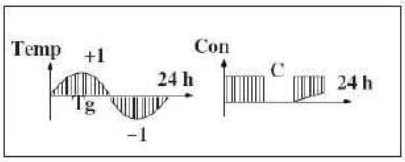
Idealised scenario for a winter diurnal period





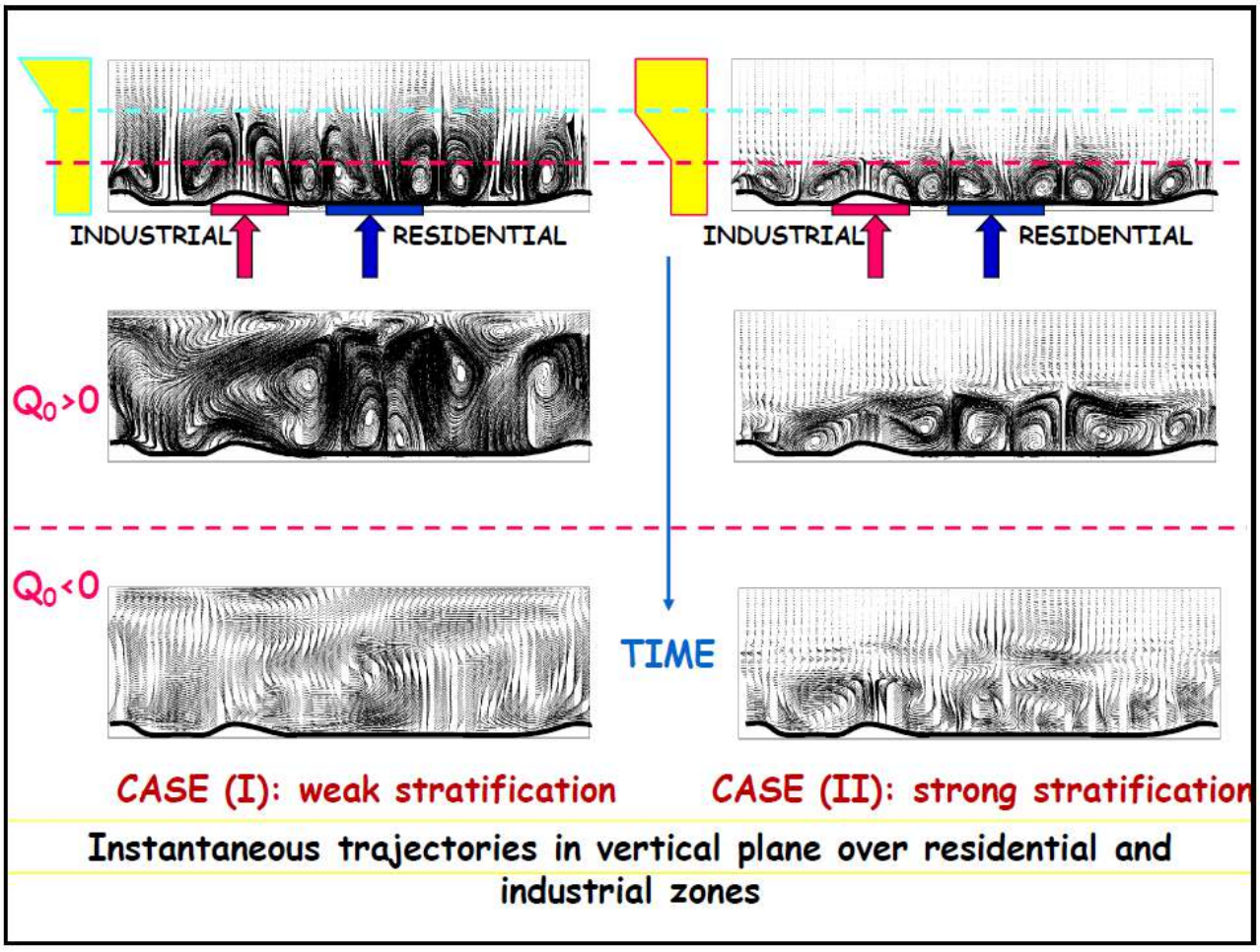






12.5x10x2.5km 125x100x50 cells

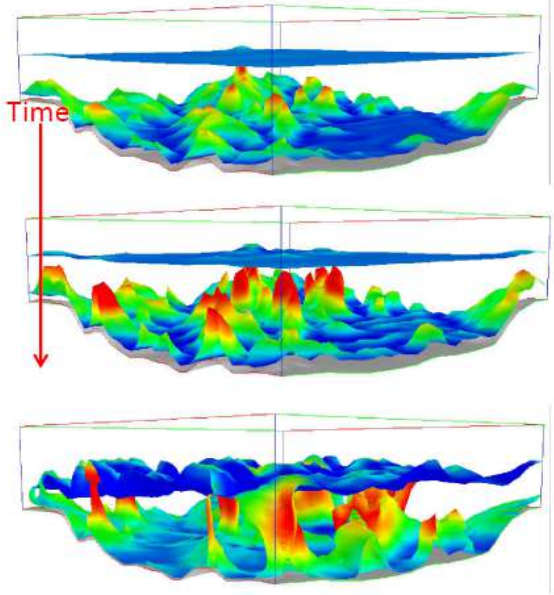
Kenjereš and Hanjalić 2002



Instantaneous trajectories in vertical plane over residential and industrial zones

Time evolution of temperature in the valley and in vertical planes

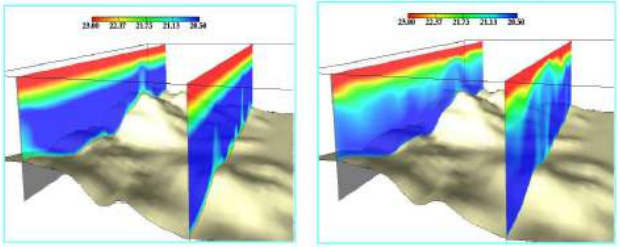
Convective plumes
(iso T surface coloured by W)



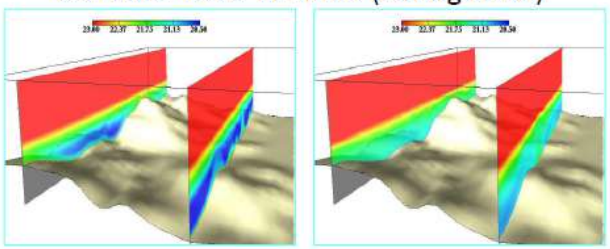
Erosion of Inversion layer

Time →

Inversion base at 800m (weak strat.)

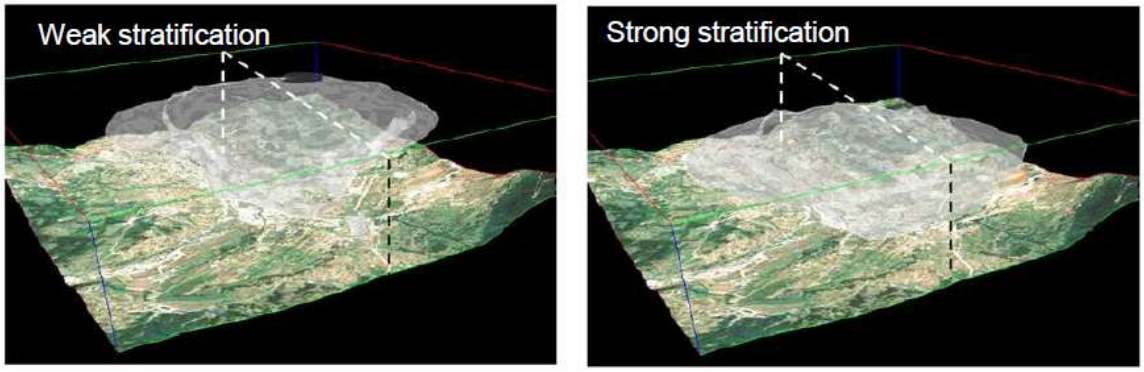


Inversion base at 400m (strong strat.)

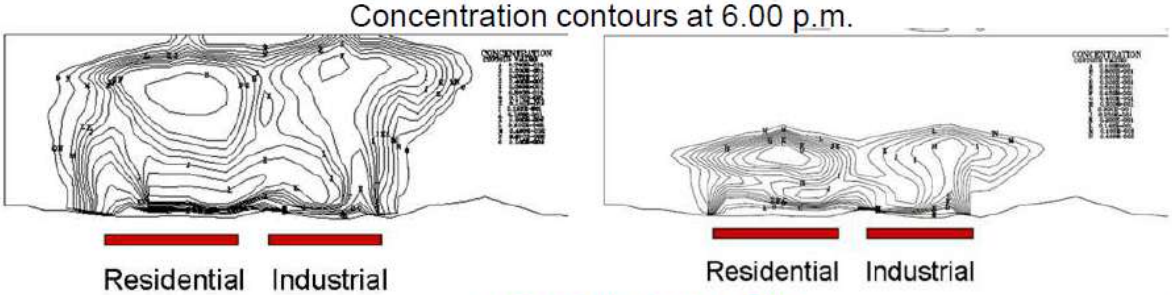


T-RANS of pollutant dispersion in a town valley

Smog front (5% of maximum emission concentration) at 6.00 p.m.



Concentration contours at 6.00 p.m.

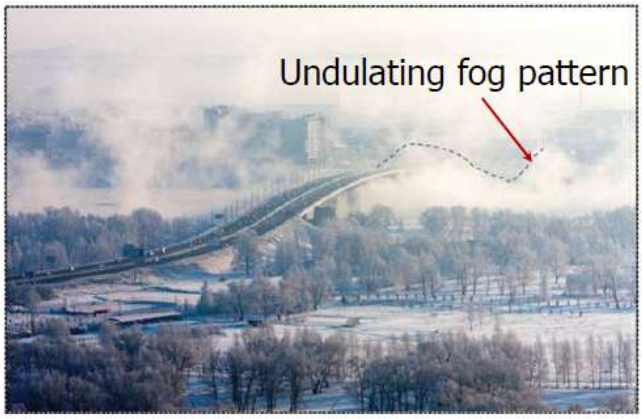


Kenjereš & Hanjalić 2002

11

A challenge: rare winter scene over Krasnoyarsk (Russia)

Wavy fog pattern and steam devils over the river Yenisei



- Ambient temp: -20 ÷ -30 C
- The river does not freeze, strong vapour and heat source.



Wavy fog pattern





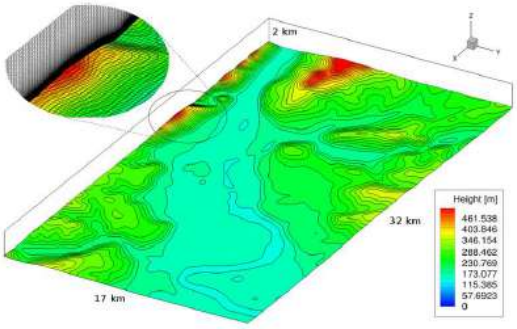
Feb 10, 2014 Clinton lake, IL steam devils

Computational domain, grid and ground boundary conditions

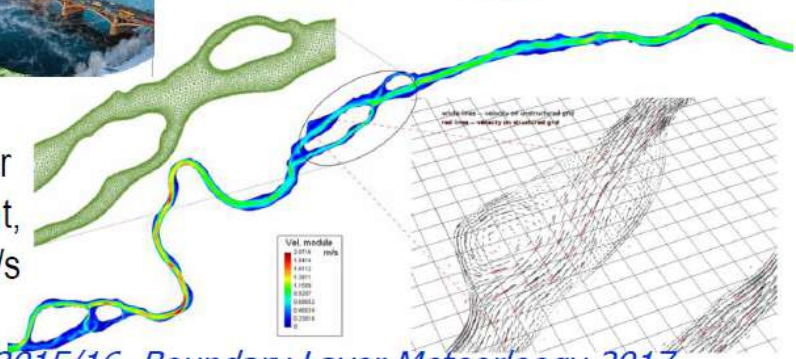
Terrain: mildly hilly, max height ~400 m
Ground (equiv.) roughness: 3 zones:
5m – city, 1 m – surrounding, 0.1m - river

Domain 32×17×2 km,
Grid: 322x172x102 (~5.6 mln cells)



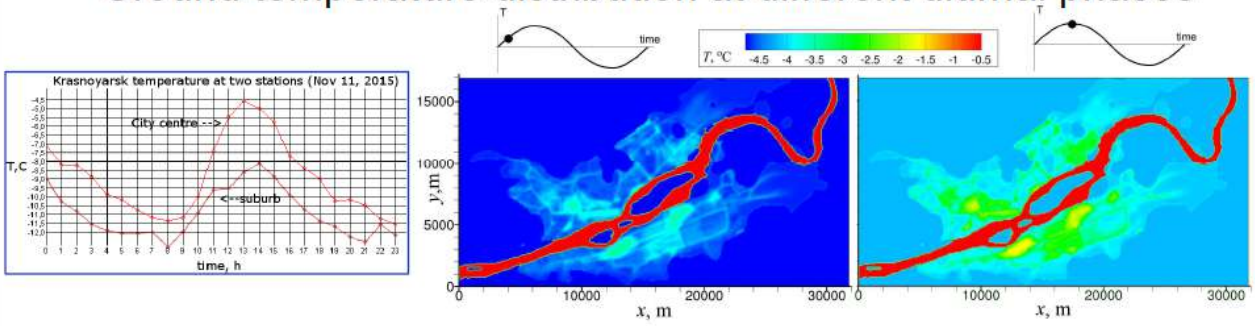


2d simulation of the river surface movement, Mean speed 4 m/s

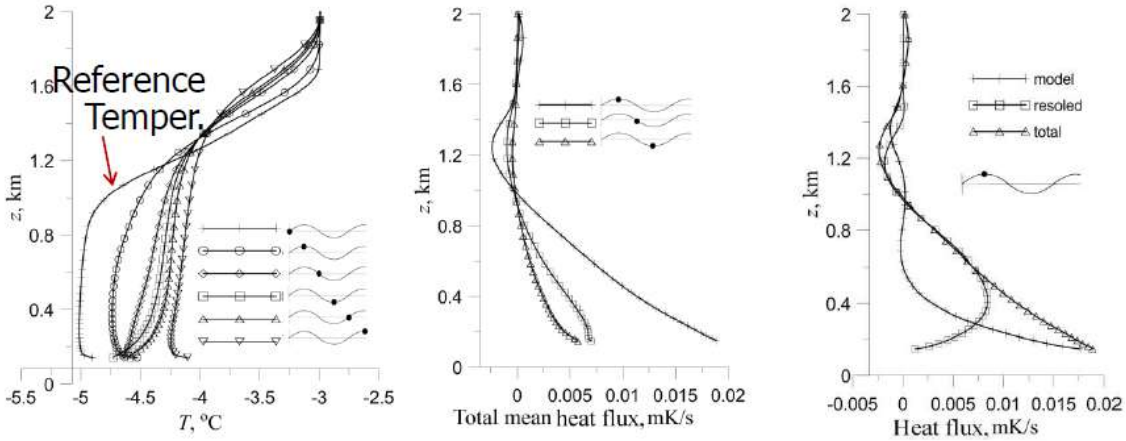


Hrebtov and Hanjalic, 2015/16, Boundary Layer Meteorloogy 2017

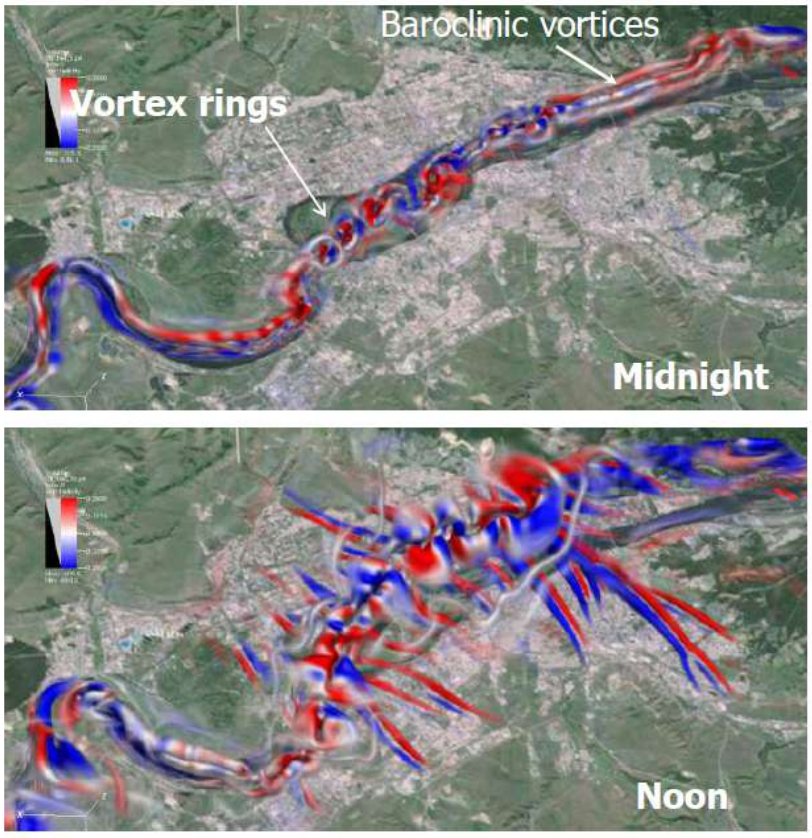
Ground temperature distribution at different diurnal phases

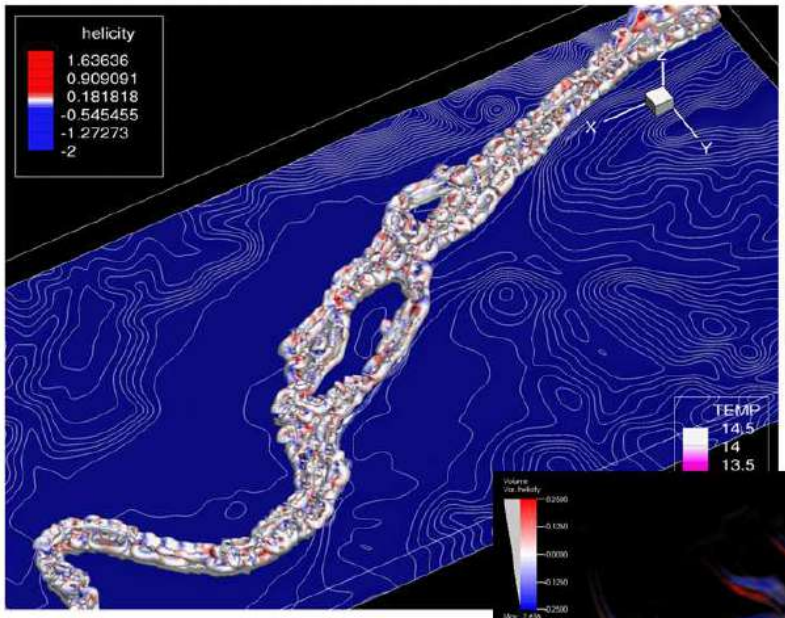


Plane averaged temperature and heat-flux profiles for different diurnal phase



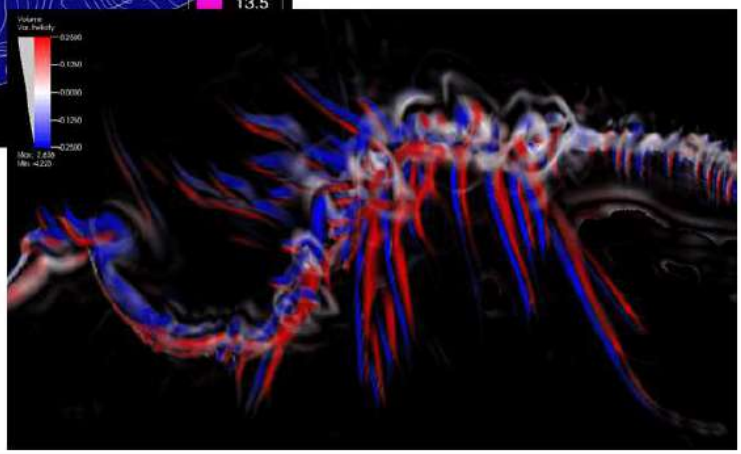
VORTICAL STRUCTURES, Q criterion, coloured by helicity





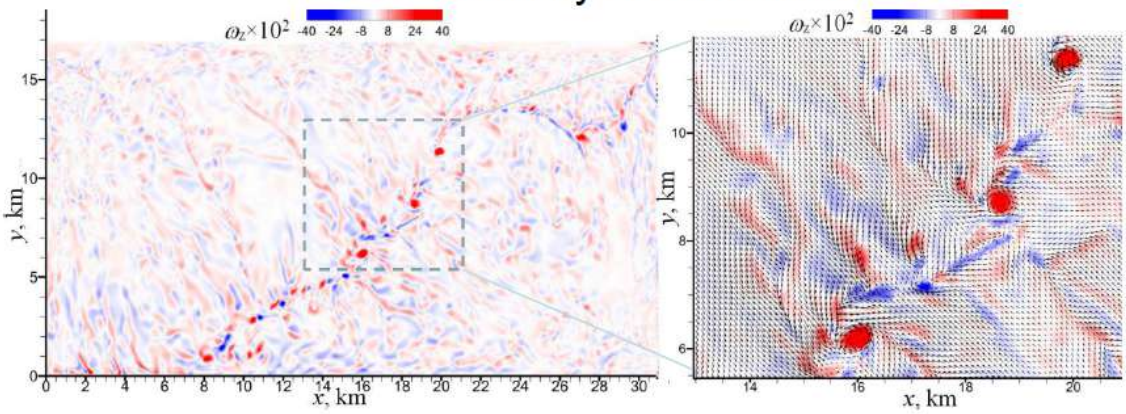
Flow and vortex structure: Diurnal variation

Q criterion, coloured by helicity

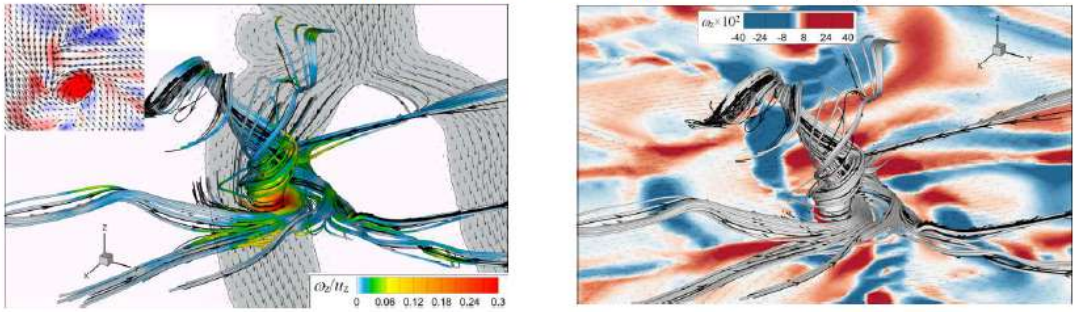


Main activity around the River

Vertical vorticity at 20m altitude



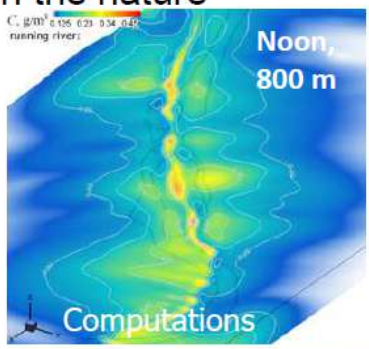
"Steam devil" over the river at 12.00 hr, visualised by streamlines



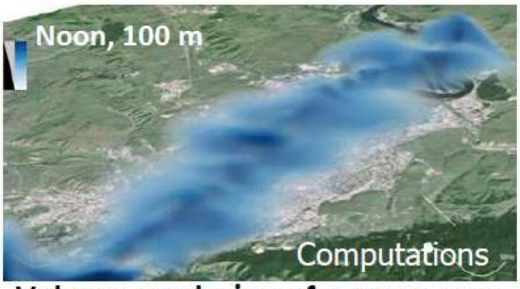
Colours: vertical vorticity at 20 m altitude

Qualitative comparison: the computed water vapour concentration at two elevations and visual fog observations in the nature









Volume rendering of vapour conc.

City of Krasnoyarsk – Pollutant Emission Sources

1. Street traffic

2. Aluminum plant



3. Electric power plants

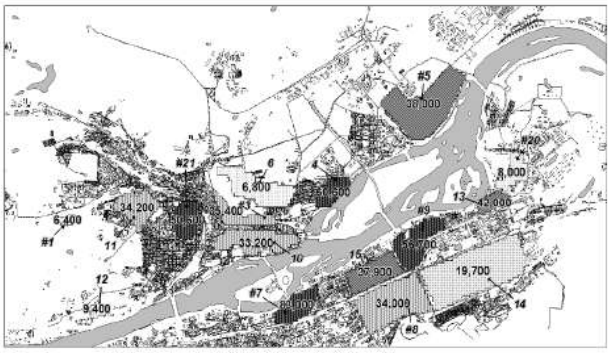


Рис. 2.3. Интенсивность движения автотранспорта на территории г. Красноярска

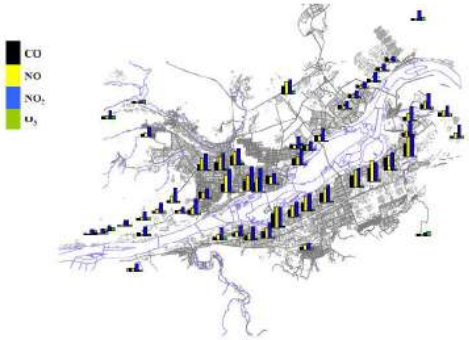
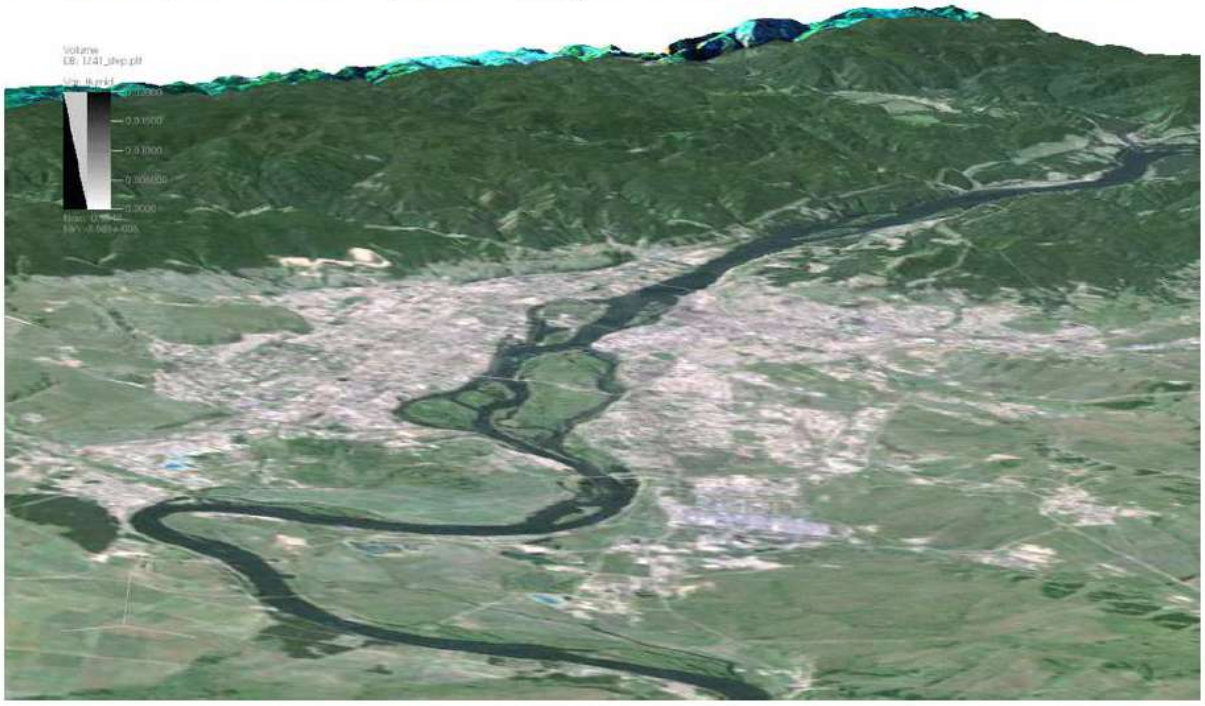


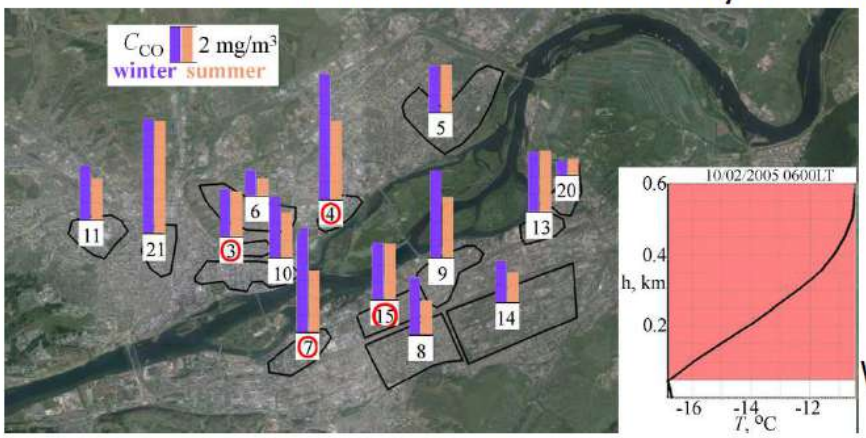
Рис. 2.5. Пространственная динамика автотранспортного загрязнения в 2001 – 2005 гг., в долях ПДКсс

Evolution of pollutant dispersion

Regional plane sources, traffic along main arteries and four points sources



River-Induced Anomalies in Seasonal Variation of Traffic-Emitted CO Distribution over the City of Krasnoyarsk



Hrebtov & Hanjalic, Atmosphere, 2019

Traffic constant over the year. Yet, CO somewhere similar, somewhere different!

Winter morning inversion

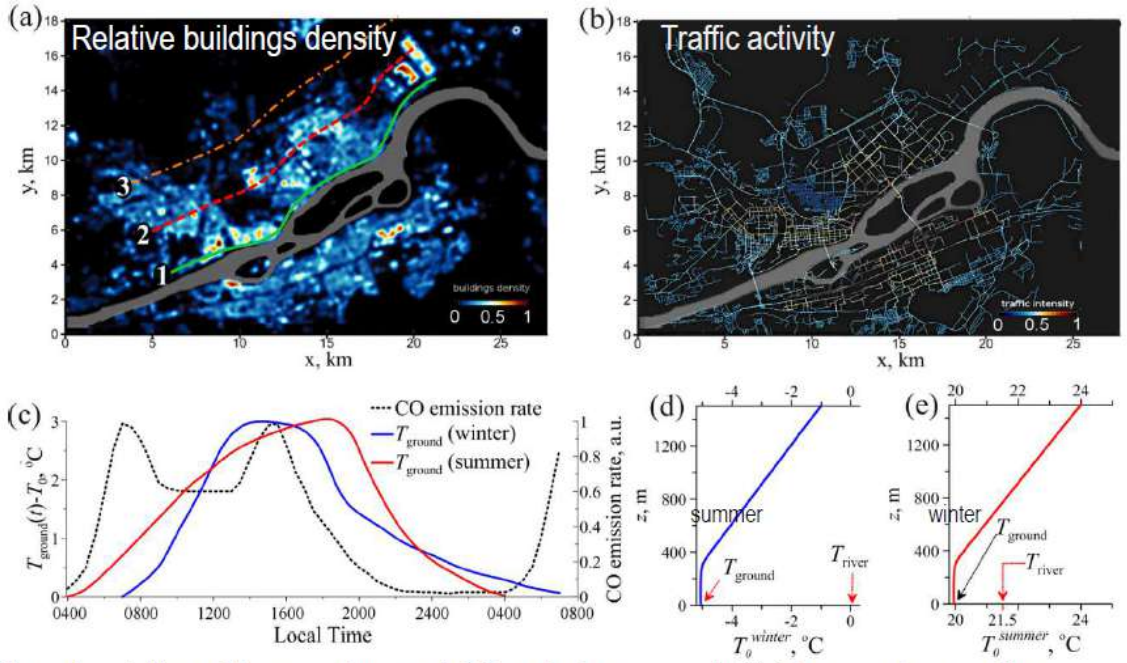
Measured CO concentration at various location in Krasnoyarsk in winter and summer, black lines indicate the measurement zones.



Snapshots of instantaneous CO concentration distribution at 1800 LT.

River-induced seasonal variation of traffic-emitted CO, cont.

Ground boundary conditions for CFD



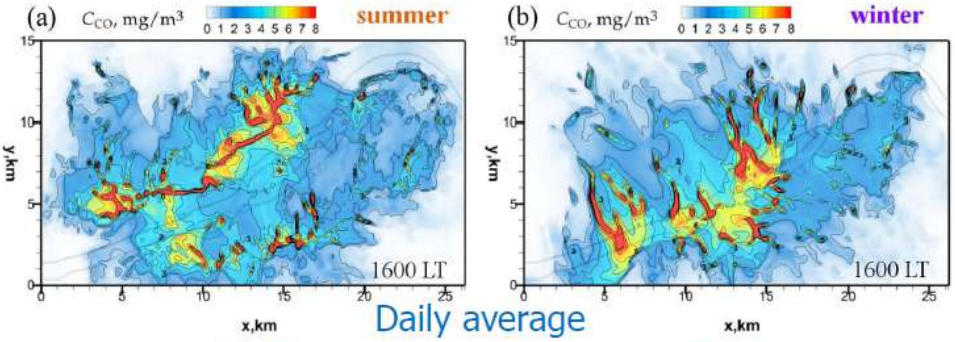
Diurnal variation of temperature and CO emission

Initial temperature profiles

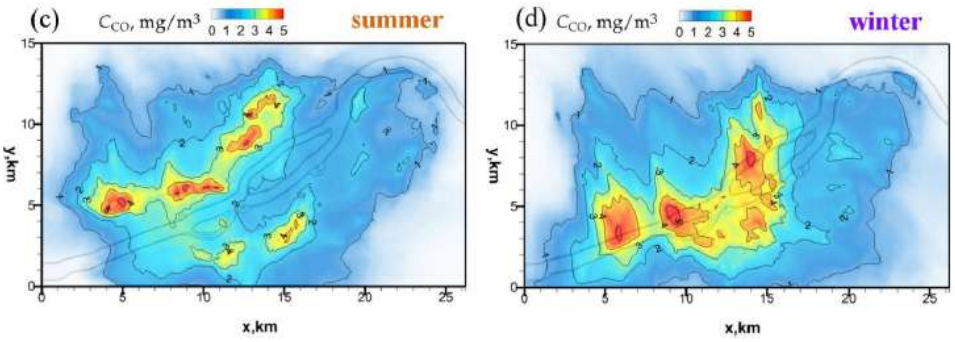
River-induced seasonal variation of traffic-emitted CO, cont.

CO concentration in a horizontal cross-section at 50 m above the ground

Instantaneous 1600 LT

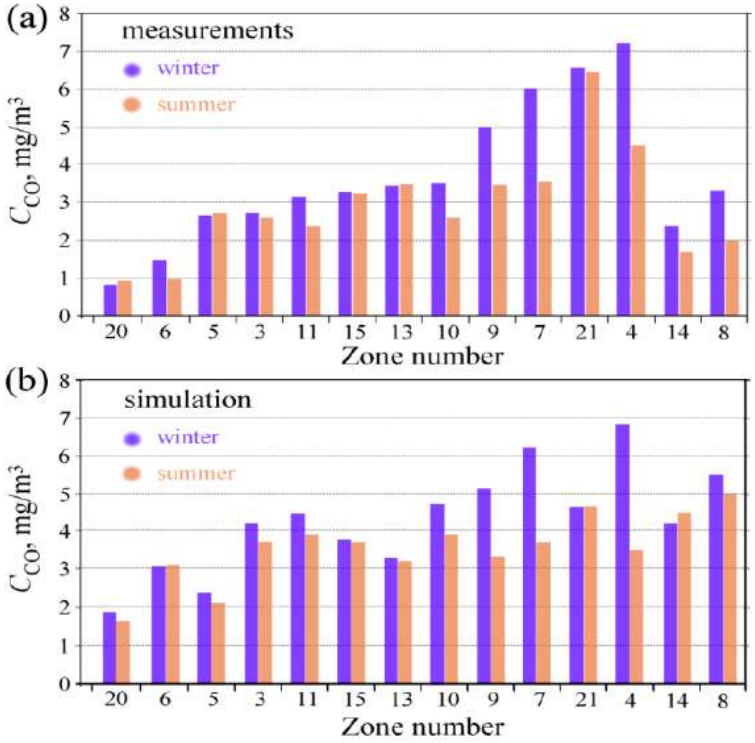


Daily average



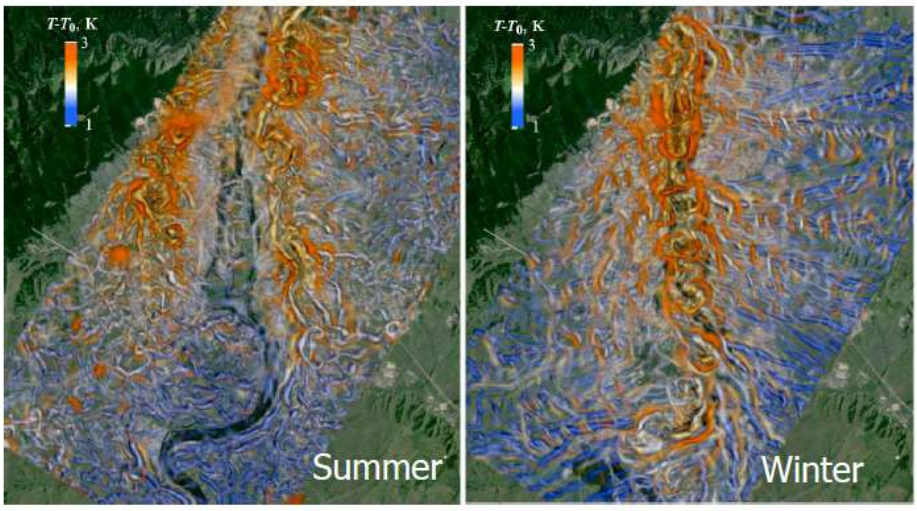
River-induced seasonal variation of traffic-emitted CO, cont.

Comparison of the measured and simulated CO conc.
(daily averaged at 10m hight) at various location



River-induced seasonal variation of traffic-emitted CO, cont.

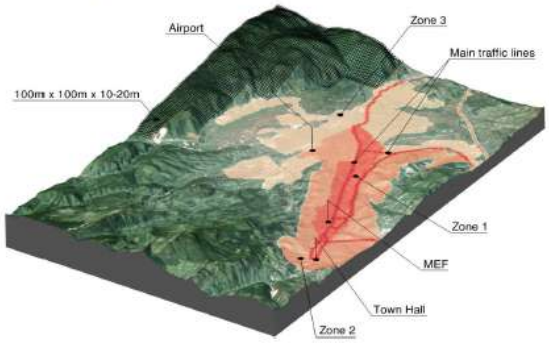
The source/cause of seasonal differences: The RIVER!
(heat island – source in winter, sink in summer).



Instantaneous vortex structure over the city (1600 LT), visualized by the Q-criterion colored by air temperature.

Back to Sarajevo: The Valley and Downtown (Marijin Dvor)

Valley:terain orography and heat islands



Urban canopy and solution domain for Marijin Dvor



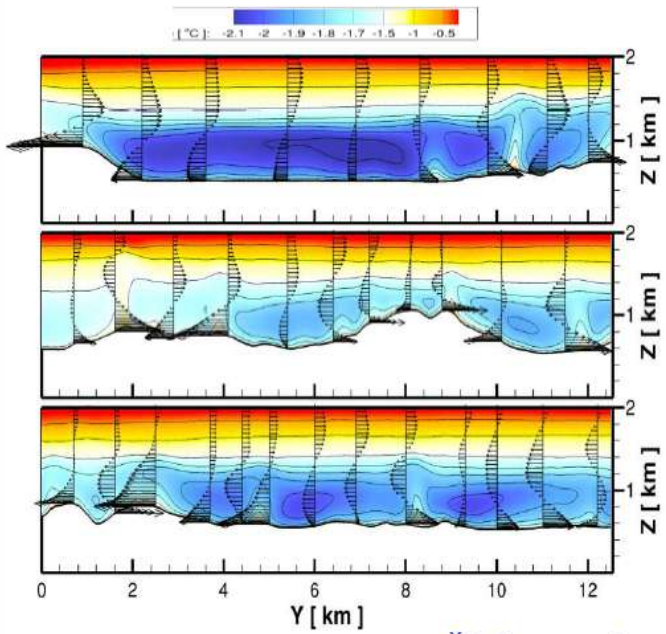




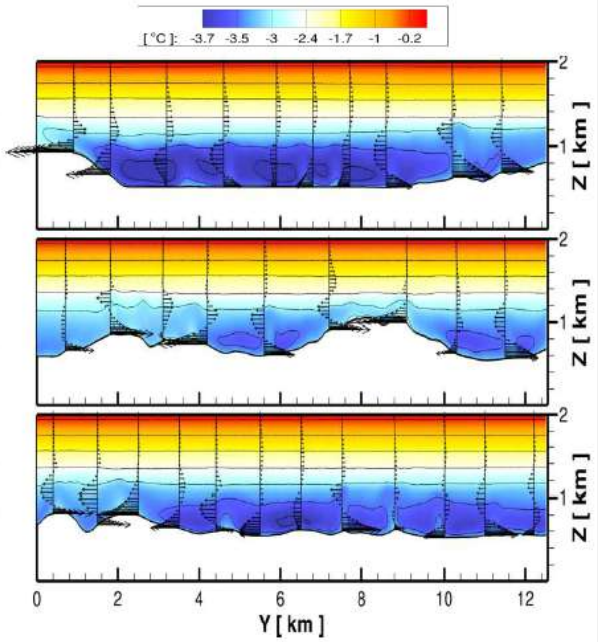
A.Žilić and A. Bevrnja, *MSc theses, MEF, Univ. of Sarajevo 2015*

Sarajevska kotlina: brzina i temperatura u odbranim presjecima

Inverzioni sloj na 800 m

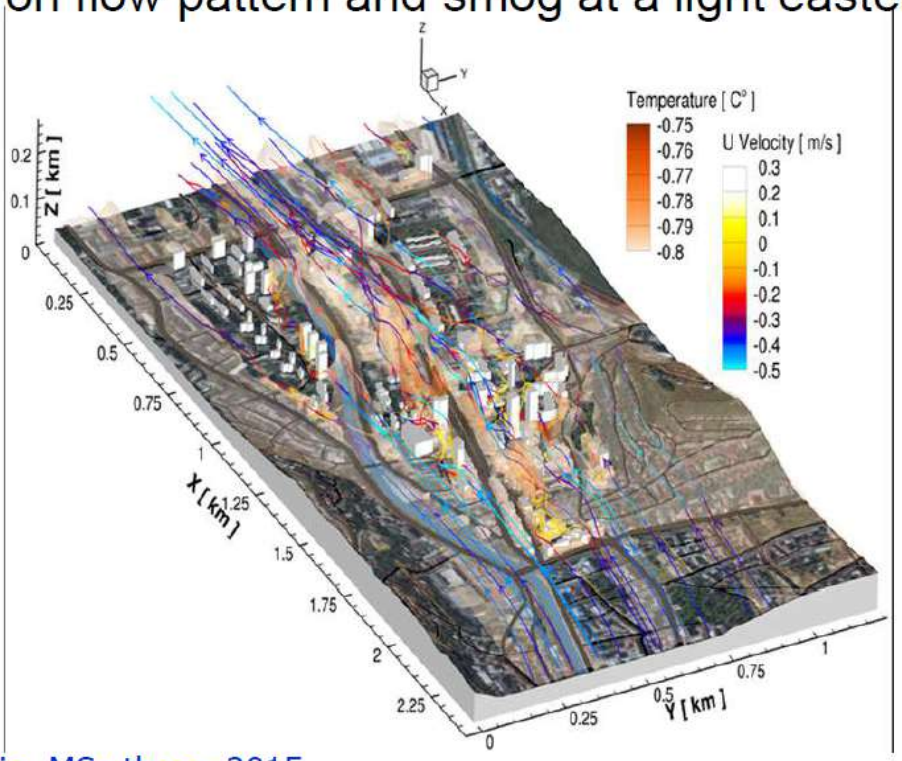


Inverzioni sloj na 400 m



A.Žilić. MSc thess, 2015

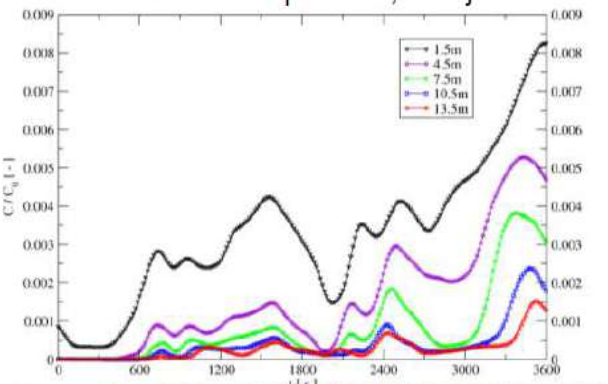
Sarajevo – Centre:
A view on flow pattern and smog at a light easterly wind



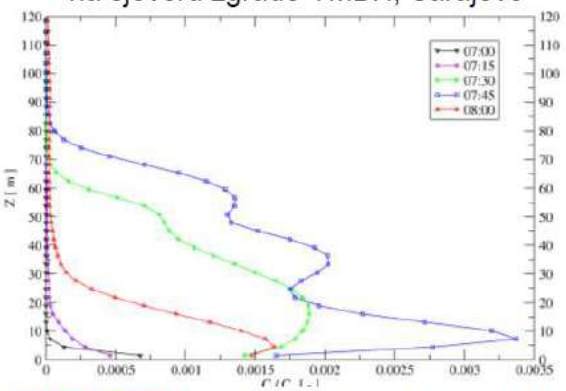
A. Bevrnja. MSc thess, 2015

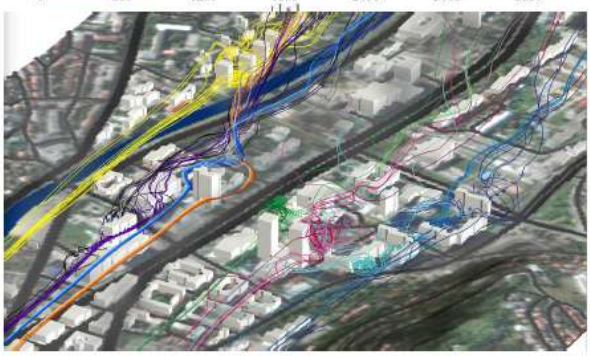
Zakljucak: CFD je moćno, nužno i nezamjenjivo orudje za upravljanje kvalitetom zraka (i voda)!

CFD: vremenski razvoj koncentracije na raznim visinama ispred MF, Sarajevo

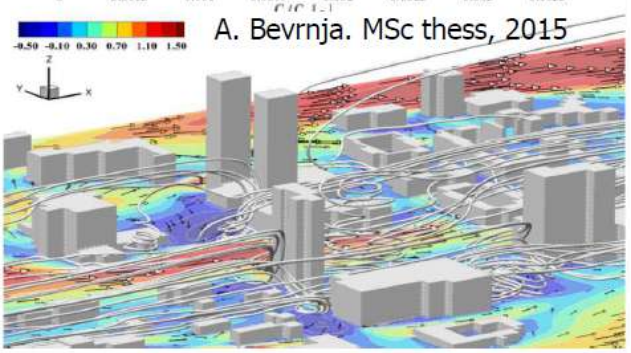


CFD: Vertikalni profili koncentracije na sjeveru zgrade VMBH, Sarajevo





A. Bevrnja. MSc thess, 2015



References

Hrebtov M., Hanjalić K. 2019, River-induced anomalies in seasonal variation of traffic-emitted CO distribution over the City of Krasnoyarsk, *Atmosphere 10 (7), 407 (1-20)*

Hrebtov M., Hanjalic K. 2017, Numerical study of winter diurnal convection over the City of Krasnoyarsk: effects of non-freezing river, undulating fog and steam devils, *Boundary-Layer Meteorology,* 163: 469–495

Hanjalić, K., Hrebtov M. 2016, Ground boundary conditions for thermal convection over horizontal surfaces at high Rayleigh numbers. *J. of Boundary-Layer Meteorology* 160(1)::41-61.

Kenjereš, S., Hanjalić, K., Bevrnja, A., Žilić, A., 2015, Modelling pollutant dispersion over a city in a hilly terrain under nitially stable and neutral stratification.. In: K. Hanjalić et al. (Eds): *Turbulence, Heat and Mass Transfer 8*, Begell House Inc. (New York). 712-722 (full-paper: CD-ROM Proceedings, 14 p.)

Hanjalić, K., Kenjereš, S., 2008, Some developments in turbulence modelling for environmental flows, (Review Paper), *J. of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 96: 1537–1570

Hanjalić, K., Kenjereš, S., 2005, Dynamic simulation of pollutant dispersion over complex urban terrains: a tool for sustainable development, control and management, *Energy,* 30: 1481-1497.

Kenjereš, S., Hanjalić, K., 2002. Combined effects of terrain orography and thermal stratification on pollutant dispersion in a town valley: a T-RANS simulation, *J. of Turbulence,* 1468-5248, 3(26): 1-21

Bevrnja Alija, 2015, **Numeričko modeliranje aerozagađenja u** urbanim kotlinama pri temperaturnoj inverziji: Efekat neuniformnosti temperature tla ("horizontalna konvekcija"), MSc thesis, Mašinski fakultet,, Univ, u Sarajevu.i, BH

Žilić Amir, 2015, Numeričko modeliranje aerozagadjenja u urbanim kotlinama pri temperaturnoj inverziji: *Efekat dnevno-noćne varijacije temperature tla ("diurnalni ciklus"),*, MSc thesis, Mašinski fakultet,, Univ, u Sarajevu.. BH

Hagenzieker Remco, 2006 Numerical simulations of turbulent flows over hills and complex urban areas with dispersion of pollutants, MScrTthesis, Thermal and Fluids Sciences, Faculty of Applied Science, Delft University of Technology. Nl

Krstović Goran, 2001, Combined effects of terrain orography and thermal stratification on pollutant dispersion in a town valley: a T-RANS simulation, Dipl-Ing Graduation Thesis,, Faculty of Mechanical Engineering, Univ. of Sarajevo, 2001.

03

Almir Bajtarević, dipl.inž.maš.
Tvornica cementa Kakanj d.d.
Selima ef. Merdanovića 146
almir.bajtarevic@heidelbergcement.com

Mr. Amna Bajtarević, dipl.inž.maš.
Mašinski fakultet, Univerzitet u Zenici
Fakultetska 1
amna.bajtarevic@mf.unze.ba

Prerada komunalnog i industrijskog otpada kao zamjenskog goriva u industriji cementa

Co- processing of municipal and industrial waste as alternative fuel in cement industry

Sažetak: Problem upravljanja otpadom još uvijek je velik i neriješen problem u Bosni i Hercegovini. Odlaganje otpada se vrši na neadekvatan način zahvaljujući nepostojanju ili nepoštivanju zakonske regulative, a to dalje prouzrokuje zagađivanje okoliša i stalnu potencijanu opasnost za stanovništvo. Industrija cementa može doprinijeti rješavanju ovog problema na način da određene selektirane frakcije komunalnog, a pogotovo industrijskog otpada može upotrijebiti kao gorivo u tehnološkom procesu. Istovremeno cijene fosilnih goriva na svjetskom tržištu u stalnom su porastu i taj trend će zadržati u budućnosti. Dodatni problem s kojim se čovječanstvo suočava zbog masovne upotrebe fosilnih goriva su ogromne emisije CO_2 i efekat globalnog zagrijavanja. Zahvaljujući specifičnim uslovima u tehnološkom procesu proizvodnje cementnog klinkera (visoka temperatura i dug proces sagorijevanja), upotreba otpada kao alternativnog goriva nije samo preporučljiva, nego se nameće kao imperativ. Zamjenom fosilnih goriva alternativnim smanjuje se emisja CO_2, NOx i još nekih gasova koji nastaju kao produkti sagorijevanja. Pretvaranje otpada u energiju je efikasno ekološki održivo rješenje za Bosnu i Hercegovinu. U ovom radu prezentirani su rezultati aktivnosti Tvornice cementa Kakanj u implementaciji AF Projekta do kraja 2019. godine, kao i plan za 2020. , te HC Obaveze održivog razvoja do 2030. godine. (SDGs 2030).

Ključne riječi: *Gorivo Iz Otpada (GIO / RDF / SRF)*

Abstract: Waste Management is still a huge unsolved problem in Bosnia and Herzegovina. Disposal often occurs in an uncontrolled way, principally due to a lack or not complying of legislation, and this contributes to environmental pollution and presents health hazards for the communities. The cement industry can make a contribution to solving this problem by taking selected fractions of municipal and especially industrial waste as a fuel. At the same time, energy prices for primary fossil fuels on the world market are rising and there is a trend for further price increasing. An additional problem that humanity faces due to the massive use of fossil fuels is the enormous CO_2 emissions and the effect of global warming. Due to specific conditions in the technological process of cement clinker production (high temperature and long combustion process), the use of waste as an alternative fuel is not only desirable, it is imposed as an imperative. Replacing fossil fuels with alternative once will reduce CO_2, NOx and some other gases as combustion products. Turning waste into energy can thus be considered as an efficient and ecologically sustainable solution for Bosnia and Herzegovina. This paper presents the results of the activities of Kakanj cement Plant in the AF Project implemented until end of 2019 and plan for 2020 and HC Sustainability Commitments 2030 (SDGs 2030).

Key words: *Refuse Derived Fuel (RDF), Solid Recovered Fuel (SRF)*

1. Uvod

Tvornica cementa Kakanj d.d. (KakanjCement) je počela sa radom 1978. godine i vodeći je proizvođač najkvalitetnnijih vrsta cementa u Bosni i Hercegovini. Od 2000. godine privatizirana je od strane HeidelbergCement Group, jednog od vodećih svjetskih proizvođača građevinskih materijala. U više od 40 zemalja širom svijeta HeidelbergCement zapošljava više od 52.000 radnika na više od 2.500 lokacija.Tvornica cementa Kakanj je lider na B&H tržištu sa udjelom od preko 36%.procentima. Među glavnim proizvodima Tvornice cementa Kakanj su visokokvalitetni betoni koji se plasiraju na tržište putem kćerki kompanija TBG Bosna i Hercegovina i TBG Hrvatska.

Cementom iz Tvornice cementa Kakanj su izgrađene hidroelektrane na Drini i Neretvi, zatim sva infrastruktura i borilišta 14. Zimskih Olimpijskih Igara u Sarajevu, te sva dosadašnja infrastruktura na autoputu koridora Vc. Oko 10% godišnje proizvodnje cementa izvozi se na tržište EU (prvenstveno u R. Hrvatsku). U 2018. godini ukupan prihod Tvornice cementa kakanj iznosio je € 35.902.915,- koji je ostvarilo 196 zaposlenih.

2. Analiza problema

2.1 Kontekst političkog razvoja situacije u oblasti upravljanja komunalnim otpadom

Problem upravljanja otpadom još uvijek je velik i neriješen problem u Bosni i Hercegovini. Odlaganje otpada se vrši na neadekvatan način zahvaljujući nepostojanju ili nepoštivanju zakonske regulative, a to dalje prouzrokuje zagađivanje okoliša i stalnu potencijalnu opasnost za stanovništvo. Industrija cementa može doprinijeti rješavanju ovog problema na način da određene selektirane frakcije otpada može upotrijebiti kao gorivo u tehnološkom procesu. Istovremeno cijene fosilnih goriva na svjetskom tržištu u stalnom su porastu i taj trend će zadržati u budućnosti. Pretvaranje otpada u energiju je efikasno ekološki održivo rješenje. Na primjer, samo u Zeničko-dobojskom kantonu godišnje se producira cca 300 kg otpada po stanovniku. To znači da oko 120.000 t komunalnog potpada nastaje godišnje samo u ovom kantonu.

Odlaganje jedne tone komunalnog otpada na regionalnoj deponiji „Mošćanica“ trenutno košta 27 € + troškovi transporta + PDV. Iako je i ovo preskupo i neprihvatljivo za mnoge općine ovog kantona, neophodno je da dođe do povećanja ovih naknada, jer se jedino iz tako prikupljenih sredstava može financirati dalja prerada otpada i proizvodnja energije iz njega. Implementacijom AF projekta otvara se mogućnost da javna komunalna preduzeća postanu dobavljači sirovine za proizvodnju goriva iz otpada poznatog kao RDF (Refuse Derived Fuel). To otvara nove mogućnosti za razvoj infrastrukture i otvaranje novih radnih mjesta.U federalnoj strategiji upravljanja otpadom[1], Federalno Ministarstvo Okoliša i Turizma (FMOiT) je predvidjelo da se 30% fosilnih goriva u industriji cementa u Bosni i Hercegovini zamijeni gorivom iz otpada. To bi moglo biti ostvareno proizvodnjom RDF-a koji nastaje od komunalnog otpada. To je skupljeni, sortirani, osušeni i samljeveni otpad upotrijebljen kao alternativno gorivo. Nažalost, lokalne zajednice u Bosni i Hercegovini još uvijek ne posjeduju neophodnu infrastrukturu za taj proces.

Zakonska regulativa[2] o termičkom iskorištavanju otpada u Bosni i Hercegovini na snazi je još od 2003. godine. Ključni Zakoni u Federaciji BiH su: Zakon o upravljanju otpadom koji definiše uslove koje je neophodno da ispune operateri koji vrše spaljivanje otpada, zatim Zakon o zaštiti okoliša, koji uspostavlja institut Okolinske dozvole, te Zakon o zaštiti zraka koji definiše dozvoljene emisije u zrak. Ovaj zakonski okvir dozvoljava spaljivanje otpada u velikim industrijskim postrojenjima, ali se veoma slabo provodi. Kada se govori o CO2 emisijama, može se reći da je BiH potpisnica Kyoto Protokola, ali još uvijek nema obavezu da smanjuje emisije CO2.

2.2 Definisanje problema iz perspektive Tvornice cementa Kakanj

Korištenje raznih vrsta otpada kao alternativnih goriva u cementnim pećima je ustaljen proces koji se provodi širom HeidelbergCement Grupacije. Zahvaljujući HC Politici primjene alternativnih sirovina i goriva (AFR Policy), kompanija postiže izuzetne rezultate u uštedi energije i sirovinskih materijala kao nepovratnih prirodnih resursa. HeidelbergCement je sebi zacrtao ciljeve održivosti do 2020. godine, koji su već sada prerasli u HC Obaveze održivosti do 2030 (HC Sustainability Commitments)[3], u skladu sa kojima se na nivou HC Grupacije treba dostići zamjena 30% fosilnih goriva alternativnim. Kako bi se dostigli ovi ciljevi, na nivou HC Grupacije je uspostavljen Strateški plan upotrebe alternativnih goriva (AF Strategic Plan)[4]

Tvornica cementa Kakanj u Zeničko-dobojskom kantonu je jedna od rijetkih tvornica HeidelbergCement Grupacije u Evropi je tek nedavno počela koristiti alternativna goriva u svome proizvodnom procesu. Ne korištenje alternativnih goriva povećava troškove proizvodnje i čini Tvornicu nekonkurentnom na tržištu. Na ovaj način direktno je se može ugroziti više od 200, a indirektno više od 1.000 radnih mjesta u Kaknju i široj društvenoj zajednici. Kako bi se prevazišla ova situacija HeidelbergCement je uspostavio CO2 Master plan za Tvornicu cementa Kakanj, kojim je definisan cilj da Tvornica cementa Kakanj zamijeni 30% fosilnih goriva alternativnim do kraja 2020. godine

Jedna od mogućnosti zamjene fosilnih goriva alternativnim za Tvornicu cementa Kakanj jeste dobijanje RDF-a iz komunalnog i industrijskog otpada, zatim primjena starih automobilskih guma kao i drugih vrsta čvrstog otpada kao alternativnih goriva. Tvornica cementa Kakanj više od 10 godina pokušavala je inicijatirati upotrebu alternativnih goriva, ali je nailazila na prepreke od strane lokalne zajednice, ali i državne administracije. Zbog toga Tvornica cementa Kakanj i dalje razvija dijalog za dalje povećanje povjerenja lokalne zajednice i nevladinog sektora (NVO) pokazujući im sve prednosti upotrebe alternativnih goriva u cementnim pećima. S obzirom na činjenicu da se otpad kao gorivo ne može koristiti direktno sa deponija, potreban je razvoj lokalne infrastrukture za prikupljanje, sortiranje i pripremu otpada za preradu i pretvaranje u gorivo.

2.3 Poslovni interesi i dugoročna održivost

Poslovni interes HeidelbergCement Grupacije je da poveća nivo upotrebe alternativnih goriva u Tvornici cementa Kakanj i na taj način podigne konkurentnost Tvornice na regionalnom tržištu cementa. Kako bi stekla povjerenje nadležnih institucija i lokalne zajednice, Tvornica stalno organizira sve neophodne aktivnosti za podizanje svijesti javnosti o prednostima proizvodnje i upotrebe RDF-a, te mogućim rizicima i načinima njihovog otklanjanja. Osim toga, Tvornica cementa Kakanj je spremna podržati izgradnju potrebne infrastrukture za upravljanje otpadom (nabavka opreme, obuka uposlenika javne komunalne operative i sl.) u općini Kakanj i Zeničko-dobojskom kantonu, kako bi osposobili lokalnu komunalnu operativu za prikupljanje, sortiranje otpada i njegov u pripremu za proizvodnju RDF-a. Na ovaj način (podizanjem svijesti javnosti i uspostavom neophodne infrastrukture), Tvornica cementa Kakanj nadilazi svoj primarni poslovni interes.

Tvornica cementa Kakanj ne može implementirati ovaj projekt samostalno. U tom smislu potrebna joj je podrška kako bi ostvarila bolji pristup relevantnim NVO i lokalnoj samoupravi u procesu uspostavljanja neophodne infrastrukture. Također Tvornica očekuje podršku i od strane državnih institucija u pravcu uspostavljanja kontakata sa lokalnim komunalnim preduzećima kao partnerima u procesu prikupljanja i pripreme otpada za proizvodnju RDF-a.

Za izgradnju povjerenja i edukaciju lokalne i šire društvene zajednice, također je potrebna podrška vladinih, ali i nevladinih organizacija i institucija. To uključuje angažman poznatih i nezavisnih eksperata u raznim informativnim i edukativnim radionicama.

Bosna i Hercegovina još uvijek nema obavezu smanjenja emisija CO2 , ali na ovaj način Tvornica cementa Kakanj može smanjiti emisije stakleničkih plinova čak i prije nego što to postane obaveza i može poslužiti kao model za cijelu zemlju u budućnosti.

Svjetski Poslovni Savjet za Održivi Razvoj – Inicijativa Održivosti u Cementnoj Industriji WBCSD – CSI (World Business Council for Sustainable Development – Cement Sustainability Initiative)[5] ima definisan model za kalkulaciju CO2 emisija iz svih izvora u industriji cementa. Redukcijom upotrebe fosilnih goriva. Povećanjem upotrebe alternativnih goriva na račun fosilnih može se tačno izračunati učinak u smislu smanjenja emisije CO2.

Održivost ovog projekta ogleda se u činjenici da će općina Kakanj i cijeli Zeničko-dobojski kanton, pa i šire uspostaviti i implementirati sistem upravljanja otpadom koji podrazumijeva prikupljanje komunalnog i industrijskog otpada, adekvatnu reciklažu dijela koji se može reciklirati, proizvodnju RDF-a iz dijela koji se može energetski iskorisiti i odlaganje samo ostatka koji se ne može upotrijebiti na drugi način. Na ovaj način smanjit će se lokalne i regionalne deponije otpada, a industrija cementa će moći zamijeniti fosilna goriva alternativnim izvorima energije na duži vremenski period.

Ovo bi moglo rezultirati ponudom dugoročnih ugovora za buduće proizvođače RDF-a.

3. Ciljevi projekta, metodologija za njihovo postizanje i indikatori za njihovo mjerenje

Cilj projekta je: početak upotrebe komunalnog i industrijskog otpada, kao i otpadnih automobilskih guma u procesu proizvodnje u Tvornici cemena Kakanj. Učinak projekta je: smanjenje količina komunalnog otpada na deponijama, redukcija upotrebe fosilnih goriva kao energenta u industriji cementa uz istovremeno smanjenje emisija CO2 i NOx.

Dostizanje ciljeva projekta može biti mjereno pomoću sljedećih indikatora:

1. Da općina Kakanj i okolne općine Zeničko-dobojskog kantona kao i ostale zainteresirane strane imaju ugovor za upotrebu komunalnog otpada u procesu proizvodnje cementa (potpisan Memorandum o razumijevanju između nabrojanih zainteresiranih strana i Tvornice cementa Kakanj uključujući 3-godišnji plan o poticanju korištenja komunalnog i industrijskog otpada, kao i otpadnih automobilskih guma za proizvodnju energije u procesu proizvodnje klinkera).

2. Do kraja 2020. godine 6.000 tona starih automobilskih guma i 20.000 tona komunalnog otpada u Zeničko-dobojskom kantonu treba da bude upotrijebljeno za proizvodnju energije u Tvornici cementa Kakanj.

Uspostavom sistema proizvodnje RDF-a u Bosni i Hercegovini, do 30.000 t prerađenog otpada bi moglo biti upotrijebljeno u Tvornici cementa Kakanj na godišnjem nivou. To bi podrazumjevalo smanjenje emisija CO2 za 30% na godišnjem nivou.

3.1 Kratak opis mjere

Tvornica cementa Kakanj je pokrenula kampanju za prihvatanje ove tehnologije u široj javnosti i dobijanje podrške lokalnih zajednica u Zeničko-dobojskom, Srednjebosanskom i Kantonu Sarajevo (ovaj projekt uključuje i lokalni i kantonalni nivo) i njihovih javnih komunalnih preduzeća da prošire sistem prikupljanja otpada. Nadležne državne institucije će obezbjediti provođenje postojećih zakonskih normi i standarda u vezi proizvodnje RDF-a i ograničenja emisija u zrak. Osim toga, partneri u projektu će uspostaviti organizovanu mrežu lokalnih komunalnih operatera koji će prikupiti i pripremiti čvrsti komunalni otpad kao sirovinu za proizvodnju RDF-a.

Tokom edukacije i podizanja svijesti javnosti, (uključujući okrugle stolove, konferencije, seminare, radionice, aktivnosti sa školama i sl.) korištena su Heidelberg Cement uputstva i vodiči. Sve ovo kako bi osigurali da državne institucija, ali i NVO razumiju kakve mogućnosti u smislu raznih benifita se otvaraju realizacijom ovog projekta. Također, korišteni su i ostali relevantni dokumenti.

3.2 Rezultati

3.2.1 Podizanje svijesti javnosti i kreiranje javno-privatnih mreža

U saradnji sa lokalnim NVO, Tvornica cementa Kakanj stalno podstiče podizanje svijesti lokalne zajednice, uposlenika lokalne samouprave i javne komunalne operative informišući ih o ekonomskim i okolinskim benifitima, kao i mogućim rizicima i njihovim uklanjanjima u procesu upotrebe komunalnog otpada u pećima za proizvodnju klinkera:

Kako bi se osigurala kredibilnost i povjerenje šire javnosti, sve relevantne informacije su dostupne putem tehničkih članaka u lokalnim medijima, širenjem informativnih materijala, održavanjem informativnih seminara, radionica i sl. (uključujući stručnjake sa Univerziteta u Zenici).

3.2.2 Informisanje, Edukacija i Prijenos znanja

Kako bi se osigurala opredjeljenost državnih institucija, za ovaj projekt, organizovan je niz okruglih stolova i diskusija sa lokalnim i državnim relevantnim institucijama za okoliš i njihovom javnom komunalnom operativom koje su vodili eksperti Tvornice cementa Kakanj, ali i renomiranih institucija i univerziteta, a sve u cilju iniciranja dijaloga svih zainteresiranih strana.

Kroz radionice, relevantni lokalni i kantonalni autoriteti su informisani o mogućnostima, konsekvencama i poslovnim šansama vezanim za proizvodnju RDF-a, kao i mogućnostima smanjenja troškova zbog smanjenja količina otpada na deponijama. Također su upoznati sa zahtjevima, ali i tehničkim i okolinskim standardima vezanim za spaljivanje otpada, kao i novim tehnologijama u oblasti monitoringa emisija u zrak.

Federalno Ministarstvo Okoliša i Turizma (FMOiT) koje ima obavezu izdavanja dozvola i kontrole emisija u zrak, je također bilo uključeno u ove radionice.

Uprava i osoblje javnih preduzeća „Vodokom“ Kakanj i „Alba“ Zenica su upoznati sa novim zakonskim zahtjevima iz oblasti upravljanja otpadom (naprimjer u vezi Pravilnika koji zabranjuje tzv. „divlje“ deponije i neregulisano odlaganje otpada). Obzirom da procesiranje otpada u alternativno gorivo osigurava partikularne poslovne šanse za svakog učesnika Tvornica cementa Kakanj će podržati općinska javna komunalna preduzeća da prošire svoje usluge, da identificiraju šanse za finansijsku dobit i osiguraju potrebne tehničke informacije o količinama i sastavu prikupljenog otpada, kao i kontrolu kvaliteta proizvodnje RDF-a.

Očekuje se da Federalno Ministarstvo Okoliša i Turizma pruži podršku u provođenju postojeće zakonske legislative u oblasti upravljanja otpadom, kao i ambalažnim otpadom, ali i u smislu zatvaranja ilegalnih deponija otpada.

3.2.3 Razvoj neophodne infrastrukture za prihvat i doziranje goriva iz otpada

Tvornica cementa Kakanj je izgradila neophodnu infrastrukturu za spaljivanje otpada (prihvat, skladištenje i doziranje RDF-a) Ova važna aktivnost je implementirana od strane Tvornice cementa Kakanj u drugoj polovini 2018. i početkom 2019. godine.

Sistem prikupljanja pojedinih vrsta otpada je započet sa prikupljanjem starih automobilskih guma, kao i otpada iz obližnje kožne i tekstilne industrije, a kasnije će biti proširen i na komunalni otpad.

U prvom koraku Tvornica cementa Kakanj je zamjenila 3% fosilnog goriva (uglja) starim automobilskim gumama u 2015. godini. To je upotrijebljeno kao „pilot“ proces suspaljivanja, kako bi se javnosti demonstrirali pozitivni efekti u smislu redukcije emisija u zrak. U drugom koraku Tvornica cementa Kakanj je organizovala mrežu dobavljača starih automobilskih guma uz plaćanje usluge sakupljanja i transporta (formiranje specifične cijene po toni sakupljenih guma).

Nakon instalacije postrojenja za prihvat i doziranje SRF-a (Solid Recovered Fuel – fina frakcija/derivat RDF-a) Tvornica cementa Kakanj je podigla nivo upotrebe alternativnih goriva na 6% u 2019. godini,

što odgovara količini od cca 1.500 t starih auto guma i cca 1.000 t SRF-a.

Lokalni komunalni operateri "Vodokom" Kakanj i "Alba" Zenica (zajedno sa regionalnom deponijom "Mošćanica") će također biti podržani u procesu sakupljanja, sortiranja i pripreme komunalnog otpada za proizvodnju RDF-a.

Za dalje uspostavljanje infrastrukture za preradu otpada, očekuje se uključivanje lokalnih komunalnih operatera, kao što su regionalna deponija"Mošćanica" , „Vodokom" Kakankj i "Alba" Zenica.

Kako bi se osigurala podrška lokalne i šire društvene zajednice u procesu priprema za proizvodnju RDF-a, izrađena je i Studija za implementaciju proizvodnje RDF-a u lokalnom kontekstu. Na taj način, preporuke za općine, općinske operatere za upravljanje otpadom, regionalne deponije i lokalni privatni sektor o tome kako da koordiniraju i implementiraju logistiku i infrastrukturu za proizvodnju RDF-a su prenesene nabrojanim zainteresiranim stranama. Rezultati ove Studije o šansama i mogućnostima za buduću proizvodnju RDF-a su dostupni relevantnim zainteresiranim stranama. Na ovan način sve zainteresirane strane će imati mogućnost da preduzmu prve korake u smislu saradnje i koordinacije tokom uspostavljanja procesa proizvodnje RDF-a.

3.2.4 Osiguranje znanstvene podrške, monitoring i evaluacija rezultata monitoringa emisija

Saradnja sa Univerzitetom u Zenici osigurava znanstvenu podršku AF Projekta. Ovaj Univerzitet je trenutno u procesu certificiranja postupaka za mjerenje emisija i bit će relevantan za monitoring i diseminaciju rezultata monitoringa emisija u zrak, putem svoga nezavisnog Instituta.

Univerzitet (zajedno sa relevantnim javnim institucijama za monitoring i kontrolu emisija) je provodio i dalje provodi edukaciju i prezentaciju procesa proizvodnje i upotrebe RDF-a kao energenta, kao i prezentaciju rezultata monitoringa emisija u zrak. Rezultati svih analiza su dostupni svim zainteresiranim stranama kako bi se osigurala legitimnost pilot projekta suspaljivanja. Sve relevantne informacije su također dostupne općinskim stručnim službama, njihovim javnim komunalnim preduzećima, nevladinom sektoru, obrazovnim ustanovama, neovisnim stručnjacima itd.

3.3 Prethodne aktivnosti i veze sa drugim projektima

U cilju afirmacije AF projekta, Tvornica cementa Kakanj i Njemačka organizacija GIZ realizovali su projekt: „Prerada komunalnog otpada kao alternativnog goriva u industriji cementa" u periodu od Juna 2015. do Juna 2018. godine.

Partneri u ovom Projektu su bili:

- Mašinski fakultet Univerziteta u Zenici (partner Tvornice cementa Kakanj d.d.)

- REZ Agencija Zenica (Partner GIZ-a).

Tokom realizacije ovog projekta održan je niz radionica, okruglih stolova, konferencija, studijskih putovanja. Izrađeno je nekoliko Strateških dokumenata, Studija, Analiza. Sve je bilo veoma dobro medijski popraćeno. Uključeni su svi nivoi vlasti (od lokalnih, kantonalnih, do federalnih) na području tri kantona: Zeničko-dobojskom, Srednjebosanskom i Kantonu Sarajevo.

3.4 Rizici

Postoji realna mogućnost da se, tokom dužeg vremenskog perioda, ne uspije u izgradnji potrebne infrastrukture za proizvodnju RDF-a kroz lokalne komunalne operatere zbog njihove inertnosti i nespremnosti. Ovaj rizik može biti ublažen naglašavanjem poslovnih šansi koje se za komunalne operatere otvaraju, ako uđu u proces prerade otpada.

Postoji mogućnost da lokalne zajednice (općine) ne budu zainteresirane za saradnju. Ovaj potencijalni problem bi se riješio uključivanjem akademske zajednice, te vladinog i nevladinog sektora u cijeli proces.

Postoji mogućnost da javnost bude protiv upotrebe otpada kao energenta i da vrši pritisak na Tvornicu cementa Kakanj da nastavi sa upotrebom fosilnih goriva kao osnovnih energenata. Kako bi se ovaj rizik ublažio, proces podizanja svijesti javnosti mora biti nastavljen u kontinuitetu i to od strane nezavisnih eksperata, Univerziteta, NVO, a može biti definisan i kao posebni dio Projekta.

Rizik koji se pojavljuje zbog ne postojanja neovisnih laboratorija za kontrolu kvaliteta RDF-a, ublažavat će se tako što će nadležno Ministarstvo i ostale zainteresirane strane biti potpuno uključene i informisane o projektnim aktivnostima. Tvornica Cementa Kakanj je organizovala i opremila vlastitu laboratoriju kako bi se obezbjedile neophodne analize i ekspertize.

Obzirom da trenutno na tržištu BiH ne postoji ni jedan proizvođač RDF-a, Tvornica cementa Kakanj je sklopila ugovore sa dobavljačima iz EU (Italija, Austrija, Slovenija) i uvozi prerađeni otpad (RDF i SRF) iz tih zemalja. Nažalost, naš otpad u Bosni i Hercegovini još uvijek se nalazi na divljim i legalnim deponijama, u koritima rijeka, u šumama, livadama i proplancima. Čak i legalne deponije proizvode probleme za lokalno stanovništvo (primjed RD „Smiljevići“ Sarajevo).

Zbog svega ovoga, nameće se zaključak kako slijedi:

4. Zaključak

Razvoj neophodne infrastrukture i sistema za sortiranje, i pripremu komunalnog otpada za proizvodnju alternativnog goriva, kao i razvoj partnerskih odnosa u ovom procesu, može doprinijeti uspostavljanju procesa pretvaranja otpada u energiju, te održivog integralnog procesa upravljanja otpadom u općini Kakanj i šire. Ovo dalje otvara mogućnost za kreiranje novih radnih mjesta i direktni razvoj lokalne zajednice. Ako se proces proširi na ostale proizvođače cementa ili druge lokalne zajednice, sistem upravljanja otpadom može se unaprijediti širom Bosne i Hercegovine, a na najvišem nivou ovaj projekt doprinosi održivom privrednom razvoju (SDG1)[7]. Osim toga, zamjenom fosilnih goriva alternativnim gorivom dobivenim iz komunalnog otpada, značajno se smanjuju količine otpada na deponijama. Također, upotrebom alternativnih goriva smanjuju se emisije CO2 i NOx, a na najvićem nivou Projekt doprinosti ispunjenju cilja broj 7 (SDG7)[7] iz oblasti ciljeva održivog razvoja. Nadležno ministarstvo će dobiti podršku u provedbi zakonske regulative iz oblasti upravljanja otpadom, čime će se intenzivirati aktivnosti iz oblasti zaštite okoliša relevantne za buduće pristupanje Bosne i Hercegovine Evropskoj Uniji.

Literatura

[1] Federal Waste Management Strategy, the Ministry of Environment and Tourism

[2] The legal framework for the thermal use of waste in Bosnia and Herzegovina - since 2003.

[3] HC Sustainability Commitments 2030

[4] HC Technology Center – AF Strategic Plan

[5] WBCSD – CSI 2009. (World Business Council for Sustainable Development – Cement Sustainability Initiative)

[6] The GIZ-Programme for local self-government and economic development in Bosnia and Herzegovina (ProLocal) – PN 2012 2457.5

[7] UNSDGs 2030 (UN Sustainable Development Goals 2030)



04

Prof. dr. Sanda Midžić Kurtagić
Mašinski fakultet, Univerzitet u Sarajevu
Vilsonovo šetalište 9
midzic@mef.unsa.ba

Mr. Samra Arnaut, dipl.ing. maš.
Enova, Podgaj 14, Sarajevo
samra.arnaut@enova.ba

Mr. Fejsal Ćorović, dipl.ing. maš.
Enova, Podgaj 14, Sarajevo
fejsal.corovic@enova.ba

Utvrđivanje uzroka zagađenosti zraka kroz indikatore pritiska

Determining the cause of air pollution through the pressure indicators

Sažetak: Upravljanje kvalitetom zraka predstavlja jednu od važnih značajki u ostvarivanju ciljeva za smanjenje zagađenosti zraka na lokalnom, državom, ali i regionalnom nivou. U Bosni i Hercegovini monitoring kvaliteta zraka vrši se u 17 gradova, ali uz učestale pojave u prekidima praćenja kvaliteta zraka u nekoliko gradova. U cilju utvrđivanja uzroka zagađenosti zraka, sprovedena je analiza indikatora pritiska za Grad Sarajevo koji mjere pritisak ljudske aktivnosti na životnu sredinu. Analizom su obuhvaćeni indikatori iz oblasti saobraćaja, zgradarstva i industrije, koje su razvili Organizacija za ekonomsku saradnju i razvoj (eng. Organisation for Economic Cooperation and Development - OECD) i Međunarodno vijeće za lokalne ekološke inicijative (eng. Local Governments for Sustainability- ICLEI). Za proračunate indikatore urađena je usporedba sa referentim vrijednostima, podijeljenim u tri raspona vrijednosti koji označavaju loše, dobro i odlično stanje. Rezultati sprovedene analize ukazuju da su najvažniji pritisci na stanje kvalitete zraka kako slijedi: korištenje fosilnih goriva, nedostatak infrastrukture javnog i nemotorizovanog saobraćaja te visok nivo potrošnje energije. Krajnji cilj rada je omogućiti povezivanje rezultata monitoringa kvalitete zraka i indikatora pritiska što rezultira utvrđivanju izvora zagađenosti i omogućava kreiranje politike za ublažavanje negativnih utjecaja.

Ključne riječi: *kvalitet zraka, indikatori pritisaka, DPSIR*

Abstract: Air quality management is one of the important features in achieving the goals of reducing air pollution at the local, state and regional level. In Bosnia and Herzegovina, air quality monitoring is done in 17 cities, but with frequent occurrences of air quality monitoring interruptions in several cities. In order to determine the causes of air pollution, an analysis of pressure indicators for the City of Sarajevo was carried out that measure the pressure of human activity on the environment. The analysis includes indicators in the fields of transport, buildings and industry, developed by the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) and the International Council for Local Governance for Sustainability (ICLEI). Further, for the calculated indicators, a comparison was made with the benchmarks, divided into three ranges of values indicating poor, good and excellent condition. The results of the analysis indicate that the most important pressures on air quality are as follows: fossil fuel use, lack of public and non-motorized transport infrastructure, and high energy consumption. The main goal of the paper is to enable the integration of air quality monitoring results and pressure indicators, which results in the identification of pollution sources and enables the creation of policies to mitigate negative impacts.

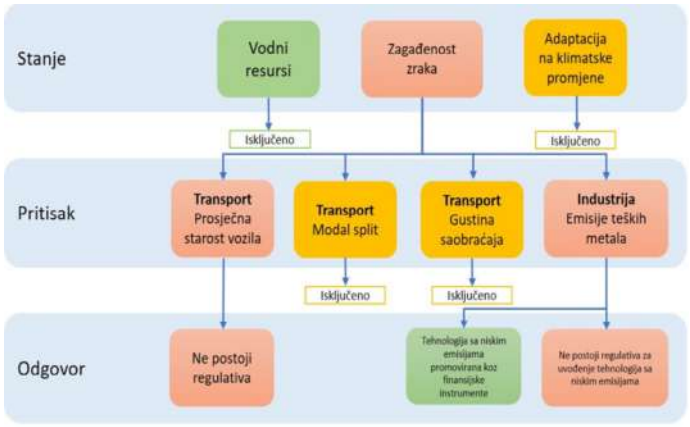
Key words: *air quality, pressure indicators, DPSIR*

1. Uvod

U Bosni i Hercegovini, metode praćenja stanja okoliša, ne uključuju podatke za proračun indikatora pritiska, iako su uloženi napori u određenoj mjeri za unapređenje informacionog sistema i harmoniziranje prikupljenih podataka. Indikatorski pristup analizi stanja i uzročno-posljedičnim vezama, ima za cilj jednostavnu razmjenu informacija te njihovo korištenje u procesu planiranja i razvoja sektora okoliša. Pravilno identificirani indikatori mogu ukazati na ključne razvojne trendove, ali i pomoći pri utvrđivanju uzroka nastanka zagađenosti zraka. Prvi Izvještaj o stanju okoliša u BiH (Izvještaj), izrađen je 2012. godine, a utemeljen je na velikom broju podataka koji su prikupljeni od ključnih institucija koje se bave nadziranjem i zaštitom okoliša na svim nivoima[1]. Pored toga, u izradi je i ažurirana verzija Izvještaja koja je sveobuhvatnija u odnosu na prvu verziju, ali uz niz i dalje prisutnih barijera u prikupljanju podataka. U okviru Izvještaja o stanju okoliša u BiH, analize indikatora su izvršene u međunarodno prihvaćenom okviru za izvješćivanje o stanju okoliša – DPSIR metodologiji. Navedeni metodološki okvir pretpostavlja uzročno-posljedične veze međusobno povezanih komponenti društvenih i ekonomskih sistema te okoliša. Prema Izvještaju, mreža za praćenje kvalitete zraka obuhvata 19 automatskih mjernih stanica u Federaciji Bosne i Hercegovine i 12 u Republici Srpskoj, međutim zbog tehničkih nedostataka nisu aktivne sve mjerne stanice tokom čitave godine. Zagađenost zraka u Bosni i Hercegovini uglavnom potječe od industrijskih aktivnosti, sagorijevanja okolišno neprihvatljivih energenata i saobraćaja. Analize stanja ukazuju na to se rezultati monitoringa kvalitete zraka bilježe, ali se ne vrši se statistička obrada rezultata mjerenja kako bi se utvrdili trendovi povećanja/smanjenja i odredili uzročnici istog.

2. Metodologija

U cilju utvrđivanja uzroka zagađenosti zraka kroz indikatore stanja i pritisaka, izvršena je analiza za Grad Sarajevo, a korišten je metodološki okvir PSR model za zelene gradove, koji su razvili Organizacija za ekonomsku saradnju i razvoj (eng. Organisation for Economic Cooperation and Development - OECD) i Međunarodno vijeće za lokalne ekološke inicijative (eng. Local Governments for Sustainability-ICLEI). Pressure-State-Response (PSR) model temelji se na konceptu uzročnika: ljudske aktivnosti vrše pritisak na okoliš i mijenjaju njegov kvalitet i količinu prirodnih resursa („stanje“). Društvo reagira na te promjene okolišnim, ekonomskim i sektorskim odgovorima („društveni odgovori“). PSR model identifikuje ljudske aktivnosti koje vrše pritisak na gradsko okruženje kategorisano u sljedećih šest sektora: saobraćaj, energetika, zgradarstvo, industrija, voda, čvrsti otpad i korištenje zemljišta.



Slika 1: Prikaz metodološkog PSR modela[2]

1 *Izvještaj o stanju okoliša u Bosni i Hercegovini, Ministarstvo vanjske trgovine i ekonomskih odnosa Bosne i Hercegovine, 2012.godina*

2 *OECD Environmental Indicators, Development, Measurement and Use, reference paper, OECD 2003*

Za proračunate indikatore stanja i pritisaka, izvršena je usporedba sa referentim vrijednostima, podijeljenim u tri raspona vrijednosti, pri čemu su korištene oznake crveno, žuto i zeleno po načelu semafora na osnovu standardnih referentnih vrijednosti. Označavanje vrijednosti indikatora u skladu sa navedenim sistemom ocijenjivanja omogućava sistematsko poređenje stanja (u smislu okolišnih rezultata) čitavog niza indikatora, koji se porede sa međunarodnim referentnim vrijednostima, pri čemu "zeleno" označava dobro stanje, "žuto" označava srednje dobro stanje, a "crveno" označava loše stanje.[3]

Indikatori označeni crvenom ili žutom bojom predstavljaju osnovu za utvrđivanje izazova, korištenjem pristupa stabla problema. Ovakvim pristupom se osigurava usmjerenost na najhitnije okolišne izazove.

Rezultati analize indikatora stanja i pritisaka

3.1 Zagađenost zraka

Analiza indikatora stanja zagađenosti zraka u Gradu Sarajevo, izvršena je za dva indikatora, prema raspoloživim podacima. Prema rezultatima analize stanja, Grad Sarajevo se suočava sa problematikom zagađenosti zraka, posebno u zimskim mjesecima. Prema godišnjim izvještajima o kvalitetu zraka[4], svestanice za praćenje kvaliteta zraka bilježe značajan porast dnevnih prekoračenja graničnih vrijednosti PM10 (>50 µg/m3) (granična vrijednost u FBiH i EU) što je rezultat sagorijevanja čvrstih energenata (ugalj i ogrjevno drvo). Pored navedenog, Grad Sarajevo je smješten u kotlini okruženoj planinama te je karateristična pojava i temperaturne inverzije pri kojoj zagađen zrak ostaje zarobljen duži vremenski periodu blizini tla. Zagađenost zraka služi kao važan indikator praćenja napretka u ostvarenju održive i zdrave budućnosti, uzimajući u obzir da poboljšanje kvalitete zraka izravan je indikator napretka u politikama i mjerama koje se provode za održivu energiju, potrošnju, urbani razvoj, klimu i infrastrukturu.[5]

Indikatori stanja	Vrijednost
Prosječna godišnja koncentracija PM10	48
Prosječna godišnja koncentracija SO_2	22

Tabela 1. Indikatori stanja zagađenosti zraka

3.2 Adaptacija na klimatske promjene

Ključni razlozi zbog kojih gradovi predstavljaju središte kada je riječ o adaptaciji na klimatske promjene su: kontinuirana urbanizacija i spoznaja da gradovi imaju poseban utjecaj na klimatske promjene kroz visoku gustinu naseljenosti, visoka stopa siromaštva te velike koncentracije materijalnih i kulturnih dobara. Dodatno, društveni, ekonomski i politički procesi, poput neefikasnog upravljanja ili neprilagođenog urbanog dizajna, mogu pogoršati rizike klimatskih promjena.[6] Analizirani indikatori adaptacije na klimatske promjene za Grad Sarajevo, ukazuju na dobro stanje, označeno zelenom bojom u odnosu na referentne vrijednosti potencijala globalnog zagrijavanja, tj.emisija ekvivalenta

3 Zeleni akcioni plan Kantona Sarajevo, Izvještaj o tehničkoj procjeni, Evropska banka za obnovu i razvoj (EBRD), 2019. godine

4 Annual report on air quality in the Federation of Bosnia and Herzegovina", Federal Hydro-meteorological Institute BiH, 2018, 2017 and 2016

5 A statistical note: Proposal for air pollution as an indicator for tracking progress toward SDGs on health (3), energy (7) and cities (11), C Dora, H Adair-Rohan, 2015

6 Climate change and the city: Building capacity for urban adaptation, Progress in Planning, Volume 95, Pages 1-66, Jeremy G.Carter, Gina Cavan, Angela Connelly, Simon Guy, John Handley, Aleksandra Kazmierczak, January 2015

ugljendioksida (CO2e). Od ukupne vrijednosti CO2e, 42.3% je učešće stambenog sektora, 42.2% saobraćaja, a 15.5% odnosi se na industrijske djelatnosti. Analizirani indikatori stanja, CO2 po glavi stanovnika (4.27 t/glavi stanovnika) i CO2 po jedinici BDP-a (0.0005), označeni su "zeleno" što ukazuje na to da su indikatori u zadovoljavajućem rasponu u odnosu na referentne vrijednosti. Kada je riječ o prilagođavanju i otpornosti na klimatske promjene, nije zabilježena opasnost od zemljotresa i suša, a samo manji procenat područja je pod rizikom od poplava. Međutim, bilježi se značajna opasnost od pojave klizišta, antropogenog tipa, izazvana bespravnom gradnjom objekata na neodgovarajućem terenu. Prema rezultatima sprovedene Studije[7], od ukupne površine stambenog prostora, čak 33% domaćinstava je izloženo riziku od klizišta.

Indikatori stanja	Vrijednost
Godišnji ekvivalent emisija CO_2 po glavi stanovnika	4.27 tCO_2/glavi stanovnika
Godišnje emisije CO_2 po jedinici BDP-a	0.0005
Procenat javne infrastrukture pod rizikom	32,7%
Procenat domaćinstava pod rizikom	33%

Tabela 2: Indikatori stanja adaptacije na klimatske promjene

3.3 Sektor saobraćaja

Za sektor saobraćaja, izvršena je analiza ukupno deset indikatora pritiska uz uključenu usporedbu sa usvojenim referentnim vrijednostima. Prema rezultatima sprovedene analize, motorizirana cestovna vozila su među najvećim zagađivačima u Gradu Sarajevu, sa voznim parkom koji čine vozila prosječne starosti 16 godina uz korišteni standard motora EURO4, što u velikoj mjeri doprinosi lošem kvalitetu zraka. Usporedbom sa referentnim vrijednostima ocjene, rezultati ukazuju da je stanje u sektoru saobraćaja uglavnom loše te je neophodno pristupiti sprovođenju mjera koje bi dale doprinos poboljšanju i unapređenju sektora.

Sektor	Indikatori pritiska	Vrijednost
Saobraćaj	Prosječna starost automobila	16 godina
	Procenat vozila sa dizel motorom u ukupnom broju vozila	50%
	Standard motora za vozila	EURO4
	Udio električnih vozila u ukupnom broju putničkih vozila i vozila koja koriste LPG kao gorivo	2%
	Stepen motorizacije (broj vozila/1000 stanovnika)	0,34
	Prosječni broj vozila po domaćinstvu	0,7
	Dužina saobraćajnica namijenjenih isključivo za javni prevoz km	6,04
	Dužina biciklističkih staza (km) /100.000 stanovnika	6,8
	Prosječna brzina kretanja na primarnim prometnicama za vrijeme špice	30 km/h
	Brzina kretanja autobusa gradskog prijevoza na glavnim prometnicama (dnevni prosjek)	24 km/h

Tabela 3: Indikatori pritiska za sektor saobraćaja

7 „Procjena rizika od klizišta i poplava u BiH"

3.5 Sektor energetike

Prema rezultatima indikatora pritiska za sector energetike, koji uključuju analize procenta stanovništva sa pristupom grijanju/hlađenju i električnoj energiji te udjelu obnovljivih izvora energije, udio stanovništva sa zakonito odobrenim priključkom za napajanje električnom energijom iznosi 95% te je indikator označen "zeleno" i predstavlja dobro stanje. Broj prekida u napajanju električnom energijom po potrošaču u 2018. godini bio je 0,5, što ukazuje na "zeleno" stanje. Međutim, kada je riječ o proizvodnji energije za grijanje, proizvedena energija se smatra najvećim uzrokom zagađenosti zraka u Gradu Sarajevo, uzimajući u obzir energetski bilans. Prema posljednjim rezulatima energetskog bilansa Kantona Sarajevo, prirodni gas učestvuje sa 53,2%, od čega 29,7% predstavlja gas koji se koristi u sistemu daljinskog grijanja, a preostali procenat za etažno grijanje. U preostalom energetskom bilansu, ogrjevno drvo učestvuje u 17,5%, lignit 13,05%, ugalj 7,7%, električna energija 6,0%, lož ulje 1,6% i pelet/briket 0,95%.

Sektor	Indikatori pritiska	Vrijednost
Energetika	Udio stanovništva sa pristupom grijanju i hlađenju	23%
	Udio stanovništva sa odobrenim priključkom na elektroenergetsku mrežu	95%
	Godišnji prosjek prekida napajanja električnom energijom godišnje po potrošaču	0,5
	Omjer u ukupnoj količini energije koji se dobiva iz OiE	15%
	kao udio cjelokupne potrošnje u Kantonu u TJ	

Tabela 5: Indikatori pritiska za sektor energetike

3.6 Sektor industrije

Privreda Kantona Sarajevo, odnosno Grada Sarajevo, uglavnom se zasniva na prehrambenoj industriji (mljekarstvo, mesna industrija, pivare, proizvodnja bezalkoholnih pića, pekare), farmaceutskoj, drvoprerađivačkoj industriji (drvene podne obloge, namještaj), kamenolomima, građevinskim preduzećima i u manjoj mjeri metaloprerađivačkoj industriji. U periodu analize indikatora pritiska iz sektora industrije, nisu bili raspoloživi potrebni podaci o potrošnji energije iz navedenih industrijskih preduzeća. Prehrambena i prerađivačka industrija imaju visoku stopu potrošnje energije i potrebno je provesti dodatnu analizu u kontekstu postojećih i potencijalnih budućih mjera intervencije. Kamenolomi, drvna i građevinska industrija su potencijalni izvori emisija čestičnih tvari (PM).

Industrijske aktivnosti rezultiraju emisijama zagađujućih materija u zrak uključujući stakleničke gasove poput ugljen dioksida (CO_2) i zagađujućih materija poput sumpornih oksida (SO_x). Također, uključene su i emisije dušikovih oksida (NO_x), čestica (PM10), nemetanskih volatilnih organskih spojeva (NMVOC) i teških metala, uključujući kadmij, posebno (Cd), olovo (Pb) i živa (Hg). Stoga, izražena je važnost praćenja indikatora iz sektora industrije, što omogućava djelovanje i primjenu mjera koje će omogućiti smanjenje negativnih utjecaja na okoliš i zdravlje ljudi.

4. Zaključci i preporuke

4.1 Zaključci

Analiza indikatora stanja i pritisaka za Grad Sarajevo izvršena je sa glavnim ciljem utvrđivanja uzroka zagađenosti zraka te omogućavanje daljnjeg strateškog planiranja i poduzimanja aktivnosti

za smanjenje zagađenosti zraka. Analiza je provedena za set indikatora iz sektora saobraćaja, zgradarstva, energetike i industrije te rezultati ukazuju na to da je kvalitet zraka pogoršan, naročito tokom zimskog perioda. Pored toga, iako rezultati ukazuju na to da je nivo emisija stakleničkih gasova nizak, visok udio vozila na fosilna goriva, veliki broj vozila prosječne starosti od 16 godina i sa motorima nižih euronormi, visok nivo potrošnje fosilnih goriva za grijanje/hlađenje, nizak udio obnovljivih izvora energije, ukazuje na problem kojem je potreban holistički pristup i rješenja. Identificirani ključni pritisci uključuju prijevozna sredstva na fosilna goriva u cestovnom saobraćaju, ograničenu infrastrukturu za javni i nemotorizirani saobraćaj, grijanje individualnih domaćinstava na fosilna goriva u neefikasnim ložištima te mali procenat domaćinstava koji imaju pristup sistemu daljinskog grijanja/hlađenja. Postojeće politike i mjere u pogledu saobraćaja i energije nisu dovoljne za rješavanje navedenih pritisaka, što doprinosi i trendu porasta u odnosu na preporučene referentne vrijednosti. Kada je riječ o industrijskim aktivnostima, iako nisu dostupni podaci, zaključuje se da privredne djelatnosti kao što su kamenolomi, građevinska industrija, prerada drveta, doprinose većoj koncentraciji čestičnih tvari.

Analiza je sprovedena za jedan grad, kako bi se pokazale mogućnosti korištenja indikatora i metode usporedbe za utvrđivanje uzročnika zagađenosti zraka, u slučaju kada zato nema pouzdanih izmjerenih podataka.

4.2 Preporuke

- Poboljšanje i proširenje održivog i pametnog javnog prevoza u Kantonu Sarajevo.
- Ispunjavanje uslova eko-testa prilikom tehničkog pregleda vozila.
- Utvrđivanje mjera kojima bi se obeshrabrila upotreba privatnih vozila, kao što je određivanje zona bez saobraćaja, povećanje naknada za parking i ograničeno vrijeme parkiranja.
- Uspostavljanje pametne kontrole saobraćaja i centra za regulaciju.
- Podsticanje upotrebe nemotoriziranog saobraćaja proširenjem infrastrukturne mreže za bicikliste, proširenjem mreže bicikala za najam, poboljšanjem pristupačnosti biciklističkih staza.
- Proširenje pješačkih zona-koridora.
- Povećanje udjela obnovljivih izvora energije u energetskom bilansu.
- Poboljšanje energijske efikasnosti privatnih i javnih zgrada kroz obnovu omotača zgrade i poboljšnje sistema grijanja.
- Proširenje i poboljšanje sistema daljinskog grijanja za javne i stambene objekte.
- Osiguranje poticaja za resursno efikasniju i čistiju industrijsku proizvodnju.
- Sprječavanje gradnje, naročito visokih objekata u zonama ventilacijskih koridora.

Literatura

[1] Ministarstvo vanjske trgovine i ekonomskih odnosa Bosne i Hercegovine, Izvještaj o stanju okoliša u Bosni i Hercegovini, 2012. godina.

[2] Evropska banka za obnovu i razvoj (EBRD), Zeleni akcioni plan Kantona Sarajevo, Izvještaj o tehničkoj procjeni, 2019. godina.

[3] OECD Environmental Indicators, Development, Measurement and Use, reference paper, OECD, 2003.

[4] Annual report on air quality in the Federation of Bosnia and Herzegovina", Federal Hydrometeorological Institute BiH, 2018.

[5] A statistical note: Proposal for air pollution as an indicator for tracking progress toward SDGs on health (3), energy (7) and cities (11), C Dora, H Adair- Rohan, 2015.

[6] Climate change and the city: Building capacity for urban adaptation, Progress in Planning, Volume 95, Pages 1-66, Jeremy G.Carter, Gina Cavan, Angela Connelly, Simon Guy, John Handley, Aleksandra Kazmierczak, January 2015.

[7] „Procjene rizika od poplava i klizišta za stambeni sektor u Bosni i Hercegovini“, Institut za hidrotehniku Sarajevo (HEIS), 2015.

[8] Energy consumption and efficiency in buildings: current status and future trends, Journal of Cleaner Production Volume 109, 16, Pages 118-130, A.Allouhia, Y.El Fouiha, T.Kousksoub, A.Jamila, Y.Zeraoulib, Y.Mourada, December 2015. [9] Green Cities Programme Methodology, OECD, ICLEI for EBRD, 2016.



05

Mr. Klas Sander
task team leader
Senior Environmental Economist
The World Bank
Environment and Natural Resource Practice
Ksander@worldbank.org

Upravljanje zagađenjem zraka u BiH
Air pollution management in BiH

Sažetak: Izvještaj se fokusira na zagadjenje zraka lebdećim česticama promjera 2,5 mikrona, tzv. PM 2.5 te predstavlja prvu kvantitatvnu analizu na nivou države o izvorima ove vrste zagađenja. Prosječne godišnje vrijednosti PM 2.5 su često i višestruko iznad vrijednosti koje domaće zakonodavstvo ali i Svjetska zdravstvena organizacija preporučuje. Ovaj izvještaj, koristi najsavremenije svjetske prakse i istraživanja kako bi proračunali smrtnost od bolesti kojima doprinosi izloženost zagađenom zraku. Nadalje izvještaj predstavlja i procjenjene troškove ove vrste zagađenja povezujući Statističku vrijednost života, te predstavlja i brojne pristupe putem kojih bi se problematika zagađenog zraka mogla rješavati, a uključuje strateške, integralne pristupe koji se prilagođavaju području. Prema primjerima iz gradova svijeta, u ovom izvještaju, koriste se kombinacije investicija u povećanje efikasnosti sistema grijanja, poboljšanje energijske efikasnosti domaćinstava putem postavljanja izolacije, poboljšanje energijske efikasnosti i utroška goriva u vozilima, te smanjenje emisija od strane industrijskih postrojenja. Ove vrste investicija treba stimulisati kroz institucionalne i legislativne okvire, koji bi investicije podržali putem ekonomskih podsticaja korisnicima energije kako bi mogli da ostvare potrebne investicije.

Ključne riječi: *zrak, zagađenje, PM 2.5, uticaj na zdravlje, izvori zagađenja, statistička vrijednost života*

Abstract: The Report focuses on air pollution by particulate matter PM 2.5 and presents the first quantitative country-level analyses of apportionment of sources of this pollution. Annual average ambient concentrations of PM2.5 are often multiple times the maximum levels allowed under local standards and the World Health Organization air quality guideline value. The report further uses best available global practices to assess the mortality rates caused by the diseases to which air pollution is a contributing factor, while also estimating the associated costs, based on the Value of Statistical Life (VSL). The report formulates a number of ways in which air pollution can be effectively addressed, and these include strategic, integrated solutions tailored to the specific city/region. Usually tacking air pollution, a showcased in this Report from a number of cities around the world, includes combinations of investments into energy efficient heating systems, enhancing energy efficiency of housing through improved insulation, improving the energy efficiency and fuel management of vehicles, and reducing emissions from power plants and industry are all required. Such investments need to be stimulated through a supportive institutional and policy framework, that also provides economic incentives to energy consumers to make the necessary investments.

Key words: *air, pollution, PM 2.5, health impacts, source apportionment, value of statistical life*

Acknowledgments

This analytical work was conducted by a team led by Yewande Awe (Task Team Leader) and comprised Maja Murisic (GENLC), Esma Kreso (GENEC), Nina Rinnerberger (GENEC), Ian Forde (GHN03), Oznur Oguz Kuntasal (IFC), Michael Brody (GENE2), Elena Strukova (GENEC), Santiago Enriquez (GENDR), Darko Paranos (GHN03), Maja Colovic-Daul, and Paula Posas (GENGE). The extended team included Markus Amann, Jens Borken, Chris Heyes, Janusz Cofala, Gregor Kiesewetter, and Zbigniew Klimont (International Institute for Applied Systems Analysis). The peer reviewers at the Concept stage of the study were Helena Naber, Craig Meisner, and Ernesto Sanchez-Triana. The report benefited from valuable comments by peer reviewers Helena Naber, Craig Meisner, and Gabriela Azuela Elizondo.

The team expresses gratitude to the Government of Bosnia and Herzegovina and several stakeholders who collaborated with the team, including the Ministry of Foreign Trade and Economic Relations of Bosnia and Herzegovina (BiH); the Federation of Bosnia and Herzegovina (FBiH) Ministry of Environment and Tourism; the FBiH Hydro-meteorological Institute; the Republic of Srpska (RS) Ministry of Spatial Planning, Civil Engineering, and Ecology; the RS Hydro-meteorological Institute; and the Canton Sarajevo Ministry of Physical Planning and Environment.

The team thanks the World Bank country management team, including Linda Van Gelder, Emanuel Salinas Munoz, and Simon Ellis, for their guidance and support. The team is also grateful to the Environment Global Practice management team, including Kseniya Lvovsky, Ruxandra Floroiu, Laura Tuck, Karin Kemper, and Benoit Bosquet, for their guidance and support. Grace Aguilar, Linh Nguyen, and Samra Bajramovic are gratefully acknowledged for their administrative support.

Abbreviations and Acronyms

AAP	Ambient Air Pollution
AMHIB	Air Monitoring and Health Impact Baseline
AQI	Air Quality Index
AQM	Air Quality Management
AQP	Air Quality Plan
BC	Black Carbon
BCA	Benefit-Cost Analysis
BCR	Benefit-Cost Ratio
BD	Brčko District
BiH	Bosnia and Herzegovina
BTX	Benzene, Toluene, Xylene
CAFE	Clean Air for Europe
CEA	Country Environmental Analysis
CEM	Continuous Emissions Monitoring
CMB	Chemical Mass Balance
CNG	Compressed Natural Gas
CO	Carbon Monoxide
COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease
DLI	Disbursement-linked Indicator
EAS	Environmental Approximation Strategy
EBRD	European Bank for Reconstruction and Development
EC	European Commission
EEA	European Environment Agency
EIA	Environmental Impact Assessment
EPB	Environmental Protection Bureau
EU	European Union
FBiH	Federation of Bosnia and Herzegovina
FHMI	FBIH Hydro-Meteorological Institute
GAINS	Greenhouse Gas-Air Pollution Interactions and Synergies
HRAPIE	Health Risks of Air Pollution in Europe
IHD	Ischemic Heart Disease
IHME	Institute for Health Metrics and Evaluation
LAP-BD	Law on Air Protection of Brčko District

LAP-FBiH	The Law on Air Protection of the FBiH
LAP-RS	Law on Air Protection of the Republika Srpska
LC	Lung Cancer
LRI	Lower Respiratory Tract Infections
FMOIT	Ministry of Environment and Tourism of the FBiH
MOFTER	Ministry of Foreign Trade and Economic Relations of Bosnia and Herzegovina
MSPCE	Ministry of Spatial Planning, Construction, and Ecology of RS
MTFR	Maximum Technically Feasible Reductions
NGO	Nongovernmental Organization
NH3	Ammonia
NO2	Nitrogen Dioxide
NOx	Nitrogen Oxides
O3	Ozone
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PAF	Population attributable fraction
PAH	Polycyclic Aromatic Hydrocarbons
PforR	Program-for-Results
PM	Particulate Matter
PM10	Particulate Matter with a diameter of 10 micrometers or less
PM2.5	Particulate Matter with a diameter of 2.5 micrometers or less
PMF	Positive Matrix Factorization
PROPER	Program for Pollution Control Evaluation and Rating
PRTR	Pollutant Release and Transfer Register
QA/QC	Quality Assurance and Quality Control
RS	Republika Srpska
RS-HMI	Republic Hydro-Meteorological Institute
SO2	Sulphur Dioxide
TSP	Total Suspended Particulates
VOC	Volatile Organic Compounds
VSL	Value of Statistical Life
WHO	World Health Organization
WTP	Willingness to Pay

Ambient Air Quality in Bosnia and Herzegovina

Cities in Bosnia and Herzegovina (BiH) experience high ambient concentrations of health-damaging fine particulate air pollution in Europe. This report is one in a series of three reports on air quality management in BiH, Kosovo, and North Macedonia. This report examines the nature and magnitude of ambient air pollution (AAP) in BiH. It provides estimates of the health burden, and economic cost associated with the health impacts, of AAP, that is, fine particulate matter ($PM_{2.5}$) in BiH. It also provides an analysis of the impacts of various sources of $PM_{2.5}$ emissions on ambient air quality in BiH at a country level. The institutional and policy framework for air quality management (AQM) in the country is examined, including contributions of other development institutions in supporting BiH's efforts to address air pollution. Furthermore, this report presents experiences of selected countries that have applied different policy, investment, and technical interventions for air pollution, prevention, reduction, and abatement. Finally, it provides recommendations for reducing air pollution in BiH.

BiH and people living in the Balkans and Eastern Europe are typically breathing more toxic particulate air pollution than their neighbors in Western Europe. This is due to fewer air pollution reduction policies and more solid fuel heating and cooking (meaning many more residential wood and coal stoves) in Eastern European and Balkan countries compared to the rest of Europe. Western Europe has mostly moved away from coal-fired power plants (or at least has pledged to reduce coal consumption to meet climate goals), but in the Balkans and in Eastern Europe, they are still widely in use. In fact, the Balkan region is home to many coal and lignite-fired units and to 7 of the 10 most polluting coal-fired power stations in Europe.

Exposure to $PM_{2.5}$ is particularly dangerous to human health because these particles find their way deep into lungs and the bloodstream, resulting in disease and death. Consequently, they can cause serious health effects such as lower respiratory infections; trachea, bronchial, and lung cancer; ischemic heart disease; strokes; and chronic obstructive pulmonary disease (COPD). In addition to causing pain and suffering, premature deaths and illnesses caused by air pollution result in increased health expenditures and labor productivity losses. In BiH, annual average ambient concentrations of $PM_{2.5}$ are often multiple times the maximum levels allowed under BiH's air quality standards (20 µg/m^3) and the World Health Organization (WHO) air quality guideline value (10 µg/m^3).

Health Burden and Economic Cost of Ambient Air Pollution in Bosnia and Herzegovina

This report estimates that about 3,300 people die prematurely every year as a result of exposure to ambient $PM_{2.5}$ air pollution in BiH. About 16 percent of this health burden is carried by Sarajevo and Banja Luka. The death toll is more than double AAP-related mortality in North Macedonia (1,600 deaths) and more than four times the AAP-related mortality in Kosovo (760 deaths). This analysis shows that 9 percent of the total annual mortality in BiH is attributable to air pollution. About 81 percent of the 3,300 AAP- related deaths in BiH are from cardiovascular diseases. The majority of AAP-related mortality occurs in people ages 50 years and older. About 68 percent of ischemic heart disease and 57 percent of strokes caused by AAP occur in people over 70 years of age. Cardiovascular diseases mostly affect people older than 65 years, suggesting that mitigation measures to reduce the health impact of air pollution in BiH should include a focus on this subgroup of the population.

The estimated economic cost associated with mortality from exposure to air pollution in BiH is in the range of US$1–1.8 billion, equivalent to 5.9–10.5 percent of gross domestic product (GDP) in 2016.[1] The economic cost associated with the health damage from AAP in BiH is on average

1 This cost estimate does not include Brčko District (BD).

US$1.38 billion, equivalent to 8.2 percent of GDP in 2016. The Federation of Bosnia and Herzegovina (FBiH) carries 67 percent of the total estimated cost burden, and Republika Srpska (RS) carries the remaining 33 percent. The estimated cost is conservative and does not include the costs associated with hospital stays, cost of illness, and loss of workdays, which would potentially increase the cost estimate if taken into account.

To better understand the health impacts of AAP on its population, BiH needs to strengthen health statistics and harmonize country reporting with international systems of disease classification. Notably, the government could strengthen data collection and reporting on mortality by individual disease or cause, attributable to AAP. This will facilitate ready estimation of health impacts of AAP and strengthen the knowledge and information base for decision making to reduce air pollution. It will also enable the country to assess its progress in reducing premature mortality from AAP. Furthermore, the government should strengthen the health information system countrywide and make it consistent with the International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems. Collection and reporting of data such as bronchitis prevalence for children, COPD in adults, hospital admissions for cardiovascular and respiratory illness, and lost workdays could be strengthened to support analysis of morbidity associated with exposure to AAP. Lastly, the government should develop and strengthen capacity for conducting environmental health risk assessment to analyze health effects associated with stationary emission sources, for example, industrial facilities.

Key Sources of $PM_{2.5}$ Exposure

Source apportionment analysis conducted in this report indicates that at a country level, the residential sector is the largest source of exposure to harmful $PM_{2.5}$ associated with the burning of solid fuels in homes. Further analysis would be needed to better understand the role of other sources and hot spots, which could be more important at the local level. This study provides a first quantitative country-level apportionment of sources of $PM_{2.5}$. Additional sources of exposure to $PM_{2.5}$ include energy, transport, industry, agriculture, and others. Being a country-level study, this report recognizes that contributions of specific sources may vary by geographical area and that pollution may be more localized in hot spots with some sources being more dominant than others. To better understand the source structure at the local level, for example, in a city or urban area, specific source apportionment studies will be needed and require comprehensive and accurate emissions inventories and reliable air quality monitoring data.

The dominant share of $PM_{2.5}$ pollution originates within the geographical boundaries of BiH, which underscores the need for the government to take concerted and committed action to tackle air pollution. The contribution of transboundary sources (about 20 percent) to AAP in the country is considerably less than domestic sources (about 65 percent). The advantage of this is that the country has direct control over the selection, implementation, and timelines for the actions that need to be taken to achieve a significant impact in improving ambient air quality. Collaborative or regional approaches will, however, be needed to address AAP that is imported from neighboring countries.

The analysis points to a clear need to develop a comprehensive and accurate emissions inventory for BiH that covers various sectors and prioritizes the residential sector to improve estimation of emissions and strengthen effectiveness of interventions to reduce AAP. Uncertainties related to activity and fuel use data and use of waste in the residential sector need to be addressed. In the transport sector, uncertainties related to vehicle age and imported used vehicles will also need to be addressed to improve completeness and accuracy of emission inventories.

Notwithstanding the significant health impacts and cost of AAP, monitoring efforts in the country focus primarily on the less harmful PM_{10}. Furthermore, monitoring data have many shortcomings, notably poor levels of completeness of air quality monitoring data. This report found that many

monitoring stations only measure PM_{10}, but there is a need to monitor $PM_{2.5}$ at all stations. The available monitoring data for $PM_{2.5}$ are often incomplete due to many stations not monitoring at all or not consistently monitoring $PM_{2.5}$.

Given the widespread practice of burning solid fuels in homes as well as coal for power generation in BiH, monitoring efforts should be expanded to include the measurement of chemical species and constituents of particulate matter (PM) (for example, elemental carbon, organic carbon, and sulfates), which are associated with combustion processes and have been associated with adverse effects on human health. In addition, monitoring efforts should include measurement of precursors of $PM_{2.5}$ including sulphur dioxide (SO_2), nitrogen oxides (NO_x), ammonia (NH_3), and non-methane volatile organic compounds (NMVOC); black carbon (BC) (a constituent of PM, which also has climate warming properties); and toxic heavy metals such as lead.

$PM_{2.5}$ emissions are not expected to decline markedly under existing policies due to the burning of solid fuel for heating. Using the Greenhouse Gas-Air Pollution Interactions and Synergies (GAINS) model to simulate emission scenarios up to 2030 and generate country-level source apportionments, this study found that if effectively enforced, the existing environmental and air quality policies are expected to deliver a strong decline in the emissions of SO_2 and NO_x but will not have major impacts on primary $PM_{2.5}$ emissions, as current energy projections do not foresee major shifts away from fuelwood combustion in household stoves and boilers. Furthermore, since the contributions from the power sector will decline significantly, the residential sector will remain the dominant $PM_{2.5}$ emission source.

Furthermore, while the existing policies should lower concentrations in large parts of the country to levels around the health-based WHO guideline value, concentrations in urban areas will remain high and in violation of the WHO guideline value. In hot spots, ambient concentrations may exceed WHO guideline values by up to a factor of 3, mainly due to the persistence of fuelwood burning for heating.

While it would be technically feasible through measures in the residential sector to bring ambient $PM_{2.5}$ concentrations in most of the country, including cities below or slightly above the $PM_{2.5}$ guideline value, full implementation of all measures will be challenging and require strong government commitment. Relevant measures would require (a) early compliance of all new household stoves and boilers burning fuelwood with the stringent standards of the Ecodesign Directive of the European Union (EU); (b) replacement of the oldest existing installations; and (c) assurance of adequate quality of fuelwood, through burning of only dry fuelwood and proper storage of fuelwood. Such changes would require strong financial and governance mechanisms for their realization.

Policy and Institutional Aspects of Air Quality Management in Bosnia and Herzegovina

BiH's continued efforts to improve AQM are underscored by programs and projects undertaken both by domestic institutions and with support of external agencies to address air quality and progress in harmonizing country environmental legislation with EU legislation. This progress notwithstanding, the institutional and policy framework for AQM in BiH is characterized by the existence of different legal and planning instruments in each jurisdiction. Environmental legislation was highly harmonized across the FBiH, RS, and BD in the early 2000s, when each of the jurisdictions had adopted similar packages of environmental laws. With each of the entities FBiH, RS, and BD being ultimately responsible for AQM over their territories, this leads to at least duplication of administrative structures that conduct the same line of work.As a result, the country has three separate legal frameworks, organizational structures, and air quality networks.

BiH's constitution does not provide for the establishment of a country-level environmental protection ministry or agency, which is important for effective tackling of air pollution. To improve AQM outcomes at a country level, the Ministry of Foreign Trade and Economic Relations (MOFTER) and the Inter-Entity Coordination Body for the Environment could be strengthened to enhance consolidation and coordination between the FBiH, RS, and BD on air quality issues. Such coordination should be backed by legislation and include priority-setting criteria, clear accountability mechanisms that cover relevant stakeholders across jurisdictions, monitoring and evaluation of outcomes, mechanisms for conflict resolution, and social- learning mechanisms to promote continuous improvement of the coordination. Although time intensive and requiring adequate budgetary and human resources, coordination is logical to effectively tackle air pollution at a country level. With respect to the Inter-Entity Coordination Body for the Environment, legislation in all jurisdictions should be harmonized in their definitions of the function and composition of the body. Some areas where such coordination is needed include (a) establishing a clear institutional mandate for in-country and international reporting of air quality data for the country and (b) data sharing on air quality.

Formal mechanisms of vertical and inter-sectoral coordination are also needed to effectively tackle air pollution at a country level. Although some informal coordination takes place among the organizations responsible for air pollution management in the FBiH, RS, and BD, it is not a substitute for institutional coordination. Vertical coordination, that is, between the constitutional entities and lower levels of government, in all jurisdictions should be reinforced by establishing clear procedures and mechanisms for air quality data sharing and gradually for a broader range of topics such as alignment of strategies and plans, as well as enforcement. Efforts to align legal and policy frameworks at different levels of government should be guided by the shared aspiration to fully transpose the EU acquis. Similarly, inter- sectoral coordination needs to be bolstered, particularly between environmental authorities and other sectors including health as well as transport, industrial, energy, urban development, and agriculture, whose activities affect air quality. Inter-sectoral coordination should include a focus on defining agendas and priorities related to air quality across sectors with inputs from different sectors, development of monitorable and time-bound targets to guide the design and implementation of interventions, and monitoring and evaluation of effectiveness.

In the short term, MOFTER and the Inter-Entity Coordination Body for the Environment could focus efforts on further harmonization of the legal framework across jurisdictions, transposing outstanding air quality-related EU Directives, and filling gaps in legislation. Harmonization should cross all the building blocks of AQM, including the legal and policy frameworks related to air quality monitoring, emissions inventories, and analysis of air pollution, organizational frameworks, public participation, and enforcement. Vertical harmonization of legislation should also take place. With respect to EU Directives, areas that could be addressed by the government include harmonization of timelines for achieving ambient air quality standards for specific pollutants. In addition, the government could focus on full transposition of EU legislation that relates to (a) sulfur content of liquid fuels; (b) the National Emissions Ceilings Directive; (c) control of volatile organic compounds from petrol storage and distribution; (d) petrol vapor recovery during refueling of ore vehicles at service stations; and (e) limit values for industrial emissions for new plants. In addition, development of air quality strategies of each jurisdiction should include formal mechanisms of coordination between the FBiH, RS, and BD to ensure that strategy implementation processes are complementary and synergistic. In addition, legislation on environmental inspections for air pollution sources is lacking and should be developed.

There is a need to scale up the adoption of air quality plans (AQPs) at the local level. The impacts of air pollution are most profoundly experienced at a local level. Government support to local levels of government for the development of AQPs is crucial. While cantons of Sarajevo and Una-Sana have developed plans, it is important to scale up the preparation of AQPs to other cantons and municipalities

in the country. The AQPs should take a comprehensive approach, which includes the development of emissions inventories, reliable air quality monitoring, understanding of the contributions of different sources to local air pollution, understanding of health impacts of air pollution, and identification of economically effective interventions for reducing air pollution. To this end, capacities of cantons and municipalities could be strengthened so that they can develop emissions inventories; obtain reliable time series of air quality monitoring data; and conduct air quality modeling, source apportionment studies, laboratory analyses, health impact analyses, and economic effectiveness analyses of alternative air pollution reduction interventions needed to underpin and inform the design and implementation of AQPs.

BiH should take specific measures to build on the legal framework to reduce pollution from stationary and mobile sources. Some of the specific areas that should be addressed include (a) taking time-bound steps to bring standards for liquid fuel quality, including gasoline, heavy fuel oils, and gas oils, into compliance with EU legislation for the entire country; (b) introducing more stringent standards for solid fuel quality for use in households (the current legislation requires that coal for use in households must have a total sulfur content of less than 2.5 percent by weight and allows municipalities to adopt more stringent standards; by way of comparison, in Ireland coal sold for home heating must have a sulfur content no greater than 0.7 percent by weight); (c) starting with large facilities, closing loopholes that allow stationary sources to operate without the necessary pollution control equipment and in violation of air emissions standards; and (d) building on the country's efforts to introduce measures to restrict imports of vehicles that do not meet Euro 4 standards—additional measures could be taken to revisit and issue country-level regulations establishing mandatory monitoring and inspection programs, to better link the price of annual Eco tests to the emission characteristics (Euro) of the vehicle, which would incentivize vehicle owners to undertake the tests and to replace old vehicles with less polluting ones. Recent consultations by MOFTER on a proposed decision on temporary suspension and reduction of duties on imported new vehicles with a view to promoting imports of new, particularly electric, vehicles should be consolidated and take into account distributional impacts of proposed policy actions.

BiH could expand the menu of instruments for AQM beyond 'command-and-control' instruments. In addition to strengthening the existing 'command-and-control' regulations, the different jurisdictions might consider developing economic instruments that have been used to reduce air pollutant emissions more efficiently and effectively in other countries such as taxes, fees, pollution charges, tradable permits, or pricing policies. In the FBiH, environmental fees and taxes are in use. However, fees for stationary sources could be updated and indexed to avoid erosion by inflation over time. To this end, third-party verification is needed of reported emissions used for computation of fees. For mobile sources, there is a need to better link fees to vehicle use and maintenance, in addition to technology-related parameters currently used to calculate fees. In addition, incentives for people to replace old vehicles with new, cleaner cars should be strengthened. Furthermore, as the government considers the reduction of duties on new imported vehicles, it would be important that adequate incentives are also put in place to discourage importation of old, polluting vehicles. In RS, the government should expedite efforts to establish a system to operationalize the amendments to the environmental protection law adopted in 2017, which introduced the first set of environmental economic instruments. Similarly, opportunities may exist in BD to develop economic instruments, which are currently lacking.

BiH could enhance the efficiency of its environmental funds in supporting air pollution reduction. Both the FBiH and RS have established environmental funds: the Environmental Fund of the FBiH and the Environmental Protection and Energy Efficiency Fund of RS. To strengthen the effectiveness of these funds in addressing air pollution, the respective funds could further improve criteria used for prioritizing and selecting projects or activities to which funds are allocated and enhance transparency related to the allocation of proceeds from fees to specific projects that reduce air pollution. For

example, criteria could be incorporated that target activities that will have the most significant effect on reducing health impacts or the cost of environmental degradation due to air pollution.

There is a need to strengthen agencies with responsibilities for AQM at all levels and provide them with adequate resources. A priority for strengthening AQM consists of building capacity to design and implement AQM policies, including recruiting a higher number of specialized personnel in all agencies responsible for AQM-related tasks. Strengthening institutional capacity to enforce existing air quality standards is a pressing priority. To that end, sustained, higher resource allocation and strong government commitment will be key. In some instances, outsourcing of these functions to specialized firms or research organizations may be more efficient. Technical capacity of existing institutions could be strengthened through partnerships with research centers to conduct applied research, improve local and regional models, and create centers of excellence in the country on AQM.

Putting in place measures to strengthen enforcement of regulations related to AQM, particularly at the local level, is crucial for improving the effectiveness of the government's efforts to tackle air pollution. There is a need to strengthen inspection at the municipal level, increase the number of inspectors, and provide them with training and resources to conduct field investigations. Also, there is a need to build capacity for third-party verification of emissions reported by polluters. Given the prominent role of domestic heating in air pollution, efforts should be made to legally allow for household inspections to be conducted, to further strengthen such inspections, and increase public awareness, targeted to households, on air pollution and low-emission practices for household heating. Tested approaches to reinforcing compliance and enforcement include public disclosure of emitters' environmental compliance, judicial action, and increasing fines and expanding the range of sanctions for noncompliance, potentially including civil, judicial or administrative, as well as criminal enforcement on legal representatives of a polluting body.

Current air quality monitoring efforts can be improved through investments in more robust systems for air quality monitoring, data analysis, data quality control and assurance, data management, and capturing of emission sources. Efforts to establish a reliable air quality monitoring network should prioritize a focus on pollutants that are critical to health and increased geographic and time series coverage, notably of $PM_{2.5}$. In BD, monitoring efforts, which currently focus on total suspended particulates (TSP), could shift toward $PM_{2.5}$, the more scientifically valid health-based indicator of PM. Additional ways to strengthen the current monitoring program include establishing a centralized depository of air quality data collected across the country and building the capacity within the relevant agencies in the FBiH, RS, and BD to carry out modeling and speciation efforts. Given that multiple institutions are involved in operation and maintenance of air quality monitoring networks in the country, it is important to have harmonized methodologies for sampling and analyses and standard operating procedures for operation and maintenance of monitoring stations to improve their operation as well as data quality and completeness. Furthermore, quality assurance and quality control (QA/QC) of data collected or generated at monitoring stations is vital, and there should be official written procedures for formatting, storage, and QA/QC of such data. These procedures should be harmonized across all constitutional entities to facilitate country-level assessments of air quality. Similarly, QA/QC procedures for maintenance and calibration of analytical instruments should be documented and harmonized across the country and include the practice of inter-laboratory calibration. It is recommended that the government sustains momentum on the ongoing efforts to establish a reference laboratory in the country.

Interventions to Reduce Exposure to Ambient Air Pollution

Addressing air pollution effectively in BiH will require policy, institutional, and investment interventions in various sectors, including residential and transport whose activities affect air quality. Some interventions that the government may consider include the following:

- **Residential.**

  The government could develop a large-scale program to substitute traditional stoves with more efficient ones. It could start with implementing a pilot program in the short term. Lessons from such a pilot, and other existing initiatives, could be taken into account to inform the development of a possible large-scale stove replacement program. In many countries, similar programs have been implemented with targeted subsidies for project beneficiaries who cannot afford to pay the full costs of substituting their stoves with cleaner alternatives. An awareness program would help educate the public on the purpose of stove replacement, low-emission stove use, and available resources for households and promote adoption of clean stoves in households. Additional measures such as expanding district heating could be developed over the medium to long term. Selection of interventions such as restrictions on burning of solid fuels in households, increased gas connections, expansion of district heating, and energy efficiency measures such as those contemplated in the Sarajevo Cantonal Environmental Action Plan should be based on analysis of the benefits and costs of alternative interventions. Furthermore, the distributional impacts of alternatives should be well understood to ensure that they do not disproportionately burden poor households.

- **Mobile sources.**

  Despite its apparently small share of pollution, transport is known to be highly locally polluting and should be addressed. Current standards for fuel quality allow high sulfur content up to 350 ppm for diesel and 150 ppm for gasoline compared to the 10 ppm limit on sulfur content required by EU legislation. BiH has taken measures to restrict imports of vehicles that do not meet Euro 4 standard and has recently been consulting introduction of temporary suspension of duties on imported new vehicles, to promote importation of new and electric vehicles. However, if the disincentive to import old, polluting vehicles is not sufficiently strong, it may have limited impact on reducing air pollution. Additional measures that the government could consider include (a) revision of fuel quality standards to make them more stringent; (b) putting in place of additional economic incentives to replace older vehicles with more modern, cleaner vehicles; (c) stricter enforcement of measures to reduce importation of old, polluting vehicles, including the requirement for inspections at the point of entry; (d) putting in place of mandatory monitoring and inspection programs that are strictly enforced; and (e) inclusion of criteria related to vehicle use and maintenance in parameters for ECO tests for vehicles. Further strengthening and expansion of the public transport in urban areas, in particular using environment-friendly vehicles, could additionally help decrease pollution from mobile sources.

- **Stationary sources.**

  Starting with large facilities, there is a need to close loopholes that allow stationary sources to operate without the necessary pollution control equipment and in violation of air emissions standards. The legal framework could be tightened to ensure that the sanctions for facilities operating without a valid environmental permit, and facilities that exceed their approved emissions levels, are clear and commensurate with the damage they cause. In addition, enforcement of sanctions would need to be strengthened. Also, the government could provide financial incentives for smaller industrial undertakings to strengthen AQM. Additional measures that are available to control emissions from stationary sources include setting consumption caps to gradually reduce coal use; incorporating new technologies for desulfurization, denitrification, and dust elimination; setting more stringent emission control standards for coal-fired plants; and setting resource and energy conservation goals targeted at resource-intensive industries. However, it would be important to assess whether the benefits of these interventions would outweigh their costs.

Learning from International Experience in Tackling Air Pollution

Addressing air pollution effectively requires strategic, integrated approaches and solutions that are appropriate to the specific city or geographical context and various actors. A single sector or institution cannot solely undertake the extensive work involved in AQM given its cross-cutting nature. Experiences from other countries that are making progress in tackling air pollution show that an integrated approach is required. By supporting these countries, the World Bank has demonstrated its ability to play an integrative role through bringing together and fostering dialogue between, and engagement of, various country and international stakeholders and supporting crucial analytical work to inform investments and policy and institutional actions for AQM.

The design and implementation of economically effective interventions to successfully reduce air pollution must be underpinned by a sound foundation of analytical work to inform the selection of priorities and interventions and to set realistic and achievable air quality targets. As may be seen from the Peru and Mongolia examples, such analytical work also provides a platform around which various relevant stakeholders, including, among others, the government (across different sectors and different levels of government), think tanks, academia, the private sector, and donor agencies, can engage and come to informed conclusions about possible interventions and implementation of an appropriate air pollution reduction program. The government could consider setting interim air quality targets for ambient air quality concentrations of $PM_{2.5}$ and understanding how various pollution contributors can engage in actions to achieve the set target, as part of a phased approach for bringing ambient $PM_{2.5}$ concentrations down.

Conducting in-depth analytical work is often time intensive and could span several years, requiring adequate budgetary resources. It is recognized that in many contexts, the severity of air pollution and its health impacts as well as public pressure on government and city officials to act may call for interventions in the immediate to short term to reduce air pollution. In such cases, a city could consider applying reasonable interventions and policy options that would help alleviate air pollution in the short term such as restricting pollution from known stationary sources or traffic restrictions. However, such short-term actions are unlikely to be able to effectively reduce air pollution in the long term, in particular where air pollution sources are many and varied, and cannot replace a strategic and integrated approach involving rigorous analytical work and engagement of various relevant stakeholders across different sectors (e.g. environment, energy, transport, economy, agriculture etc.), development partners, academia, and others, to inform design and implementation of economically effective interventions for sustained or long-term air pollution reduction.

BiH, together with neighboring countries, could establish a knowledge platform for collaboration on transboundary air pollution. Although most of the pollution in BiH is from domestic sources, the transboundary contribution is important (at 20 percent). To maximize the synergies between similar or shared air quality-related problems, BiH could consider setting up, together with neighboring Balkan countries, a Balkan Knowledge Platform on transboundary air pollution. The knowledge platform could begin with coordination and knowledge sharing on technical aspects related to transboundary air pollution and gradually broaden the scope to collaboration on measures to address transboundary pollution based on experience and knowledge gained through interaction on the platform.

Benefit-cost analysis should be used to provide an informed basis for prioritizing and selecting interventions to reduce air pollution from different sectors. The interventions for tackling air pollution in different sectors are generally well-known, for example, promoting cleaner fuels, implementing district heating, and introducing transportation interventions. However, it is important that economically effective interventions are selected, which have a benefit-to-cost ratio greater than 1. In other words, the health benefits of an intervention—that is, avoided cost of premature mortality and morbidity—should be greater than the cost of implementing the intervention. It is recognized that such analysis should take into account existing policy and operational constraints that could

foreclose or limit the implementation of certain air pollution reduction interventions.

The experiences of different cities around the globe show that in addition to technical interventions, a menu of instruments, including market-based, economic, and command-and-control instruments, are needed to effectively reduce AAP. Examples from Peru, Mongolia, and China illustrate the types of interventions that have had a strong impact on reducing air pollution, over different time frames, and may provide useful lessons for BiH as it strives to reduce air pollution. Cities in the aforementioned countries have successfully used a variety of instruments in their efforts to reduce air pollution, including market- based instruments, economic instruments, command-and-control instruments, investments in technical interventions, and policy and institutional reforms.

It is important that strategies and interventions to reduce air pollution do not disproportionately burden poor and vulnerable groups of people. Poor people are more likely to drive older, polluting vehicles. Poor people are also more likely to burn cheap and highly polluting fuels for domestic purposes. Therefore, policies that prohibit the use of old, polluting vehicles in favor of newer, clean vehicles could incorporate financial or other suitable incentives for poorer people to comply with the policies. Similarly, programs to promote replacement of polluting stoves with clean, efficient stoves should incorporate incentives that will help low-income households' transition to burning cleaner fuels. It would be important to take into account distributional and social impacts of a ban on coal heating, if implemented, on affected populations in different income groups. Poverty and social impact analysis could be used to understand distributional impacts of policies to reduce air pollution to ensure that the poor and vulnerable are not disadvantaged by actions resulting from those policies.

Several development partners are supporting BiH's efforts to reduce air pollution, and stronger in- country coordination could help optimize this support. The technical assistance of development partners (for example, the World Bank, WHO, U.S. Embassy in Sarajevo, Government of Sweden, Embassy of Switzerland, UN Environment, United Nations Development Programme, and European Bank for Reconstruction and Development [EBRD]) has been instrumental in a number of advances being made in the areas of emissions inventory, monitoring, health impacts, dissemination of data, and abatement measures. Though very valuable, BiH has much work ahead to put in place structures that will allow it to successfully address its highly polluted air. The lack of coordination and harmonization and central authority for AQM is part of the root problem holding the country back in its efforts to address pollution. Without strong coordination, relevant institutions cannot create a policy and enforcement landscape that effectively controls pollution as severe as that in BiH.

There is a need to take stock of the outcomes of development support on air pollution and to identify opportunities where investments and policy and institutional actions can scale up impacts on air quality supported by appropriate financing mechanisms. The work of the abovementioned development partners and others has been instrumental in advancing progress on AQM in BiH. Stocktaking of the outcomes of the ongoing donor-supported activities and identification of opportunities and financing mechanisms should be coordinated among donors and conducted in collaboration with the government. Furthermore, the air pollution problem is significant and cannot be resolved without sustained government commitment combined with targeted policy actions; strong and adequately resourced institutions at all levels of government, particularly at the local level where the impacts are most felt; and sound planning and investments underpinned by rigorous analytical work. Government commitment is needed to ensure that institutions responsible for reducing air pollution are strong and well-staffed, supported by adequate budgetary resources, and are able to undertake sound planning and investments underpinned by requisite analytical work.

Recommendations for Air Quality Management in Bosnia and Herzegovina

The recommendations of this report are summarized in Table ES.1.

Recommendation	Time frame
Legal and policy framework	
Strengthen the legal framework, focusing on specific instruments that reduce pollution from mobile sources, large stationary sources, and district heating.	Short to medium term
Harmonize regulations on sulfur content in liquid fuels at the country level and in compliance with the EU Directive on sulfur content in liquid fuels (1999/32/EC).	Short term
Harmonize timelines for achieving ambient air quality standards for specific pollutants; fully transpose EU legislation that relates to the National Emissions Ceilings Directive, control of volatile organic compounds from petrol storage and distribution, petrol vapor recovery during refueling of ore vehicles at service stations, and limit values for industrial emissions for new plants.	Short to medium term
Adopt and implement legislation on environmental inspections for air pollution sources.	
Strengthen the legal framework by adopting and implementing a menu of air pollution management instruments, including economic and market-based instruments.	Medium term
Introduce more stringent standards for solid fuel quality for use in households.	Short to medium term
Scale up adoption and implementation of local AQPs.	Short to medium term
Air quality, emissions, and health data and analysis	
Strengthen the air quality monitoring network to provide reliable time series data on pollutants, notably $PM_{2.5}$, including clear protocols and procedures to strengthen QA/QC related to monitoring, data analysis, management, and reporting.	Short term
Expand air quality monitoring to include chemical constituents and species of PM such as pollutants including elemental carbon, organic carbon, sulfates, associated with combustion processes; $PM_{2.5}$ precursors including SO_2, NO_x, NH_3, and NMVOC; BC; and metals such as lead.	Short term
Improve meteorological observation for Sarajevo valley area, background monitoring data, and a comprehensive inventory of pollutants to improve air quality modeling.	Short to medium term
Develop an inventory of stationary and mobile air pollution sources prioritizing the residential sector and addressing all pollutants including BC: **(a) Residential.** Strengthen information on solid fuel statistics, burning of waste in the residential sector, typical solid fuel quality, and combustion technology used in the country. **(b) Transport**. Address uncertainties related to vehicle age and imported used vehicles, address all pollutants including BC, and conduct source apportionment analyses in large, densely populated urban centers.	Medium term
Consolidate a centralized and consistent depository of air quality data collected across the country and build the capacity to conduct modeling and speciation efforts.	Medium to long term
Harmonize country health reporting with international systems of disease classification, that is, the International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems.	Short to medium term
Improve collection and reporting of morbidity data by disease and age group.	
Strengthen capacity for conducting health risk assessments for individual industrial facilities.	

Recommendation	Time frame
Reducing pollution from different sectors/sources	
Residential: (a) Implement a pilot program to replace polluting stoves and boilers with more efficient ones, including Ecodesign stoves, and build on lessons learned and experience to date to develop a large-scale program; (b) put in place targeted financial incentives to help poor households adopt clean, efficient stoves; and (c) implement public awareness campaigns to promote stove replacements.	Short to medium term
Where approved local environmental action plans exist that contemplate interventions such as increased gas connections and expansion of district heating, conduct (a) cost-benefit analysis to inform selection of interventions and (b) analysis of distributional impacts of proposed interventions.	Medium to long term
Mobile sources: (a) revision of liquid fuel quality standards to make them more stringent; (b) establishment of additional economic incentives to replace older vehicles with more modern, cleaner vehicles; (c) stricter enforcement of measures to reduce importation of old, polluting vehicles, including requirement for inspections at point of entry; (d) establishment of mandatory monitoring and inspection programs that are strictly enforced; and (e) inclusion of criteria related to vehicle use and maintenance in parameters for ECO tests for vehicles.	Medium to long term
Transboundary: Establish, together with neighboring countries, a technical knowledge platform on transboundary pollution.	Short to medium term
Organizational framework for AQM	
Strengthen capacity of agencies with responsibilities for AQM at the FBiH, RS, and BD levels and provide staffing with requisite expertise and adequate budgetary resources. Areas where staff capacity could be enhanced include source apportionments, inventory development, air quality modeling, and health impact analysis.	Short term
Bolster inter-sectoral coordination, particularly between environmental authorities and other sectors such as health as well as transport, industry, energy, urban development, and agriculture whose activities affect air quality. Include criteria for priority-setting, accountability mechanisms that cover relevant stakeholders, monitoring and evaluation of outcomes, and social-learning mechanisms to promote continuous improvement.	Short to medium term
Strengthen MOFTER and the Inter-Entity Coordination Body for the Environment to facilitate harmonization of legal, policy, and organizational frameworks.	Medium term
Strengthen horizontal and vertical coordination by establishing formal and permanent mechanisms for AQM policy development, implementation, monitoring, and evaluation.	Medium to long term
Establish reference laboratory for country and institute inter-laboratory calibration exercises.	Medium term
Strengthen effectiveness of environmental funds, established in the FBiH and RS, in addressing air pollution, by clarifying and developing criteria for prioritizing and selecting projects or activities to which funds are allocated and enhancing transparency related to the allocation of proceeds from fees to specific projects that reduce air pollution.	
Public participation and stakeholder engagement	
Develop an air quality index (AQI) to disseminate information to the public in a manner that is easily understandable and accessible to diverse audiences and facilitate issuance of health-related air quality alerts, for sensitive population groups and to the population as a whole, when necessary.	Short term

Recommendation	Time frame
Develop public disclosure mechanisms for emissions reporting by operators of facilities.	Medium to long term
Enforcement	
Expand the number of inspectors and provide them with training and resources to conduct field investigations.	Short term
Put in place third-party verification of emissions reported by operators of polluting facilities.	Short to medium term
Put in place regulations to legally allow household inspections.	Short term
Strengthen enforcement by clarifying sanctions for noncompliance, increasing fines, and expanding the range of sanctions, in particular for stationary sources.	Medium term

Table ES.1. Summary of key recommendations on AQM in BiH

06

Dr. Christian Nagl
Umweltbundesamt (Environment Agency Austria)
Spittelauer Lände 5, A-1090 Vienna
christian.nagl@umweltbundesamt.at

Determining the cause of air pollution through the pressure indicators

Abstract: The Ambient Air Quality Directive (AAQD)1 lays down objectives for ambient air quality to protect human health and the environment. In general, the AAQD prescribes methods and criteria for the assessment and management of air quality. This includes limit values for specific air pollutants, as laid down in Annex XI of the AAQD. These limit values should have been complied with from certain dates onwards. Annex XIV of the AAQD introduced several provisions for $PM_{2.5}$. The limit value requires compliance throughout the territory, i.e. both at hotspots and in urban background. The AAQD introduced also the so-called Exposure Concentration Obligation for $PM_{2.5}$ (ECO) and the National Exposure Reduction Target (NERT). Compliance with the ECO and the NERT, respectively, is monitored at specific urban background sites.

The limit values and target values have to be complied with throughout the territory with some exceptions after a certain date, depending on the assessment regime. Once compliance has been achieved, Member States are required to keep levels below the thresholds in all zones and agglomerations.

With regard to the target values, the long-term objectives for certain pollutants and the NERT for $PM_{2.5}$, all appropriate measures (as long as they do not entail disproportionate costs) have to be implemented to reach compliance at specific dates. In the case of limit values and the ECO, cost considerations cannot lead to disregarding measures that would enable the achievement of compliance.

When limit or target values are exceeded, Member States have to establish air quality plans for the zone or agglomeration in non-compliance within two years. Where exceedances occur due to natural sources (Article 20) or due to winter-sanding or winter–salting (Article 21) and compliance is reached after deducing these sources' contribution, Member States do not have to draw up air quality plans.

This paper provides an overview on current good practice examples for air quality plans and measures in the European Union, which are of relevance to Bosnia and Hercegovina.

Key words: *Air quality, air quality management, air quality measures*

1 http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1449504722962&uri=CELEX:32008L0050

Introduction

The European Clean Air policy framework includes Ambient Air Quality Directives, a Directive to limit overall national emissions of certain pollutants as well as source and product related standards.

Ambient Air Quality Directive

The Ambient Air Quality Directive (Dir. 2008/50/EC on ambient air quality and cleaner air for Europe, AAQD)[2] lays down objectives for ambient air quality to protect human health and the environment. In general, the AAQD prescribes methods and criteria for the assessment and management of air quality. This includes limit values for specific air pollutants, as laid down in Annex XI of the AAQD. These limit values should have been complied with from certain dates onwards. Annex XIV of the AAQD introduced several provisions for $PM_{2.5}$. The limit value requires compliance throughout the territory, i.e. both at hotspots and in urban background. The AAQD introduced also the so-called Exposure Concentration Obligation for $PM_{2.5}$ (ECO) and the National Exposure Reduction Target (NERT). Compliance with the ECO and the NERT, respectively, is monitored at specific urban background sites. The so called 4th Daughter Directive (Dir. 2004/107/EC relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air)[3] includes target values for certain heavy metals as well as for polycyclic aromatic hydrocarbons.

Limit values and target values

The limit values and target values have to be complied with throughout the territory with some exceptions after a certain date, depending on the assessment regime. Once compliance has been achieved, Member States are required to keep levels below the thresholds in all zones and agglomerations.

With regard to the target values, the long-term objectives for certain pollutants and NERT for $PM_{2.5}$, all appropriate measures (as long as they do not entail disproportionate costs) have to be implemented to reach compliance at specific dates. In the case of limit values and the ECO, cost considerations cannot lead to disregarding measures that would enable the achievement of compliance.

Air quality plans

When limit or target values are exceeded, Member States have to establish air quality plans for the zone or agglomeration in non-compliance within two years. Where exceedances occur due to natural sources (Article 20 of AAQD) or due to winter-sanding or winter–salting (Article 21 of AAQD) and compliance is reached after deducing these sources' contribution, Member States do not have to draw up air quality plans.

1. Air quality in the european union

Main air quality problems in the European Union still persists for nitrogen dioxide (NO_2), particulate matter (PM_{10}), benzo(a)pyrene) and ozone (O_3) [1].

In addition, at some specific locations thresholds for sulphur dioxide (SO_2) and heavy metals are exceeded.

Therefore, most air quality plans in the European address either PM_{10}, NO_2 or both pollutants.

2 http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1449504722962&uri=CELEX:32008L0050

3 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1581940024176&uri=CELEX:32004L0107

2. Guiding principles

When implementing measures to reduce air pollution, it is in general most efficient to reduce emissions at the polluting source. Examples for such measures are flue gas treatments for power plant or the three-way-catalyst and diesel particle filter for vehicles.

Less efficient are measures to reduce concentrations. Examples for such measures are high stacks or noise barriers.

Least efficient in general are measures to reduce exposure to air pollutants by e.g. relocating either the exposed population or the source of pollution.

Furthermore, it is important to consider and tackle different pollutants together. In addition, cooperation with different authorities, levels and neighbouring communities is crucial for a successful implementation of measures.

Coherent approaches are required between different policies (climate change, transport, energy, noise, quality of life,...) to ensure common datasets and goals. Strong public support is important for implementation of measures, which is supported by coherent public awareness campaigns.

Indicators are important tools to monitor the implementation and the impact of measures.

3. Best practice examples

A lot of information is available about air quality related measures through dedicated platforms, websites, projects and initiatives. Examples are:

- Air implementation pilot [2]
- LIFE projects such as AIRUSE[4] and CLINSH[5]
- European Platform on Sustainable Urban Mobility Plans (Eltis)[6]
- Clean Air Outlook[7] by the European Commission
- Catalogue of measures[8]
- Workshops such as the Saltsjöbaden VI workshop[9] on Clean Air for a Sustainable Future – Goals and Challenges
- Dedicated studies for the European Commission or the European Parliament [3]

3.1 Best practice examples – traffic

Motorized traffic is a major source of air pollution in many cities. To reduce the impact of traffic, a three-step hierarchy should be applied:

1. avoid traffic
2. shift traffic to cleaner modes
3. improve remaining traffic

4 http://airuse.eu/

5 https://www.clinsh.eu/

6 https://www.eltis.org/

7 https://ec.europa.eu/environment/air/clean_air/outlook.htm

8 https://fairmode.jrc.ec.europa.eu/measure-catalogue/

9 http://saltsjobaden6.ivl.se/finalreport.4.14bae12b164a305ba11c38f.html

The most useful approach to achieve this goal are integrated mobility approaches, which include [4]:

1. Public transport
2. Walking and cycling
3. Land use
4. Vehicle technologies
5. Fuel technologies

There are a number of supporting instruments that can foster the shift to integrated mobility planning:

- Low emission zones[10]
- Inspection schemes, import ban for old vehicles
- Congestion charges
- Diesel tax schemes
- Bicycle strategies
- Redistribution of public space (e.g. Paris)
- Tourism strategies (e.g. last mile project[11])
- Parking management
- Public transport
- Integrated urban freight transport

3.2 Best practice examples – domestic heating

PM emissions from domestic heating are often underestimated by the public; nevertheless, heating by biomass and coal is the main source for PM concentrations during winter time in many Central, South-Eastern and Northern European regions. However, data quality of activity data and emission factors is much worse compared to traffic or industrial emissions. Long renewal cycles for heating systems hamper improvements by general renewal of systems. However, improvements of public health have been observed in locations where strict measures were implemented.

Best practice examples to reduce emissions from domestic heating are [5, 6]:

- Awareness campaigns for proper operation of the heating systems
- Improved maintenance and regular inspections by chimney sweepers
- Building renovation to improve energy efficiency
- Ban of solid fuel burning, switch to low or zero emissions technologies (coal burning has e.g. been banned in Dublin, Krakow).

3.3 Best practice examples – industry

In the European Union, the Industrial Emission Directive (Dir. 2010/75/EU on industrial emissions (integrated pollution prevention and control))[12] builds the framework for air emissions from large installations. Due to the long-standing legal requirements, industry does not substantially contribute to air pollution anymore in many parts of Europe[13]. Best practice examples to reduce emissions from

10 see https://www.urbanaccessregulations.eu/ for existing schemes in Europe

11 https://www.interregeurope.eu/lastmile/

12 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1581940287886&uri=CELEX:32010L0075

13 see e.g. https://eppanetwork.eu/regional-workshop-on-industrial-emissions-directive-in-eppa-countries-current-status-new-

industrial sources are:

- Well established permitting procedure within environmental authorities
- Proper permitting procedures are also required for subsequent proper control of installations
- Regular inspections of installations
- Well trained personnel within the environmental authorities
- Polluter pays principle should be established to ensure financing of monitoring and inspection activities.

3.4 Best practice examples – agriculture

Agriculture mainly contributes to regional background PM concentrations by primary PM emissions from open burning and agricultural activities. In addition, agriculture is a major source of ammonia (NH_3), which leads to the formation of secondary PM. Open burning of agricultural residues is a very important source of PM, but is often underestimated and difficult to quantify. NH_3 emissions are stagnant or only slowly declining in many countries in Europe despite the fact, that a reduction of NH_3 emissions is a cost effective measure for reducing urban background PM levels in many regions [7, 8].

Best practice examples to reduce emissions from agriculture are [9]:

- Banning of open burning of agricultural residues (incl. training, enforcement)
- Integrated manure management
- Optimised use of mineral fertilizers

3.5 Best practice examples – construction

Construction activities and especially construction related traffic and diesel machinery are important sources for PM in many cities. Even though diffuse PM emissions are difficult to quantify, a number of best practice examples exist, which have shown to reduce emissions [10]:

- Proper planning during the whole construction process:
  - minimize the use of construction material and ensure high energy efficiency buildings
  - central logistics or large construction sites
  - reuse of material at the site
  - incentives to reduce construction site traffic and distances travelled by trucks
- Proper construction site management including environmental inspection to ensure implementation of requirements
- Requirements for emission standards of machinery and vehicles
- Diesel particle filters for machinery and trucks

3.6 Best practice examples – integrated approaches

Measures to improve air quality are in many cases not only implemented for air quality management but also for:

- Energy
- Climate protection / adaptation
- Transport

- Quality of life
- Public health
- Smart cities

Therefore, strategies for these policy areas should consider the impact on air quality as well and synergies should be identified.

3.7 Best practice examples – awareness raising

A strong public and political support is needed for the implementation of effective measures to improve air quality. Therefore, participation of the public and relevant stakeholders is a key element for success. Public administrations have to lead by example.

New technologies for communication offer new possibilities to reach, inform and engage people.

Examples of awareness raising campaigns are:

- Antwerp citizen science project "curieuze neuzen"[14] to monitor NO_2
- Referendum for the implementation of a congestion charge in Stockholm
- Projects under the EU LIFE programme[15]
- Various public participation projects to develop climate change and adaptation strategies

4. Conclusions and recommendations

- From the successful improvement of air quality in many regions in Europe the following recommendations can be drawn:
- If air quality problems exist for several pollutants these should be considered and tackled together at the administrative level where it is most efficient.
- A coherent and long-term approach is needed and interaction with different policies should be considered during the whole planning process.
- A vast number of good and best practice examples for projects and measures are available throughout Europe on which any air quality planning should be based.
- Good cooperation between different authorities is needed to ensure a swift and efficient planning.
- Important factors for successful development and implementation of air quality plans are communication, awareness raising, and participation of stakeholders during the whole planning process.
- Environmental authorities should lead by example.
- The "polluter pays" principle should be applied.
- The implementation and impact of measures and air quality plans should be monitored with the help of suitable indicators.

14 http://www.curieuzeneuzen.eu/en/, https://curieuzeneuzen.be/

15 https://ec.europa.eu/easme/en/life

Literature

[1] European Environment Agency (2019): Air quality in Europe — 2019 report. EEA Report No 10/2019. European Environment Agency, Luxembourg.

[2] European Environment Agency (2018): Europe's urban air quality — re-assessing implementation challenges in cities. EEA Report No 24/2018, European Environment Agency, Luxembourg.

[3] https://ec.europa.eu/environment/air/clean_air/outlook.htm, https://ec.europa.eu/environment/air/clean_air/review.htm

[4] Nagl, C.; Buxbaum, I.; Böhmer, S.; Ibesich, N. Rivera Mendoza, H. (2018): Air Quality and urban traffic in the EU: best practices and possible solutions. Study for the PETI Committee, PE 604.988, European Parliament, Brussels.

[5] Amann (ed.) (2018): Measures to address air pollution from small combustion sources. February 2, 2018. IIASA, Laxenburg & Umweltbundesamt, Vienna.

[6] United Nations Economic Commission for Europe (2019): Code of good practice for wood-burning and small combustion installations. Prepared by the Task Force on Techno-economic Issues. ECE/EB.AIR/2019/5.

[7] Amann (ed.) (2018): Progress towards the Achievement of the EU's Air Quality and Emissions Objectives. December 10, 2018. IIASA, Laxenburg.

[8] United Nations Economic Commission for Europe (2014): Guidance document on preventing and abating ammonia emissions from agricultural sources. ECE/EB.AIR/120.

[9] Amann (ed.) (2017): Measures to address air pollution from agricultural sources. February 2, 2018. IIASA, Laxenburg.

[10] Querol, X. and Amato, F. (eds.) (2017): Measures to improve urban air quality. airuse project, Barcelona.



07

Dragica Arnautović-Aksić, PhD
Project Coordinator
IMPAQ PROJECT

IMPAQ projekt
IMPAQ project

Sažetak: Projekat IMPAQ finansira Švedska agencija za međunarodni razvoj i saradnju (Sida), a provodi Švedska agencija za zaštitu okoliša (SEPA). Program se provodi u saradnji između različitih institucija, organa i ministarstava BiH, a cilj programa je jačanje kapaciteta nadležnih institucija za bolje upravljanje podacima o kvalitetu zraka i bolji kvalitet zraka u cijeloj zemlji. Projekat će trajati tri godine, od decembra 2018. do decembra 2021. godine. Projektnim aktivnostima će se pojedincima, privrednim subjektima, kreatorima politika i međunarodnoj zajednici osigurati instrumenti potrebni da se promijeni situacija i poboljša kvalitet zraka u BiH.
Ciljevi projekta:
• Uspostavljanje sistema za pohranjivanje, objavljivanje i dostavljanje podataka o kvalitetu zraka osiguranjem prostora i internet stranice za čuvanje podataka u stvarnom vremenu;
• Jačanje kapaciteta laboratorija za provjeru kvaliteta podataka o zraku;
• Uspostavljanje katastra emisija sa ciljem boljeg razumijevanja zagađujućih tvari u zraku;
• Utvrđivanje izvora zagađenja provođenjem analize izvora zagađenja;
• Jačanje postojećeg sistema za regulaciju oblasti okoliša putem edukacije inspektora za okoliš;
• Izrada planova i preporuka za aktivosti na poboljšanju kvaliteta zraka u Sarajevu i Banja Luci;
• Komunikacija tačnih informacija o kvalitetu zraka putem informativnih kampanja.
Projekat će također doprinijeti napretku BiH u naporima da postane članica EU budući da će provođenje mnogih aktivnosti pomoći u ispunjavanju uslova koje je EU postavila za prijem u članstvo.

Ključne riječi: *SEPA projekat*

Abstract: The IMPAQ project is funded by the Swedish International Development Cooperation Agency (Sida) and is being implemented by the Swedish Environmental Protection Agency (SEPA). The program is a partnership between various institutions, authorities and ministries BiH, and aims to strengthen the capacity of relevant institutions to better manage air quality data and to improve air quality throughout the country. The project will last for three years, from December 2018 through December 2021. The project activities will equip individuals, companies, policy makers and the international community with the tools they need to make change and improve air quality in BiH.
Objectives of project:
• Build a system for storing, publicizing and reporting on air quality data by developing a data host and a website for real time data;
• Improve laboratory capacities for verifying air quality data;
• Create emissions inventories to better understand the pollutants in the air;
• Identify sources of air pollution through source apportionment analysis;
• Strengthen the existing system for environmental regulation by providing training for environmental inspectors;
• Develop plans and make recommendations for activities for improving air quality in Sarajevo and Banja Luka;
• Spread accurate information about air quality through information campaigns.
It will also set BiH on a path to becoming an EU member state since many of the activities in this project will help to fulfill requirements for EU approximation.

Key words: *SEPA Project*



08

MSc Senka Mutabdžija Bećirović, BSc
UNDP BiH

Izazovi u održivom korištenju šumske drvne biomase u Bosni i Hercegovini, rezultati projekta "Zapošljavanje i sigurno snabdijevanje energijom korištenjem biomase u Bosni i Hercegovini"

Challenges in the sustainable utilization of wood biomass in Bosnia and Herzegovina, results of the project "Biomass energy for employment and energy security in Bosnia and Herzegovina"

Sažetak: Održivim korištenjem šumske drvne biomase ostvaruju se brojne okolinske, ekonomske i socijalne koristi. Za ostvarenje ovih koristi, nephodno je osigurati uslove regulisanog i kontrolisanog korištenja šumskog potencijala, u okviru kojih je drvna biomasa obnovljivi izvor energije.
Šumska drvna biomasa predstavlja važan obnovljivi izvor energije za ispunjenje preuzetih obaveza Bosne i Hercegovine u energetskoj tranziciji. Projekat "Zapošljavanje i sigurno snabdijevanje energijom korištenjem biomase u Bosni i Hercegovini", koji finansira Češka Republika, a implementira Razvojni program Ujedinjenih nacija u Bosni i Hercegovini, provedbom seta aktivnosti usmjerenih na razvoj politika, unapređenje dostupnosti i kvaliteta šumske drvne biomase kao energenta i kreiranje poslovnih modela za infrastrukturne projekte iz ove oblasti nastoji doprinijeti unapređenju okvira za odživo korištenje šumske drvne biomase.

Ključne riječi: *šumska drvna biomasa, održivo korištenje, rezultati Projekta*

Abstract: For the environmental, economic and social benefits deriving from the use of wood biomass to be utilized in its full potential, it is necessary to ensure the conditions of regulated and controlled use of forest potential. In such conditions, forest biomass can be characterized as renewable energy source.
Wood biomass represents an important renewable energy source for Bosnia and Herzegovina to comply with the obligations imposed through the energy transition. Through implementation of activities aimed at policy development, increment of wood biomass availability and quality and development of business models for infrastructure projects, „Biomass Energy for Employment and Energy Security" project, funded by the Czech Republic and implemented by the United Nations Development Programme in BiH strives to contribute to the improvement of framework for sustainable wood biomass utilization.

Key words: *wood biomass, sustainable utilization, Project results*

1. Uvod

Od 2009. godine, portfolio projekata UNDP-a u oblasti energije i okoliša u BiH uključuje nekoliko projekata koji doprinose održivom razvoju i korištenju prirodnih resursa.

Projekat „Zapošljavanje i sigurno snabdijevanje energijom korištenjem biomase u BiH“, koji finansira Češka Republika, ima za cilj dugoročno smanjenje emisija CO_2 i poboljšanje životnog standarda stanovništva poticanjem održivog korištenja drvne biomase, uspostavljanjem tržišnog lanca vrijednosti i podizanjem nivoa svijesti stanovništva o prednostima korištenja ovog energenta. Projekat se implementira u uskoj saradnji sa predstavnicima Ministarstva vanjske trgovine i ekonomskih odnosa BiH, Ambasade Republike Češke u BiH, Federalnog ministarstva poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva, Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srpske i Vlade Brčko Distrikta.

Projektne aktivnosti su grupisane u tri komponente: 1) razvoj politika za održivo korištenje drvne biomase; 2) unapređenje dostupnosti i kvalitete drvne biomase kao energenta za potrebe grijanja i 3) kreiranje poslovnih modela i finansijskih mehanizama za ulaganja u infrastrukturne projekte drvne biomase/provedba pilot projekata.

Projekat je u završnoj fazi implementacije. U proteklom periodu finalizirana je analiza institucionalnog, strateškog i legislativnog okvira u oblasti šumarstva i energetike, održan niz obuka za predstavnike institucija, privatnog sektora i lokalnih zajednica u segmentu drvne biomase, mapirani potencijali biomase za proizvodnju energije, uspostavljen Inovativni centar za drvnu biomasu, instalirani sistemi grijanja u vrtićima u Ljubuškom i Novom Travniku, realizovane aktivnosti podizanja svijesti stanovništva o potencijalima drvne biomase te pripremljena analiza mehanizama upravljanja šumama sa ciljem povećanja korištenja drvne biomase za proizvodnju energije u BiH. U fazi finalizacije je „Vodič za održivo korištenje šumse drvne biomase za proizvodnju energije u Bosni i Hercegovini“.

Projekat je direktno povezan sa ciljem održivog razvoja 7 (Pristupačna energija iz čistih izvora), njegovim potciljem 7.2 (do 2030. godine značajno povećati udio obnovljivih izvora energije u globalnom energetskom miksu). Projekat također doprinosi postizanju cilja 13 (Očuvanje klime) s obzirom na to da odgovorno i održivo upravljanje šumama, koje uključuje i održivo korištenje potencijala drvne biomase, predstavlja jedan od načina za prilagođavanje na klimatske promjene. Projekat je povezan i sa ciljem 15 (Očuvanje života na Zemlji), jer se odnosi na održivo upravljanje šumama kao dominantnim kopnenim ekosistemima u BiH.

2. Rezultati projekta “Zapošljavanje i sigurno snabdijevanje energijom korištenjem biomase u BiH”

Održiva proizvodnja energije na šumsku drvnu biomasu podrazumijeva usku saradnju sektora uključenih u njen lanac snabdijevanja. Jedino se uz uvažavanje uloge svakog člana lanca snabdijevanja šumskom drvnom biomasom može osigurati njeno održivo korištenje. U kontekstu BiH, relevantni sektori u ovom procesu su šumarski, drvo-prerađivački, energetski, poljoprivredni, sektor ruralnog razvoja i sektor zaštite okoliša. Donošenjem zajedničkih odluka i kreiranjem harmoniziranih operativnih i strateških ciljeva svakog od sektora, moguće je istovremeno očuvati i unaprijediti stanje okoliša i prirodnih resursa i jačati lokalnu ekonomiju baziranu na proizvodnji energije iz obnovljivih izvora.

Sa ciljem pružanja podrške jačanju međusektorskog dijaloga kao preduslova za postizanje održivog korištenja šumske drvne biomase u BiH, implementacija projekta se bazira na uskoj saradnji sa međunarodnim organizacijama aktivnim u ovoj oblasti u BiH (GIZ i USAID) i saradnji sa institucijama sa interesom za korištenje šumske drvne biomase u BiH kroz platformu Zajedničkog programa za bioenergiju, pokrenutu od strane Ministarstva vanjske trgovine i ekonomskih odnosa BiH. Na

ovaj način se nastoji sinergijski doprinijeti jačanju kapaciteta lokalnih institucija i uključiti njihove predstavnike u aktivnosti projekata kako bi se osiguralo aktivno učešće i vlasništvo javnih institucija i stručnjaka u BiH nad aktivnostima projekata i njihovim rezultatima.

Projekat „Zapošljavanje i sigurno snadbijevanje energijom korištenjem biomase u BiH“ se implementira u četvorogodišnjem periodu (2016-2020.). Kao početna aktivnost u implementaciji projekta, provedena je analiza institucionalnog, strateškog i legislativnog okvira u oblasti šumarstva i energetike. Ova analiza je poslužila za kasnije usmjeravanje ostalih projektnih aktivnosti. Analiza sadrži set konkretnih preporuka za poboljšanje institucionalnog, strateškog i legislativnog okvira. Kao jedan od osnovnih zaključaka analiza, ističe se činjenica da je institucionalni, političko-strateški i legislativni okvir za korištenje šumske drvne biomase znatno razvijeniji u sektoru energetike nego u sektoru šumarstva. Ovo je u značajnoj mjeri posljedica činjenice da je BiH ugovorna strana Ugovora o uspostavi Energetske zajednice, te ispunjenja zahtjeva koji iz toga proizilaze. Uprkos postojanju značajnih prirodnih potencijala, te institucionalnih i zakonskih preduslova u sektoru energetike za korištenje obnovljivih izvora energije, podsticanje proizvodnje energije u BiH na bazi šumske drvne biomase kao primarnog izvora je još uvijek nerazvijeno. **Iako su šume najvažniji direktni izvor drvne biomase, preduzeća šumarstva i institucije javne šumarske administracije u BiH, osim proizvodnje i prodaje ogrjevnog drveta, ne poklanjaju dovoljno pažnje šumskoj drvnoj biomasi kao izvoru energije.**

Zbog ove diskrepance u strateškom planiranju između dva sektora, sa ciljem jačanja kapaciteta stručnjaka u sektoru šumarstva, kroz Projekat je pripremljen Vodič za održivo korištenje šumske drvne biomase za proizvodnju energije u Bosni i Hercegovini. Fokus Vodiča su operativne mjere i metode gospodarenja šumama, tehnologije, proizvodnja i tržište šumske drvne biomase. Samim tim, Vodič sadrži informacije vezane za: trenutno stanje u sektoru šumarstva u BiH, pregled stanja u Češkoj Republici i EU vezano za ovu oblast, planiranje u šumarstvu i planiranje mobilizacije šumske drvne biomase, tehnologije i prakse korištenja šuma i njihovu primjenu u mobilizaciji šumske drvne biomase, tržište šumske drvne biomase i uključivanje javnosti u proces kreiranja i donošenja odluka vezanih za šumsku drvnu biomasu. Vodič je u finalnoj fazi pripreme za štampu.

Pored ove aktivnosti, Projekat je inicirao i pripremu detaljnih planova za korištenje šumske drvne biomase za dvije konkretne prostorne jedinice u državnim i privatnim šumama. Ideja je da ovakvi planovi služe kao primjeri za buduću plansku mobilizaciju šumske drvne biomase za proizvodnju energije. Planovi će biti fokusirani na ekološke aspekte korištenja šumske drvne biomase za proizvodnju energije, planiranje korištenja šumske drvne biomase (tipovi, količine i načini korištenja) i socio-ekonomske aspekte korištenja šumske drvne biomase (isplativost korištenja, tipovi plasiranja/prodaje, zadovoljavanje potreba marginalizovanih i ranjivih grupa stanovništva za ogrijevnim drvetom itd).

Drugi važan segment aktivnosti Projekta se odnosi na pružanje podrške usmjerene na unapređenje dostupnosti i kvalitete drvne biomase kao energenta. Kao glavna aktivnost u ovom segmentu, pripremljen je prvi vizuelni pregled postojećih potencijala biomase u BiH za period 2012-2017. godina, baziran na zvaničnim podacima. U ovom procesu je razvijena metodika za proračun potencijala biomase, pripremljena baza podataka i online atlas potencijala biomase (dostupan na http://atlasbm.bhas.gov.ba/) te Izvještaj o praćenju potencijala biomase u BiH. Kreirana baza podataka, koja je korištena kao podloga za razvoj online mape, sadrži podatke za 23 tipa biomase (10 tipova šumske drvne i 13 tipova poljoprivredne biomase) i sadrži oko 1.8 miliona podataka.

Razvoj interaktivne mape potencijala biomase je realizovan u saradnji sa javnim institucijama, UNDP projektom „Zapošljavanje i sigurno snadbijevanje energijom korištenjem biomase u BiH“ i GIZ projektom „Promocija obnovljivih izvora energije u BiH“. Na razvoju mape bili su angažovani međunarodni stručnjaci iz Njemačkog centra za istraživanje biomase (njem. Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH – DBFZ) i domaći stručnjaci iz oblasti šumarstva i poljoprivrede.

Rezultati istraživanja pokazuju da je potencijal biomase u 2015. godini bio između 10,3 i 10,4 miliona tona, i teoretski bi mogao pokriti dodatnih 12 do 15% ukupne opskrbe primarnom energijom u BiH (Pfeiffer et al, 2019). Ilustracije radi, ova količina biomase bi se mogla smjestiti u kolonu kamiona dužine 6,600 km (*ibid*). Trenutni udio obnovljivih izvora energije (OIE) u ukupnoj potrošnji energije je 9,1%, a rezultati ukazuju da je moguće ovaj udio povećati do iznosa od 21 do 24% (ibid). **Ovaj rezultat treba uzeti sa rezervom, obzirom da nezakonita sječa drveta nije obuhvaćena ovim sistemom praćenja, a geografska i tehnička ograničenja (npr. pristupačnost) nisu u potpunosti razmotrena. Potpuna procjena tog potencijala zahtijevala bi veća ulaganja u šumsku infrastrukturu, uz provedbu odgovarajućih strateških i mjera gospodarenja šumama.**Ideja je da ova mapa donosiocima odluka olakša proces definisanja politika u oblasti obnovljive energije, uključujući razvoj integrisanih međusektorskih pristupa usmjerenih na održivo upravljanje prirodnim resursima. Ujedno, investitori informacije mogu koristiti pri donošenju odluke o razvoju bioenergetskog projekta; istraživači i statističke institucije u cilju daljnjih istraživanja i za poboljšanje sistema prikupljanja podataka; ministarstva u svrhu planiranja i razvoja politika, poput poboljšanja korištenja zemljišta ili subvencija za određenu proizvodnju. **Sa ciljem unapređenja sistema za prikupljanje podataka, u narednih nekoliko godina nadležne institucije trebaju osigurati nove podatke potrebne za sistem praćenja dok postojeći nedostaci u podacima trebaju biti korigovani kako bi se povećala tačnost i osigurala potpuna slika o zastupljenosti različitih potencijala biomase na svim prostornim nivoima obuhvaćenim ovim sistemom (BiH, entiteti i Brčko Distrikt, kantoni i opštine)**. Stoga se u sklopu ove aktivnosti radi i na kreiranju smjernica za nastavak praćenja potencijala biomase, dok je uklanjanje identificiranih nedostataka u podacima ključni budući zadatak. Proširenje ili prilagođavanje sistema praćenja potencijala biomase dodavanjem novih tipova biomase ili uklanjanjem postojećih tipova biomase je također izvodljivo u kreiranom sistemu.

Sa ciljem procjene resursnih potencijala šumske drvne biomase za proizvodnju energije u BiH, kroz Projekat je provedena i analiza kvaliteta šumske drvne biomase na BiH tržištu.

Analiza je provedena u početnoj i finalnoj fazi implementacije Projekta sa fokusom na: postojeće proizvođače/snabdijevače drvne biomase (pelet, drvna sječka i briket) sa aspekta kvaliteta navedenih proizvoda, postojeće ključne korisnike drvne biomase (npr. daljinska grijanja, industrija) sa analizom kvaliteta korištene biomase, postojeće subjekte koji se bave analizom kvaliteta drvne biomase, postojeći regulatorni okvir vezan za drvnu biomasu i pregled domaćih i EU standarda koji se odnose na kvalitet drvne biomase. Kroz analizu su formulisane sljedeće preporuke za unapređenje kvaliteta drvne biomase na tržištu BiH, prema nivou prioriteta:

1. poboljšanje legislativnog okvira za kvalitet peleta kroz propisivanje mogućnosti inspekcijskog pregleda peleta (kao i za druga goriva) – na taj način bi se značajno smanjio udio necertificiranog peleta na domaćem tržištu i podigla svijest o peletu kao gorivu,
2. edukacija distributera peleta i predstavnika udruženja potrošača o zahtjevima za kvalitet peleta (nabavka, skladištenje, savjetovanje kupaca) – na taj način bi se povećala potražnja za peletom certificiranog kvaliteta na domaćem tržištu, smanjilo zagađivanje zraka i povećala energijska efikasnost korištenja peleta,
3. edukacija proizvođača drvne sječke i predstavnika daljinskih grijanja i drugih korisnika drvne sječke s ciljem promocije ugovaranja i isporuke prema sadržaju energije i kvalitetu u skladu sa standardima – na taj način bi se dao doprinos održivosti korištenja drvne sječke kroz bolju energijsku efikasnost, duži radni vijek opreme, smanjeno zagađivanje zraka itd.
4. osnivanje laboratorije za ispitivanje osnovnih karakteristika drvne sječke (vlažnost i granulometrijski sastav) kako bi se po prihvatljivim cijenama vršile analize pojedinačnih isporuka drvne sječke (naročito značajno za daljinska grijanja),

5. promocija domaćih standarda koji se odnose na kvalitet drvne biomase kod svih zainteresiranih strana (donosioca odluka u oblasti energenata, proizvođača, potrošača, ispitnih laboratorija, proizvođača opreme – kotlova/peći, inspekcijskih službi, distributera) što bi doprinijelo uspostavi transparentnog tržišta,
6. podsticanje osnivanja logističkih centara za biomasu što bi uvelo u praksu kupoprodaju drvne biomase prema sadržaju energije (uz zagarantovanu količinu),
7. održavanje godišnjeg savjetovanja za daljinska grijanja na biomasu s ciljem razmjene iskustava vezano za nabavku biomase i pogon postrojenja,
8. edukativna, tehnička i finansijska pomoć kroz uvođenje novih modela biznisa u sektoru biomase (energetske zadruge, ESCO i sl.) uz demonstraciju novih načina finansiranja projekata (npr. grupno finansiranje - *crowdfunding* i sl.).

Sa ciljem daljeg istraživanja i ukazivanja na potrebu za međusektorskom saradnjom kako bi se osiguralo održivo korištenje šumske drvne biomase u BiH, kroz Projekat je pripremljena i studija pod nazivom „Pregled mehanizama koncepta „*forest governance*“ u BiH“. Značenje pojma “*forest governance*“ se u većini slučajeva prevodi kao „upravljanje šumama“, ukazujući na način gospodarenja šumskim resursima na nekom prostoru i u određenom vremenskom periodu. Međutim, radi se o znatno kompleksnijem terminu, koji upućuje ne samo na specifičan pristup u upravljanju šumama, sa izmjenjenim ulogama svih aktera i institucija (uključujući i javnu šumarsku administraciju) i poštivanjem osnovnih principa koncepta “*forest governance*“, kao što su participacija i transparentnost u donošenju odluka. Šire razumijevanje koncepta “*forest governance*“ i njegovih mehanizama je neophodno za sveobuhvatnu analizu mnogih međusektorskih pitanja u šumarstvu kao što su npr. zaštita prirode, održivi razvoj ruralnih područja ili ublažavanje i prilagođavanje klimatskim promjenama i korištenje šumske drvne biomase za proizvodnju energije. Analiza je provedena po jedinstvenoj metodici prikupljanja podataka i analize stanja u BiH po pitanju **podsticaja, zakonskog okvira, procesa planiranja i informacionih instrumenata šumarske politike, poređenja sa EU dobrim praksama, te davanja preporuka za unaprijeđenje mehanizama „forest governance“ koji bi omogućili mobilizaciju potencijala drvne biomase za energiju**, usaglašena na nivou eksperata angažiranih za provođenje ove analize na nivou Federacije BiH (i kantona) i Republike Srpske. U metodološkom smislu, studija „Pregled mehanizama koncepta *forest governance* u Bosni i Hercegovini“ je realizirana kroz sljedeća tri koraka:

1. Pregled i analiza trenutne situacije u BiH, sa analizom dobrih međunarodnih praksi
2. Prikupljanje podataka kroz direktni kontakt sa predstavnicima relevantnih institucija
3. Analiza prikupljenih podataka i izrada studije.

Kako je navedeno, studija detaljno analizira podsticaje, zakonski okvir, procese planiranja i informacione instrumente šumarske politike i navodi preporuke za unapređenje mehanizma „*forest governance*“ koncepta. Ono što je, za potrebe ovog referata, interesantno istaknuti su međunarodne prakse koje su ocijenjene najvišim ocjenama za prioritet implementacije. Predstavnici relevantnih institucija u sektorima šumarstva i energetike u FBiH i RS su pitani da ocijene 26 dobrih međunarodnih praksi a u FBiH je sljedećih pet ocijenjeno najvišim ocijenama:

- Edukacija stanovništva koje koristi ogrjev kao energent u smislu promjene obrasca grijanja;
- Pokretanje programa formalne i neformalne edukacije po pitanju šumske biomase i energije iz obnovljivih izvora;
- Pojednostavljenje administrativnih procedura za pokretanje proizvodnje energije iz šumske biomase i ostalih obnovljivih izvora energije;

- Sprečavanje ilegalnih aktivnosti usklađivanjem sa zahtjevima EUTR;
- Podizanje energetskih zasada sa ciljem intenzivne proizvodnje drvne biomase.

Pet najbolje rangiranih praksi u RS je kako slijedi:

- Podizanje energetskih zasada sa ciljem intenzivne proizvodnje drvne biomase;
- Edukacija stanovništva koje koristi ogrev kao energent u smislu promjene obrasca grijanja;
- Pojednostavljenje administrativnih procedura za pokretanje proizvodnje energije iz šumske biomase i ostalih obnovljivih izvora energije;
- Sprečavanje ilegalnih aktivnosti usklađivanjem sa zahtjevima EUTR;
- Subvencionirani krediti i olakšice za nabavku odgovarajuće opreme i mehanizacije u cilju korištenja i prerade šumske biomase za energiju.

Interesantno je da su kontatirani predstavnici institucija problematiku zagađivanja zraka u urbanim sredinama identifikovali samo kao ozbiljnu okolinsku posljedicu ilegalne sječe i prodaje ogrjevnog drveta. Kako je istaknuto, daleko ispravnije bi bilo kad bi se šumski resursi koristili pametnije i umjesto grijanja na „ilegalni ogrjev“ prešlo na grijanje na „legalnu biomasu“ putem sistema daljinskog grijanja. Dugoročno gledano, „pametno legalno grijanje na šumsku biomasu“ bi bilo i ekonomski isplativije od sadašnjeg „primitivnog nelegalnog grijanja na ogrjev“.

U okviru Projekta su implementirane i aktivnosti jačanja svijesti javnosti. Kreirani su sadržaji i informacije za širu javnost sa ciljem educiranja o pozitivnim aspektima održivog korištenja šumske drvne biomase. U tom kontekstu, pripremljene su brošure sa osnovnim informacijama, kreirana kampanja na društvenim mrežama i organizovani promotivni događaji u 5 gradova u BiH (Bijeljina, Banja Luka, Tuzla, Brčko i Sarajevo). Nakon organiziranja promotivnih događaja, kroz edukativni video su dati odgovori na sljedećih 5 najčešće postavljenih pitanja od strane građana:

- Šta su energenti na bazi drvne biomase?
- Zašto je došlo do rasta cijena peleta na BiH tržištu?
- Da li je proizvodnja peleta u BiH perspektivna djelatnost?
- Koji je iznos prosječne investicije potrebne za prelazak na grijanje na pelet u jednoj porodičnoj kući?
- Koji su savjeti za pravilnu kupovinu peleta?

Kao što je prethodno istaknuto, osnovni pristup u implementaciji ovog Projekta se bazirao na poticanju međusektorske saradnje sa ciljem aktivnog učešća aktera i osiguranja vlasništva nad projektnim aktivnostima i rezultatima. Jedan od uspješnih primjera primjene ovakvog pristupa je uspostava Inovativnog centra za biomasu (http://biomasa.ba/inovativni-centar/) kao ogranka Udruženja „Biomasa u Bosni i Hercegovini“. Inovativni centar služi kao spona između naučne zajednice, lokalne zajednice, građana i privrednika u svrhu razmjene informacija i dostupnosti inovativnih proizvoda iz sektora drvne biomase, te pružanja usluga poduzetnicima i građanima iz ove oblasti.

3. Zaključci

Korištenje šumske biomase za energiju predstavlja kompleksan međusektorski i multidisciplinarni problem koji ima svoje okolišne, tehnološke i ekonomske dimenzije. Uloga i potencijali šumske drvne biomase u zadovoljavanju rastućih potreba za održivom energijom trebaju biti prepoznati i adekvatno operacionalizirani u BiH, posebno kada se uzme u obzir činjenica da se radi o ekološki prihvatljivom i obnovljivom izvoru energije čije korištenje može značajno kontribuirati razvoju ruralnih područja i

nastojanjima da se ublaže posljedice klimatskih promjena.

U tom smislu, poduzimanje mjera za održivo korištenje šumske drvne biomase zahtjeva koordiniranu i konzistentnu implementaciju i aktivan angažman svih aktera politika relevantnih sektora (šumarski, drvo-prerađivački, energetski, poljoprivredni, sektor ruralnog razvoja i sektor zaštite okoliša).

Pojedinačna, izolovana ili parcijalna realizacija mjera ne može rezultirati suštinskim unapređenjem stanja i značajnijim pomacima po pitanju dobijanja energije iz šumske drvne biomase u BiH. Stoga se, kao osnovni zaključak svih provedenih analiza u okviru ovog Projetka, nameće potreba za zajedničkim djelovanjem i razmjenom informacija kako bi se osiguralo održivo korištenje šumske drvne biomase.

Pravilnom upotrebom šumske drvne biomase kao primarnog energenta kroz lokalnu proizvodnju doprinosi se razvoju općina, a cijeli lanac snabdijevanja drvne biomase ima potencijal otvaranja novih radnih mjesta. Održivim korištenjem drvne biomase se smanjuje ovisnost države o uvozu energenata jer je drvna biomasa lokalno dostupna većini potencijalnih korisnika. Jedan od preduslova za povećanje interesa investitora za implementaciju infrastrukturnih projekata je kreiranje sistema za kontinuirano praćenje potencijala biomase. Ovo je ključno pitanje za segment drvne biomase uopšte, imajući u vidu veliki značaj drvne biomase u grijanju domaćinstava, kao i poteškoće u prikupljanju pouzdanih podataka o stvarnom učešću šumske drvne biomase u ukupnom energetskom miksu. Tehničkom asistencijom projekata UNDP-a i GIZ-a na razvijanju sistema za praćenje potencijala biomase se, između ostalog, nastoje poboljšati i uslovi za investiranje obzirom da kreirani sistem predstavlja koristan alat za donošenje odluke o razvoju bioenergetskog projekta jer nudi informacije o potencijalima tipova šumske drvne i poljoprivredne biomase u BiH. Prijedlog za nadogradnju mape potencijala u segmentu praćenja korelacije između korištenja šumske drvne biomase i stope zagađenosti zraka na nivou specifičnih lokalnih zajednica bi trebalo biti i uvrštavanje podataka o mapiranju zagađenosti zraka sa podacima o osnovnim faktorima zagađenja, baziranih na Sistemu menadžmenta kvaliteta zraka.

Literatura

Online atlas potencijala biomase (dostupan na http://atlasbm.bhas.gov.ba/)

Pfeiffer, A.; Krause, T.; Horschig, T.; Avdibegović, M.; Čustović, H.; Melisa Ljuša; Čomić, D.; Mrkobrada, A.; Mitschke, T.; Mutabdžija Bećirović, S.; Ponjavić, M.; Karabegović, A.; Brosowski, A.: Izvještaj o praćenju potencijala biomase u Bosni i Hercegovini, 2019



09

Aida Hanjalić, Magistar turizma i zaštite okoliša
REIC - Regionalni centar za obrazovanje i informisanje iz održivog razvoja za Jugoistočnu Europu
a.hanjalic@reic.org.ba

Vedad Suljić, Diplomirani ekonomista
CETEOR – Centar za ekonomski, tehnološki i okolinski razvoj Sarajevo
vsuljic@ceteor.ba

Energetske zadruge u funkciji poboljšanja kvalitete zraka
Energy cooperatives for the purpose of air quality

Sažetak: Zagađujuće materije u zraku ozbiljno ugrožavaju zdravlje ljudi, negativno utiču na okoliš, a pojedine doprinose i klimatskim promjenama. Najosjetljivija populacija su djeca, starije osobe, trudnice i osobe sa hroničnim bolestima. Najveći uzročnik prekomjerno zagađenog zraka jeste korištenje fosilnih goriva u svim sektorima. Naročito je sektor stanovanja izražen u ovom pogledu, jer najveći dio energije se koristi za zadovoljavanje toplotnih potreba. Korištenjem obnovljivih izvora energije značajno se smanjuje emisija zagađujućih materija u zrak, a pojedine u potpunosti eliminiše. Putem modela energetskih zadruga je moguće na efikasan način mobilizirati resurse i ulagati u obnovljive izvore energije. Korištenje biomase i biogasa u energetske svrhe putem modela energetskih zadruge može smanjiti značajno emisije stakleničkih gasova, ali i zagađujućih materija poput sumpor dioksida i čvrstih čestica.

Ključne riječi: *energetske zadruge, kvalitet zraka, obnovljivi izvori energije*

Abstract: Air pollutants are serious threat to human health, but they also negatively affect air quality, whereas the most vulnerable population are children, elderly people, pregnant women and people with chronic illnesses. The largest contributor to severe air pollution is the use of fossil fuels in all sectors. In particular, the housing sector is dominant in this regard, as most of the energy is used for heating needs. The use of renewable energy sources reduces the emission of pollutants in the air and eliminates some completely. Through the model of energy cooperatives it is possible to mobilize resources efficiently and invest in renewable energy sources. Using biomass and biogas for energy purposes through cooperative energy models greenhouse gas emissions can be reduced but also pollutants such as sulphur dioxide and particulate matter.

Key words: *energy cooperatives, air quality, renewable energy sources*

1. Uticaj zagađujućih materija na okolinu i zdravlje

Planeta Zemlja se zagrijava sve više, posebno njen gasoviti sloj, tj. atmosfera. „Atmosfera je mehanička smjesa različitih gasova, čiji je procentualni udio, uglavnom nepromijenjen. To su osnovni dijelovi suhog i čistog zraka. Nepromjenljivi sastavni elementi atmosfere su azot, kisik, ugljični dioksid, plemeniti gasovi, vodik i drugi“ (Spahić M., 2002.). Postojanjem ovih gasova omogućen je opstanak svih živih bića na Zemlji. Atmosfera istodobno štiti od štetnog Sunčevog zračenja.

Gasovi koji imaju najveći procenat učešća u atmosferi su kisik i azot (ukupno 99,04% u prizemnim slojevima atmosfere). Kisik omogućava disanje svih živih organizama te oksidacione procese na planeti Zemlji. Azot, u kombinaciji sa padavinama i kisikom, prirodno obogaćuje tlo.

Pored gasova koji ulaze u sastav atmosfere (vidi tablicu 1.), u prizemnim slojevima atmosfere se nalaze i primjese (aerosoli) geogenog porijekla i različite zagađujuće materije antropogenog porijekla. Iako su prisutne u veoma malim procentima (u odnosu na glavne i ostale sastojke iz tablice 1.), ove primjese i zagađujuće materije značajno utiču na zagađivanje zraka u prizemnim slojevima atmosfere. U prvom redu, utiču na kvalitet zraka mikrolokacije i zdravlje živih bića.

	Gasovi i tvari	**Zapreminski udio (%)**
Glavni sastojci	Azot N_2	78,08
	Kisik O_2	20,95
Ostali sastojci	Argon *Ar*	0,93
	Ugljični dioksid CO_2	0,034
	Neon *Ne*	0,0018
	Helij *He*	0,0005
	Metan CH_4	0,00016
	Kripton *Kr*	0,00011
	Vodik H_2	0,00005
	Azotni oksid N_2O	0,00003
	Ugljični monoksid *CO*	0,00002
	Ksenon *Xe*	0,000009
Tvari u tragovima (dijelovi na bilion = 10^{-9})		
	Ozon O_3	30 - 50
	ugljikovodici *C-H*	10 - 100
	Azotni oksidi (*NO* i NO_2)	0,01 - 5
	Sumpor dioksid SO_2	0,1 – 2

Tablica 1. Učešće pojedinih gasova u atmosferi (Izvor: Spahić, M., 2002.)

„Geogene čestice ulaze u sastav atmosfere pri različitim prirodnim procesima kao što su vulkanske erupcije, veliki šumski požari i eolski procesi. U geogene primjese još spadaju polen, spore, bakterije i morska so. Antropogene čestice nastaju sagorijevanjem fosilnih goriva“ (Spahić M., 2002). Geogene čestice se prečišćavaju prirodnim procesima Zemlje, dok čestice antropogenog porijekla imaju dalekosežnije i ozbiljnije posljedice. Čovjek onečišćava zrak ispuštanjem štetnih gasova iz stacionarnih izvora (energetika, industrija, domaćinstava) i mobilnih izvora (saobraćaj). Antropogeno zagađen zrak najviše sadrži:

- **Čvrste čestice do 10 i 2,5 μm (PM_{10} i $PM_{2,5}$)**, suspendovane lebdeće čestice koje nastaju sagorijevanjem fosilnih goriva. Najčešći izvori emisija su su motorna vozila, termoelekt ne i individualna ložišta. PM_{10} su čestice promjera manjeg od 10 mikrona. $PM_{2,5}$ su čestice promjera manjeg od 2,5 mikrona (trideseti dio širine dlake ljudske kose). Budući da su jako sitne, PM čestice mogu se raširiti i do 1.000 km daleko od mjesta emitovanja. Jako su opasne po ljudsko zdravlje, jer mogu prodrijeti duboko u pluća i krvotok, izazivajući niz zdravstvenih problema.

- **Sumpor dioksid (SO_2)**, gas koji nastaje sagorijevanjem fosilnih goriva pri proizvodnji energije, topljenjem ruda metala koje sadrže sumpor te industrijskim postrojenjima za proizvodnju celuloze i papira. U kombinaciji sumpor dioksida sa čađi, vodenom parom i lebdećim česticama u zraku, formira se toksična magla (smog) koja uzrokuje iritaciju sluzokože očiju i respiratornog trakta. Sumpor dioksid spada i u red tzv. regionalnih zagađujućih materija, jer je njegova dispozicija često udaljena više stotina kilometara od mjesta emitiovanja, te je stoga i predmet međunarodnih sporazuma.
- **Azotni dioksid (NO_2)**, otrovni gas koji nastaje sagorijevanjem tečnih fosilnih goriva. Glavni izvor emisije su automobili sa unutrašnjim sagorijavanjem (tzv. SUS motori) i industrija. Pri radu SUS motora stvara se visoka temperatura koja izaziva reakciju između kiseonika i elementarnog azota iz zraka. Postojanjem azotnih oksida u zraku nastaju kisele kiše koje povećavaju kiselost u zemlji, izazivaju oštećenje sistemskog korijena biljke, smanjenje procesa fotosinteze kod biljaka, trajno uništavaju (posebno četinarske) šume i poljoprivredne usjeve te izgrađena dobra (korozija, razgradnja građevina napravljenih od krečnjaka). Kod čovjeka, azotna jedinjenja uzrokuju rak pluća, želudca i mokraćne bešike.
- **Prizemni ozon (O_3)**, gas koji nastaje u blizini tla hemijskom reakcijom azotnih oksida, zagađujućih materija i Sunčeve svjetlosti. Najviše tokom ljetnih mjeseci a manje tokom hladnijeg perioda. Štetno djeluje na prinos i pigmentaciju biljaka, posebno na poljoprivredne kulture. Kod ljudi izaziva nastanak astme. U manjim količinama iritira očnu sluznicu, grlo, nos i dišne puteve. U većim koncentracijama može biti smrtonosan.

Uticaj zagađujućih čestica zavisi od veličine čestica (čestice manjih dimenzija prodiru dublje u organizam i imaju veći uticaj na zdravlje). Najosetljivija populacija su djeca, starije osobe, trudnice i osobe sa hroničnim bolestima. Udisanje nečistog zraka narušava zdravlje ljudi. Kod djece i odraslih osoba, kratkotrajna i dugotrajna izloženost zagađenom zraku može dovesti do smanjene funkcije pluća, respiratornih infekcija i pogoršane astme. Trudnicama se ne predlaže izlaganje zagađenom zraku koje može da izazove neželjene ishode trudnoće, malu tjelesnu težinu kod novorođenčeta te prijevremeni porod.

Svjetska zdravstvena organizacija (World Health Organization – WHO) navodi da jedna trećina smrtnosti ljudi uzrokovana od moždanog udara, raka pluća i srčanih bolesti uzrokovana prekomjerno zagađenim zrakom. Isti izvor navodi i da zagađen zrak uzrokuje 4,2 miliona prijevremenih smrti odnosno „29% svih smrti i bolesti od raka pluća, 17% svih smrti i bolesti od akutne infekcije respiratornih organa, 24% svih smrti od moždanog udara, 25% svih smrti i bolesti srca te 43% svih smrti i bolesti od hroničnih plućnih bolesti“[1]. Navedeni podaci o stepenu smrtnosti, u 90% slučajeva, se odnosi na siromašne i marginalizirane skupine stanovništva (djeca i starije osobe, trudnice, radnici i osobe koje rade na otvorenom te osobe sa genetskim predispozicijama za nastajanje pomenutih bolesti). Pretežno žive u blizini prometnih saobraćajnica i industrijskih postrojenja koja emituju velike količine zagađujućih materija u zrak.

Izvještaj UN-ovog programa za okoliš (United Nations Environment Programme - UNEP) navodi da “zagađen zrak u gradovima zapadnog Balkana izaziva između 15-19% ukupnog broja smrtnih slučajeva i skraćuje životni vijek između 1,1 i 1,3 godine“[2]. Ova analiza je rađena na uzorcima od 18 gradova u Albaniji, Bosni i Hercegovini, Kosovu, Crnoj Gori, Sjevernoj Makedoniji i Srbiji za vremenski period od minimum 274 dana godišnje. Gradovi[3] sa najzagađenijim zrakom Skopje, Beograd i Sarajevo se već godina nalaze na listama najzagađenijih gradova u svijetu. Analizirana područja najviše koriste

1 URL: https://www.who.int/airpollution/news-and-events/how-air-pollution-is-destroying-our-health (26.12.2019.)

2 URL: http://balkans.aljazeera.net/vijesti/un-alarmantan-nivo-zagadenja-zraka-na-balkanu (06.01.2020.)

3 URL: https://balkangreenenergynews.com/sarajevo-worlds-most-polluted-city-poor-air-quality-seen-across-western-balkans/ (07.01.2020.)

ugalj za proizvodnju električne energije.

Glavni uzrok zagađenosti zraka je nedostatak pristupa obnovljivim izvorima energije. Međuvladino vijeće za klimatske promjene Ujedinjenih naroda je upozorilo da se proizvodnja električne energije iz uglja mora okončati do 2050. godine ako se želi ograničiti rast temperature na 1,5^{0}C te smanjiti globalno zagrijavanje. Za ostvarenje cilja neophodna je energetska tranzicija te promjena proizvodnje sa danas široko prisutnim fosilnim gorivima na nove tehnologije i obnovljive izvore energije. Obnovljivi izvori energije su izvori energije planete Zemlje koji se prirodno samoobnavljaju u određenom životnom ciklusu (sunce, voda, vjetar, biomasa i geotermalna energija).

3. Energetske zadruge

Energetske zadruge u široko rasprostranjene u zemljama Evropske unije budući da su uključene u energetsku tranziciju ka obnovljivim izvorima energije. To je pravno organizovana grupa građana ili lokalnih zajednica koje se bave proizvodnjom i/ili distribucijom obnovljive energije. Dopunske aktivnosti zadruga mogu biti održavanje i servisiranje postrojenja obnovljive energije, prodaja energije na berzi, pružanje edukacije i sl. Svaki član zadruge je jednakopravno zastupljen, jedan član jedan glas.

Zadruga je poznat način organizovanja ljudi kroz historiju. U srednjem vijeku postojale su hanse trgovaca ili zanatlija koji su se zajedno plasirali na tržištu. Budući da su imali isti cilj, konkurencija nije postojala.

Energetske zadruge se mogu organizovati na različitim administrativnim nivoima. Građani mogu biti udruženi na nivou svoje lokalne zajednici (primjer: Križevački sunčani krovovi u Hrvatskoj), ali i na nivou države (primjer: Zadruga solarnih elektrana Slovenije). Energetske zadruge su pokretač koji razvijaju lokalnu zajednicu te otvaraju nova radna mjesta. Koristi energetske zadruge su višestruke, a mogu se podijeliti u tri osnovne grupe:

1. Okolinske koristi (smanjenje emisije stakleničkih gasova, doprinose rješavanju okolinskih problema zajednice – efikasno upravljanje ostacima iz poljoprivrede i šumarstva, smanjenje emisije zagađujućih materija u zrak i dr.),

2. Društvene koristi (podjela rizika investicije među članovima zadruge, smanjenje protivljenja lokalnog stanovništva projektima obnovljivih izvora energije, stvaranje novih prilika za lokalna preduzeća, doprinos održivom razvoju lokalne zajednice i dr.),

3. Ekonomske koristi (stvaranje menadžerskih i tehničkih znanja u lokalnoj zajednici, stvaranje zajedništva lokalne zajednice, ušteda na troškovima energije).

Ključni adut energetskih zadruga jeste taj što udružuje snage lokalne zajednice i predstavlja motor energetske tranzicije na lokalnom, a posljedično i na državnom nivou.

3. Primjer iskorištavanja biogasa i biomase u energetskim zadrugama i uticaj na kvalitet zraka

Pitanje energije je vrlo poznato u Bosni i Hercegovini i uvjetovano je sa nekoliko faktora. U BiH nekoliko velikih energetskih postrojenja predstavljaju ključne pokretače ekonomije na lokalnom nivou, ali su jednako tako važne i u sveukupnoj državnoj ekonomiji, od kojih velika većina koristi fosilna goriva.

Često je upravo kvalitet zraka doveden u pitanje u vezi proizvodnje energije (najčešće se koristi ugalj i drvo) imajući u vidu da veliki broj bh. gradova ima izražene probleme sa kvalitetom zraka. Energetske zadruge mogu doprinijeti i zapošljavanju i smanjenju pritisaka na okoliš, stoga je potrebna snažna popularizacija ovog koncepta. Imajući u vidu da se energetske zadruge u većini slučajeva bave proizvodnjom energije iz obnovljivih izvora, u Bosni i Hercegovini je najveći potencijal za iskorištavanje

biomase i biogasa.

Šume pokrivaju više od 2,2 miliona ha ili oko 43% ukupne teritorije države što na prvu indicira da Bosna i Hercegovina ima značajne potencijale za drvnu biomasu. Od ukupne površine šume 81% je u vlasništvu države, a ostatak je u privatnom vlasništvu (Jovanović i dr., 2005). Potencijal drvne biomase leži u:

- Šumski ostaci („prirodna“ šuma i energetski usjevi),
- Biomasa iz poljoprivrede (ostatci u proizvodnji),
- Drvni otpad iz primarne i sekundarne obrade drveta.

Prema Popisu stanovništva iz 2013. godine više od 10% ukupno radno aktivnog stanovništva je uposleno u sektoru poljoprivrede, šumarstva i ribarstva (104.946 uposlenih). U prosjeku poljoprivredna preduzeća upošljavaju oko 50 radnika šta je u bh. uslovima vrlo značajno. Stoga je od izuzetne važnosti pružiti ovim preduzećima dodatne koristi, a proizvodnja energije iz biogasa predstavlja jednu od mogućnosti. Naročito velike farme krava, svinja i peradi mogu biti podobne za proizvodnju biogasa. Nadalje, velika količina zemljišta u Bosni i Hercegovini se ne obrađuje što predstavlja dodatni potencijal za farme.

U svrhu procjene potencijala biogasa potrebni su različiti podaci poput brojnog stanja stoke, dnevna roizvodnja stajnjaka, energetska vrijednost i faktor dostupnosti. Upravo ovaj posljednji faktor u velikoj mjeri određuje potencijal, jer je on determinanta koja ovisi od načina na koji su farme organizovana i rasprostranjene u prostoru. U slučaju da su farme koncentrisane (tj. broj farmi na ha površine) i da imaju mašinsko prikupljanje stajnjaka ovaj faktor teži 1.

Također, ispravno bi bilo uzeti u obzir i tržišne aspekte kako bi se odredio stvarni utrživi tehnički potencijal. Ukupni tehnički i tržišni potencijal iskorištavanja biogasa kroz modele energetskih zadruga je procijenjen na 167,573 MWh/god i 267,778 MWh/god za biomasu, odnosno 435 GWh/god za oboje. U smislu instalisanih kapaciteta, na bazi prosječnog broja operativnih sati, instalisani kapacitet bi iznosio 66 MW, odnosno 21 MW za biogas i 45 MW za biomasu.

Smanjenje emisije stakleničkih gasova je jednako količini izbjegnute emisije u poređenju sa BAU scenarijem „sve po starom“ (engl. BAU - business as usual). BAU scenarij podrazumiejva korištenje uglja umjesto biomase u svrhu proizvodnje toplotne energije i uglja umjesto biogasa za proizvodnju električne energije. Stoga su korišteni emisioni faktori od 0,357 t/MWh za biomasu i 0,802 t/MWh za biogas (UNDP, 2016.).

Jednačina (1) za izračun smanjenja emisije stakleničkih gasova glasi:

$$SE_{CO_{2eq}} = PE_{OIE} \times ef$$

gdje je:

SE_{CO2eq} *– smanjenje emisije ekvivalnetnog ugljen dioksida (t/god)*

PE_{OIE} *– proizvodnja energije iz biomase i biogasa (MWh/god)*

ef *– emisioni faktor (t/MWh)*

U slučaju korištenja biogasa i biomase u Bosni i Hercegovini ER_{CO2eq} iznosi:

$$SE_{CO_{2eq}} = 267,778\ \frac{MWh}{god} \times 0.357\ \frac{t}{MWh} + 167,573\ \frac{MWh}{god} \times 0.802\ \frac{t}{MWh} = 229,983\ t/god$$

Ovaj iznos odgovara smanjenju emisije stakleničkih gasova uslijed korištenja biogasa i biomase putem modela energetskih zadruga u Bosni i Hercegovini. Proizvodnja energije također doprinosi

emisiji drugih zagađujućih materija u zrak, od kojih veliki uticaj na kvaltitet zraka imaju čvrste čestice (PM) i sumpor dioksid (SO_2).

Bitno je naglasiti da će proizvodnja energije iz biomase i biogasa također rezultirati emisijom zagađujućih materija u zrak, ali znatno manjom u poređenju sa BAU scenarijem. Za potrebe ovog rada korišteni su dostupni koeficijenti emisija za ugalj, biomasu i biogas. Prema proračunu smanjenje emisije sumpor diokisda (kombinovano za biomasu i biogas putem modela energetski zadruga) u BiH bi iznosilo 1.724 t/god što je 104% godišnje emisije u Kantonu Sarajevo. S druge strane emisija čvrstih čestica bi bila manja za 34 t/god što je otprilike 1,5% godišnje emisije čvrstih čestice u Kantonu Sarajevo.

Literatura

[1] Husika, A., Jamaković, I. i Toljević, A., *Kvalitet zraka*, Mašinski fakultet Sarajevo, Sarajevo, 2017.

[2] Spahić, M., *Opća klimatologija*, Geografsko društvo Federacije Bosne i Hercegovine, Sarajevo, 2002.

[3] *Energetske zadruge u Bosni i Hercegovini*, Regionalni centar za obrazovanje i informisanje iz održivog razvoja za Jugoistočnu Europu, 2016.

[14] *Analysis of the Benefits of Wood Biomass Fuel Switch Projects implemented by UNDP in Bosnia and Herzegovina*, UNDP, 2016.

[5] Jovanović, B., Gurda, S., Musić, J., Bajrić, M., Lojo, A., Vojniković, S., Čabarević, A., *Šumska biomasa – potencijalni izvor obnovljive energije u Bosni i Hercegovini*, Šumarski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Sarajevo, 2005.

10

Dr. Osman Lindov, dipl.ing.saob.
Fakultet za saobraćaj i komunikacije Univerziteta u Sarajevu
Zmaja od Bosne 8, Sarajevo, BiH
olindov@gmail.com

Dr. Boran Pikula, dipl.inž.maš
Mašinski fakultet Univerziteta u Sarajevu
Vilsonovo šetalište 9, Sarajevo, BiH
bpikula@gmail.com

Modeli elektromobilnosti i održivi urbani razvoj
Electromobility models and sustainable urban development

Sažetak: U ovom radu su opisani modeli elektromobilnosti, E busa, E bicikla, E taxi i model E punionica. U radu pored opisa pojedinih model dat je prikaz analize postojećeg stanja elektromobilnosti u Sarajevu i pojedinim gradovima Evrope. Opisan je način finansiranja i obuhvat svakog od modela elektromobilnosti sa elementima promocije i edukacije svih zainteresovanih segmenata društva. U radu je analizirane koristi i troškovi novih tehnologija prilikom implementacije u gradskih sredinama, posebno uzet je njihov ekološki aspekt. Za svaki razrađeni model dati su koraci implementacije, predložene aktivnosti i koraci koje je neophodno sprovesti na određenom području da bi ove relativno nove tehnologije bile prihvaćene od šire društvene zajednice. Cilj razvoja elektromobilnosti u gradskim sredinama je osigurati korisnicima atraktivan komforan, brz i sa aspekta cijene prihvatljiv javni prijevoz, uz što manja investiciona ulaganja i niže troškove eksploatacije, te neškodljiv i čist javni prijevoz.

Ključne riječi: *Održivi urbani razvoj, Elektromobilnost, Zagađenje vazduha, Efikasnost upravljanja*

Abstract: The paper describes models electromobility, E bus, E bike, E taxi and model of E charge stations. Besides to the descriptions of individual models, the paper presents an analysis of the current state of electromobility in Sarajevo and several cities in the Europe. The method of financing and coverage of each of the electromobility models with elements of promotion and education of all interested segments of society are described. The paper analyzes the benefits and costs of new technologies when implemented in urban areas, especially taking into account their environmental aspects. For each model developed, implementation steps, proposed activities, and steps that need to be implemented in a specific area are given in order for these relatively new technologies to be accepted by the wider community. The goal of developing electromobility in urban areas is to provide users with attractive, convenient, fast and affordable public transport, with lower investment as possible, lower operating costs, and harmless and clean public transport.

Key words: *Sustainable urban development, Electro mobility, Air pollution, Efficiency of Management*

Uvod

U posljednje vrijeme svijet se suočava sa problemom sve veće urbanizacije. Predviđa se da će do 2030. godine u gradovima živjeti preko 60 % svjetske populacije, a u gradovima u razvoju će živjeti više od dvije milijarde ljudi. Pri tome treba voditi računa da toliki porast broja stanovnika u gradovima, najčešće ne prati i adekvatan razvoj gradske infrastrukture, a pogotovo se to očituje kroz probleme sa kojima se susreću svi veći gradovi u oblasti saobraćajne infrastrukture. Neadekvatan rast broja vozila u gradskim sredinama, uz povećanje broja stanovnika, predstavlja izazov za rješavanje problema mobilnosti u gradskim sredinama [1]. Stoga se u posljednje vrijeme polaže velika pažnja upravo problemu tzv. urbane mobilnosti, odnosno mogućnosti rješavanja problema sa kojima se suočavaju žitelji u urbanim sredinama.

Pojmovi i odrednice održivog razvoja i urbana mobilnost trebaju biti prezentirani stanovnicima urbanih područja na prihvatljive načine i da građeni budu prezenteri takvog razvoja u cilju humanog i sigurnog življenja. Neophodno je više ulaganja u obrazovanje stanovnika o problemima globalizacije, klimatskim promjenama i alternativnim načinima njihovog rješenja, tj. edukacija treba da prati infrastrukturni razvoj kako bi novi vid transporta postao realnost.

Potrebno je pored redizajna javnog prijevoza u gradovima i Sarajevu potrebno je analizirati nove tehnologije koje su sveprisutnije u Evropi a odnose se na upotrebu električnih vozila (putnički automobili _E vozila, autobusi _E Bus, električnih bicikala E_biciklo, E _ romobila i skuteri).

1. Principi održivog planiranja urbane mobilnosti

Primjena principa održivog planiranja urbane mobilnosti ima za cilj uspostavljanje kvalitativno drugačijeg pristupa rješavanju problema koji se uslijed ubrzanja načina života javlja u gradovima. Ranije uobičajeni pristup planiranju transportnih usluga prema transportnim zahtjevima *(Demand oriented planning)* se u posljednje vrijeme mijenja u ciljno usmjereno strateško planiranje *(Goal (Target) oriented planning)* [2] . Sve je to kombinirano sa sinhroniziranim strateškim naporima u cilju unapređenja kvalitete života u urbanim sredinama.

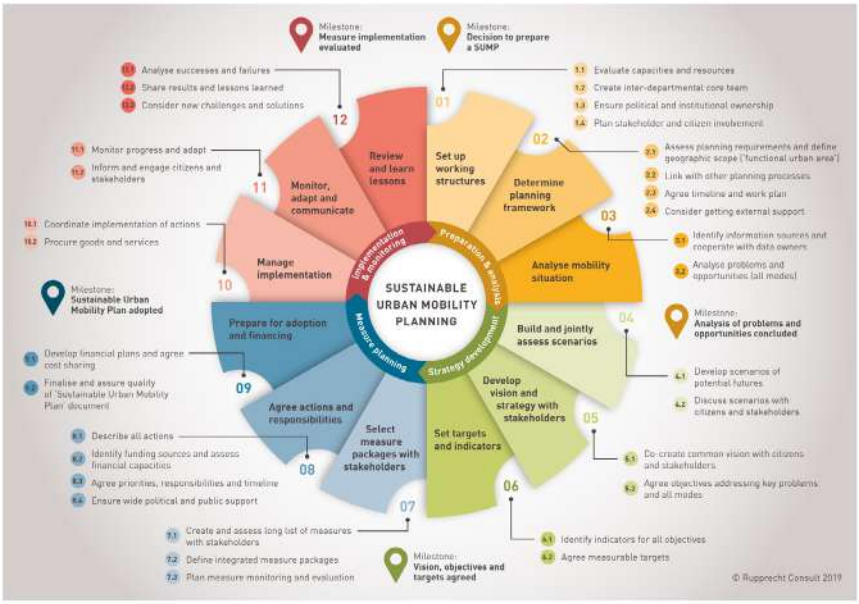
Ovi napori u Europskoj uniji u cilju unapređenja kvalitete života u urbanim sredinama intenzivirani su u posljednjoj deceniji i ogledaju kroz niz strateških dokumenata EU kao što su:

- Zelena knjiga o urbanoj mobilnosti - Prema novoj kulturi za urbanu mobilnost (2007).
- Akcijski plan za implementaciju inteligentnih transportnih sistema (2008).
- Direktiva 2009/33/EZ o promoviranju čistih i energetski efikasnih vozila u cestovnom prijevozu - (Direktiva o čistim vozilima) (2009).
- Bijela knjiga – Vodič prema jedinstvenom europskom transportnom prostoru – Prema konkurentnom transportnom sistemu s efikasnim korištenjem resursa (2011) .
- Paket urbane mobilnosti (2013).
- Europska strategija i Akcijski plan za mobilnost s niskim nivoima emisije (2016).
- Revidirana Direktiva o čistim vozilima (2017).

Svi navedeni dokumenti imaju za cilj:

- povećanje efikasnosti transportnog sistema, kroz podsticanje prijelaza na načine transporta s manjim nivoom emisije,
- postizanje što veće primjene alternativne energije s niskim nivoom emisije u transportu,
- težnju za korištenjem vozila s nultim nivoom emisije, osobito u urbanim sredinama.

Posebna pažnja se poklanja aktivnom uključivanju lokalnih i gradskih zajednica u provođenje gore navedenih ciljeva, kroz podsticanje korištenja vozila JGP, promjenu svijesti građana u okviru koje bi se preusmjerili na korištenje zdravijih i aktivnijih vidova putovanja (biciklizam i pješačenje), a sve u cilju smanjenja stepena korištenja individualnih vozila u urbanim sredinama. Direktna posljedica ovakvog pristupa je smanjenje saobraćajnih gužvi i onečišćenja zraka nastalih iz saobraćaja [3].



Slika 1. Koraci planiranja održivog planiranja urbane mobilnosti
Izvor: https://www.eltis.org/mobility-plans/sump-process

U okviru gore navedenih strateških dokumenata polazi se od postavljanja vizije i ciljeva usmjerenih ka unapređenju kvalitete života. Vizija se ogleda kroz brojne elemente različitih oblasti saobraćaja i transporta, kao što su:

- minimiziranje upotrebe individualnih automobila u gradu
- izgradnja pješačkih zona i podsticanje nemotorizovanih vidova prevoza u cilju poticanja pješačenja i korištenja bicikala;
- fokusiranje na korištenje javnog gradskog prijevoza
- izgradnja i poboljšanje postojeće saobraćajne infrastrukture, posebno za nemotorizovani saobraćaj i prijevoz
- upravljanje saobraćajnim tokovima koristeći ITS sistem
- veća sigurnost i zaštita u saobraćaju
- upravljanje gradskom logistikom
- poboljšanje kvaliteta života i rada kroz podsticanje održive mobilnosti i pristupačnosti.

Strateški dokumenti iz ove oblasti, utemeljeni na ovako postavljenim vizijama i ciljevima, u konačnici definiraju koncept uspostavljanja Planova održive urbane mobilnosti (POUM) u urbanim sredinama. 2013. godine su objavljeni Smjernice za razvoj i provedbu Planova održive urbane mobilnosti (Sustainable Urban Mobility Plans – SUMP)[1].

SUMP predstavlja smjernice za tijela lokalne zajednice u cilju omogućavanja izrade lokalnih planova

1 https://www.eltis.org/mobility-plans

urbane mobilnosti, uzimajući u obzir sve specifičnosti konkretne lokalne zajednice, a sve na temelju detaljne analize trenutnog stanja. Stoga i jeste cilj da se iznađe što efikasniji način korištenja postojeće transportne infrastrukture[3].

Poenta cjelokupnog sistema je da SUMP nije univerzalni pristup planiranju urbane mobilnosti, već je težište upravo na prilagođavanju specifičnostima konkretnih gradskih područja. Pri tome je u fokusu upravo promjena načina razmišljanja sa dosadašnjeg načina planiranja transporta i transportne infrastrukture na temelju transportnih zahtjeva, ka planiranju zadovoljavanja potreba ljudi, odnosno njihovih potreba za mobilnošću.

2. Modeli razvoja saobraćaja na električni pogon na području sarajeva

U gradovima EU koriste se sljedeće četiri glavne vrste električnih vozila: Hibridna električna vozila; Plug-in hibridna električna vozila; Električna vozila s produljenim dometom; Električna vozila s baterijom. Cilj transportne strategije Komisije za 2050. je da prekine ovisnost transporta EU o benzinu i nudi cilj za smanjenje emisije stakleničkih gasova za 60% do 2050. godine. Osim toga, vozila koja koriste konvencionalna goriva u gradskom saobraćaju trebalo bi prepoloviti do 2030. godine i do 2050. treba postepeno ukinuti u gradovima. U nekim većim gradovima postoji obaveza da se do 2030. godine izgradi praktično bez ugljikovog dioksida kod javnog prijevoza. Jedan od osnovnih motiva za iniciranje modela elektromobinosti u Kantonu Sarajevo proistekla je iz strateških opredjeljenja za unaprijeđenije stanja okoliša sadržanih u brojnim strateškim dokumentima državnog, entitetskog i posebno kantonalnog nivoa. Mjere i ciljevi koji su sadržani u KEAP-u, a koji su u vezi modela elektromobilnosti su:

- Implementacija mjera iz Strategije transporta sa novim konceptom javnog saobraćajnog sistema u KS za alternativne vidove transporta i pješačenja.
- Obnova voznog parka za javni linijski prijevoz putnika u KS - nabavka električnih autobusa i trolejbusa,
- Uspostavu mreže punionica za električna vozila u KS [1].

Razvoj elektromobilnosti u Sarajevu će se odvijati izradom i razvojem četiri modela razvoja saobraćaja na električni pogon u Kantonu Sarajevo i to:

a) Model razvoja autobuskog saobraćaja na električni pogon u Kantonu Sarajevo

b) Model razvoja taxi saobraćaja na električni i/ili hibridni pogon u Kantonu Sarajevo

c) Model razvoja biciklističkog saobraćaja sa osvrtom na primjenu električnog pogona

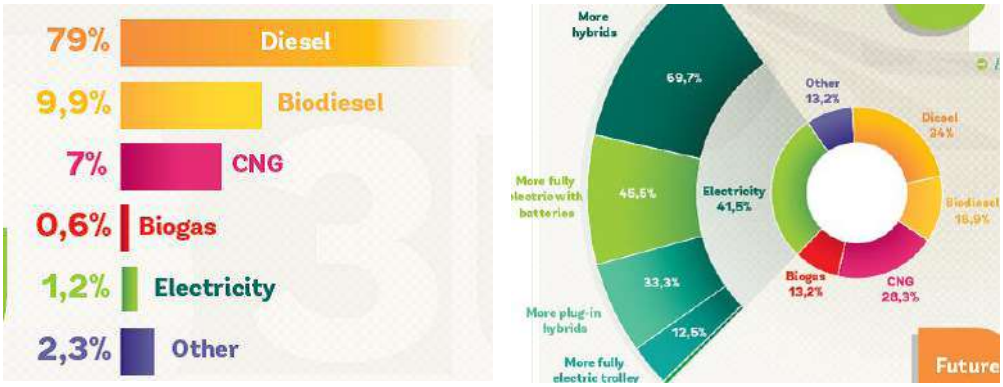
d) Model razvoja punionica za električna vozila uz mogućnosti korištenja obnovljivih izvora energije.

Izrada modela razvoja saobraćaja na električni pogon u Kantonu Sarajevo će obuhvatiti:

- Analizu postojećeg stanja sa opravdanosti ulaganja razvoj saobraćaja na električni pogon sa postavljenim ciljevima;
- Obuhvat modela razvoja saobraćaja na električni pogon;
- Način finansiranja modela razvoja saobraćaja na električni pogon;
- Plan i program edukacije za učesnike u implementaciji modela razvoja saobraćaja na električni pogon;
- Komunikacijski okvir promocije modela razvoja saobraćaja na električni pogon;
- Uloge i odgovornosti aktera/relevantnih tijela/institucija/ organizacija/ preduzeća [2].

2.1 Model E- busa

Ubrzani razvoj tehnologije skladištenja električni energije i sistema za punjenje doprinijeli su da koncept električnog autobusa u poslednjih nekoliko godina bude sve više prisutan u mnogim evropskim gradovima i širom svijeta. Prema izvještaju projekta EU ZeEUS (Zero emission urban Sistem) iz oktobra 2017.godine u Evropi 85 gradova koristi autobuse na čisto električni pogon. Zastupljenost autobusa prema vrsti pogona EU -2013.godina i očekivana zastupljenost autobusa prema vrsti pogona EU 2030.godina prikazana je na slici 1. Prikaz pojedinih rješenja i izgleda e busa prikazan je na slici 2.



Slika 1. E bus u EU -2013. i očekivani udio e bus-a u EU 2030.
Izvor: Bus system in Europe-current fleets and future trends, 3IBS project EU,2012-2015

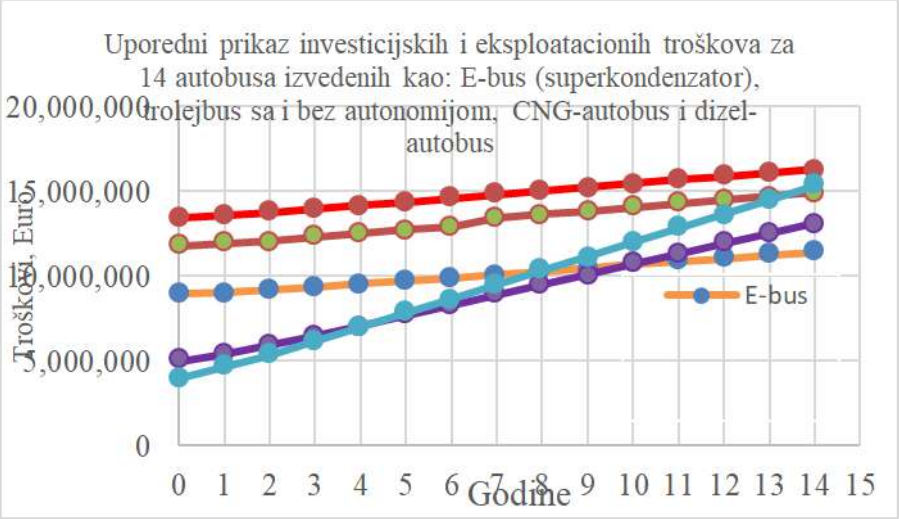


Slika 2. Prikaz e buseva u pojedinim gradovima

Za potrebe uvođenje e busa u javni prijevoz izvršena je simulacija korištenja električnih autobusa na nekim od već postojećih autobuskih linija u Kantonu Sarajevo. U tu svrhu je izvršeno poređenje potrošnje električne energije i pogonskog goriva (dizel ili CNG), te definisani ostali eksploatacijski i ekološki parametri uvođenja električnih autobusa (vozila). Simulacijska analiza je izvršena na trenutno bus liniji javnog prijevoza na relaciji Sutjeska – Vogošća – Sutjeska, koju danas pokrivaju autobusi pogonjeni dizel gorivom i CNG i povezuje centralni dio grada Sarajeva sa naseljem Vogošća. Po svom karakteru linija je gradsko-prigradska sa izraženim usponima i padovima na pojedinim dionicama. Ova linija je dio linije koju je nekad prije rata pokrivao trolejbus, a kontaktna mreža je uništena. Danas postoje planovi da se linija ponovo pokrije korištenjem trolejbusa, ali se javljaju dodatni troškovi oko osposobljavanja dijela ili cijele kontaktne mreže. Provedena analiza na liniji Sutjeska – Vogošća – Sutjeska je dokazala da Električni autobus u izvedbi sa super kondenzatorom ima najmanje troškove u posmatranom životnom vijeku od 14 godina koji iznose 11,39 miliona Eura. Veće ukupne troškove ima eksploatacija CNG autobusa (13,14 miliona), dok najveće ukupne troškove ima uvođenje trolejbusa u sistem prijevoza. U proračunu se pokazalo da trolejbus sa autonomijom

ima manje ukupne troškove (14,9 milion Eura) u poređenju sa trolejbusom bez autonomije 16,31 miliona Eura, obzirom da je u tom slučaju potrebno sagraditi 6,3 km kontaktne mreže umjesto 9,2 km koje je potrebno sagraditi u slučaju uvođenja trolejbusa bez autonomije. Ako se uporedi rad E-bus i CNG autobusa u posmatranom periodu vidi se da na kraju 10. godine ukupni troškovi izjednačavaju a od 11-14. godine troškovi su veći kod CNG autobusa.

Analiza je pokazala da je isplativije rešenje puštanje u rad autobusa na električni pogon E-bus koji koristi super kondenzator kapaciteta 40 kWh i brze punjače koji se postavljaju na terminalima u poređenju sa uvođenjem trolejbusa i CNG autobusa. E-bus sa super kondenzatorom ima nižu jediničnu cijenu, manje troškove infrastrukture, veću energetsku efikasnost, niže troškove održavanja u poređenju sa trolejbusima [4].



Slika 3. Uporedni prikaz troškova E-bus, trolejbus bez autonomije, trolejbus sa autonomijom i CNG autobusa

2.2 Model E- taxi

Uvođenje električnih vozila u vozni park taxi službe će korisnicima usluge pružiti kvalitetnu, brzu i E – TAXI sigurnu vožnju. Kroz popularizaciju električnih vozila, omasovljavanje upotrebe električnih vozila ne samo kroz taxi prijevoz već i u svrhu lične upotrebe, ljudi direktno utječu na kvalitetu života u gradu. Model uvođenja električnih vozila u taxi javni prevoz biti će baziran na sljedećem: nabavka hibridnih ili električnih taxi vozila (oko 10-20 procenata sadašnjeg voznog parka taxi vozil) u prvoj fazi, e taxi vozila bi se nabavljala kroz subvencije države (kantonalna vlada, gradska uprava i sl., subvenciju distributera vozila, kreditne linije poslovnih banaka, na taxi štandovima bi se postavile i električni punjači za brže dopunjavanje hybrida/plug in, dodatno bi se osigurao i sistem korištenja taksi vozila i električnih vozila kroz aplikaciju ista platforma bi bila stavljena na raspolaganje građanima za korištenje (pozive) hybridnih (eco) taksija, ali i za korištenje el automobila (njihove rezervacije, pronalaženja i vožnje)...cijeli proces bi bio usklađen i sa podacima za zagađenje vazduha, potencijalno sa jednog mjesta, aplikativnom dijelu e taxi svoje partnere mogao bi imati u Google, Mastercardu, Telecom operaterima i međunarodnim partnerima za regionalni razvoj [6].

2.3 Model E- bicikla

Glavne prednosti i koristi primjene modela biciklističkog saobraćaja bi bile:

- reducira se potreba za korištenjem automobila i taksi vozila posebno u centru grada i užoj gradskoj zoni
- osigurava se jednostavan i lagan pristup mjestima na kojima se održavaju različite kulturne i sportske manifestacije masovnog karaktera (u centru grada, sportskim dvoranama, stadionima),

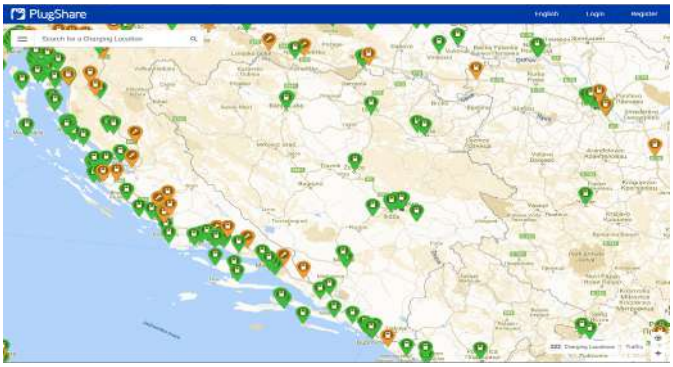
važnim turističkim destinacijama, pozorištima, restoranima te gradskim i kantonalnim institucijama

- koriste se ekološka sredstva bez emisije štetnih gasova čime se doprinosi poboljšanju kvaliteta zraka
- električni bicikl se može upotrijebiti više puta na dan od više korisnika (cca od 10 do 50 korisnika) nema potrebe traženja parking mjesta.

Realizacija modela biciklističkog saobraćaja i prijevoza prema izloženom konceptu rezultirala bi uvođenjem novog i vrlo atraktivnog vida prevoza biciklima i skuterima čime bi se znatno reducirala potreba za korištenjem automobila i taksi vozila posebno u centru grada i užoj gradskoj zoni. Također bi se omogućio brz i jednostavan pristup svim mjestima od interesa za građane i turiste ekološki pogodnim prevoznim sredstvima bez emisije štetnih gasova [5].

2.4 Model E-punionica

Prema podacima iz 2018. godine [2], u BiH je registrovano ukupno 501 putničko vozilo koje kao pogonsko gorivo može koristiti električnu energiju. Od ovog broja njih 15 su registrovana kao čisto električna vozila a njih 486 kao hibridna (benzin/električna ili dizel/električna vozila). Trenutno (2019.) u BiH postoji preko 20 punionica za električna vozila, od kojih je 10-tak na području Kantona Sarajevo (Slika 3) [7].



Slika 3. Pregled punionica u BiH na PlugShare mapi punionica (juni 2019.)
Izvor: https://www.plugshare.com

Infrastruktura za punjenje je preduslov razvoja tržišta elektromobilnosti. Uticaj (ne)postojanja infrastrukture za punjenje na prodaju električnih vozila u Bosni i Hercegovini može se posmatrati u kontekstu tri različite tehnologije punionica: kućne punionice, javne AC punionice i brze DC punionice.). Punionice na javnim parkinzima i trotoarima uz zgrade – za vozače koji nemaju pristup privatnoj garaži uz kuću i kućnom punjenju. Polu-privatne ili javne AC punionice uz poslovne objekte - za vlasnike voznih parkova u javnom sektoru ili kod korporativnih korisnika, taksi i rent-a-car firmi i sl. Javne AC punionice u gradovima i većim naseljima na frekventnim lokacijama (npr. centri gradova, tržni centri, sportske hale, hoteli, izletišta itd.) – za nadopunjavanje baterija lokalnih vozača. Brze DC punionice – za tranzitne putnike iz EU ka BiH i obratno (dijaspora, turisti, ostali korisnici), kao i za transport između gradova unutar BiH. Ograničen broj DC punionica u gradu za brzo punjenje za lokalne vozače (npr. taxi vozila) [6].

3. Zaključak

Održiva urbana mobilnosti je neophodnost u razvoju gradova i planiranje mobilnosti u gradovima koje je orijentirano na ljude u konačnici rezultira poboljšanjem mobilnosti građana te omogućava bolji pristup urbanim područjima i njihovim uslugama [17].

Elektromobilnost u gradovima u narednom periodu bit će sve prisutnija u svim oblicima njenog posmatranja. Električna vozila i električna sredstva namijenjena za prevoz biti će oblik javnog prijevoza u većini gradova. E punionice će biti sve prisutnije u svim dijelovima gradova i prostora i najvjerovatnije će doživjeti svoju standardizaciju. E busevi će sa novim tehnologijama punjenja i autonomnosti biti tehnologija koja pored ekološke ima i svoju ekonomsku stranu kao tehnologija koja će biti sve pristupačnija i uporediva sa svim ostalim tehnologijama. Sarajevo je pokrenulo izradu četiri modela elektromobilnosti (e_bus, e_taxi, e_biciklo i e_punionice. Ovakav pristup će omogućiti jasne procedure i uslove za uvođenje i izgradnju svih modela. U narednom periodu modeli će najvjerovatnije doživljavati svoje nadograđivanje sukladno razvoju tehnologija punjenja i autonomnosti e vozila te će doći i do snižavanju cijena svih segmenata tehnologije e vozila.

Literatura

[1] O.L. Transport i okoliš, univerzitetski udžbenik, Fakultet za saobraćaj i komunikacije Univerziteta u Sarajevu, 2010.

[2] D.B. Razvojne perspektive željezničke mreže u Bosni i Hercegovini / Developing perspectives of Railway Network in Bosnia and Herzegovinam UKI, III kongres o željeznicama, Sarajevo 2015.

[3] O.L. Održivi razvoj i okolišni inžinjering, skripta predavanja, master studij,, Fakultet za saobraćaj i komunikacije Univerziteta u Sarajevu, 2016.

[4] O.L., J.O., S.DŽ., Upravljanje i održavanje gradskih saobraćajnica u Sarajevu zasnovano na učinku i rezultatu/ Performance-based management and maintenance of sarajevo urban roads. UKI, IV kongres o cestama, Sarajevo 2014.

[5] https://www.eltis.org/mobility-plans/sump-process, updated 08 Oct 2019.

[6] D.B., A.P. Održivo planiranje urbane mobilnosti u zemljama JIE, UKI, Prva konferencija o urbanom planiranju i regionalnom razvoju, Sarajevo 2018.

[7] V.K., D.B., Sustainable Urban Mobility in South East European Countries – Sumseec Roadmap To Sustainable Urban Mobility In See Countries https://balkangreenenergynews.com/category/giz-orf-ee/ ; 2018.

[8] „Akcioni plan zaštite okoliša Kantona Sarajevo za period 2016. - 2021. (KEAP)“, Ministarstvo prostornpg uređenja, građenja i okoliša KS, Sarajevo 2017.

[9] „Razvoj saobraćaja na električni pogon u Kantonu Sarajevo“, Ministarstvo saobraćaja KS, Serda, Sarajevo 2019.

[10] U.G. ZeEUS eBus Report #2 An updated overview of electric buses in Europe Research & Innovation UITP, 2017.

[11] O.L. B. P. „Model razvoja autobuskog saobraćaja na električni pogon u Kantonu Sarajevo“, Ministarstvo saobraćaja KS, Serda, Sarajevo 2019.

[12] Š. M. „Model razvoja biciklističkog saobraćaja sa osvrtom na primjenu električnog pogona“, Ministarstvo saobraćaja KS, Serda, Sarajevo 2019.

[13] M. V. „Model razvoja taxi saobraćaja na električni i/ili hibridni pogon u Kantonu Sarajevo“ Ministarstvo saobraćaja KS, Serda, Sarajevo 2019.

[14] https://www.plugshare.com.

[15] Perspektiva razvoja novog biznisa JP Elektroprivreda BiH d.d. –Sarajevo u sektoru punjenja električnih vozila, JP Elektroprivreda BiH d.d. – Sarajevo, oktobar 2018.

[16] Razvoj saobraćaja na električni pogona u Kantonu Sarajevo, Ministarstvo saobraćaja KS, Serda, Sarajevo 2020.

[17] O.L. D.B.B.D. Funkcionalnost i aplikabilnost POUM-a u urbanim sredinama / Functionality and applicability of SUMP in urban environment, UKI 2019, Sarajevo

11

Dr. Viktor Simončič, dipl.ing.
VIKOS, 44 000 Siska
Mihanovićeva obala 31, Hrvatska
viktor.simoncic@gmail.com

Približavanje EU sa stajališta ispunjavanja obaveza iz Poglavlja 27 (okolina i klima)

Approximation of the EU from the point of view of the fulfillment of Chapter 27 Commitments (Environment & Climate)

Sažetak: Proces pristupanja i članstvo u EU je izuzetna prilika za osiguranje društvenog razvoja, ali i opasnost za urušavanje, ne samo ekonomije, već i društva u cjelini. Visoki standardi mogu postati nepremostiva prepreka za privredu i izazvati troškove koji prelaze granice prihvatljivosti za kućne budžete. Praksa iz drugih država pokazuje da se ispunjavanju obaveza iz područja okoliša često pristupa sektorski. Postojeći problemi prekomjernog zagađenja zraka također proizlaze iz sektorskog pristupa. Rješenje za uspješnu integraciju u EU je na holističkom pristupu i međusektorskim mjerama.
U radu će se ukazati na mogućnost, kako integraciju iskoristiti na najbolji mogući način.

Ključne riječi: *okoliš, usklađivanje s EU*

Abstract: The accession process and membership of the EU is a great opportunity to secure social development, but also a danger for the collapse, not only of the economy, but of society as a whole. High standards can become an insurmountable obstacle for the economy and cause costs that exceed the eligibility limits for home budgets. Practice from other countries shows that environmental commitments are often approached on a sectoral basis. Existing problems of excessive air pollution also arise from a sectoral approach. The solution to successful EU integration lies in a holistic approach and cross-sectoral measures.
The paper will highlight the possibility how to use the integration process on most efficient way.

Key words: *environment, EU alignment*

1. Sažetak

Proces pristupanja i članstvo u EU je izuzetna prilika za osiguranje društvenog razvoja, ali i opasnost za urušavanje, ne samo ekonomije, već i društva u cjelini. Visoki standardi koji se moraju ispuniti mogu postati nepremostiva prepreka za privredu, a nerealno usvajanje visokih standarda na području komunalne infrastrukture (otpad, voda) mogu izazvati troškove koji prelaze granice prihvatljivosti za kućne budžete.

Obaveza primjene jednakih visokih standarda, neovisno od ekonomske moći određene sredine, je vrlo upitno jer su razlike u razvijenosti između država, ali i unutar država u EU veće i od faktora dvadeset. Razlike u razvijenosti između pojedinih sredina unutar BiH također su velike. Indeks razvijenosti Poreski prihodi po glavi stanovnika ostvareni u općini Centar – Sarajevo je 2,14, a Općine Dobretići samo 0,32 [1] .

Praksa iz drugih država pokazuje da se ispunjavanju obaveza iz područja okoliša (Poglavlje 27), vjerojatno je to slučaj i kod preuzimanja obaveza iz drugih područja/poglavlja, pristupa sektorski.

Rješenje za uspješnu integraciju u EU je na holističkom pristupu i međusobnoj sektorskoj integraciji mjera. Niti može sektor okoliša bez sagledavanja posljedica na druge donositi okolišne standarde, niti smiju u drugim sektorima donositi mjere bez integracije u okoliš.

Za ispunjavanje obaveza potrebne su milijarde eura. Obećanja koja se daju u procesu približavanja na području okoliša su glede financijskog potencijala u pravilu nerealna i prikazuju se kao trošak. Uz uvažavanje lokalnih mogućnosti, to ne mora biti tako, pa jedan od kriterija za prioritizaciju treba biti i utjecaj pojedine mjere na bruto nacionalni proizvod - BNP BiH ali i lokalnih sredina/općina unutar BiH.

Doneseni Zeleni plana za EU mogao bi biti značajni pomak u smjeru da okoliš prestaje biti sagledavan (samo) kao trošak.

Postojeći problemi prekomjernog zagađenja zraka također proizlaze iz sektorskog pristupa. Uz uvažavanje lokalnih uvjeta procese integracija se može iskoristiti za prihvatljiv razvoj.

2. Uvod

Proces približavanja i članstvo u EU je izuzetna prilika za osiguranje društvenog razvoja, ali i opasnost za urušavanje, ne samo ekonomije, već i društva u cjelini.

Da li se može nešto naučiti iz primjera kod susjeda? Može li Bosna i Hercegovina izbjeći promašaje koje su učinili oni ispred nje? Možda se u Bosni i Hercegovini dogodi da se u procesu uključivanja u EU „da dijete majci“, što nije uspjelo (do kraja) niti u Sloveniji, a (još manje) niti u Hrvatskoj. Razumije li se ispravno proces uključivanja u drugu zajednicu (EU), posebno vezano za činjenicu da se država svjesno odriče velikog dijela vlastite (državne) suverenosti i prihvaća odnose na koje se ima manje utjecaja?

U pregovorima se treba voditi činjenicom da se radi o partnerskom odnosu, u kojem niti netko nešto moli niti drugi nešto dobronamjerno odobrava.

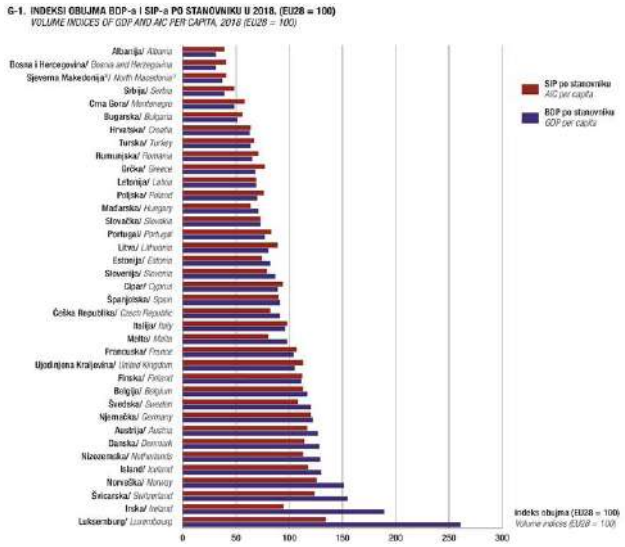
3. Održivi razvoj – mantra u procesu približavanja

U procesu približavanja, pa čak i u prihvaćanju novih strategija u Europskoj uniji, gotovo kao mantra se koristi - učinit će se sve kako bi se potaknuo održivi razvoj. Upotreba pojma održivi razvoj (često) u kontekstu jedinstvenih standarda znači da se održivi razvoj primjenjuje kao univerzalan pristup u svim društvima, bez obzira na stupanj razvijenosti. Postavlja se logično pitanje da li je paradigma održivog razvoja zaista pravilno shvaćena i može li se u praksi jednako realizirati, neovisno o ogromnim

razlikama u dohotku po glavi stanovnika. Što je uopće održivi razvoj?

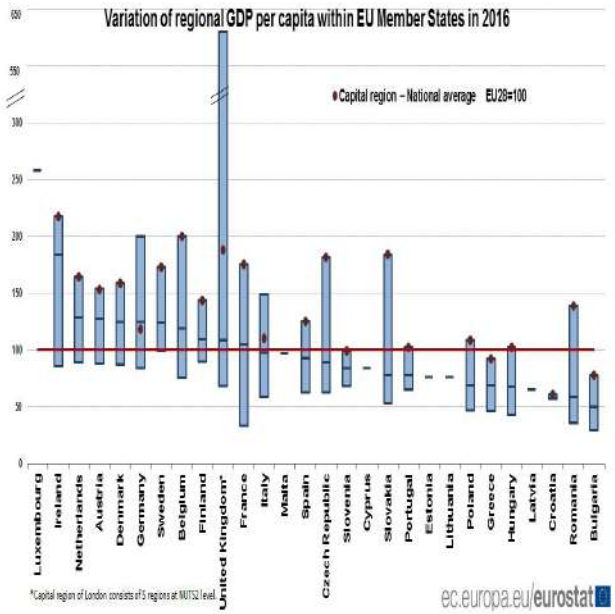
Razlike u BDP između država su prikazane na Slici 1. [2]. Nominalni dohodak po glavi stanovnika u 2017. iznosio je više od 97.400 USD u Luksemburgu, 46.640 USD u Njemačkoj, 33.000 u Sloveniji, 23.000 u Hrvatskoj, 16.620 u Crnoj Gori, 15.550 u Srbiji, 14.393 u Makedoniji i 12.210 u Bosni i Hercegovini [3].

Razlike u prosječnom BDP-u po stanovniku u EU su također velike: Eurostat, statistički ured Europske komisije, objavio je podatke o regionalnom BDP-u po glavi stanovnika u EU za 2016. godinu.



Slika 1: Razlike BDP između država [2].

Postoje značajne razlike u EU-u i u samim državama članicama, kao što je prikazano na Slici 2. Podaci pokazuju da se u 2016. regionalni BDP po stanovniku, izražen standardima kupovne moći, kretao od 29% prosjek Europske unije (EU) u bugarskoj regiji Severozapaden, na 611% prosjeka u unutarnjem Londonu - Zapadu u Velikoj Britaniji.



Slika 2: Razlike u BDP unutar pojedinih država

BDP po glavi stanovnika u BiH je na oko 10 000 KM (9 556 u 2018. godini). Razlike postoje između Entiteta. FBiH ima BDP za nekih 20 % veći nego u RS (8.009 KM u FBiH i 6.463 KM RS 2016. godine). [4]

Enormne razlike postoje između općinama. Tako je najviši poreski prihodi po stanovniku ostvareni u Kantonu Sarajevo u općini Centar u iznosu od 518 KM a najniži u Hercegovačko neretvanskom Kantonu u Općini Ravno od 23 KM [5].

Što je uopće održivi razvoj u kontekstu razlika? Održivi razvoj očito je složeniji i predstavlja višestruko preplitanje svih mogućih parametara kao što je prikazano na slici 3. Očito to nije jedinstven princip. Prepletenost varira od države do države i od općine do općine. Održivi razvoj dane sredine ovisi o ekonomskoj snazi, prirodnom potencijalu, kulturnim specifičnostima, tradiciji, razini infrastrukture, učinkovitosti upravljanja .....



Slika 3: Ilustracija složenosti održivog razvoja

Zašto ova ilustracija? Ovo je od ključne važnosti kada su u procesu integracije preuzimaju obveze iz EU. Svaka obveza trebala bi biti integrirana u složenu shemu održivog razvoja prilagođenu postojećim lokalnim okolnostima. Nemoguće je jednostavno kopirati druge miljee (države), a također je nemoguće definirati jedan i jedini način za cijelu zemlju.

4. Načelo jednakih standarda

Unatoč ozbiljnim razlikama između država i regija, načelo Europske unije je jednaki okolišni standardi za sve. Male razlike postoje samo u odgađanju vremena provedbe.

Isti standardi za sve, znače jednaka ulaganja i iste operativne troškove za sve, neovisno o BDP-u i drugim lokalnim okolnostima.

Slični standardi zahtijevaju slične troškove. Troškovi zbrinjavanja komunalnog otpada su u unutar EU najmanje nekih 20 eura mjesečno. Fiksni troškovi za opskrbu vodom (crpljenje, priprema i dostava do mjesta potrošnje ... pročišćavanje otpadnih voda) gotovo su neovisni o potrošnji i za isti standard su zanemarivi od lokalnih uvjeta. Fiksni troškovi za potrošnju između 0 i 100 m3 godišnje unutar EU mogu se otprilike procijeniti na oko 500 € godišnje. Za potrošnju ispod 100 m3 korisnik često plaća samo fiksnu cijenu. Preko 100 m3 u švicarskim općinama primjenjuje se stopa od oko 5 CHF / m3, uzimajući u obzir i socijalni status, na primjer, cijene vode u Grenoblu kreću se u rasponu od 2,17 / m3 do 4,77 € / m3, a Bruxelles 2,06 eura i 7,95 eura / m^3. Prosječni račun za vodu u BiH iznosi oko 0,6 € / m3 [6].

U sljedećoj tablici dana je prosječna mjesečna plaća, stvarni prihod kućanstva, i udio troškova upravljanja otpadom (20 € mjesečno) i opskrbe vodom (500 € / godišnje) za neke države.

Država	Realni prihod kućanstva /€/	Izdvajanje za otpad %	Izdvajanje za vodu %
Luxembourg	5.030	0,04	0,08
Njemačka	2.315	0,8	1,6
Austrija	1.848	1,1	2,2
Slovenija	1.186	1,7	3,4
Hrvatska	844	2,3	4,6
Bosna i Hercegovina	440	4,5	9

Tablica 1 : Udio naknada u odnosu na primanja

Podaci jasno pokazuju da načelo istih standarda za sve može biti nepodnošljiv teret za kućanstvo. S tim u vezi od ključne je važnosti procijeniti financijsku dostupnost određene usluge. Pod pristupačnom razinom financijskog opterećenja za upravljanje otpadom i vodama maksimalno bi mogao iznositi 2 do 3% prihoda kućanstva. Obično je taj postotak niži u slučaju nižeg BDP-a. Prema prihodima u BiH, 2% može biti gornja granica tolerancije / pristupačnosti.

Za ilustraciju, u Hrvatskoj netko mora raditi preko pola dana - 4,76 sati - za mjesečne troškove vode. U Bugarskoj i više - 5,69 sati. Slovenci rade tri puta manje negio u Hrvatskoj (1,36 h) za vodu, a u Švedskoj gotovo sedam puta manje (0,71 h).

Ako su 4,76 sati prosječni, onda u imućnom Zagrebu, s prosječnim izvornim dohotkom po glavi stanovnika (svjestan sam da izvorni dohodak ne znači dohodak kućanstva) iznad 1 000 €, rade oko 2 sata, a u Brodsko-posavskoj županiji s prosječni prihod od nekih 200 €, gotovo 20 sati.

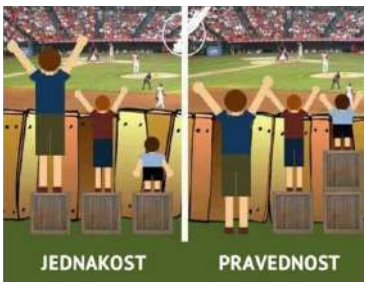
U BiH bi bilo potrebno najamje 10 – 15 sati rada nekog u Sarajevu kako bi se pokrili troškovi vodoopskrbe u skladu s EU standardima. U manje razvijenim općinama potrebno vrije rada je daleko veće.

Rješenje za smanjenje troškova po načelu „zagađivač plaća“ samo je djelomično ispravno. Čak i stav, bez otpada nema troškova nije do kraja isparavan. Čak i kada netko u određenom periodu ne proizvede niti kilogram otpada ili ne koristi niti jedan kubik vode, mora snositi fiksne troškove sustava. Komunalno poduzeće mora imati na raspolaganju vozila, kontejnere ... odgovarajuća postrojenja za opskrbu vodom koji omogućuju obradu otpad i opskrbe otpadom i pitkom vodom za neke vršne vrijednosti. To, ovisi o mjestima u kojima se usluga pruža, kućama i stanovima, u kojima može živjeti nitko, samo jedan ali i njih deset. Fiksni troškovi održavanja gotovo su isti. To znači da korisnik / vlasnik nekretnine mora snositi fiksne troškove čak i kada se ne stvara otpad i ne koristi se voda.

Valja naglasiti da spomenuto nije argument za neprovođenje okolišnih standarda, već činjenica da se standardi moraju prilagoditi određenim uvjetima.

Očekivati da se isti standardi primjene jednako kako za sve zemlje, tako i za sve regije / općine u određenoj zemlji, neovisno o razini razvoja, za odabrane okolišne aktivnosti je u najmanju ruku nerealno. Pri donošenju politika zaštite okoliša na razini EU ili preuzimanja drugih međunarodnih obveza moralo bi se uvažiti načelo pravednosti, a ne jednakost (vidi sliku 4).

Okolišni standardi morali bi se postići pod istim relativnim uvjetima za sve.



Slika 4: Pravednost ispred jednakosti

Troškovi provedbe morali bi se prilagoditi razini pristupačnosti za pojedince, bez obzira na to gdje žive. Kako? Možda u ovom trenutku to zvuči kao utopija, ali možda bi se to moglo postići preuzimanjem NATO principa. Tamo vrijedi da bi svaka članica za obranu trebala izdvajati 2 % BNP.

Kod okoliša bi se to moralo, uz razlike između država, zbog velikih razlika u primanjima unutar pojedine države, spustiti čak na razinu općina/kućanstava. Za jednaki standard kućanstva bi izdvajala isti postotak prihoda kućanstava. Kako pokriti razlike između bogatih i manje bogatih da bi se primijenili standardi po principu "svi isto" zahtijevalo bi veliki stupanj razumijevanja i tolerancije i temeljitu promjenu dosadašnjeg sistema.

5. Primjena standarda ne mora biti trošak

U *Strategiji Bosne i Hercegovine (EAS BiH) za usklađivanje propisa s pravnom stečevinom EU na području zaštite okoliša do 2033. godine* navedeni su troškovi u iznosu od gotovo 24 milijarde KM (1,95 KM = 1 €). U *Programu za usklađivanje propisa Federacije Bosne i Hercegovine s pravnom stečevinom EU-a na području zaštite okoliša (2016.)* navode se izdvajanja od 15 milijardi KM. Strategija prilagodbe klimatskim promjenama i razvoju niskih emisija za Bosnu i Hercegovinu (2013.) navodi oko 60 zadataka - obveza, za čiju provedbu je procijenjeno izdvajanje od 3 milijarde KM.

Financijska sredstva za ulaganje u troškove zaštite okoliša i klimatskih projekata su jako visoka u odnosu na raspoloživi proračun. O kakvim se troškovima radi najbolje se vidi iz usporedbe s budžetom FBiH koji se za 2020. planira na iznos od iznosi nekih 2,6 milijardi KM.

Ukupni troškovi aproksimacije za Srbiju za vode procjenjuju se na 5,5 milijardi eura do 2030-te godine za usklađivanje tri od pet direktiva vezanih za vode: Okvirna direktiva o vodama (2000/60/EC), Direktiva o kakvoći vode za piće (98/83/EC) i Nitratna direktiva (91/676/EEC). Ovo je nekih 53% ukupnog troška aproksimacije za oblast Poglavlja 27. U sektoru za otpad potrebna su ulaganja od 2,8 milijardi eura, slijede ulaganja u sektoru za industrijsko zagađenje i buku sa 1,3 milijardi eura .....[7].

U pravilu se ulaganja u okolišu uglavnom shvaćaju kao trošak. Ovo nije sasvim ispravno, jer efekt može biti itekako pozitivan.

Usvajanje pravne stečevine EU ne znači da bi sve zemlje koje imaju isto zakonodavstvo trebale provoditi sve mjere i standarde na isti način. Države bi trebale prilagođavati pravnu stečevinu EU njihovoj nacionalnoj pravnoj stečevini, a prije svega svojim financijskim i ljudskim sposobnostima. Npr. stupanj recikliranja 50% kućnog otpada ne provodi se na isti način, pa čak ni sve države članice EU nisu uspjele ispuniti postavljene ciljeve!

Pitanje koliko nešto košta i tko će platiti mora se postaviti prije usvajanja bilo kojeg propisa. Budući da nema procjene troškova prije nego što se bilo koja obveza izvrši, zemlje članice često prepisuju standarde / zakone EU doslovno.

Može li si BiH priuštiti visoke standarde? Može li si BiH uz postojeću razinu gospodarskog razvoja priuštiti visoke standarde EU u području zraka, otpada i vode? Mogu li se isti standardi primjenjivati na sve općine u državi.

Kakav utjecaj ulaganja u okoliš mogu imati na BDP? Mogu li se milijuni dolara ulaganja koristiti kao zamašnjak za jačanje ekonomije? Zašto prvenstveno ne favorizirati projekte gdje ulaganja pozitivno utječu na BDP?

Kriterij utjecaja ulaganja na BDP sugerira da se na ovom području može provesti niz mjera, koje bi imale pozitivan učinak na standard građana i ukupni razvoj uz istovremeno (parcijalno) ispunjavanje uvjeta. To prvenstveno znači da se druge sredine ne kopiraju bezuvjetno, već da se svaka od mjera promatra iz nacionalne / lokalne perspektive. Potrebna su BiH prilagođena rješenja, što zahtijeva integrirani, a ne sektorski pristup.

6. Investicijski prihvatni kapacitet

BiH nije jedina zemlja koja je precijenila ekonomsku snagu da bi ispunila svoje obveze u sektoru zaštite okoliša. Kako bi (nerealni) proračuni ocjene izdvajanja (troška) bili što održiviji, onda izračunava nerealni ekonomski rast koji bi omogućio potrebna izdvajanja.

Ulaganja u zaštitu okoliša potrebna za ispunjavanje obveza iz poglavlja 27 tijekom razdoblja od 10-15 godina procjenjuju se na milijarde eura. Nekoliko stotina milijuna godišnje. Ima li BiH kapacitet za tako velika ulaganja?

Postavlja se pitanje, koliki je realni apsorpcijski kapacitet ulaganja u zemlju?

Imajući to u vidu kao kriterij za određivanje prioriteta, osim utjecaja na okoliš i javno zdravlje, trebalo bi uvesti i utjecaj pojedinih ulaganja na BDP.

Potrebno je procijeniti i investicijski potencijal BiH i tako određivati prioritete. Jer kada bi na volju bila beskonačna sredstva, prihvatni kapacitete investicija očito ima ograničenja.

Može li BiH podnijeti istovremena ulaganja u sve projekte? Očito da ne. Određivanje prioriteta bi trebala biti zajednička aktivnost različitih sudionika i međusobno usklađenih (sektorskih) politika.

7. Poglavlje 27

Jedno od osnovnih načela djelovanja unutar EU-a je jedinstvena obveza država članica da usklade svoje zakonodavstvo s zakonodavstvom EU-a. To također znači da sve zemlje koje žele postati članice EU-a moraju u potpunosti uskladiti svoje zakonodavstvo, pravila i postupke sa zakonodavstvom sadržanim u tzv. „Acquis communautaire“. Ostaje pitanje: što se događa s „nacionalnom stečevinom“? Neupitno prihvaćanje obveza EU bez uvažavanja nacionalnih/lokalnih činjenica, počevši od vlastite tradicije do postojeće (ne samo pravne) prakse može stvoriti velike probleme i čak nepremostive prepreke u ispunjavanju preuzetih obveza.

Usklađivanje nacionalnog zakonodavstva s pravnom stečevinom EU ne znači samo preuzimanje nekoliko osnovnih zakona / propisa / standarda. Usvajanje pravednog i učinkovitog zakona zahtijeva visoke vještine. To znači puno više, prije svega kako integrirati pojedine zakone u dosljedan cjelovit nacionalni pravni sustav.

Za provedbu nekog određenog zakona potreban je (i) niz drugih propisa koji trebaju detaljno definirati stotine provedbenih zadataka, kao što je prikazano u Tablici I. A svaki od mogućih zadataka zahtijeva neku vrstu dozvola i postupaka, dok neki zahtijevaju i nadzor, odgovarajuću tehničku opremu, odgovarajuću komunalnu / industrijsku infrastrukturu, financijska sredstva ...

Jednostavno rečeno, usklađivanje osnovnih direktiva u Poglavlju 27 znači oko 100 formaliziranih postupaka za područje voda, 120 za zrak i otprilike 150 za sektor otpada.

Pri preuzimanju određenog zakonodavstva to se često razumije samo kao doslovno kopiranje i prijevod na lokalni jezik. Zaboravlja se da se mora uzeti u obzir veza s drugim propisima i standardima. Doneseni propisi moraju biti jasni i nedvosmisleni. Moraju osigurati ravnopravan razvoj i zaštititi kako pojedinca (od društva), tako i društvo (od pojedinca). Usvajanje pravednog i učinkovitog zakona zahtijeva visoke vještine. Oni koji donose zakone moraju, osim pravnih vještina, biti i stručnjaci za određena područja. Osim osnovnog zakona, najčešće je potreban i niz drugih propisa koji jasno definiraju postupke, prava i obveze, a ponekad su potrebne i cijele institucije, uključujući sofisticiranu tehnologiju (na primjer, analitičke instrumente za utvrđivanje tragova onečišćenja u vodi) i tehnike (jasni protokoli o korištenju tehnologije i vrhunski kemičari za određivanje nekog parametra).

	Hori-zontal	Air	Water	Waste	Radia-tion	Chem. GMO	Noise	Nature
Planning	32	35	36	53	26	9	7	11
Permitting	40	-	10	12	9	13	-	8
Inspection	20	-	2	20	9	3	-	7
Monitoring	2	27	18	10	13	-	3	4
Communi-cation	23	22	12	7	7	4	6	6
Reporting	28	40	21	38	16	10	8	25

Tablica I: Povezanosti obaveza po sektorima [8].

Upravo zbog činjenice da za provođenje zakona treba puno više od samog teksta, BiH bi mogla, poput većine zemalja koje su se nedavno pridružile EU ili su na putu, suočiti s gotovo nepremostivim problemom provedbe.

8. Poboljšanje zakonodavstva

Pri usklađivanju 27. poglavlja treba izbjegavati sektorski pristup. Proces se mora odvijati u uskoj suradnji sa svim realnim sektorima (industrija, energetika, poljoprivreda, turizam, promet, stanovanje, ...), javnim komunalnim poduzećima, s nevladinom i akademskom javnošću, i naravno s Ministarstvom financija.

Okolišno zakonodavstvo ima veliki utjecaj na gospodarstvo. Zakonske mjere, ako se donose bez ocjene utjecaja na sve kojih se tiču, mogu biti neproduktivne i čak štetne ne samo za jedan gospodarski subjekt, već i za nacionalnu ekonomiju. U zakonodavni okvir BiH preuzete su do sada gotovo sve EU direktive.

Čini se da je sada došlo vrijeme za precizno prilagođavanje jer su privreda i javni sektor suočeni s problemima u provedbi.

Kao prvi korak, gospodarstvo i javan poduzeća bi mogla ukazati na probleme s kojima se susreću u provedbi zakonodavstva s prijedlogom poboljšanja. Trebalo bi, što je vrlo rijetko slučaj, zajedno ocijeniti troškove provedbe preuzetih obveza i kako ih na prihvatljiv i pristupačan način provesti za korisnike.

Što se tiče okolišnih (okolinskih) dozvola, samo u FBiH ih je izdano nekih 1300.

Predlaže se revizija tih dozvola, ali ne na način da se postupak ponovno otvori, već samo prilagodbu novonastalim uvjetima kako bi se lakše ispunile obveze date u dozvolama.

Utisak je da su se neke tvrtke obvezale i na strože uvjete od onih koje mogu ispuniti u zadanim rokovima, što im otežava poslovanje i što može i dovesti do njihovog zatvaranja.

Podizanje povjerenja

Problem industrijskog onečišćenja i dalje je prisutan u nekoliko općina. Dio industrije i dalje nije uspio smanjiti emisiju. Zbog prijašnjeg i dijelom zbog sadašnjeg ponašanja dijela industrije, (ali i zbog stanja u društvu) dio zainteresirane javnosti izgubio je povjerenje da se nešto može popraviti u razumnom vremenu i zato inzistiraju na nekim nerazumnim zabranama i mjerama.

Potrebno je uložiti napore da se poveća razumijevanje problema zaštite okoliša (provedba, nadzor i kontrola, troškovi ulaganja, zapošljavanje, socijalna sigurnost ...) među svim partnerima i da se povrati izgubljeno samopouzdanje.

Također je potrebno vratiti povjerenje u primjenu novih mjera i tehnologija, posebno u području komunalne infrastrukture (lokacija postrojenja za preradu čvrstog otpada i otpadnih voda) i ulaganja u industriju.

Ne stekne li se potrebno povjerenje učinci BANANA (Izgradite apsolutno ništa negdje u blizini bilo koga - "build absolutely nothing anywhere near anything") i NIMBY (Ne u mom dvorištu - "*not in my back yard*") mogli bi otežati i čak spriječiti ulaganja u okoliš.

Investicije

U procesu pridruživanja EU, prioritet se daje (uglavnom) većim projektima. Na primjer, u sektoru voda prvi prioritet je izgradnja uređaja za pročišćavanje otpadnih voda za naselja koja imaju preko 100 000 (ekvivalentnih) stanovnika. Rješenja su više ili manje orijentirana kao rješenje "na kraju cijevi" – na izgradnju samih uređaja, bez da se dovoljno uzimaju u mjere koje bi na izvoru mogle dovesti do smanjenja kako količina voda tako i njihovog opterećenja.

Kada je riječ o ograničenim financijskim i ljudskim resursima, pitanje je da li je to najbolji princip? Na temelju iskustava novih država članica EU-a u najmanju ruku potreban je kritički stav prema ovom pristupu.

Treba uzeti u obzir mogući doprinos okolišu (i klimi i razvoju) kroz mala (ne samo velika) ulaganja s relevantnim utjecajem, na BDP. Pored utjecaja na okoliš i BDP, planiranu aktivnost treba razmotriti i s aspekta povezivanja sa sličnim aktivnostima u drugim sektorima, sa ciljem povećanja ukupnog efekta.

9. Upravljanje otpadom – primjer razumijevanja sektora kao pripreme za pregovore

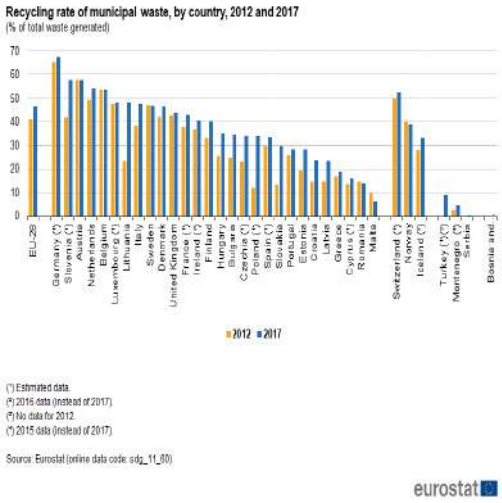
Upravljanje komunalnim otpadom dan je kao primjer kako detaljno treba analizirati stanje u pojedinom sektoru kako bi se odabrala najprihvatljivija rješenja i stvorile podloge za pregovore.

Vezano za Poglavlje 27 isti pristup treba primijeniti za sektor voda, kemikalija, industrijskog zagađivanja ..... i što je posebno važno, nakon detaljnog razumijevanja svakog dijela, treba uskladiti sektorske politike unutar Poglavlja 27, ali istovremeno i s drugim poglavljima, a posebno s onim koji spadaju u sektor gospodarstva (poljoprivreda i industrija).

Obaveze z postupanja s otpadom spadaju u jednu od financijski najzahtjevnijih obaveza u usklađivanju standarda. Danas se reciklira nešto ispod 50 % otpada koji nastaje u kućanstvima EU-a. Tim se prosjekom prikrivaju velika odstupanja među državama članicama i regijama. 2017. godine je samo je nekoliko država recikliralo više od 50 % kućnog otpada.

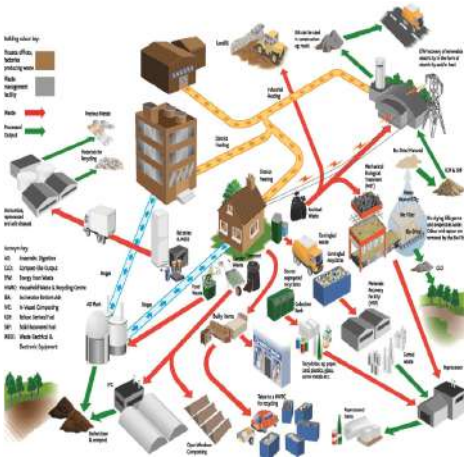
Unatoč tako velikim razlikama među državama članicama, EU je nedavno odobrila povećati stopu recikliranja komunalnog otpada s 50% na 65% do 2030. godine, stopu recikliranja ambalažnog otpada na 75% ograničavajući odlaganje komunalnog otpada na odlagališta na 10%.

Postupanje s otpadom se pokušava racionalizirati prije svega zbog vrijednosti potencijalnih sirovina koje su sadržane u otpadu ali i troškova postupanja s otpadom.



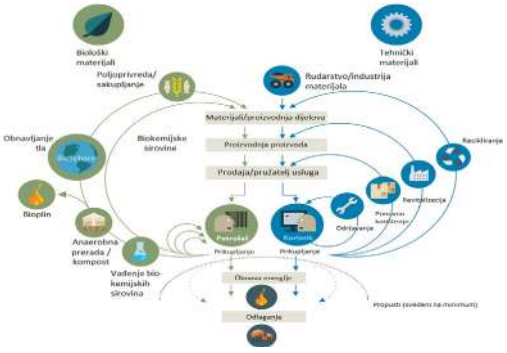
Slika 5: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/waste-recycling-1/assessment-1

Otpad se ne gleda kao nešto što se događa na kraju procesa, već kao sastavni dio svakodnevnice, pa se pokušava u što većoj mjeri integrirati u postojeće procese. Prikupljanje otpada je puno složenije od samog sistema jedna ili više kanti kako je to prikazano na slijedećoj slici.



Slika 6 : Mogući tok komunalnog otpada
Izvor: http://www.shanks.co.uk/

Materijalna ili energijska oporaba pojedinih frakcija ima smisla samo ako za to postoje mogućnosti, kako je idealizirano pokazano za paradigmu kružnog gospodarenja otpadom na slijedećoj slici.



Slika 7. Kružno gospodarstvo
Izvor: http://www.nature.com/nclimate/journal/v3/n3/fig_tab/nclimate1842_F1.html

Zbog navedenog ne čude velike razlike u recikliranju, koje proizlaze prije svega iz činjenice da postupanje s komunalnim otpadom osim materijalnih, zahtijeva i cijeli niz drugih preduvjeta (organizacija, kapaciteti prerađivačke industrije, poticaji). Na slijedećoj slici je dan pregled postrojenja za obradu komunalnog otpada u Njemačkoj.



Slika 8: Broj postrojenja za obradu otpada u Njemačkoj
Izvor: radionica o postupanju s otpadom u Hrvatskoj gospodarskoj komori, 2015. [9]

Pod uvjetom jednake efikasnosti i organiziranosti, za postizanje sličnog stupnja reciklaže u najširem smislu, jako pojednostavljenim linearnim pristupom, samo zbog manjeg broja stanovnika, Hrvatska bi trebala 20 puta manje postrojenja, Bosna i Hercegovina 25, a Srbija 10 puta manje. A trenutačno, uz neke sporadične iznimke, praktički takva postrojenja ne postoje.

Čini se da nepremostive razlike između država proizlaze upravo iz inzistiranja da vrijedi samo „kopiranje bogatih" i da se ignoriraju moguća druga rješenja, prilagođena lokalnim uvjetima.

Stanje na području postupanja s komunalnim otpadom upozorava da se mora pokušati i drugačije, a niz pojedinačnih pozitivnih primjera ukazuje da se, uz primjenu novih tehnoloških rješenja i uz uvažavanje lokalnih uvjeta to i može.

Dobivanje čistih frakcija pojedinih materijala je najvažniji korak u kružnom gospodarstvu

Pri tome vrijedi načelo što čišća frakcija, to veća moguća materijalna korist kao sekundarnih sirovina. Ovisno o razvijenosti tržišta sekundarnih sirovina odnosno prerađivačke industrije i papir se može razdvajati prema vrstama: bijeli, šareni, tiskovine, ..., slično kao i plastika: PET, HED, folije, ...

Postoje dvije mogućnosti:

- Frakcije pojedinih materijala moguće je dobiti na način da se odvojeno prikupe na izvoru. Kako?
- Frakcije pojedinih materijala mogu se dobiti i na način da se izdvoje iz mješovitih frakcija. Kako?

Zakonodavstvo EU, ako se iščita u cijelosti, dozvoljava i jedan i drugi način izdvajanja sirovina za materijalnu oporabu. U postignute ciljeve za stupanj reciklaže u oba slučaja podrazumijevaju se samo one količine izdvojenih materijala koje se stvarno oporabe, a ne samo prikupe i izdvoje na izvoru.

To znači i slijedeće: da se postignute ciljeve materijalnog iskorištavanja pojedinih dijelova otpada uračunavaju sve količine koje se oporabe, neovisno od načina na koji su pripremljeni i/ili osigurani za oporabu. Iako je to više nego logično, jer je bitan postignuti cilj, a ne način kako se on postiže, skoro

pa da je uvriježeno pravilo da se frakcije za ponovnu oporabu mogu dobiti samo ako se odvojeno izdvajaju na izvoru.

ODLUKA KOMISIJE od 18. studenoga 2011. o utvrđivanju pravila i metoda izračuna za provjeru usklađenosti s ciljevima utvrđenim u članku 11. stavku 2. Direktive 2008/98/EZ Europskog parlamenta i Vijeća (priopćena pod brojem dokumenta C(2011) 8165) (2011/753/EU)

Opći zahtjevi Članak 2.

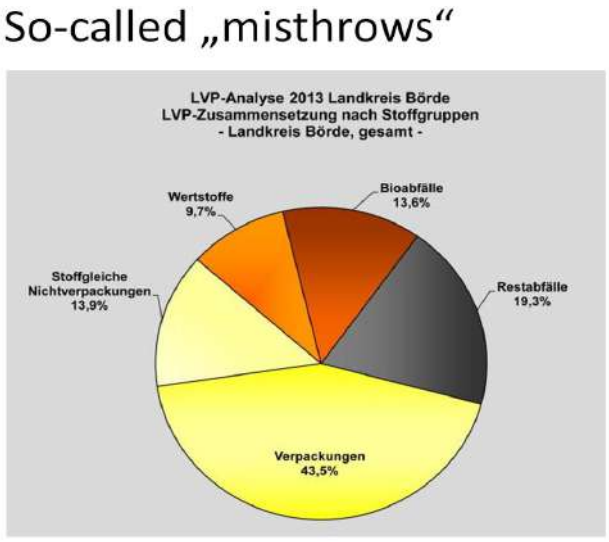
2. Težina otpada koji je pripremljen za ponovnu uporabu, recikliran ili bitno oporabljen određuje se izračunom ulaznog otpada koji se koristi u pripremi za ponovnu uporabu ili konačno recikliranje ili konačnu bitnu oporabu drugim postupkom. Postupak prethodne pripreme obrada prije postupka oporabe ili zbrinjavanja ne smatra se konačnim postupkom recikliranja ni drugim konačnim postupkom bitne oporabe. Kad se otpad prikuplja odvojeno ili kad se otpad koji izlazi iz postrojenja za odvajanje na recikliranje ili druge postupke bitne oporabe šalje bez značajnijih gubitaka, za težinu toga otpada može se smatrati da je težina otpada koji je pripremljen za ponovnu uporabu, recikliran ili je bitno oporabljen na drugi način.

Odvojeno prikupljanje na izvoru ili manufaktura

Iako to praksa demantira, najčešće se, bez obzira na razvoj tehnologija za sortiranje, kojima se omogućava izdvajanje korisnih sirovina i iz mješovitih frakcija, i dalje inzistira na odvojenom prikupljanju na izvoru.

Odvojeno prikupljanje na izvoru je neka vrsta manufakture, jer ovisi o spremnosti pojedinaca da sudjeluju u odvajanju. Ta spremnost i nije baš onakva kakvom se često prikazuje. Praksa pokazuje da se u na izvoru izdvojenom otpadu uvijek baci i nešto što tamo ne spada, pa je nakon izdvajanja na izvoru uvijek potrebno sortiranje. Udjeli onoga što ne spada u pojedinu posudu su neočekivano visoki. Najčešće dosižu i preko 50 %, pa se onda odvojeno sakupljeni otpad na izvoru može smatrati mješoviti otpad s povećanim udjelom papira, ili povećanim udjelom plastike, ili .....

Koliko god bio napredan sistem izdvajanja korisnih dijelova otpada na izvoru, uvijek se u pojedinim frakcijama nalaze značajne količine onoga što tamo ne spada, pa se odvojeno prikupljeni otpad na izvoru uvijek mora sortirati.



Slika 9. Mogući udio neželjenog otpada u odvojeno sakupljanoj frakciji na izvoru – primjer Njemačka

No, to ne znači da od odvojenog sakupljanja korisnih dijelova otpada na izvoru treba odustati. Postoje sredine i lokalni uvjeti kada je upravo to najbolja alternativa posebno kada za to postoji spremnost

pojedinaca.

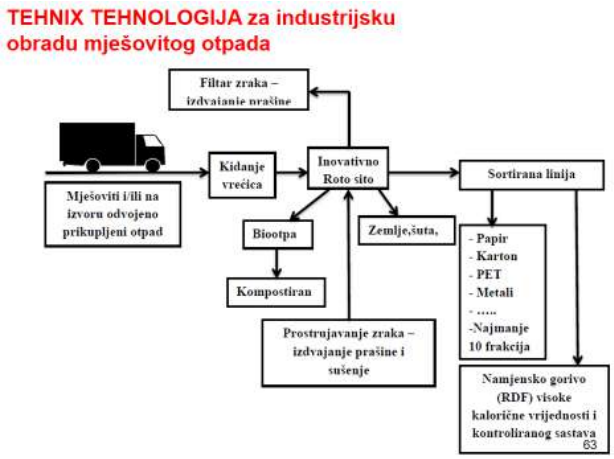
Izdvajanje frakcija iz mješovitog otpada ili industrijska prerada otpada

Kako se sve razvija, i kako ni u postupanju s otpadom vrijeme nije zaustavilo tehnološki razvoj, razvijene su tehnologije koje omogućavaju izdvajanje frakcija za materijalno iskorištavanje i iz mješovitog otpada.

Tehnologije se spominju pod zajedničkim nazivom MBO – mehanička i biološka obrada, iako između njih ima bitnih razlika.

Prve takve tehnologije su razvijene za obradu ostatka otpada, ostatka otpada iz kojeg su ranije izdvojene korisne sirovine. Tehnologije se temelje na mljevenju otpada na ulazu i kasnijem izdvajanju biorazgradive komponente od gorivog ostatka. Ova tehnologija ne omogućava izdvajanje korisnih komponenti, onih za materijalnu oporabu, osim bio razgradive frakcije i metala, ako ih ima u ostatku otpada.

Prije desetak godina je razvijene tehnologija koja omogućuje izdvajanje svih korisnih sirovina i ako se otpad na izvoru prikuplja u jednoj posudi.



Slika 10. Shematski prikaz tehnologije izdvajanja pojedinih frakcija iz mješovitog otpada

Prednost tehnologije je. Prije svega u sredinama gdje nije zaživio odvojeni način prikupljanja na izvoru, ili tamo gdje je to zbog lokalnih uvjeta nemoguće. Otpad se može skupljati kao do sada, ne povećava se broj različitih posuda, kao ni broj kamiona na ulicama, a ispune se i najstroži ciljevi EU oko stupnja reciklaže.

Ekonomija prikupljanja – utjecaj na okoliš

Ako je za prikupljanje svega u jednoj kanti potrebno npr. 1 sat, da se kamion napuni s pola manje otpada u kanti treba dva sata. Logično! Za popunu kamiona s 25 % biološkog otpada, uz pretpostavku da je ista nasipna gustoća kao kod mješovitog otpada, treba 4 sata. Nasipna gustoća plastike je i do 5 puta manja od one mješovitog otpada pa je vrijeme potrebno za prikupljanje ove količine nekoliko puta duže. Najmanje 4 sata, ali kako se taj materijal, zbog daljnje prerade, ne smije prešati u kamionu moglo bi za to trebati i 10 pa i više sati.

Samo za ilustraciju kako izgleda ruta kamiona – smećara u naselju s individualnim stanovanjem: na primjer na 2 km puta mora stati svakih 20 metara, znači 100 puta; 15 sekundi stoji i onda se nekih 20 sekundi utovara posuda pa odstoji još 10 sekundi da se posuda vrati pred kuću i onda krene dalje. Pri tome 1 -2 sekunde ubrzava i onda 1 – 2 sekunde koči i stane. I tako svakih 20 metara.

Kamioni za prijevoz otpada utječu, posebno u velikim gradovima i gradovima na obali, indirektno i na povećanu potrošnju goriva zbog smanjene protočnosti. Svaki sat rada, odnosno zadržavanja kamiona

na ulicama znači i nepotrebnu potrošnju u drugim vozilima. Vozila moraju usporiti i/ili stati, ponovno kretati. U jednosmjernima se stvara kolona sve dok smećar ne napusti ulicu.

Računica bi zahtijevala i produženje vremena skupljanja izvan velikih gradova zbog gubitka stanovništva. Za sadašnjih nekih 4 milijuna stanovnika u Hrvatskoj, za deset godina se planira da će nas biti još 3,75, a 2050. samo 3,3 milijuna. U BiH je situacija još puno alarmantnija. Po nekim podacima kao da je BiH već napsutilo skoro polovina stanovništva, s nastavkom negativnog trenda.

Računica bi se mogla još malo sofisticirani, kada bi se u račun uveo i prijevoz do mjesta materijalne oporabe. U Hrvatskoj je npr. udaljenosti do tvornice stakla u Humu na Sutli: Zagreb 2 x 81 km, Osijek 2 x 360 km, Rijeka 2 x 230 km, Split 2 x 470 km, Dubrovnik 2 x 660 km .... Papir može do Belišća, za što je potrebno još više kilometara. Ravno staklo može najbliže do Austrije. Proizvedeno zamjensko gorivo iz otpada nalazi put do Austrije, Bosne i Hercegovine, ...

Bosna i Hercegovina ima još manje kapaciteta za prihvat pojedinih frakcija iz otpada, pa treba još ozbiljnije razmisliti o mogućnostima materijalnog iskorištavanja pojedinih tokova otpada.

Iskorištavanje dijela otpada kao energenta, može biti „win-win“ situacija, ako za materijalno iskorištavanje ne postoji okolišno i financijski gledano odgovarajuće rješenje.

Kako unaprijediti sistem i ispuniti ciljeve EU

Kako koncept regionalnih odlagališta u BiH nije zaživio, svakako ima smisla da se napravi kritična analiza, a ne da se i dalje nastavlja u istom smjeru.

Koncept treba prilagoditi lokalnim uvjetima. Potrebno je razlikovati između urbanih i ruralnih područja ali i ekonomskoj snazi pojedinih sredina.

Kako bi ulaganja imala pozitiva utjecaj na društvenu ekonomiju, prednost prema mogućnostima treba dati onim rješenjima u kojima može sudjelovati i domaća industrija.

Kako se radi o potrebi na tisuću kanti za otpad, najmanje 200 - 300 specijalnih nadogradnji kamiona , desetak preša i balirki, na desetine kompotsana i svakojake druge opreme, ima smisla razmišljati i o poticaju domaće prerađivačke industrije.

Međusektorsko rješavanje

Otpad se često rješava po principu „na kraju cijevi“, iako se veliki dio može riješiti već na mjestima nastanka.

Na ovim prostorima postoji velika odbojanost prema termičkom zbrinjavanju/iskorištavanju pojedinih vrsta otpada, ako za njegovo zbrinjavanje ne postoji opravdano materijalno iskorištavanje, iako je to To je u duhu s preporukama EU [10] i novog Zelenog plana.

Ne postoji niti jedan, pa čak niti financijski razlog zašto se na primjer medicinski otpad ne bi zbrinjavao u sklopu bolnica – termički uz dobivanje potrebne topline za djelovanje bolnica.

Poljoprivredni otpad bi se (osim biološki) također mogao termički iskoristiti na primjer za grijanje staklenika.

U obradi otpada, posebno komunalnog, dio za koji se ne isplati materijalna oporaba se pretvara u alternativno gorivo. Velika većina tog goriva u EU završava u cementarama i drugim industrijama. U BiH je to praksa koja već postoji, trebalo bi samo ojačati suradnju između cementara/industrije i javnog sektora u cilju dobivanja najboljih rješenja.

Potrebno je sagledati iskorištavanje i zbrinjavanje otpada, kao i sprječavanja nastanka u širem kontekstu. Samo kao ilustracija, na Slici 11. se navodi broj tehnika koje postoje u industriji za rješavanje problema otpada.

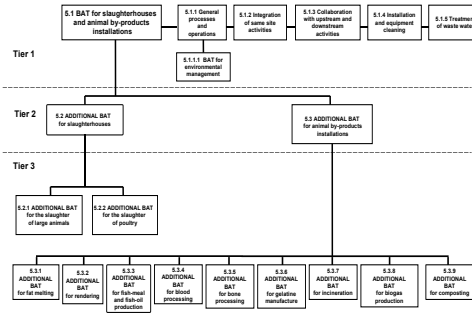
Broj tehnika u industriji

Vrsta obrade otpada	Prerada, sprečavanje i upravljanje	Emisije u zrak	Otpadna voda	Kruti ostaci	UKUPNO
Opće tehnike	296	26	16	31	369
Biološka prerada	41	58	3	4	106
Fizikalno-kemijska prerada	133	17	4	6	160
Prerada materijala	44	44	19	7	114
Priprema goriva iz otpada	39	16	0	0	55
Postupci za smanjivanje emisija u zrak		57			57
Pročišćavanje otpadne vode			52		52
Postupanje s ostatkom				27	27
UKUPNO	553	218	94	75	940

Sarajevo 2020.

Slika 11: Broj industrijskih tehnika za postupanje s otpadom [11]

Dobar je i primjer za postupanje s animalnim otpadom, koji se može rješavati na mjestima nastanka, a često, kao i u primjeru BiH završava često zajedno s komunalnim otpadom. Na slici 12. je dan pregled popisa najboljih raspoloživih tehnika za sektor animalnog otpada.



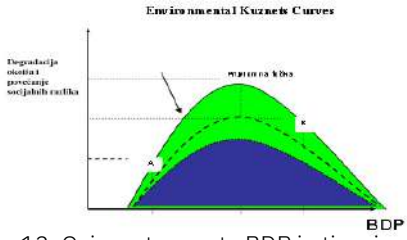
Slika 12. Pregled najboljih tehnika postupanja s animalnim otpadom [11]

Jedan od primjere gdje se zajedno može rješavati otpad iz dva sektora je zajedničko zbrinjavanje biološkog dijela otpad iz komunalnog otpada i mulj iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Zajedničko kompostiranje je jednostavnom rješenje gdje se uz minimalne troškove mogu postići značajni efekti.

Kod zaštite okoliša se ne smije biti ekstreman. Aktivnosti ne smiju zaustaviti razvoj. Mora se razviti svijest da se bez proizvodnih aktivnosti teško može ostvariti napredak. Dapače, društvo može, što se u mnogim primjerima i pokazuje umjesto napretka početi ići u siromaštvo.

Siromaštvo je najveći neprijatelj okoliša (i prirode).

Ne samo kod procesa pristupa EU, već i sklopu cjelovitog razvoja vrijedno je pred sobom imati poznatu *Kuznecovu krivulju*, koja pokazuje da se do određenog stupnja razvoja, do određenog BDP, daljnji razvoj ne može postići bez da dio ide i na kratkotrajnu „štetu“ na (dio) okoliša.



Slika 13. Ovisnost porasta BDP i utjecaja na okoliš

10. Zaključak

Preduvjet za efikasno i za BiH korisno usklađivanje zakonodavstva je dobro poznavanje svakog od sektora i to ne samo sa zakonodavnog već i sa tehničko – tehnološkog aspekta.

Kod iznalaženja najboljih rješenja treba voditi računa o lokalnim uvjetima i kod određivanja prioriteta, kod redoslijeda rješavanja voditi računa o mogućem doprinosu pojedine akcije/projekta na BDP.

Kako zakonodavne tako i provedbene aktivnosti treba gledati u širem kontekstu, ako bi bile usklađene i ne bi postale prepreke.

Ne samo kod Poglavlja 27. već i kod drugih dijelova usklađivanja zakonodavstva i ispunjavanja tehničkih zahtjeva treba izbjeći sektorski pristup i aktivnosti, uključujući i zakonodavstvo usklađivati i provoditi prvenstveno s privrednim sektorima.

Posebno za gospodarski sektor treba imati veliko razumijevanje, kako okolišno zakonodavstvo ne bi postalo prepreke razvoja. Bez porasta BDP gotovo je nemoguće provoditi mjere zaštite okoliša.

Literatura

[1] Socioekonomski pokazatelji po općinama FBiH, Federalni zavod za programiranje i razvoj, 2018

[2] International Futures Model, University Denver USA, 2018

[3] Bruto domaći proizvod i stvarna individualna potrošnja u standardu kupovne moći u 2018., Državni zavod za statistiku RH, 2019

[4]https://www.jabuka.tv/bdp-po-stanovniku-u-bih-bi-uskoro-mogao-prijeci-10-000-km-sto-su-susjedi-davno-premasili/www.

[5] Makroekonomski pokazatelji po Kantonima FBiH 2017, Federalni zavod za programiranje i razvoj, 2018

[6] Assessing Drinking Water Affordability in the EU: A Quantitative Approach Rotterdam, Rotterdam,2018; Water Affordability Public Operators' Views and Approaches on Tackling Water Poverty, Aqua Publica Europea, ...

[7] V.Simončič, Proces pristupa europskoj uniji prilagoditi nacionalnim mogućnostima Vodovod i sanitarna tehnika, XLVIII (3-4) 49-62 (2018)

[8]. Izvor: Preuzeo s jednog predavanja na radionici za Inspekcije i IPPC u Hrvatskoj2008.

[9]. Izvor: radionica o postupanju s otpadom u Hrvatskoj gospodarskoj komori, 2015.

[10]. The role of waste-to-energy in the circular economy Bruxelles, 26.1.2017. COM(2017) 34 final

[11]. Integrated Pollution Prevention and Control, Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries, August 2006

[12]. Integrated Pollution Prevention and Control, Reference Document on Best Available Techniques for the Slaughtering Sector

12

Mag. Rudi Vončina dipl. ing.
Elektroinštitut Milan Vidmar
Hajdrihova 2, 1000 Ljubljana
rudi.voncina@eimv.si

Matjaž Harmel
ZaVita d.o.o.
Tominškova 40, 1000 Ljubljana
matjaz@zavita.si

Modeliranja kvalitete zraka kao alat za prostorno planiranje. Rješavanje problematike kvalitete zraka u Prostornom planu grada Ljubljana

Air quality modeling as a tool in spatial planning. Addressing air quality issues in the City of Ljubljana Spatial Plan

Sažetak: U radu predstavljamo proces pripreme prostornog plana Grada Ljubljana, uključujući i Strategijsku procjenu utjecaj na okoliš, preko koje su se rješavala okolinska pitanja povezana sa razvojnim željama građana Grada Ljubljana. U prilogu je dat naglasak kvaliteti zraka, opisana je problematika i pristup rješavanja te problematike, rezultati planiranja kao i rezultati nakon provedbe određenih mjera. Kao alat za prognoziranje utjecaja različitih mjera na kvalitetu zraka koristi se modeliranje, koje pokazuje kako različiti parametri utječu na kvalitetu zraka u konačnom stanju.

Ključne riječi: *prostorni plan, modeliranje kvaliteta zraka, Ljubljana*

Abstract: The paper presents the process of preparing the City of Ljubljana spatial plan, including the Strategic Environmental Impact Assessment, through which environmental issues related to the development wishes of the citizens of the City of Ljubljana were addressed. The paper emphasizes air quality issues, describes the approach to solving them, the results of planning as well as the results after implementation of certain measures. Modeling is used as a tool for forecasting the impact of different measures on air quality, which shows how different parameters affect the final state of air quality.

Key words: *spatial plan, air quality modeling, Ljubljana*



UPRAVLJANJE KVALITETOM ZRAKA U LJUBLJANI

Regionalni simpozij
PLANIRANJE KVALITETA ZRAKA U GRADOVIMA
Sarajevo, 30. in 31. 01.2020

Matjaž Harmel, ZaVITA
Rudi Vončina, EIMV
Miha Markelj, EIMV
Petra Dolšak, EIMV

Electric Power Institute
Milan Vidmar
Environmental Department

ZAVITA, svetovanje, d.o.o.

AGENDA

1. Adresiranje kvalitete zraka u SPUO za prostorni plan grada Ljubljana, **Zavita**
   - Stanje i problem
   - Mjere
   - Reguliran saobraćaj u centru grada
   - Mreža biciklističkih staza i BicikeLJ
   - Prosječne godišnje koncentracije PM_{10} ($\mu g/m^3$)
   - Broj dana s prekoračenim dnevnim koncentracijama PM_{10}
   - Daljnji koraci

2. Identificiranje izvora i poduzimanje akcija za poboljšanje gradskog zraka, **EIMV**
   - Uvod
   - Primjer1: Termoelektrana Šoštanj
   - Primjer 2: Emisije iz prometa – Celje
   - Primjer3: Mala ložišta u Ljubljani



ADRESIRANJE KVALITETE ZRAKA U SPUO ZA PROSTORNI PLAN GRADA LJUBLJANA

Matjaž Harmel

ZAVITA, svetovanje, d.o.o.

STANJE I PROBLEMI

Kotlina, problem inverzije

Prekoračene granične vrijednosti čestica

Glavni razlog saobraćaj i mala ložišta

upozorenja Europske komisije

MJERE

Preko SPUO za prostorni plan – ugradile se u prostorni plan

Preko odluke o prioritetnoj upotrebi energetskih proizvoda za grijanje na području Grada Ljubljane

Preko fonda za zaštitu okoliša
- sufinanciranje samo sisteme grijanja, koji su sukladni prostornom planu
- sufinanciranje energetske sanacije objekta

Definiranje obaveze priključivanja na okolišnu i energetsku javnu infrastrukturu

Reguliranje saobraćaja u centru grada

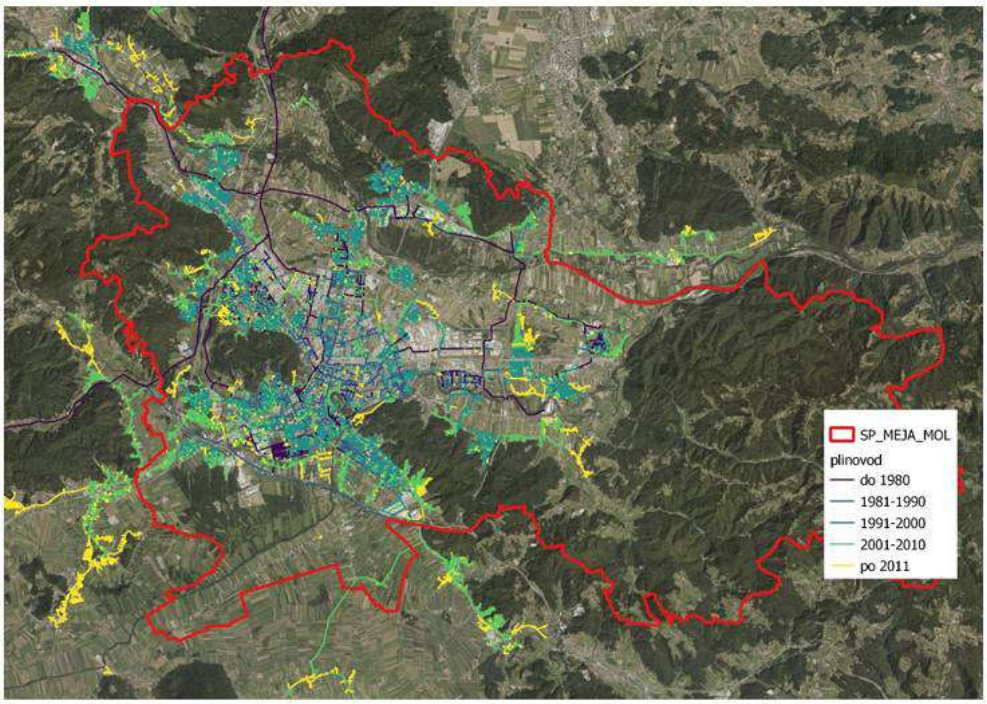
Razvoj infrastrukture za nemotorizirani saobraćaj

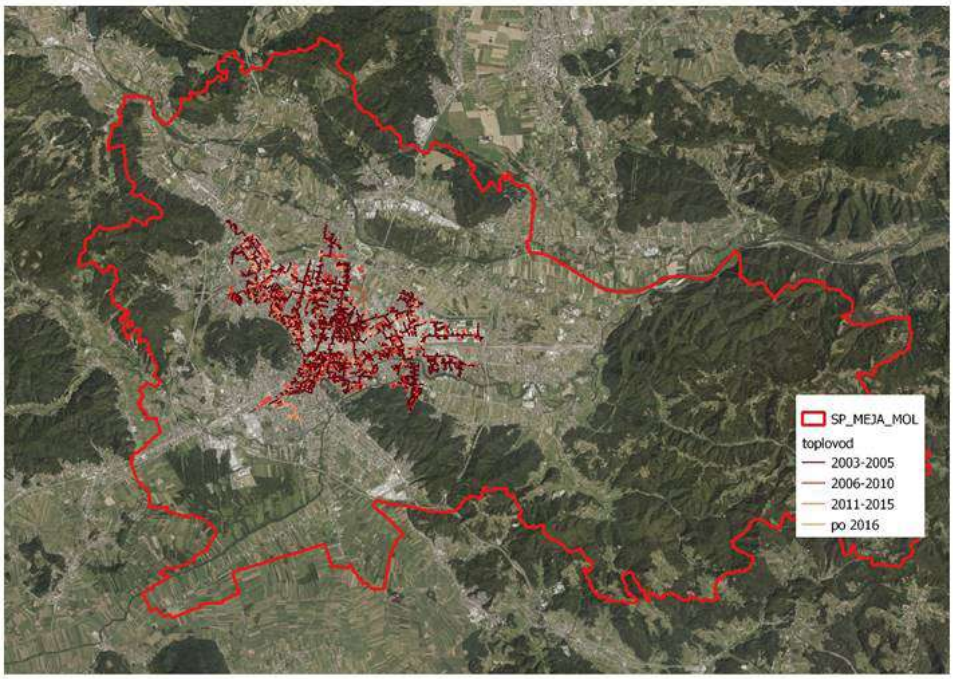
zavita EIMV ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR

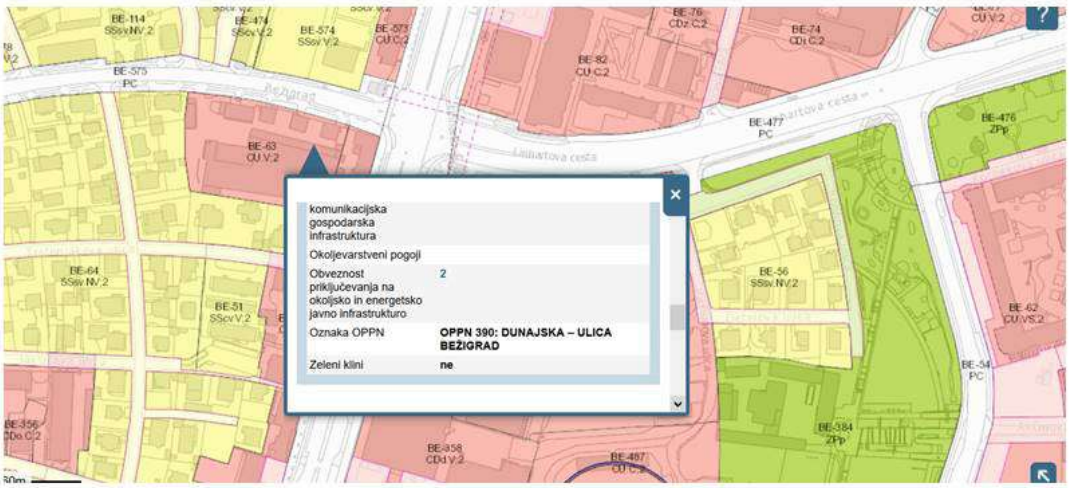
Tabela 12: Obveza priključivanja na okolišnu i energetsku javnu infrastrukturu

	Oznaka							
	1	2	3	4	5	6	7	8
a) Priključivanje na javni vodovodni sistem	x	x	x	x	x	x		
b) Uređenje internih sistema vodoopskrbe							x	x
c) Priključivanje na javni kanalizacijski sistem	x	x	x	x				
č) Uređenje internih sistema čišćenja komunalnih otpadnih voda					x	x	x	x
d) Priključivanje na javni sistem daljinskog grijanja, osim v primjeru upotrebe drugih energenata, koji su skladni s odlukom o prioritetni uporabi energenata za grijanje na području grada Ljubljana	x							
e) Priključivanje na javni sistem daljinskog grijanja, ako to ni moguće, na javni sistem zemaljskog plina, osim upotrebe energenata u skladu s odlukom o prioritetni uporabi energenata za grijanje na području grada Ljubljana		x						
f) Priključivanje na javni sistem zemaljskog plina, osim u primjeru uporabe drugih energenata za grijanje, koji su skladni s odlukom o prioritetni uporabi energenata za grijanje na području grada Ljubljana			x		x		x	
g) Uređenje internih sistema grijanja, koji su skladni s odlukom o prioritetni uporabi energenata za grijanje na području grada Ljubljana				x		x		x
h) Priključivanje na sistem električne energije	x	x	x	x	x	x	x	x

zavita EIMV ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR


SP_MEJA_MOL
plinovod
do 1980
1981-1990
1991-2000
2001-2010
po 2011

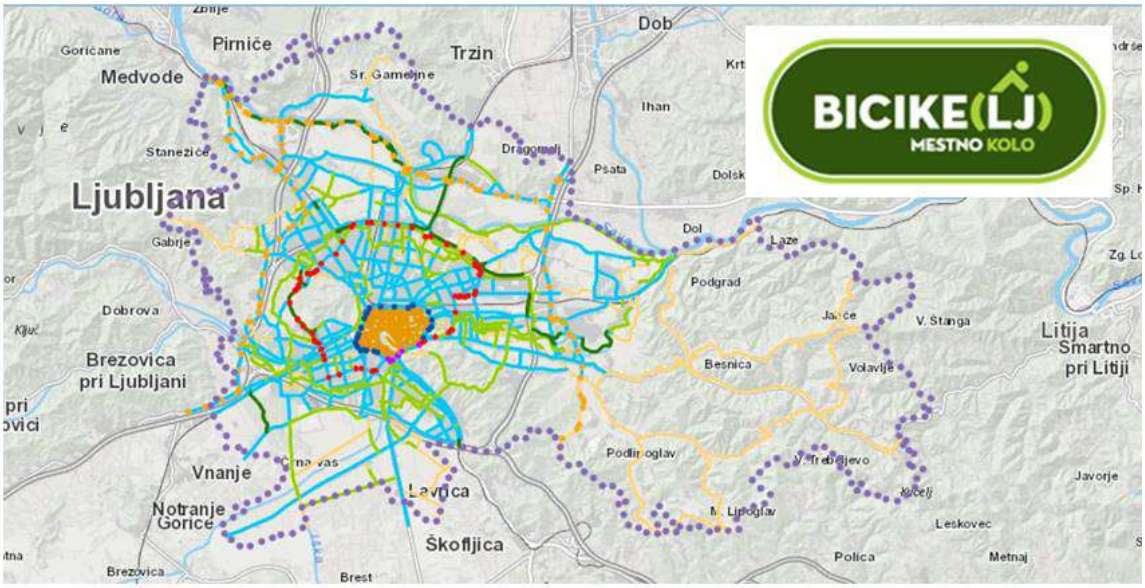

SP_MEJA_MOL
toplovod
2003-2005
2006-2010
2011-2015
po 2016



REGULIRAN SAOBRAĆAJ U CENTRU GRADA



MREŽA BICIKLISTIČKIH STAZA I BICIKELJ



PROSJEČNE GODIŠNJE KONCENTRACIJE PM_{10} ($\mu g/m^3$)

Stanica	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Bežigrad	29	30	32	26	24	23	28	24	25	27
Biotehniška	26	27	30	27	26	22	27	27	25	21
Center	48	42	44	45	41	38	40	40	33	35
Gospodarsko	-	-	-	-	-	-	-	-	29	24

BROJ DANA S PREKORAČENIM DNEVNIM KONCENTRACIJAMA PM_{10}

Stanica	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Bežigrad	30	43	63	27	22	19	43	36	30	28
Biotehniška	25	32	51	21	24	12	35	40	32	16
Center	112	74	94	107	74	55	85	66	51	51
Gospodarsko	-	-	-	-	-	-	-	-	39	20

zavita EIMV ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR

DALJNJI KORACI

Upotreba modeliranja za prognozu kvalitete zraka

Smanjivanje utjecaja malih ložišta

Povećavanje korištenja javnog saobraćaja

Povećavanje nemotorizirane mobilnosti

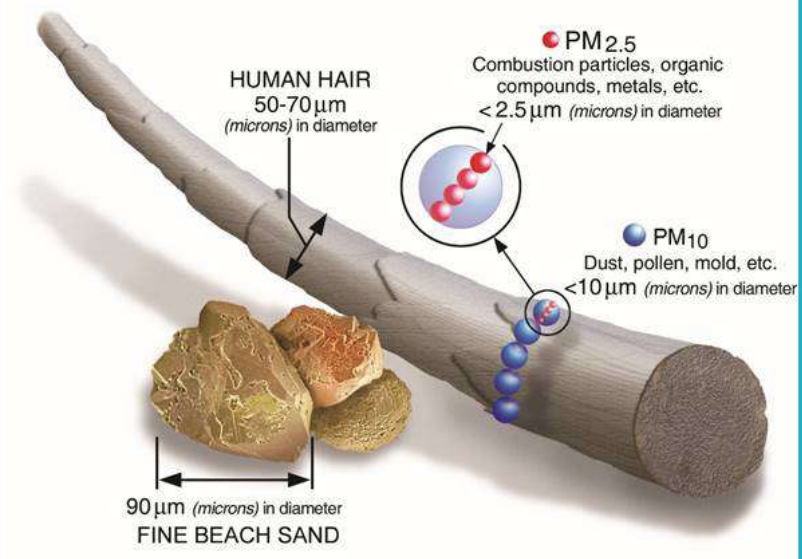
zavita EIMV ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR



IDENTIFICIRANJE IZVORA I PODUZIMANJE AKCIJA ZA POBOLJŠANJE GRADSKOG ZRAKA

Rudi Vončina
Miha Markelj
Petra Dolšak

Electric Power Institute Milan Vidmar - Environmental Department



"Particulate matter is a complex mixture of extremely small particles and liquid droplets"
EEA (2019)

GASEOUS COMPONENTS

SO_2

SO_2 is a colourless gas with a sharp odour. It is produced from the burning of fossil fuels (coal and oil) and the smelting of mineral ores that contain sulfur. The main anthropogenic source of SO_2 is the burning of sulfur-containing fossil fuels for domestic heating, power generation and motor vehicles.

NO_2/NO_x

NO_2 is the main source of nitrate aerosols, which form an important fraction of $PM_{2.5}$ and, in the presence of ultraviolet light, of ozone. The major sources of anthropogenic emissions of NO_2 are combustion processes (heating, power generation, and engines in vehicles and ships).

O_3

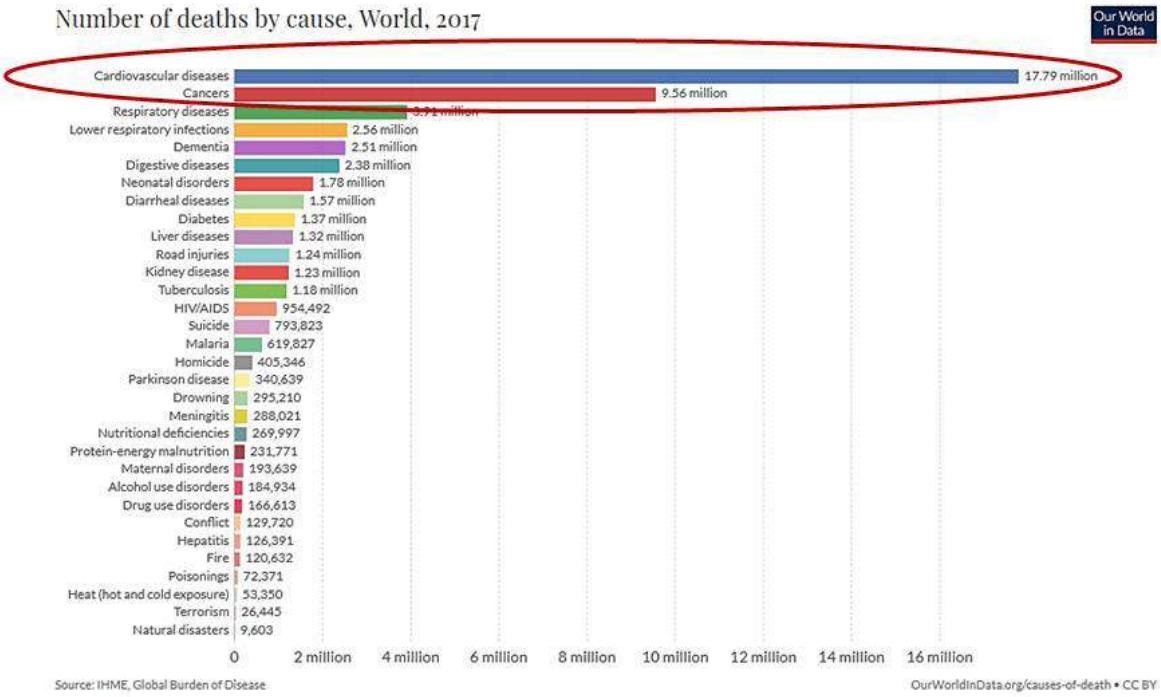
Ozone at ground level – not to be confused with the ozone layer in the upper atmosphere – is one of the major constituents of photochemical smog. It is formed by the reaction with sunlight (photochemical reaction) of pollutants such as nitrogen oxides (NO_x) from vehicle and industry emissions and volatile organic compounds (VOCs) emitted by vehicles, solvents and industry. As a result, the highest levels of ozone pollution occur during periods of sunny weather.

Health effects

SO_2 can affect the respiratory system and the functions of the lungs, and causes irritation of the eyes. Inflammation of the respiratory tract causes coughing, mucus secretion, aggravation of asthma and chronic bronchitis and makes people more prone to infections of the respiratory tract.

Epidemiological studies have shown that symptoms of bronchitis in asthmatic children increase in association with long-term exposure to NO_2. Reduced lung function growth is also linked to NO_2 at concentrations currently measured (or observed) in cities of Europe and North America.

Excessive ozone in the air can have a marked effect on human health. It can cause breathing problems, trigger asthma, reduce lung function and cause lung diseases.



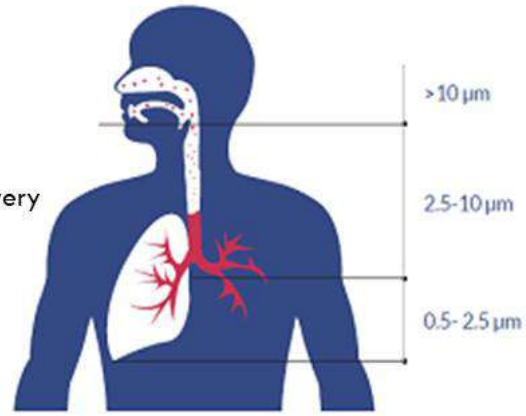
Source: Our World in data, 2020; Available at: https://ourworldindata.org/causes-of-death

HEALTH IMPACT OF PM

Toxicities of PM are highly depended on their source categorization.

Park et al. (2018)

PM are made up of several components, including acids (such as nitrates and sulfates), organic chemicals, metals and soil or dust particles.

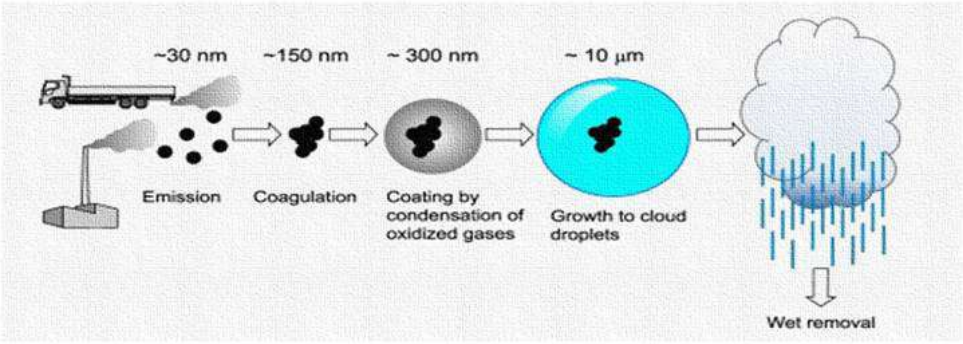


The latest burden estimates reflect the very significant role air pollution plays in cardiovascular illness and death.
EPA (2019)

In 2013, particulate matter was classified as a **cause of lung cancer by WHO's International Agency for Research on Cancer** (IARC).

WHO (2019)

PROPERTIES OF PM



Primarily aerosols are emitted in the atmosphere directly from the sources.

Secondary organic aerosols are created by process of:

1. Coagulation
2. Nucleation
3. Condensation

Seinfeld et al. (2016)

KVALITETU ZRAKA ODREĐUJEJU





količina
i
raznolikost
izvora u okruženju



meteorološke i
relijefne
karakterisitke



fizičko-hemijski procesi



ISTORIJA



SMOG
1905
Dr. Henry Antoine Des Voeux prvi je spomenuo smog u svom radu "Fog and Smoke" na naučnom skupu Kongresa za javno zdravstvo.

The Great Smog of London
1952
SO_2 se moglo detektirati pomoću kiseloog mirisa.

Prva tužba poljoprivrednika protiv Kemijske industrije u Sloveniji, 1927
Šteta na vegetaciji → kasnije je to mjerilo za lociranje mjernih stanica

DETEKCIJA TVARI U ZRAKU – mjereni pristup

1. svhrha mjerenja – dugovječna medicinska istraživanja
2. provjera i određivanje lokacija :

   urbana/ruralna/transportne/industrisjka područa
3. konstantna visina oduzimanja uzorka zraka
4. obavezno poštivanje konvencija, propisa i standarda:

   EN 12341, EN 14211, EN 14212, EN 14625, EN 14662...

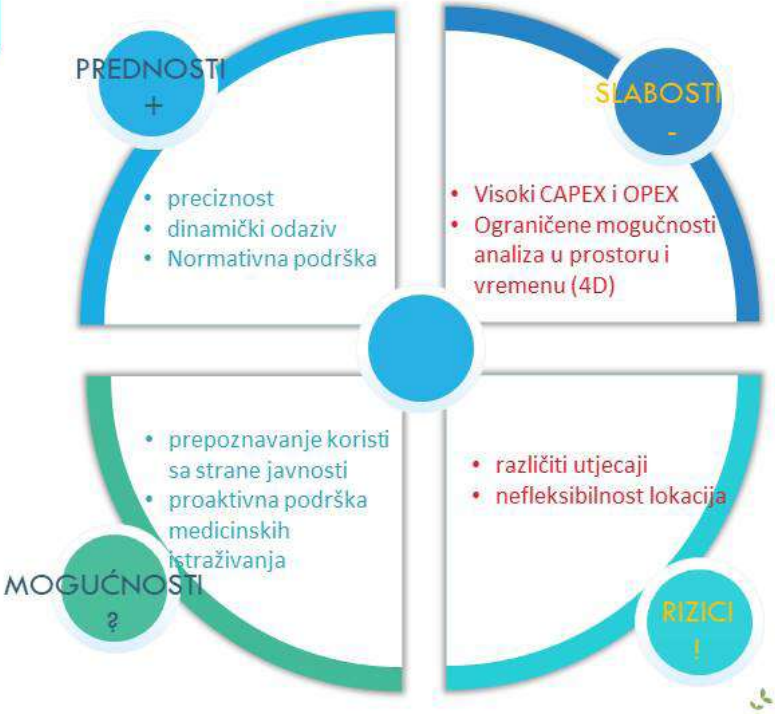
   Direktiva 2008/50/EK o kvaliteti zraka i čišćem zraku za Europu
5. održavanje mjerne opreme
6. različiti mjerni principi:

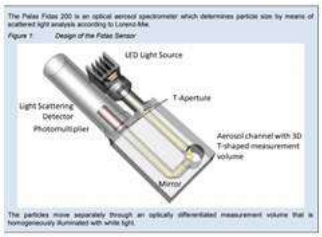
   automatske metode
   hemijsko-optički principi,
   gravimetrija,
   difundiranje tvari...

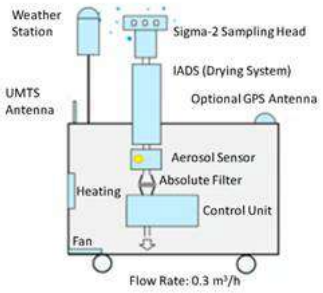




SWOT MATRICA - mjerenja





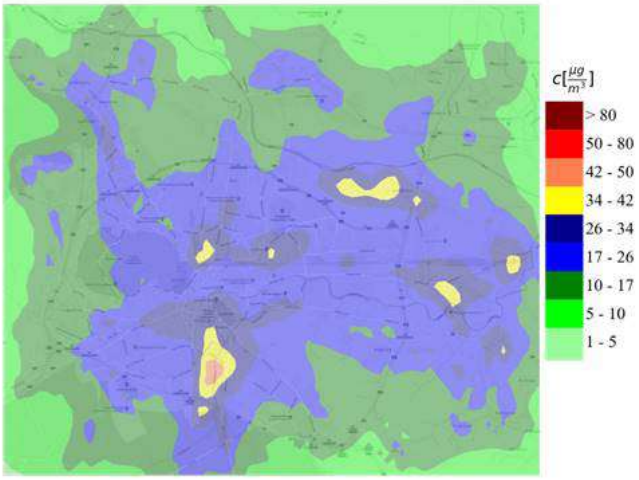


DETEKCIJA TVARI U ZRAKU – modelni pristup

1. prostorne informacije o koncentracijama onečišćujućih tvari
2. različiti modelski principi:

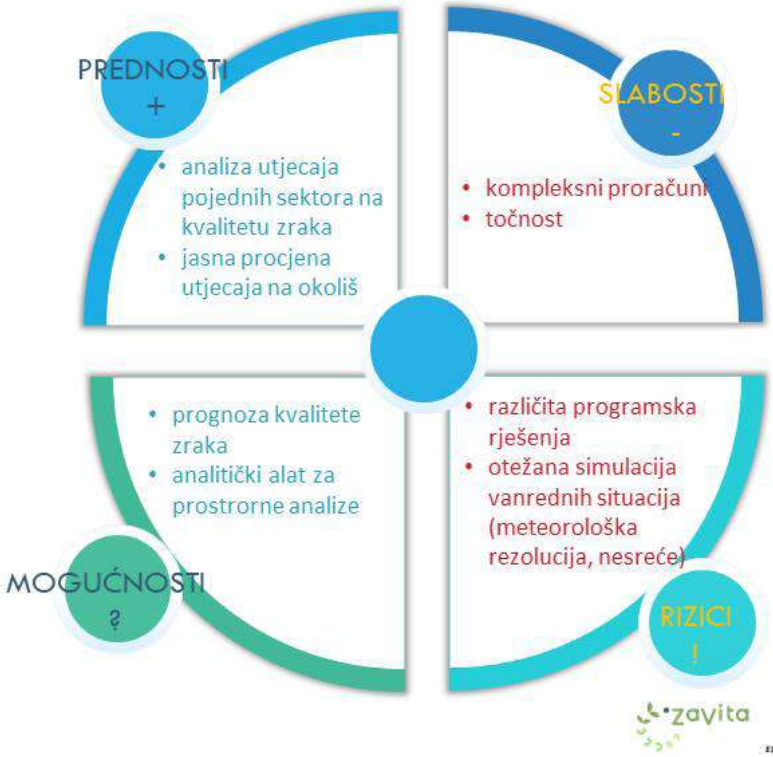
   Gauss / Euler / Lagrange
3. različite analize:

   hemijski procesi, korelacija sa meeorološkim karakteristikama/terenom
4. alat za određivanje odgovarajućeg odaziva emisija u prostoru.
5. kompleksni proračuni
6. simuliranje izvanrednih situacija

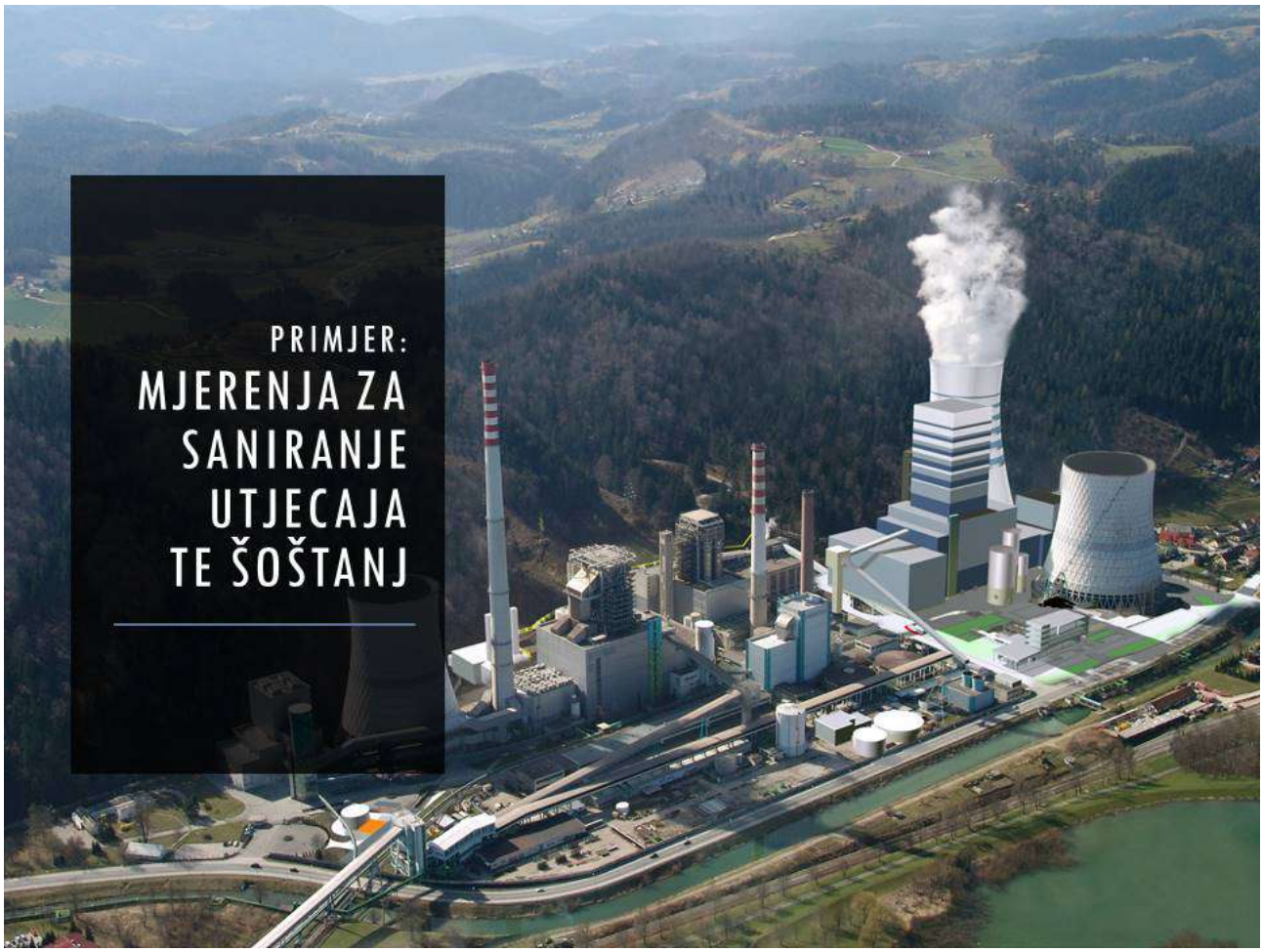


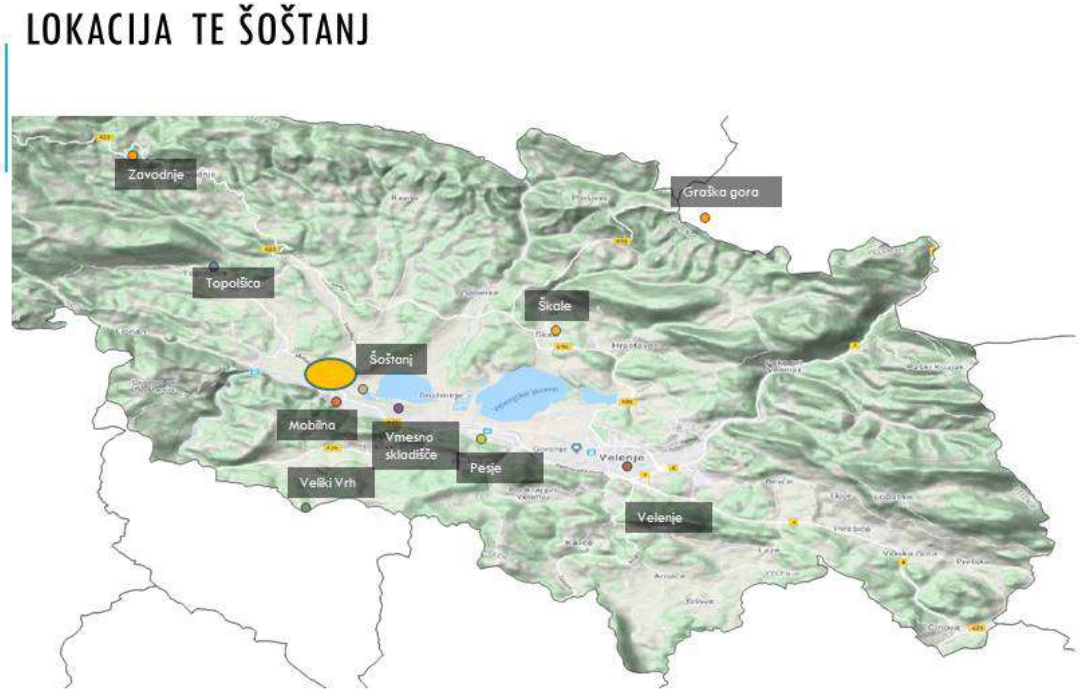
zavita EIMV ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR

SWOT MATRICA – modeliranje



zavita EIMV ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR

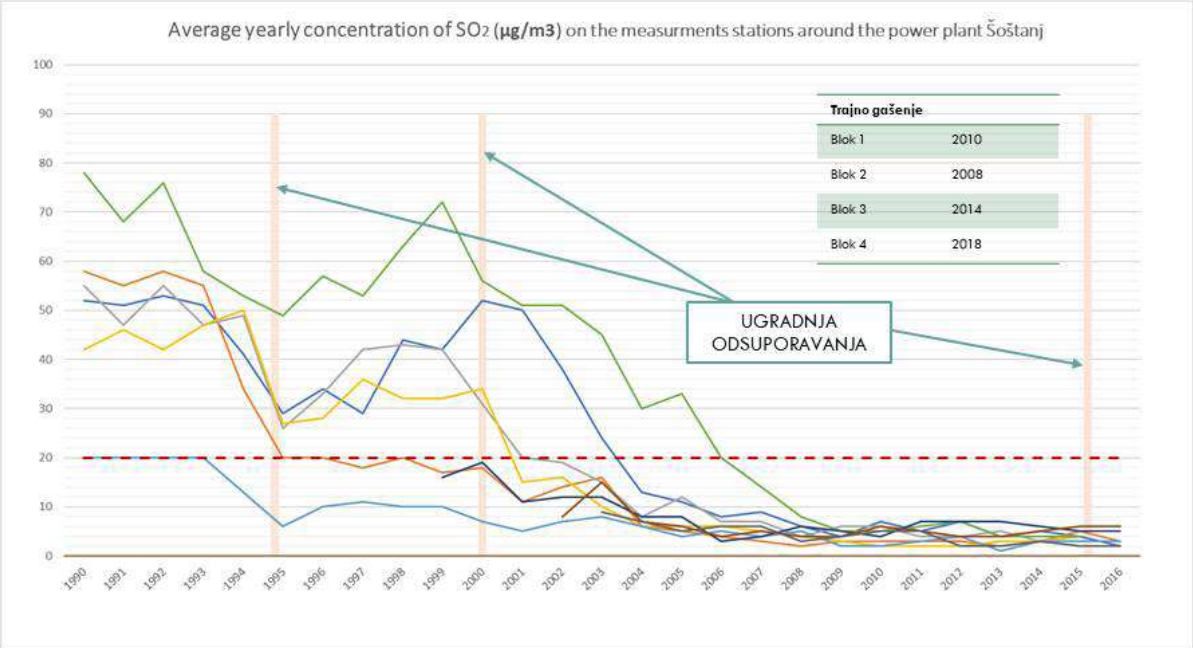




WeBIOPATR, 3.10.2019, Belgrade

zavita

ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR



MJERENJA ZA INDUSTRIJU

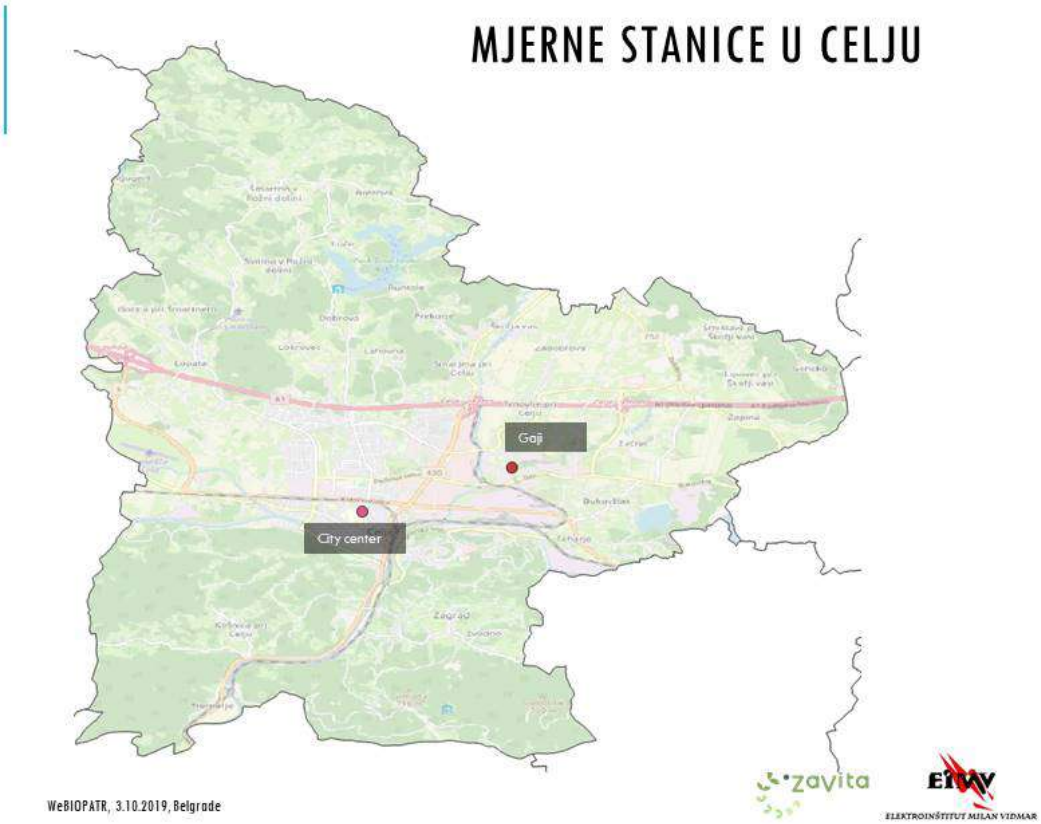
dimnjak		Prašina	SO_2	NO_X
1, 2, 3/1, 3/2	način	elektrofilter	aditivi /povrjemeno	/
				mjere
				1
				mjere
				katalitska
				cija
				2018
Dimnjak B6	način	elektrofilter	vodena karbonacija	selektivna katalitska redukcija
	godina ugradnje	2013	2013	2013

Referentni dokumenti najboljih dostupnih tehnika (BREFs)

BREF je niz referentnih dokumenata koji pokrivaju, koliko je to moguće, industrijske aktivnosti navedene u Prilogu 1. IPPC direktive. Navode opis niza industrijskih procesa i, na primjer, njihovih radnih uvjeta i stope emisije. Države članice moraju uzeti u obzir te dokumente prilikom određivanja najboljih raspoloživih tehnika općenito ili u posebnim slučajevima na temelju Direktive.

link: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/


PRIMJER:
ANALIZA UTJECAJA NOVE CESTE NA KVALITETU ZRAKA U CELJU


MJERNE STANICE U CELJU
Gaji
City center
WeBIOPATR, 3.10.2019, Belgrade
zavita
ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR

UTJECAJ PROMJENE PROMETNIH TOKOVA U CELJU ZBOG NOVE CESTE NA KONCENTRACIJE PM_{10}

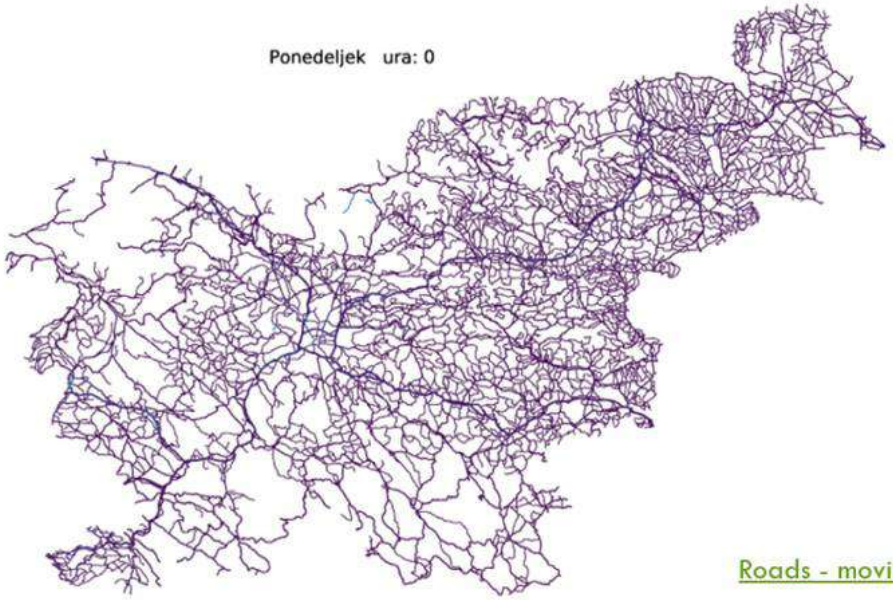


	točka maksimalne koncentracije [μg/m²]
dnevno smanjenje	- 6
godišnje smanjenje	- 3

prognoza, da će obilaznica preuzeti 30% tranzitnog prometa.

zavita EIMV ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR

PROMETNO OPTEREĆENJE U SLOVENIJI

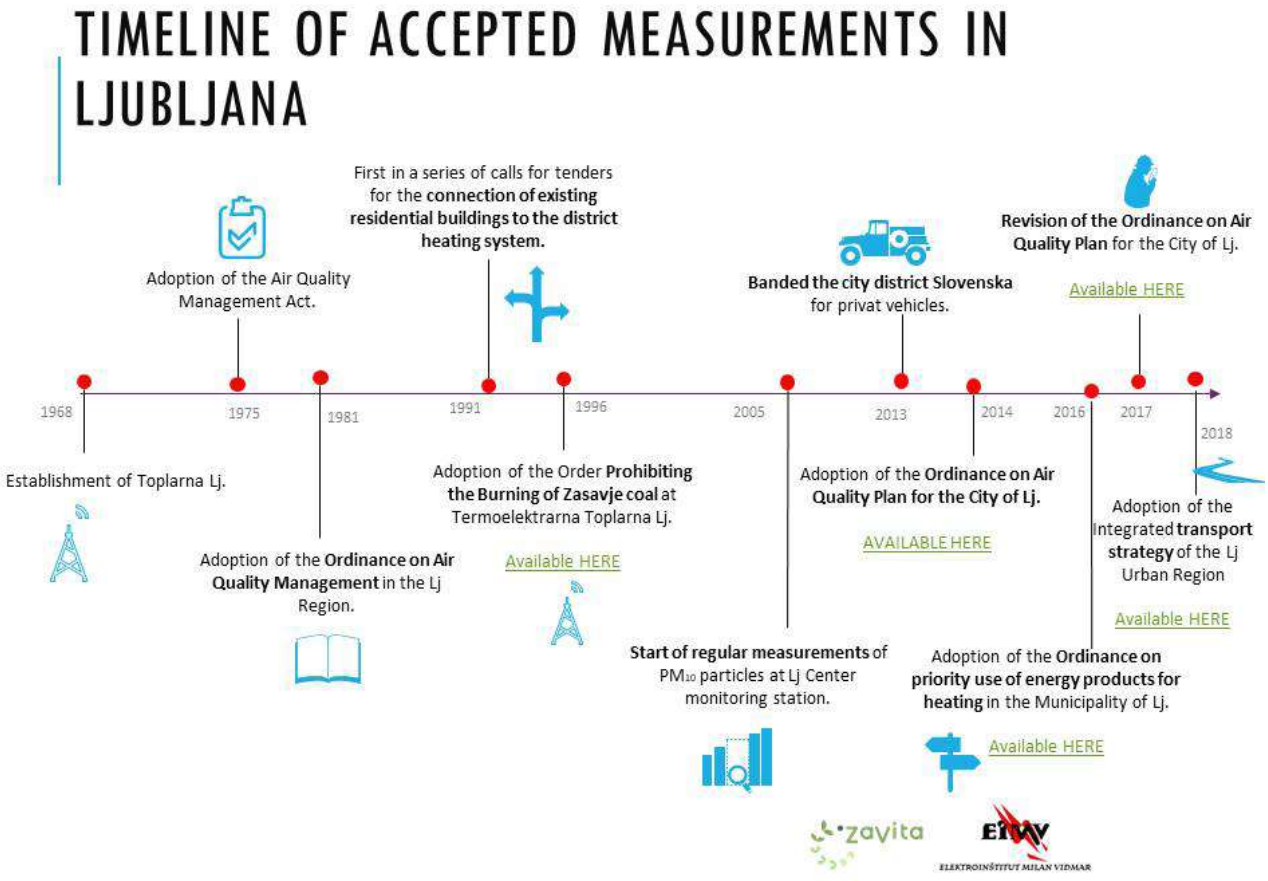


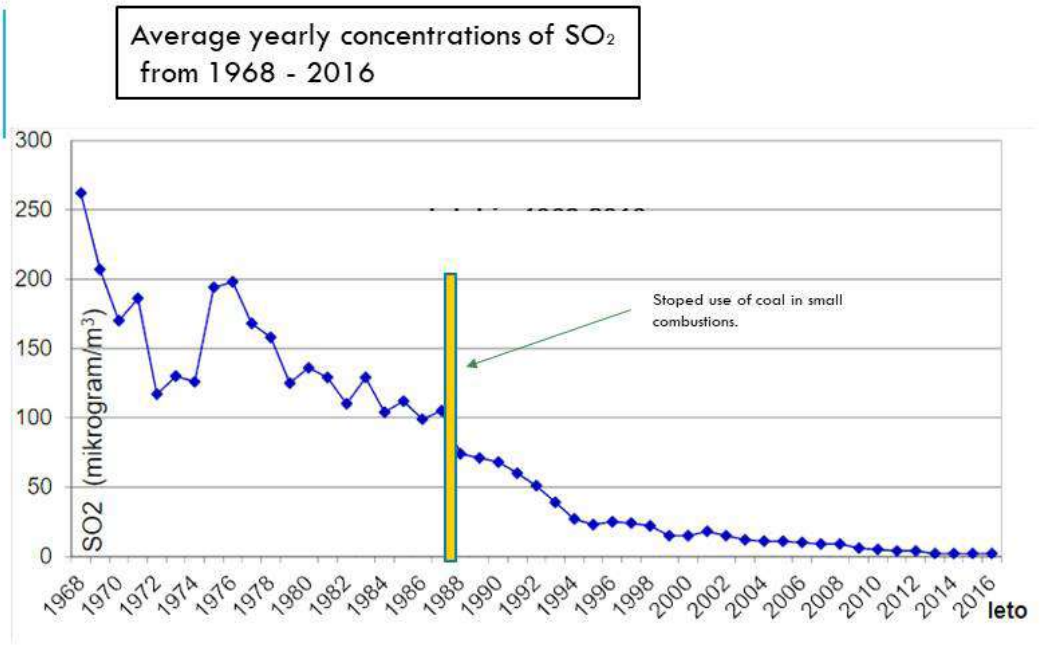
Roads - movie

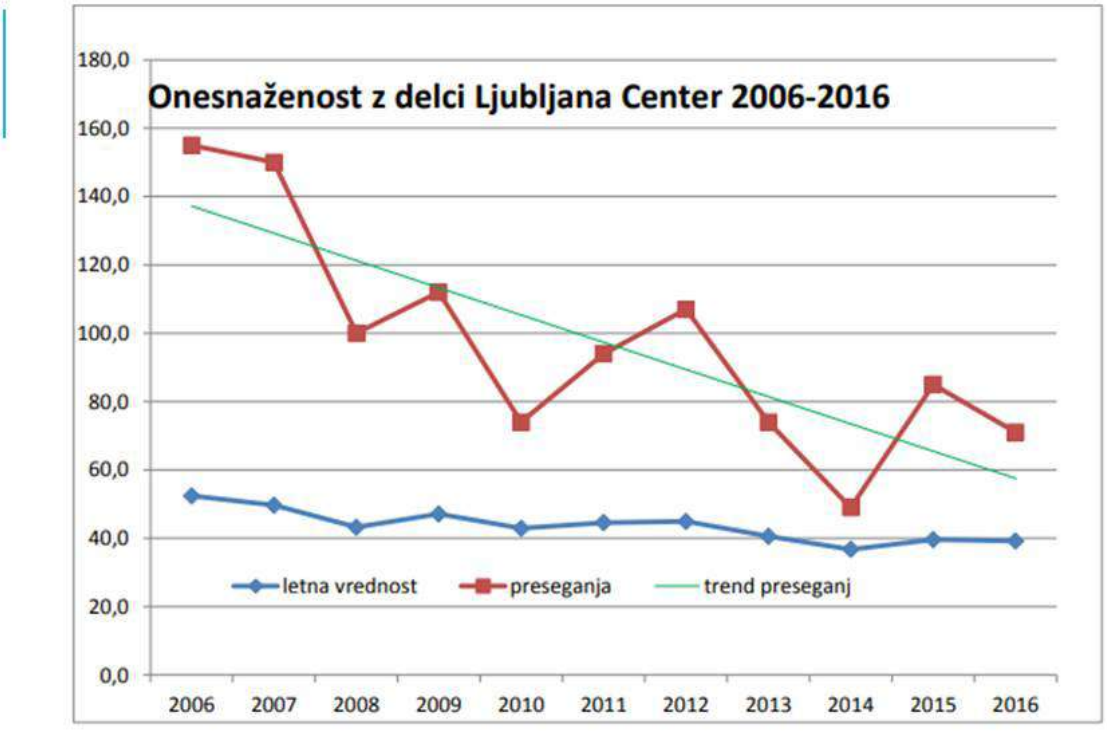
Roads - movie

zavita EIMV ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR

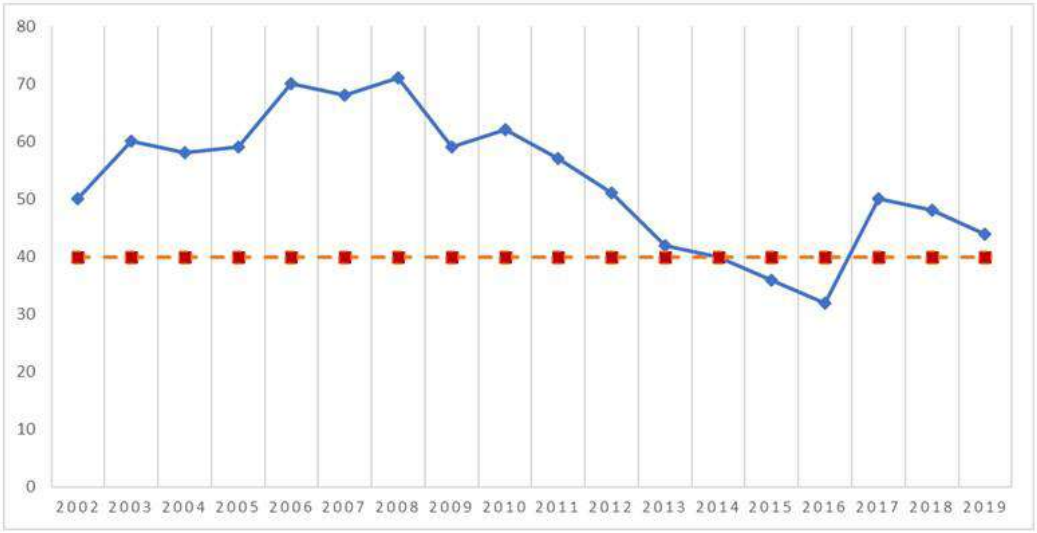

PRIMJER:
MALA
LOŽIŠTA
U LJUBLJANI


TIMELINE OF ACCEPTED MEASUREMENTS IN LJUBLJANA
1968
Establishment of Toplarna Lj.
1975
Adoption of the Air Quality Management Act.
1981
Adoption of the Ordinance on Air Quality Management in the Lj Region.
1991
First in a series of calls for tenders for the connection of existing residential buildings to the district heating system.
1996
Adoption of the Order Prohibiting the Burning of Zasavje coal at Termoelektrarna Toplarna Lj.
Available HERE
2005
Start of regular measurements of PM10 particles at Lj Center monitoring station.
2013
Banded the city district Slovenska for privat vehicles.
2014
Adoption of the Ordinance on Air Quality Plan for the City of Lj.
AVAILABLE HERE
2016
Adoption of the Ordinance on priority use of energy products for heating in the Municipality of Lj.
Available HERE
2017
Revision of the Ordinance on Air Quality Plan for the City of Lj.
Available HERE
2018
Adoption of the Integrated transport strategy of the Lj Urban Region
Available HERE
zavita
ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR


Average yearly concentrations of SO2 from 1968 - 2016
SO2 (mikrogram/m3)
300
250
200
150
100
50
0
Stoped use of coal in small combustions.
1968 1970 1972 1974 1976 1978 1980 1982 1984 1986 1988 1990 1992 1994 1996 1998 2000 2002 2004 2006 2008 2010 2012 2014 2016
leto


Onesnaženost z delci Ljubljana Center 2006-2016
180,0
160,0
140,0
120,0
100,0
80,0
60,0
40,0
20,0
0,0
letna vrednost
preseganja
trend preseganj
2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016

Average nitrogen dioxide levels (Ljubljana Center, µg/m³)



zavita · ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR

NATIONAL EMISSIONS INVENTORY

National emissions reported to the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP Convention)

Top-down approach

TIER 1

$$E = AR \times EF$$

$E_{pollutant}$ = the emission of the specified pollutant,

$Ar_{fuel\ consumption}$ = the activity rate for fuel consumption,

$EF_{pollutant}$ = the emission factor for this pollutant.

Bottom-up approach

TIER 2

$$E = \sum_{i,k} EF_{i,j,k} \cdot A_{j,k},$$

where

E = annual em… i

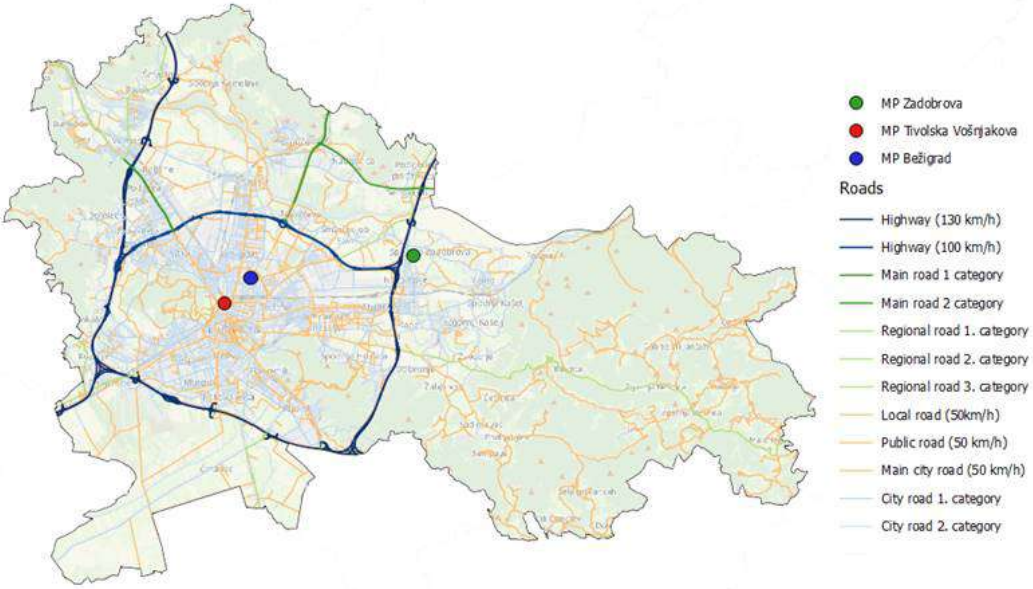
kjiEF = default emission … i for source type j and fuel k,

kjA = annual consumption of fuel k in …urce type j.

Good national evidences are crucial!

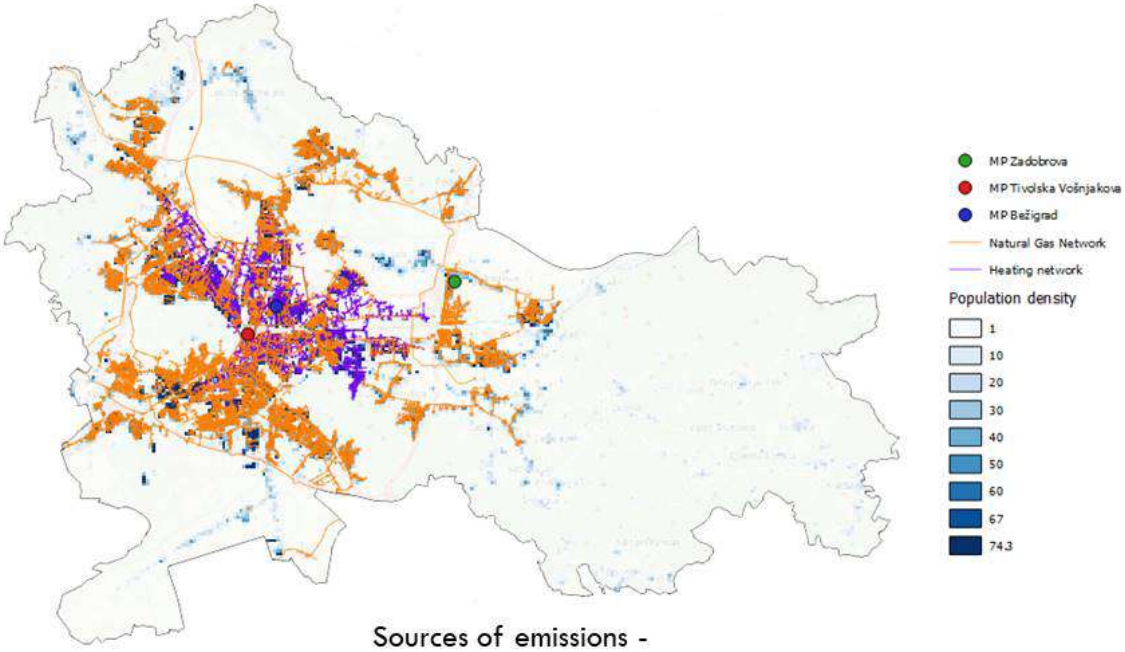
zavita · ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR

EMISSIONS INVENTORY - transport



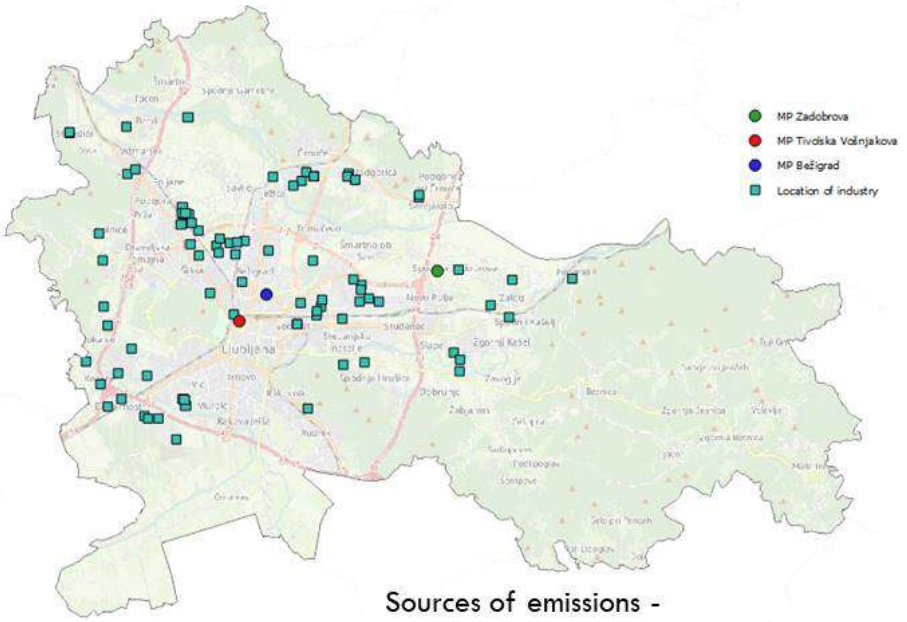
Sources of emissions - transport

EMISSIONS INVENTORY – small combustions



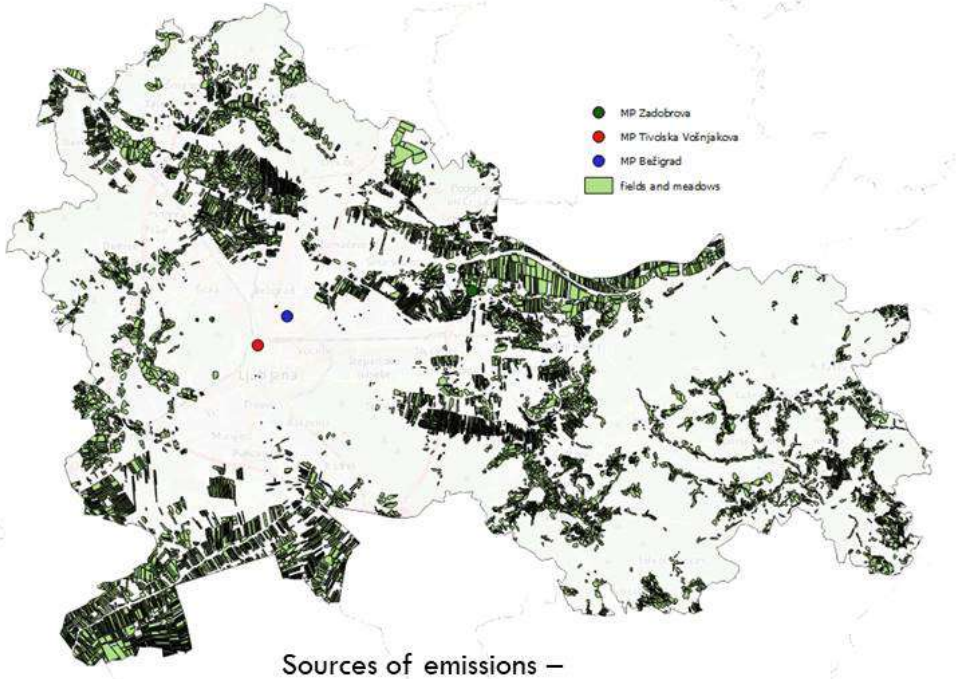
Sources of emissions - small combustions

EMISSIONS INVENTORY – industries



Sources of emissions - industry

EMISSIONS INVENTORY – agricultural



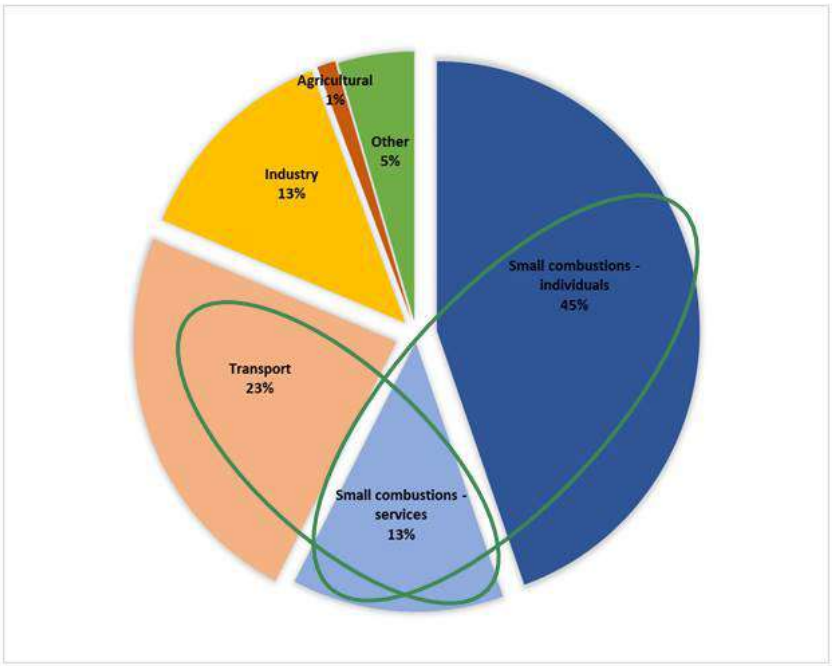
Sources of emissions – agricultural

PROPORTIONS OF PM_{10} SOURCES

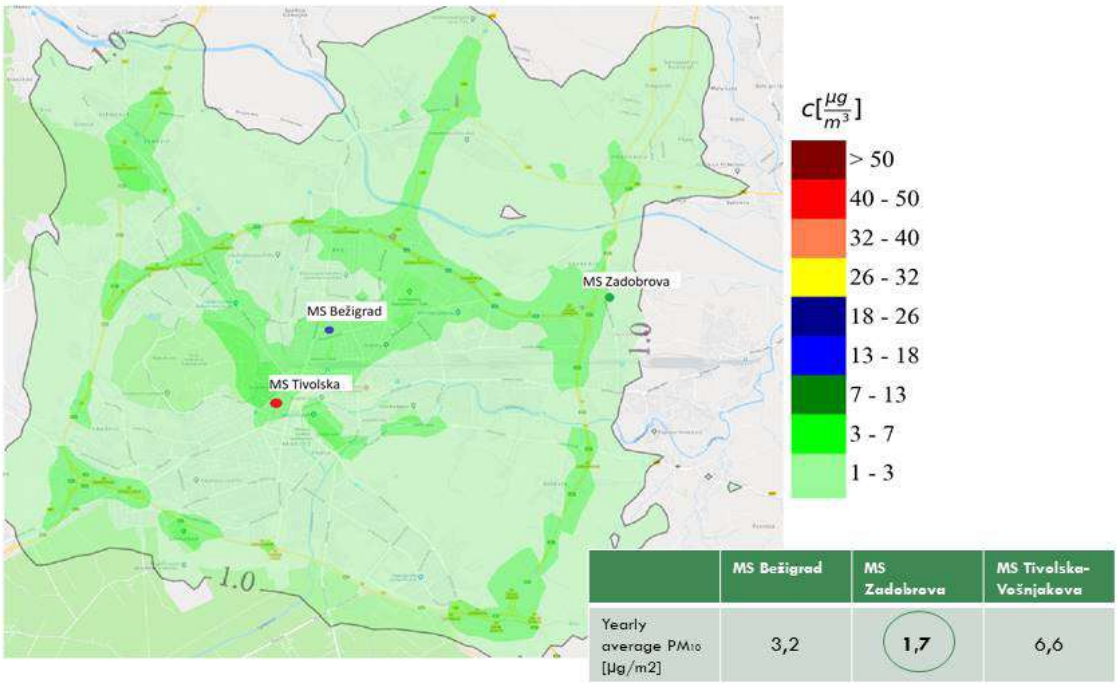
Buttom – up approach

Sum PM_{10} = 354,2 t/year

81% emissions of PM_{10} belong to the traffic and small combustions.

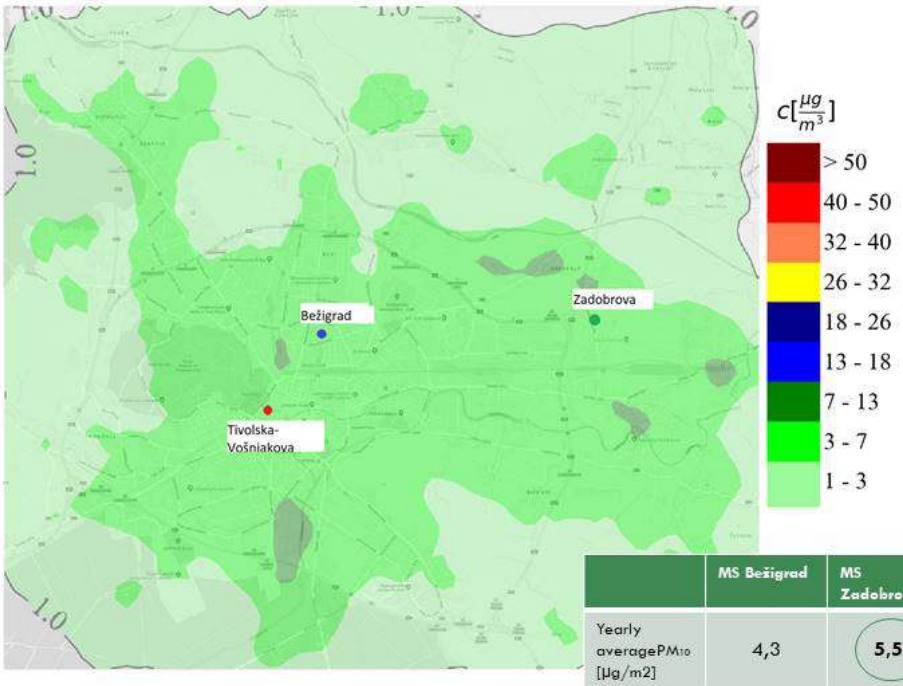


MODELLING– Roads



	MS Bežigrad	MS Zadobrova	MS Tivolska-Vošnjakova
Yearly average PM_{10} [µg/m2]	3,2	1,7	6,6

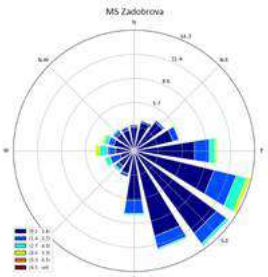
MODELLING– small combustion

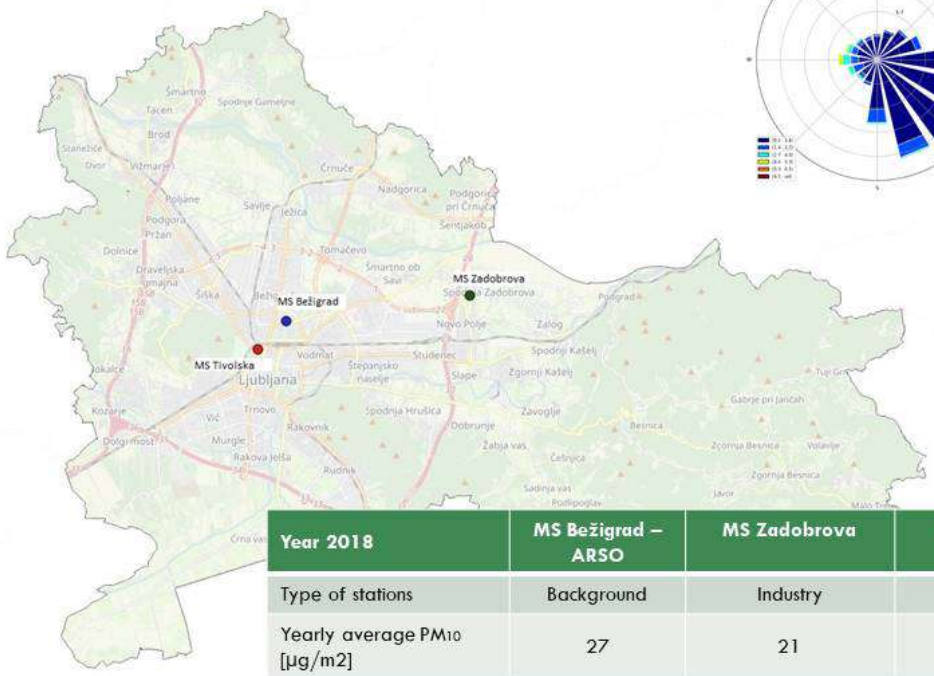


	MS Bežigrad	MS Zadobrova	MS Tivolska-Vošnjakova
Yearly average PM_{10} [µg/m2]	4,3	**5,5**	5,9

zavita ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR

IN-SITU MEASURMENTS

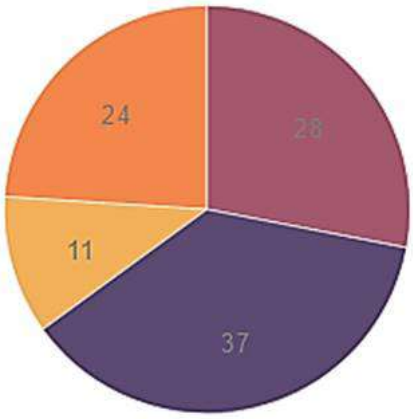




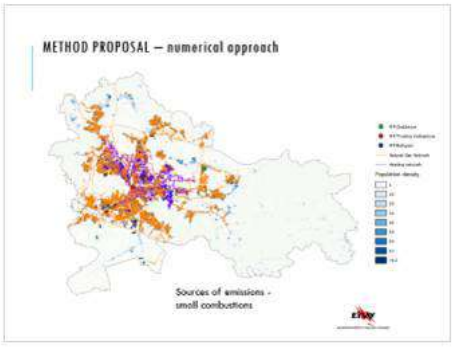
Year 2018	MS Bežigrad – ARSO	MS Zadobrova	MS Tivolska-Vošnjakova
Type of stations	Background	Industry	Traffic
Yearly average PM_{10} [µg/m2]	27	21	35

zavita ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR

Types of heating in Ljubljana



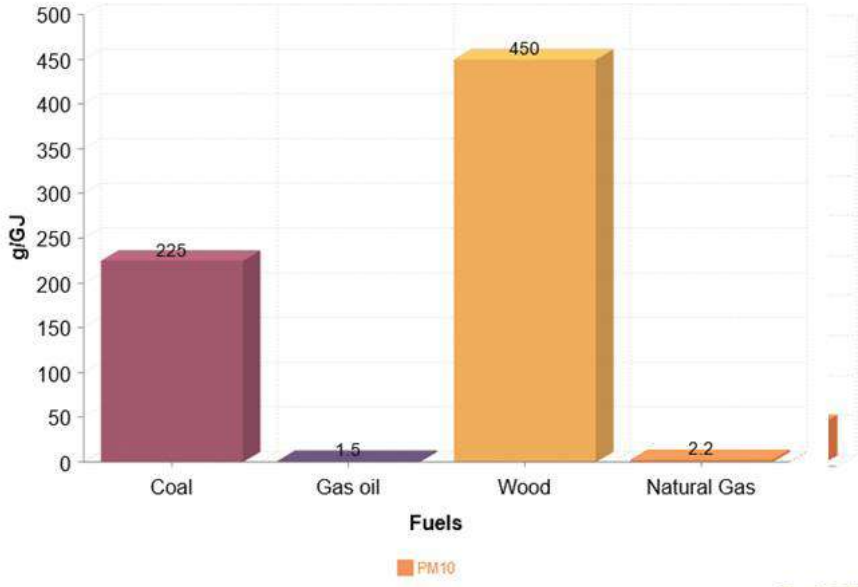
Natural Gas Distric	28.0%
Heating District	37.0%
Wood	11.0%
Other	24.0%



zavita

ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR

EMISSIONS FACTORS FOR DIFFRENT FUELS



EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019:

Technical guidance to prepare national emission inventories

1.A.4 Small combustion 2019



ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR

ACCEPTING THE MESURES TO CREATE A BETTER ENIRONMENT



CONCLUSION

- Only using numerical and measuring approach hand by hand
- to establish long-term and targets directed measurements,
- is essential to accept the most appropriate measures,
- which will lead to minimal air pollution our citizens are exposure.

REFERENCE:

City of Ljubljana, City Administration, Department for Environmental Protection (2015). Environment in the City of Ljubljana: European green capital 2016.

EPA. United States. Ennironmental Protection Agency.(2019). *Particulate Matter (PM) Pollution*[Online]. Available at: https://shortly.cc/AdX2 (Acessed at: 24.9.2019)

Park et al.(2018) "Differential toxicities of fine particulate matters from various sources", Scientific Reports. 8:17007.

Seinfeld J. H., Pandis S. N. (2016). Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change, 3rd Edition.

WHO. World Health Organisation (2019). *Common pollutants from household heating, cooking and lighting [Online]. Available* at: https://shortly.cc/C7zv (Acessed at: 24.9.2019)

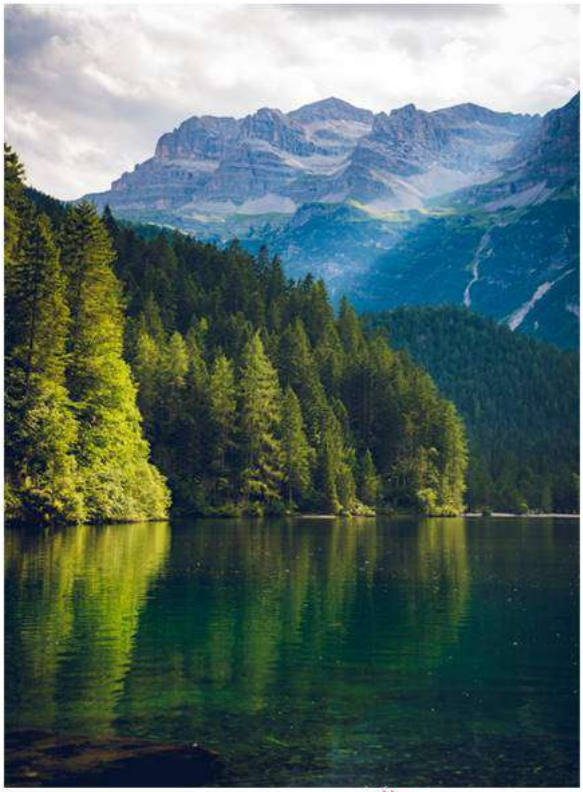
Thank you for your attention.

We are ready for the discussions.

Matjaz.Harmel@zavita.si

rudi.voncina@eimv.si

petra.dolsak@eimv.si



13

Samir Lemeš, SL
University of Zenica, Polytechnic Faculty
Fakultetska 1, 72000 Zenica, Bosnia and Herzegovina

Zavisnost kvaliteta računarskih simulacija zagađenja zraka od ulaznih podataka

Influence of input data on the quality of air pollution distribution computer simulations

Abstract: Computer simulations proved to be very useful tool to model physical phenomena, such as air pollution distribution. Computer models vary in complexity, from basic 2D simulations which use simplified distribution models, to complex spatial CFD which uses vast amount of input data. Input data includes terrain configuration and geometry of obstacles such as tall buildings; meteorological data such as wind, temperature, pressure, humidity, solar radiation, inversion layer height; and finally point, linear or spatial sources of emissions (concentrations of pollutants, flow rate, 3D location of sources). There are numerous influence factors that contribute to the quality of simulation results, from the mathematical models used to describe physical phenomena, over software implementation of meshing, boundary conditions and solvers, to photochemical reactions between different pollutants in the air. It is very important to estimate the influence of particular input data on the quality of simulation results, in order to define a confidence level of these results. This paper gives an overview of input data which should be taken into account in any computer simulation of air pollution distribution, accompanied with an example of simulation with low quality input data.

Key words: *Air Pollution Distribution, Computer Simulations, Verification, Validation, Input Data*

1. Introduction

Numerous influence factors contribute to the quality of simulation results. Air pollution distribution is a very complex problem, which is greatly influenced by different parameters, from mathematical models describing complex physical phenomena to photochemical reactions between different pollutants in the air, which are inhomogeneous mixture of gasses and particles. When Computational Fluid Dynamics (CFD) is used to calculate the dispersion of pollutants at the micro-scale, it is common to use Lagrangian models to simulate the dispersion of particles in the air and Eulerian model for the dispersion of gasses. Lagrangian model describes the fluid motion by following the fluid particles as they move through space and time. Eulerian model describes fluid motion focused on a specific location in the space and recording the properties of fluid elements passing through the location.

When CFD is used to describe the air pollution dispersion over larger domains (such as city or regional scale), the model becomes too complex, making computation too time-consuming, demanding immense computing resources. It also requires a huge amount of information about boundary conditions and geometry specification, that jeopardises the validity of results. In these cases, models based on statistical data are used, assuming that the concentration of pollution downwind from a source spreads in both horizontal and vertical directions outward from the centreline of the plume following a normal statistical distribution. The majority of models is based on the Gaussian plume dispersion model, but there are also other models using statistical estimations of the input data.

A number of authors analysed different aspects of computer simulations describing pollution dispersion in the atmosphere. An exhaustive literature review was performed in order to identify how this issue was approached by different authors.

1.1 Literature review

Abril et al. in [1] analysed the emission, transport, dispersion, and concentration of particulate matter emitted from industrial sources. They validated the dispersion model by measuring Total Suspended Particulate matter (TSP) at monitoring sites, and the simulation was based on estimated emissions, because data on source-specific emission tests or continuous emission monitors were unavailable. The emission factors were estimated using the guidelines and procedures for specific industrial activities. The performance evaluation of the AMS/EPA Regulatory Model (AERMOD) application was carried out by comparing the predicted and measured results during the validation period. A number of performance measures were used to evaluate dispersion models, which include mean, standard deviation, fractional bias (FB), geometric mean bias (GM), index of agreement (IOA), factor of two (FAC2) and the mean square normalized error (NMSE). Authors concluded that by obtaining on-site meteorological data and a higher quality emissions data, uncertainties would decrease [1].

Aly et al. in [2] compared two types of widely used dispersion models: steady-state (Gaussian-Plume) models and Time-dependent models, stating their advantages and disadvantages. The main disadvantage of steady-state model is lack of taking into account the vertical profiles of turbulence, and the assumption that all variables and parameters are constant in time. Time-dependent models (Gaussian-Puff, Box, Trajectory, Grid, Lagrangian and Eulerian model) are more complex but overcome the disadvantages.

Bajoghli in [3] compared AERMOD and Industrial Source Complex Short Term (ISCST3) model applied on single industrial pollution source. He demonstrated that AERMOD is more sensitive to changes in albedo, surface roughness, wind speed, temperature and cloud cover, while ISCST3 is more sensitive to solar radiation and mixing heights below 160 m. He suggests that no model is known as perfect and model selection relies on complete understanding of the model background.

Baranka et al. point out the importance of emission inventories and related uncertainties to get consolidated estimates on the formation of air pollution [4]. Bedwell et al. in [5] provided guidelines

describing uncertainties related to the meteorological conditions, related to the source and related to the atmospheric dispersion models. They pointed out that, for a non-linear system such as the atmosphere, small initial errors can grow rapidly. They ranked the sensitivity of dispersion models to five input meteorological variables: wind direction, stability, precipitation, wind speed and mixed layer depth, the latter having the least influence.

Berchet et al. in [6] stated that consistent addressing of health and regulatory issues related to urban air quality, require both the spatial distribution and temporal variability of air pollution to be resolved at high resolution (hourly time step and few-meter horizontal resolution), and the contributions from different emission sectors must be assessed separately. They opened a question of combining expensive regular monitoring sites with dense low-cost sensor networks, as a possible tool to improve the coverage of observations, making input data more representative and enabling higher resolution of the models. They propose a cost-effective method to take full advantage of high-resolution CFD simulations at the city-scale, while keeping the required resources affordable. An interesting observation from [6] takes into account the daylight-saving time shift, because daily patterns of concentrations differ approximately by one hour for winter and summer conditions.

Blocken in [7] discussed possibilities and limitations of CFD for urban physics, i.e. transfer of heat and mass in the outdoor and indoor urban environment, and their interaction with humans, fauna, flora and materials. He explained briefly the differences between The Reynolds-averaged Navier–Stokes (RANS) and Large eddy simulation (LES) models, widely used in CFD, followed by ten tips and tricks towards accurate and reliable CFD simulations for urban physics.

Castelli et al. in [8] assessed the sensitivity of the model of the atmospheric dispersion of pollutants to the meteorological input data. Statistical analysis showed that performances of the modelling system depend on the type of test case, type of release and location of the source in the built-up domain. Falasca and Curci [9] observed that influence of the horizontal model resolution reflects simulation results for different pollutants differently; model bias decreases for PM10 but not for O3 concentrations. Perhaps photochemical reactions typical for O_3 could explain this difference. Fernández et al. developed an open-source CFD solver based on finite volumes method [10] in order to study the simultaneous emissions of different types of sources in urban environments. They used emission factors for point and linear sources, and statistical data for superficial sources such as residential heating emissions. Gulia et al. compared the AERMOD and CALPUFF dispersion models used to model the NOx dispersion around the industrial complex [11]. They concluded that CALPUFF model is more accurate in calm wind and stagnant weather conditions.

Herring and Huq in [12] reviewed the methods adopted and issues involved in comparing the predictive performance of atmospheric transport and dispersion models to experimental data. They pointed out that CFD (RANS and LES) approach may give the more accurate results than Gaussian methods (UDM, SCIPUFF), but due to limitations of approximations and modelling assumptions such as eddy-viscosity and gradient-diffusion hypothesis, even CFD solutions are less accurate for low-speed wind regions.

Holnicki and Nahorski in [13] demonstrated how emission uncertainty of air pollutants generated by the industry, traffic, and the municipal sector relates to concentrations measured at receptor points. Their results showed significant spatial variability of the modelled uncertainty, which depends not only on the category of the emission source but also on the contributing emission sources and their quantity. The biggest uncertainty in most cases is caused by emission inventory and meteorological data. In their case study, PM10 and SO_2 concentrations calculated by CALPUFF model were more accurate than NOx concentrations, and the difference is explained by the fact that NOx emissions are typical for moving sources, such as traffic, and they are simplified as static line sources in the model.

Kadaverugu et al. in [14] discussed the coupling of mesoscale and building scale CFD models, pointing out that problems at multi-scale integration stems from the dissimilarities in the solution approach

of the models. For example, Weather Research and Forecasting model coupling with Chemistry (WRF-Chem) solves compressible Euler equations of atmospheric flow in finite difference with explicit time integration, while open source CFD solver OpenFOAM in steady state with RANS solves incompressible Naiver-Stokes equations in finite volume with semi-implicit time integration [14]. Another problem arises from difficulties in integration of flow of variables between the multiscale models.

Meroney et al. in [15] reviewed six CFD guidelines for dispersion modelling including Verification and Validation (V&V) schemes; (1) US CFD guidelines; (2) COST/ES1006; (3) German VDI (Verein Deutscher Ingenieure) guidelines; (4) Atomic Energy Society of Japan; (5) Japan Society of Atmospheric Environment; (6) Architectural Institute of Japan. Various criteria for measuring agreement between predictions and full or model-scale measurements include scatter diagrams, classical ANOVA (Analysis of Variance), pattern comparison tests and weighted average fractional bias plots, or by comparing simulation results with measurements taken during field or physical model (i.e. wind tunnel) simulations. They also claim that validation is a learning, continuous process, with inherent uncertainties in model physics, initial conditions, boundary conditions, and even turbulent randomness which can exist as a barrier to repeatability of both physical experiments and numerical comparisons. They finally stated that there is still no internationally accepted V&V guideline for dispersion modelling, despite similarities between national guidelines.

As it is well known that AERMOD gives questionable results in low-wind conditions with meandering effect, Pandey and Sharan in [16] tried to use a segmented approach by assuming that a shorter time period (2 min) mean wind direction estimate the plume more closely than the hourly mean wind. Tinarelli and Castelli investigated the influence of the choice of the meteorological data supplied as input to the model, on the predicted concentration distribution and on its representativeness of the observed pattern [17]. They concluded that using a single wind-velocity dataset for model simulations may be unrepresentative of the variation in space and time of the actual flow field, especially when dealing with complex urban areas. It is recommended to use an appropriate input wind-velocity field, because even small differences in the input flow may lead to relatively large deviations between the puff patterns among different simulations.

Thunis et al. in [18] emphasize the importance of favouring bottom-up approaches detailed at the spatial and temporal resolutions adequate for the modelling purposes. While a bottom-up approach relies mostly on local activity estimates collected over the area of interest (e.g. traffic counts for road segments in a city), the top-down approach distribute emission totals (country or region, e.g. derived from total fuel sales) spatially according to gridded proxies (e.g. population, land use...) [18].

Pinto et al. in their research focused on traffic data in air quality modelling. They reviewed the main traffic variables used in emissions and air quality modelling [19] at different levels of detail, such as traffic flow, speed, fuel consumption, fleet composition, followed by the emissions models and meteorological data. They showed that gaps remain on consistent emissions factors, spatial and temporal distributions, allocations of emissions on grid cells, and performance of the meteorological models, and identified the flow-per-vehicle-type as the most important variable for traffic related pollution modelling.

Kalhor and Bajoghli evaluated Gaussian dispersion models for a case study of a steel plant using complete and incomplete upper air meteorological data: AERMOD, Advanced Dispersion Modelling System (ADMS) and Industrial Source Complex Model (ISC3) [20]. Their results show differences in results when modelling with real (actual) and estimated upper meteorological data, ranging from 100% to 450%.

All these results lead to the conclusion that verification and validation of any simulation model is inevitable in order to assess the simulation results. There is no internationally accepted methodology for this, but the basic principles could be extracted from the existing guidelines developed at national

or regional level.

2. Verification & Validation of computer simulations

The American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA) in [22] defines validation as: "The process of determining the degree to which a model is an accurate representation of the real world from the perspective of the intended uses of the model." It refers to quantifying uncertainties in CFD, including input uncertainty (by sensitivity analysis and uncertainty analysis) and quantifying physical modelling uncertainty (by comparison of CFD results with high-quality experiments) [21]. Oberkampf and Trucano in [21] state that meaningful validation is only possible after good quantitative estimates have been obtained of all numerical errors, the input uncertainty and the uncertainty of the experimental data used for validation.

Validation is a process confirming that model can adequately predict the underlying physics. On the other hand, verification is a process that should confirm how accurately mathematical model represents the reality. A valid model must approximate the physical behaviour with a satisfactory level of accuracy. Experimental results are considered essential to test the validity of a model, but one must have in mind that even experimental results are not necessarily more accurate than computational results due to uncertainties associated with the experiments. Validation is the subjective process that determines the accuracy with which the mathematical model depicts the actual physical event, while verification is the process that determines the accuracy with which the computational model represents the mathematical model. In simple terms, validation asks, "Are the right equations solved?" while verification asks, "Are the equations solved correctly?" [24].

The Verification and Validation (V&V) process is still not standardized, but the American Society of Mechanical Engineers (ASME) put efforts to develop two Guides on Verification and Validation; one in Computational Fluid Mechanics (G-077-1998e) and another in Computational Solid Mechanics (PTC 60/V&V 10-2006). In both Guides, the determination of computational uncertainty is quite similar to metrology approach (such as GUM – Guide for Uncertainty in Measurements), and it relies on experimental data. It is necessary to identify and quantify the error sources, to model their relationships, perform simulation calculations, and finally to quantify the output uncertainty [24].

Oberkampf and Trucano in [21] presented an extensive review of the literature in V&V in CFD, discussed methods and procedures for assessing V&V, and developed an exhaustive guide for V&V as an upgrade to the AIAA guide [22] which was developed in 1998 and reaffirmed in 2002. The AAIA guide [22] interestingly concludes that "The state of the art in CFD has not developed to the point where conformity can be required. Much more research needs to be conducted toward improving the detailed methodology and procedures of V&V.". There is no definition of accuracy appliable to all CFD simulations, but it depends on the purposes for which the simulations are to be used.

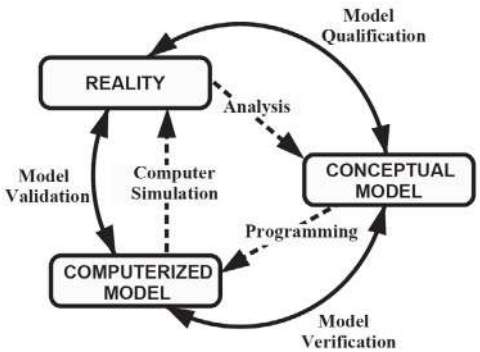


Figure 1 – Phases of modelling and simulation and the role of V&V [21]

Figure 1 illustrates the role of V&V within the phased approach for modelling and simulation. The

conceptual model is composed of all information, mathematical modelling data, and mathematical equations that describe the reality. In CFD, the conceptual model is dominated by the partial differential equations for conservation of mass, momentum, and energy. In addition, the CFD model includes all of the auxiliary equations, such as turbulence models and chemical reaction models, and all of the initial and boundary conditions of the equations. The computerized model is a computer program that implements a conceptual model [21].

An example of model validation can be shown on widely used Gaussian air pollutant dispersion equation used in AERMOD. The mathematical model is reliable and accurate when wind speed is big enough. But, in low-wind or no-wind conditions, the concentration equation rises to infinity. The mathematical model is based on the following equation:

$$C = \frac{Q}{\sqrt{2\pi}\sigma_z U_e} F(x,y)\left[e^{-\frac{(H_s - z)^2}{2\sigma_z^2}} + e^{-\frac{(-H_s - z)^2}{2\sigma_z^2}}\right]$$

where: C is concentration of emissions from an elevated release, *F(x,y)* is the weighted horizontal distribution function, U_e is the effective wind speed, H_s is the effective stack height, *z* is the receptor height, *Q* is the source pollutant emission rate and σ_z is the vertical dispersion parameter. Whenever wind speed U_e is near zero, the concentration C tends to infinity.

The V&V concept can contribute to reliability and credibility of computer simulation results, but lacks an important aspect, referred as "Model qualification" in Figure 1. Model qualification is related to quality of input data.

3. Input data for simulations

Any computer simulation, from solid mechanics analysis, CFD, to the dispersion models, rely on mathematical models, but they all require reliable input data. Simulations which are based on highly reliable and comprehensive mathematical models, validated and verified by any V&V methodology, can still lead to wrong conclusions if they rely on false, inaccurate or incomplete input data.

Input data for air pollution dispersion models include:

- Terrain geometry, usually acquired from GIS, Lidar or other digital sources.
- The data about obstructions such as high buildings, which are located in the plume path.
- Surface roughness for mezo and macro scale models, representing small-scale obstacles for fluid flow as an approximation. Urban greenery is an example of obstacle that needs no precise modelling but can be replaced with acceptable level of accuracy as surface roughness.
- The type, location, shape and other characteristics of emission sources (usually classified as point, linear, surface and distant sources). The distant sources represent the concentrations of pollutants which are transported from outside the simulation domain, but do contribute to overall pollution.
- The emission data for each source type (flow, velocity, temperature, concentrations...)
- Meteorological conditions: wind speed and direction, atmospheric turbulence, ambient air temperature, number and height of inversion layers, cloud cover, solar radiation.

All these input data influence largely simulation results; therefore, it is very important to focus on its reliability and accuracy.

3.1 Top-down vs. bottom-up approach

There are two approaches used to identify the pollution sources: top-down (receptor-based) and

bottom-up (source-based), as shown in Figure 2. While a bottom-up approach relies mostly on local activity estimates collected over the area of interest (e.g. traffic counts for road segments in a city), the top-down approach distribute emission totals (country or region, e.g. derived from total fuel sales) spatially according to gridded proxies (e.g. population, land use, number of units,...) [18].

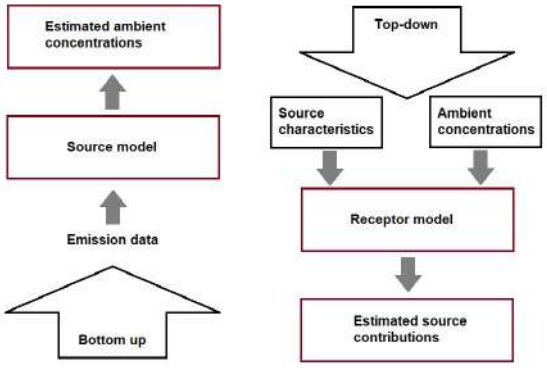


Figure 2 – Top-down vs. bottom-up approach

The bottom-up approach requires an accurate emission inventory, which can contain measured calculated and estimated emissions. The most reliable inputs come from real measurements, but only if continuous emission monitoring systems are installed and maintained properly.

Figure 3 illustrates how visible emissions from smokestack, which are subject to continuous monitoring system as required by regulations, are significantly lower than fugitive emissions, which are neglected in emissions inventory because there is no regulation which would force the operator to measure, calculate or estimate this data.



Figure 3 – Emissions are monitored only on smokestack, while fugitive emissions are neglected due to lack of measurements

Some sources are quantified by using emission factors, which are only approximate, because each individual operator can change the operational parameters which influence the process, thus making the emission factors highly inaccurate.

The top-down approach is usually used to correct the sources difficult for measurement or missing in the emissions inventory.

The bottom-up approach estimates emissions from statistical analyses of activity data together with emission factors. The top-down approach estimates emissions from real measured data. A common top-down method is inverse modelling, which uses numerical models to estimate emissions inversely from observed concentrations.

Proper emissions inventory is accompanied with uncertainty data, which describes the accuracy, precision, and variability of an emission estimation, usually identified using statistical analysis or applying techniques developed in metrological infrastructure, such as GUM.

One can illustrate these approaches on a traffic-related air quality modelling, as presented in [19]. The top-down approach is based on statistics about vehicle composition, representative speeds, and generic indicators, such as sales data or fuel consumption. Emissions are then disaggregated according to specific emission factors. This approach is fast, but it reduces the accuracy of the spatial distribution of emissions. The bottom-up approach is based on traffic counts, vehicle compositions, road lengths, speed recordings, and a good knowledge of a given study area. A study region is divided into sectors using traffic typologies, vehicle categories, and type of fuel used. Both methodologies require emissions factors that describe the relationship between the activity data (traffic) and the emissions related to these data.

In the next chapter, an excerpt from [19] will be used to describe the inputs used to estimate the emissions from traffic. However, there are additional sources of uncertainty not mentioned in [19] such as discrepancy between the official and real data, i.e. vehicles that officially have catalytic converters, but it is common in poor countries that this equipment is simply removed (Figure 4) in order to increase engine power or just to make additional income by extracting precious metals from it.



Figure 4 – Common practice of replacing catalytic converter with a plain pipe makes official traffic emission data inaccurate

3.2 Input data for traffic-related air pollution sources [19]

In developed countries, traffic data is extracted from GPS data logger vehicles using Geographic Information System (GIS) software, remotely sense tailpipe exhaust, and chassis dynamometer tests and other sources (ITS, DTA and agent-based models and neural networks). It is possible to measure real traffic flow in peak and non-peak periods on typical weekdays over four seasons (winter, spring, summer, and fall) because the required logistical facilities are available when experimental campaigns are set up. There are also numerous networks by which to monitor emissions and air quality, mobile laboratories are available to measure real-time data, and satellite information and detailed topographical and meteorological data are available. In developed countries like the USA and the United Kingdom, there are consolidated methodologies for elaborate national emissions inventories, including emission factors that represent reality; this is not so in developing countries.

In developing countries, gathering all the information required to build a vehicular emission inventory or conduct air quality modelling is a challenging task. It is necessary to combine diverse information sources (peer-reviewed literature reports and contacts in local and non-local agencies (both private and governmental) to obtain data for modelling. Additionally, it is necessary to use socio-economic indexes (such as the Human Development Index, population, and vehicle density) to estimate and develop local inventories, using extrapolated data instead of measured data, in addition to emission factors that do not represent local vehicle fleet and fuel used. This approach is even more necessary in regions that are typically poorly represented in global inventories due to the scarcity of national inventories and measurement campaigns, which is the case for the majority of countries in South America. It is important to recognize the efforts to change this situation, reinforced the results that improve air pollution management system and contribute to integrating environmental and transportation local public policies decisions.

3.3 Input data for industry-related air pollution sources

Similarly to methodology used to describe traffic-related inputs [19], there is also significant gap between the developed and underdeveloped countries related to emissions inventories. European Union established an official Pollutant Release and Transfer Register (E-PRTR) which contains the international inventory of industrial emissions. It requires all member countries to maintain their national inventories, with prescribed set of data that can be used for accurate pollution dispersion modelling. The register is available online (https://prtr.ec.europa.eu/) and it contains data reported annually by some 30,000 industrial facilities covering 65 economic activities across Europe.

In order to make the register more effective, thresholds for emissions were introduced. Reporting is required only if the capacity threshold and release thresholds for pollutants are exceeded. This excludes a lot of small emission sources from the data inventory, which introduces uncertainty of input data.

The reported release and transfer data are based on measurement, calculation or estimation [25]. Measured release data needs additional calculations and the results of flow determinations to convert the results into annual release data. The annual releases can also be determined based on the results of short term and spot measurements. Some releases are based on calculations using activity data (fuel used, production rate, etc.) and emission factors or mass balances. In some cases, more complicated calculation methods can be applied, using variables like temperature, global radiance etc. Non-standardised estimations are used when the releases are determined by best assumptions or expert guesses that are not based on publicly available references or in case of absence of recognised emission estimation methodologies or good practice guidelines. Sometimes, the releases are reported with more than one of three methods.

Operators are obliged to should prepare their data collection in accordance with internationally approved methodologies, such as CEN and ISO measurement standards, the "Guidelines for the monitoring and reporting of greenhouse gas emissions under the Emission Trading Scheme (ETS)", the "IPCC Guidelines" and the "UN-ECE/EMEP Atmospheric Emission Inventory Guidebook" as calculation methodologies, with exceptions allowed when certain conditions are fulfilled [25].

The E-PRTR Regulation, data reported by operators should be of high quality in particular as regards its completeness, consistency and credibility.

The underdeveloped countries outside EU often lack accurate emission inventories, thus becoming a safe haven for dirty industry. Even when the emissions inventory is established, it is often incomplete, not publicly available or contains false data. For example, the official emissions inventory for the Federation of Bosnia and Herzegovina lacks data from the second largest thermal power plant, and emissions reported from irrelevant operators (such as paint shop or meat-processing company) are extremely high, most probably due to misuse of measurement unit prefixes (kilograms instead of grams). The pressure made by civil society forced the authorities to make this inventory publicly available, which could help in identification of missing or irrelevant data.

3.4 Model domain complexity

Models used to simulate the air pollution distribution depend on vast amount of input data. In order to speed-up the calculation and to spare computing resources, models are usually simplified, replacing too complex data with averaged values.

The first simplification is the grid size, which depends on the emissions inventories and other input data availability. Usually, release inventories use the EMEP grid (0.1° x 0.1° longitude/latitude) [27]. Figure 5 illustrates how grid size (spatial scale) is related to the atmospheric phenomena. The urban-scale studies use grid cell size between 1 and 300 km (250 m for industrial and few kilometres for background urban areas), while local/hotspot studies use grid cell size from 1 m to 1 km [23].

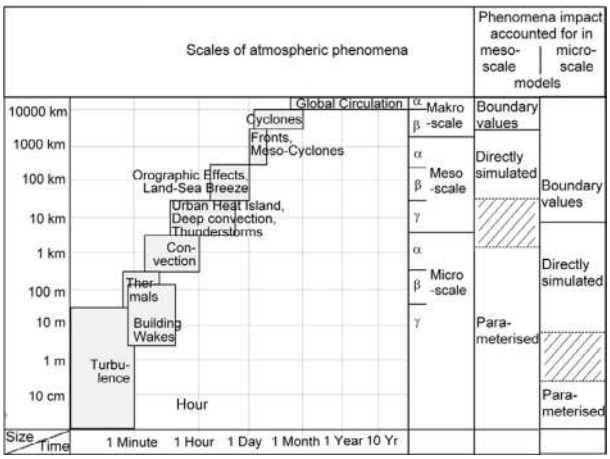


Figure 5 – Spatial and temporal scales of atmospheric phenomena [7]

The second simplification is related to planar representation of pollution distribution. The modeler chooses typical height and creates domain as a plane to illustrate pollution distribution. If this domain simplification is performed in postprocessing phase (as in Figure 6), it does not affect model accuracy, but if the model is calculated as planar, not taking into account vertical temperature profile, this can largely affect the simulation results. The second-level averaging is thus performed along the vertical axis, simplifying a 3D problem into a planar one.

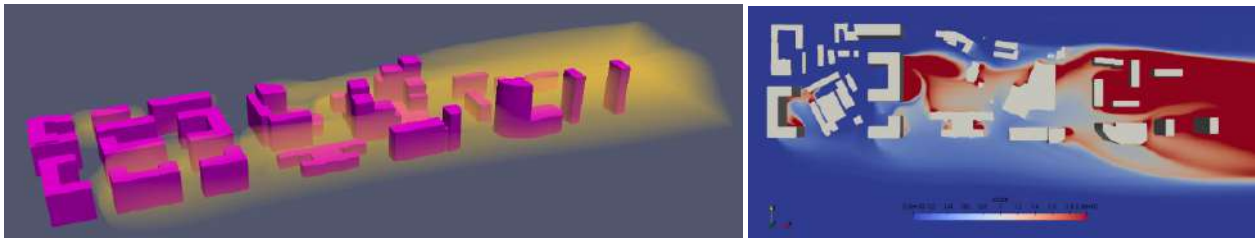


Figure 6 – Representing pollution distribution in 2D and 3D domain [26]

The third simplification is related to temporal data. Instead of using dynamic data that changes in time, input data is averaged during longer periods of time. This is typical for top-down approach, where official data contains only annual or monthly averages, while denser temporal resolution requires daily, hourly or even shorter averaging periods. This refers to all input data, from emissions to wind speed and direction, temperatures and solar radiation. Some values do change more slowly, but some input parameters change within short periods of time. Peaks in input data are not taken into consideration, and that can be justified if the effects of the observed pollutant on human health are related only to long-term exposure. Temporal resolution should be chosen according to the health impact of pollutants. This means that pollutants that can harm people in a very short exposure period should be modelled in denser time resolution, while pollutants with long-term impact can be modelled averaged over a longer period of time. Similar analogy is used in determining the limit values as recommended by the WHO.

It is also very important to observe the trends of input data: if some parameter does not change much over the longer periods, one can use averages from longer periods. But, if there are significant changes or peaks, the higher temporal resolutions are required. Any use of averaged data multiplies the uncertainty of the model, and it is important to find the balance between the accuracy of input data and the model complexity.

Each level of model complexity multiplies the initial dataset with its resolution. For example, simulation of urban area of 500 km^2 using planar stationary domain with grid cell size 1 km x 1 km will have the grid consisting of 500 cells. Expanding this domain with vertical profile, using only 2 layers (ground level and high-altitude level above the first inversion layer) multiplies the dataset by

2. Since inventories contain only annual averages, and air pollution distribution simulations usually use the time resolution step size of 1 hour, the top-down approach will divide the annual average to 8760 steps (365 days x 24 hours), introducing huge uncertainty to the input data.

3.5 Accuracy of input data

The uncertainty analysis of emission data is challenging especially in the case of urbanized or industrial areas. The emission data from large industrial sources is relatively accurate, due to better control of process parameters, required not only by environmental regulations, but also the technology needs. However, in some cases, there is a reason to doubt even these numbers, if the national environmental management system is not functioning.

It is much bigger challenge to estimate the emissions from smaller emission sources such as residential sector, which use different fuels, have different stack heights, unsteady combustion process, and emission intensities. The consequence of these variations is the varying range of emission uncertainty.

The literature [13] confirms that the uncertainty of input data for different pollutants from point sources ranges from ±15% to ±40%, area sources from ±40% to ±50% and linear sources from ±30% to ±50%.

The Forum for Air Quality Modelling in Europe (Fairmode) established in 2008 as a joint action of the European Environment Agency (EEA) and the European Commission's Joint Research Centre (JRC) developed a technical guide [23] for the use of models with regard to the consolidated Directive 2008/50/EC on ambient air quality and cleaner air for Europe (the AQ Directive).

Accuracy is defined as an "Extent of agreement between a value to be determined and a reference value"[28]. Uncertainty is a term used to describe a lack of knowledge about models, parameters, constants, data and concepts. According to [23], "The uncertainty for modelling is defined as the maximum deviation of the measured and calculated concentration levels for 90 % of individual monitoring points, over the period considered, by the limit value (or target value in the case of ozone), without taking into account the timing of the events. The uncertainty for modelling shall be interpreted as being applicable in the region of the appropriate limit value (or target value in the case of ozone). The fixed measurements that have to be selected for comparison with modelling results shall be representative of the scale covered by the model."

Model uncertainty is usually assessed by means of 5 available methods [23]: Monte Carlo analysis (based on uncertainties in model input variables), Sensitivity analysis (estimating the variations in a model output caused by slight variations in a model input), An ensemble of models (indicating uncertainty not just in input parameters, but also in the model formulation), Model intercomparisons (assessing not just the uncertainty, but also the reasons for the variability between models) and Statistical analysis using observations (where model output is compared directly to observations).

The same guideline [23] provides desired accuracy of input data:

- ±2°C for temperature data
- ±2°C for dew point depression
- ±1 m/s for windspeeds < 10 m/s
- ±2,5 m/s for windspeeds > 10 m/s
- ±30° for wind direction
- ±1,7 HPa for pressure

Desired accuracies of additional input variables are provided in [28]:

- ±10% for relative humidity

- ±10% for NO/NO2 concentration
- ±15% for SO2, CO, O3, NOx concentration
- ±25% for PM10, PM2.5, Pb concentration
- ±30% for VOC concentration

One can notice that desired accuracy of meteorological parameters, such as temperature, windspeed, pressure is much higher than the desired accuracy of pollutant concentrations. This could lead to conclusion that the model is much more sensitive to changes in meteorological data, than to variations of emissions data. Further research is recommended in this term, and Monte Carlo statistical analysis could be used to perform such an analysis.

4.Case study

Duraković in [29] implemented the dispersion modelling system using software package AERMOD View™ with intention to determine the air quality at local/regional level. He obtained the concentration of pollutants in the air, as the spatial and temporal distribution, related to a specific time period at the target receptor site. The quality of this dispersion model has been tested through the analysis of pollutant dispersion in the urban area of Zenica, caused by the combustion of fuels from stationary sources (industrial plants) and other emission sources (heating plants, household furnaces) during a certain period of time. As author was not able to determine the input parameters for emissions from residential sector, the model was limited to available data on emissions from stationary sources. The results of the analysis showed that this software package cannot give a reliable picture of the dispersion of pollutants from residential sector, unless enough detailed input data is available about temporal and spatial distribution of all emission sources.

Another disadvantage of model used in this case is simplification of the study in planar domain. The software used uses elevations of point sources and terrain configuration, but here is no possibility to enter the vertical temperature profile. The consequence is lack of effect of temperature inversion. The two-level temperature inversions due to terrain configuration are registered in the geographical location of this research.

Finally, the low-wind conditions, which are well-known weak point for all Gaussian Plume models, influence the results presented in [29]. Average wind speed for the location of interest varies from 2 to 2,4 m/s, never exceeding 11 m/s.

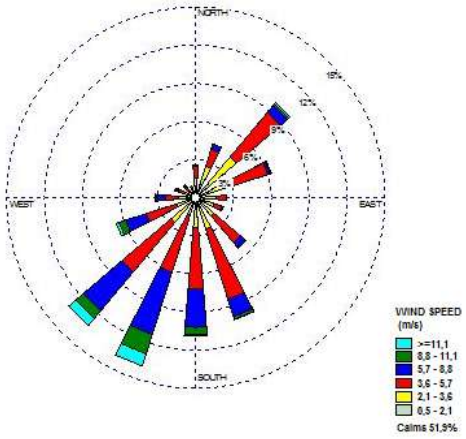


Figure 7 – Wind Rose Data for 2010 used for simulation in [29]

The software uses the following point source inputs:

- Coordinates (x, y)

- Base elevation (approximation of vertical position of the source)
- Release height (stack height)
- Emission rate in g/s
- Gas exit temperature in K
- Stack inside diameter in m
- Gas exit velocity in m/s

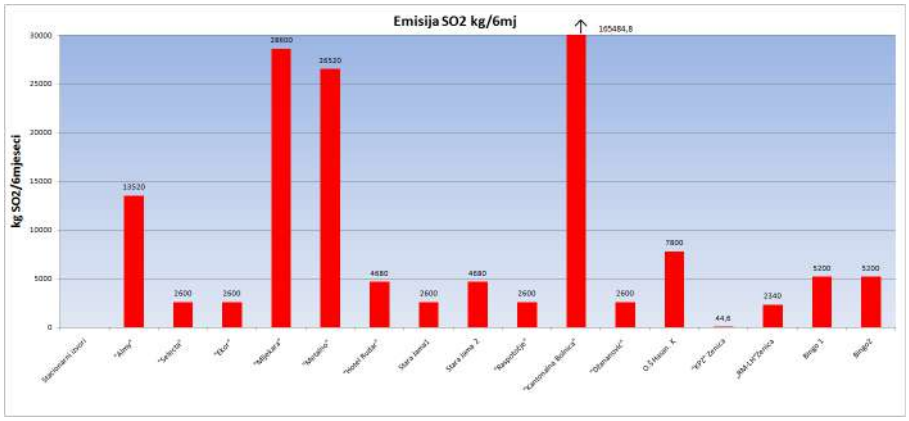


Figure 8 – Semi-annual average emissions of SO2 used as input data in [29]

The example of the simulation results is shown in Figure 9, as an annual average concentration map. Due to the limited validity of input data, the result can only be used to illustrate the direction and reach of emissions from selected point sources, and cannot be used as a basis for serious air quality assessment.

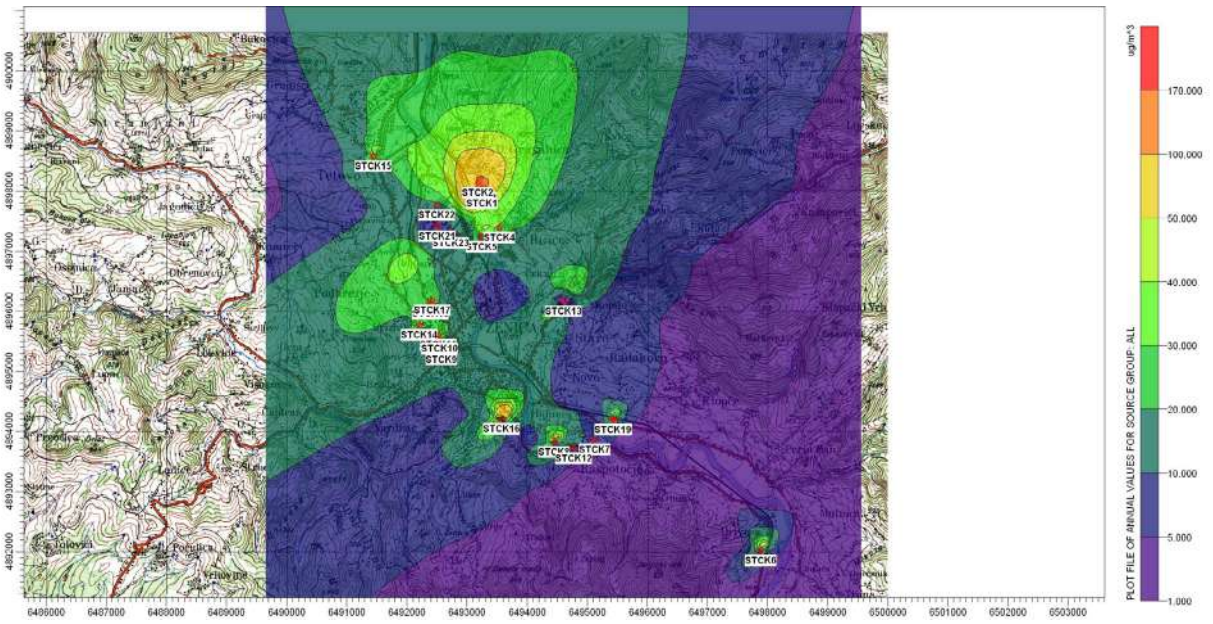


Figure 9 –Annual averages of SO2 dispersion from 23 point sources [29]

The model was then validated through comparison with measurements of pollutant concentrations performed at selected control receptor points. Due to highly distorted input data, it was not possible to determine any correlation between the simulated and measured data. The only valid result is the conclusion that any serious analysis requires high quality of input data.

AERMOD is not a suitable tool for this type of research, because it does not take into account the complex meteorology of the area appropriately (it is necessary to have profile wind measurements along the slopes, on several different routes, by seasons, which is then used in the formulation and model modifications for dispersion calculation). The proportion of modelled in measured concentrations for point sources is too small (26% and 43% in winter, and 42% and 79% in summer period). It is difficult to relate such result to realistic conditions.

Using average annual emission values as input for modelling cannot give a true picture of pollutant distribution, emission distribution by individual sources, or percentage participation of individual sources, which is confirmed by the observed significant discrepancies between the modelled and measured values of air pollutant concentrations.

5. Conclusions

Air pollution modelling is recognized as an important tool in supporting decisions about air quality control and emission abatement. It uses mathematical models and complex input data to assess the intensity of the pollution dispersion process in the form of concentration maps.

As these results are used to make important decisions related to pollution reduction, spatial planning and environmental protection measures, it is important to make this model as reliable as possible. In order to achieve high reliability, it is important to use the appropriate model for the purpose, because each model has its advantages and limitations. The model should be fit-for-purpose.

Any simulation should be validated and verified. Validation proves that model is properly implemented and describes the physical phenomenon accurately. Verification is related to the software, providing that calculation errors are kept at minimum. And finally, the input data should be as reliable as possible, because no matter how model is physically complete or how software is fast and comprehensive, without proper input data the result will be useless – "garbage in = garbage out".

A number of internationally adopted guidelines exist which can be used as a reference for any modeler, therefore it is recommended to use these guides before any data collection, model preparation, choosing the software, running the simulation or interpreting the results.

6. Acknowledgement

I would like to express my deep respect and gratitude to Fahrudin Duran and Sonja Vidič for very useful comments and expert advices, helping me to understand better this topic and resolving dilemmas and doubts about air quality related problems.

References:

[1] Abril, G. A., Diez, S. C., Pignata, M. L., & Britch, J. (2015). Particulate matter concentrations originating from industrial and urban sources: Validation of atmospheric dispersion modelling results. Atmospheric Pollution Research, 30, 1e10. doi:10.1016/j.apr.2015.08.009

[2] Aly, A. I. M., Tawfik, F. S., & Hassan, H. B. (2016). Dispersion modelling: methodology and new trends. Arab J Nucl Sci Appl, 94(1), 36-45.

[3] Bajoghli, M. (2019). Comparison of Application of AERMOD and ISCST3 Models for Simulating the Dispersion of Emitted Pollutant from the Stack of an Industrial Plant in Different Time Scales. Archives of Occupational Health, 3(1), 245-251.

[4] Baranka, G., Bartók, B., Bozó, L., Croitoru, A. E., Ferenczi, Z., Sremac, A. F., ... & Lázár, D. (2017).

Understanding Air Quality under Different Weather and Climate Conditions in the Pannonian Basin. In Regional Hydroclimate Project over the Pannonian Basin (PannEx). Department of Meteorology, Eötvös Loránd University, Budapest.

[5] Bedwell, P., Wellings, J., Leadbetter, S., Tomas, J., Andronopoulos, S., Korsakissok, I., ... & de Vries, H. (2018). Guidelines detailing the range and distribution of atmospheric dispersion model input parameter uncertainties. In Guidelines ranking uncertainties for atmospheric dispersion. European joint programme for the integration of radiation protection research.

[6] Berchet, A., Zink, K., Muller, C., Oettl, D., Brunner, J., Emmenegger, L., & Brunner, D. (2017). A cost-effective method for simulating city-wide air flow and pollutant dispersion at building resolving scale. Atmospheric environment, 158, 181-196. doi:10.1016/j.atmosenv.2017.03.030

[7] Blocken, B. (2015). Computational Fluid Dynamics for urban physics: Importance, scales, possibilities, limitations and ten tips and tricks towards accurate and reliable simulations. Building and Environment, 91, 219-245. doi:10.1016/j.buildenv.2015.02.015

[8] Castelli, S. T., Armand, P., Tinarelli, G., Duchenne, C., & Nibart, M. (2018). Validation of a Lagrangian particle dispersion model with wind tunnel and field experiments in urban environment. Atmospheric environment, 193, 273-289. doi:10.1016/j.atmosenv.2018.08.045

[9] Falasca, S., & Curci, G. (2018). High-resolution air quality modelling: Sensitivity tests to horizontal resolution and urban canopy with WRF-CHIMERE. Atmospheric environment, 187, 241-254. doi:10.1016/j.atmosenv.2018.05.048

[10] Fernández, G., Rezzano, N., D'Angelo, M., & Mendina, M. (2019). Numerical simulation of different pollution sources in an urban environment. In E3S Web of Conferences (Vol. 128, p. 10005). EDP Sciences. doi:10.1051/e3sconf/201912810005

[11] Gulia, S., Kumar, A., & Khare, M. (2015). Performance evaluation of CALPUFF and AERMOD dispersion models for air quality assessment of an industrial complex.

[12] Herring, S., & Huq, P. (2018). A Review of Methodology for Evaluating the Performance of Atmospheric Transport and Dispersion Models and Suggested Protocol for Providing More Informative Results. Fluids, 3(1), 20. doi:10.3390/fluids3010020

[13] Holnicki, P., & Nahorski, Z. (2015). Emission data uncertainty in urban air quality modelling—case study. Environmental Modeling & Assessment, 20(6), 583-597. doi:10.1007/s10666-015-9445-7

[14] Kadaverugu, R., Sharma, A., Matli, C., & Biniwale, R. (2019). High Resolution Urban Air Quality Modeling by Coupling CFD and Mesoscale Models: a Review. Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences, 1-18. doi:10.1007/s13143-019-00110-3

[15] Meroney, R., Ohba, R., Leitl, B., Kondo, H., Grawe, D., & Tominaga, Y. (2016). Review of CFD guidelines for dispersion modelling. Fluids, 1(2), 14. doi:10.3390/fluids1020014

[16] Pandey, G., & Sharan, M. (2019). Accountability of wind variability in AERMOD for computing concentrations in low wind conditions. Atmospheric environment, 202, 105-116. doi:10.1016/j.atmosenv.2019.01.017

[17] Tinarelli, G. L., & Castelli, S. T. (2019). Assessment of the sensitivity to the input conditions with a lagrangian particle dispersion model in the UDINEE project. Boundary-Layer Meteorology, 171(3), 491-512. doi:10.1007/s10546-018-0413-z

[18] Thunis, P., Miranda, A., Baldasano, J. M., Blond, N., Douros, J., Graff, A., ... & Martilli, A. (2016). Overview of current regional and local scale air quality modelling practices: Assessment and planning

tools in the EU. Environmental science & policy, 65, 13-21. doi:10.1016/j.envsci.2016.03.013

[19] Pinto, J. A., Kumar, P., Alonso, M. F., Andreão, W. L., Pedruzzi, R., dos Santos, F. S., ... & de Almeida Albuquerque, T. T. (2019). Traffic data in air quality modelling: a review of key variables, improvements in results, open problems and challenges in current research. Atmospheric Pollution Research. doi:10.1016/j.apr.2019.11.018

[20] Kalhor M, Bajoghli M (2017) Comparison of AERMOD, ADMS and ISC3 for incomplete upper air meteorological data (case study: Steel plant), Atmospheric Pollution Research, Volume 8, Issue 6, pp 1203-1208, ISSN 1309-1042, doi:10.1016/j.apr.2017.06.001.

[21] Oberkampf WL, Trucano TG. (2002) Verification and validation in computational fluid dynamics. Prog Aerosp Sci; 38(3):209e72. [http://sokocalo.engr.ucdavis.edu/~jeremic/UsefulReadings/Oberkampf-Trucano-Hirsch.pdf]

[22] AIAA (2002) Guide for the verification and validation of computational fluid dynamics simulations (G-077-1998(2002)). American Institute of Aeronautics and Astronautics. eISBN: 978-1-56347-285-5. p.19. doi:10.2514/4.472855.001

[23] Denby, B., Georgieva, E., & Lükewille, A. (2011). The application of models under the European Union's Air Quality Directive: a technical reference guide. Technical Report 10/2011, European Environmental Agency, Copenhagen. [https://www.eea.europa.eu/publications/fairmode]

[24] Lemeš S (2010). Validation of numerical simulations by digital scanning of 3D sheet metal objects, PhD dissertation, University of Ljubljana, doi:10.13140/RG.2.1.4389.0003

[25] E-PRTR (2019). The European Pollutant Release and Transfer Register (E-PRTR). [https://ec.europa.eu/environment/industry/stationary/eper/implementation.htm]

[26] Hadžiabdić M. (2019). Studija urbanih ventilacionih koridora i uticaja visokih zgrada. [https://mpz.ks.gov.ba/prezentacija-studije-urbanih-ventilacionih-koridora-i-uticaja-visokih-zgrada-u-kantonu-sarajevo]

[27] Veldeman N., Van der Maas W. (2016). EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016. [https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016/part-a-general-guidance-chapters/7-spatial-mapping-of-emissions-2016]

[28] Douros, J., Labancz, K. and Moussiopoulos, N., (2008). 'Validation datasets', in Schluenzen, K. H. and Sokhi R. (eds), Overview of tools and methods for meteorological and air pollution mesoscale model evaluation and user training, Joint Report of COST Action 728 and GURME, WMO/TD-No.1457, ISBN 978-1-905313-59-4.

[29] Duraković M. (2016). Eksperimentalna verifikacija modela za simulaciju rasprostiranja polutanata iz industrijskih postrojenja i kućnih ložišta. master thesis, University of Sarajevo.

14

Vanr. Prof. dr. Muhamed Hadžiabdić
Internacionalni univerzitet u Sarajevu
Hrasnička cesta 15
mhadziabdic@ius.edu.ba

Mr.Samra Arnaut, dipl.ing. maš.
Mr. Fejsal Ćorović, dipl.ing. maš
Mr. Tarik Begić, dipl.ing. maš.
ENOVA, Podgaj 14, Sarajevo
samra.arnaut@enova.ba

Akademik Kemal Hanjalić, emeritus profesor
Delft University of Technology, NL/
University of Sarajevo,
Vilsonovo šetalište 8, Sarajevo, BH

Vjetar i disperzija polutanata u realnim urbanim konfiguracijama- Kompjuterska simulacija korištenjem naprednih CFD modela i metoda

Wind and pollution dispersion in real urban environment- Computer simulations with advanced CFD models and features

Sažetak: Pouzdana i tačna dijagnoza, prognoza i upravljanje kvalitetom zraka u i oko urbanih naselja zahtjeva detaljne informacije o lokalnim vrijednostima brzine zraka, pritiska, temperature, vlažnosti, turbulencije i drugih osobina strujanja zraka za različite prirodne ili nametnute scenarije prije nego se poduzmu bilo kakve akcije za poboljšanje kvalitete zraka. Kompjuterske simulacije trodimenzionalnog, nestacionarnog polja strujanja popraćeno terenskim mjerenjima i monitoringom ključnih parametara su trenutno jedini mogući način prikupljanja sveobuhvatnih podataka i predikcije tokova i disperzije u realnim urbanim konfiguracijama. Kako je fizika takvih strujanja izrazito kompleksna (interakcija vjetra sa tlom i objektima, masivna separacija i recirkulacija toka, konvekcija generisana istovremeno silom termalnog uzgona i vjetrom) tačno i pouzdano modeliranje prostorne i vremenske evolucije polja strujanja još uvijek predstavlja veliki izazov. Kompleksnost modeliranja urbanih tokova je time veća što je za njihovu simulaciju potrebno osigurati realistične ulazne podatke (meteorološke uslove na granicama domene) kao i granične uslove poput orografije terena sa urbanim formama na tlu koje uključuju veliki broj objekata poput zgrada, mostova i sl. Standardni modeli turbulencije kao i generatori računskih mreža a koji su komercijalno dostupni teško da mogu osigurati traženi nivo pouzdanosti i tačnosti, a uz to su licence korištenja ovih software-a vrlo visoke i nedostižne za većinu potencijalnih korisnika u BiH.
U ovom radu su predstavljeni rezultati simulacija strujanja zraka i disperzije polutanata u kotlinskom gradu (Sarajevo) sa realistično modeliranim graničnim uslovima za nekoliko referentnih meteoroloških i emisionih scenarija. Za simulacije je korišten CFD program koji je razvijen na TU Delftu a koji ima implementirane napredne modele turbulencije kao i generator računskih mreza specijaliziran za modeliranje velikog broja objekata na tlu u urbanim konfiguracijama. Fokus ovog rada je identifikacija ventilacijskih koridora u gusto izgrađenim gradskim naseljima kao i procjeni uticaja visoke gradnje i stepena izgrađenosti na samoprovjetravanje u gradu kao i propusnosti vjetra u gradskim konfiguracijama.

Ključne riječi: *vjetar, disperzija polutanata, CFD model*

Abstract: Accurate and reliable diagnostics, predictions and management of air quality in and around urban areas requires complementing information on the local air velocity, pressure, temperature, humidity, turbulence and other flow properties for different natural and men-made scenarios before any action is undertaken for air quality improvement. Computer simulations of three-dimensional unsteady fields, supported by modern field measurements and monitoring are today the only feasible method for gathering comprehensive information and predictions for real urban environment. As the physics of the flow in urban configurations is complex (wind impingement, massive separation and recirculation, mixed convection, etc.), accurate modelling of spatial and temporal evolutions of flow and other air properties still poses a challenge. In addition, providing the realistic time-dependent meteorological conditions, ground orography and canopies with realistic urban configuration with details of a large number of man-made objects (buildings, street canyons) bring additional complexities. The standard turbulence models and mesh generators available in commercial CFD software can hardly deliver the required level of accuracy and reliability.
We report some result of computations of air circulation and pollutant dispersion in a real-scale city and some of its segments, situated in a mountainous valley, for some reference meteo and emission scenarios. The computations are performed using the in-house CFD code T-Flows featuring several advanced models and the generator of real buildings-street configurations and urban canopy. The focus is on the identification of air ventilation corridors in the densely-built downtown of the city of Sarajevo, as well as the assessment of high-rise buildings and urbanization density on the city self-ventilation and wind permeability in urban configurations.

Key words: *wind, pollution dispersion, CFD model*

1. Uvod

Gradovi širom svijeta se suočavaju sa sve više izraženim problemom kvaliteta zraka koji značajno utiče na zdravlje i kvalitet života stanovnika kao i na troškove liječenja bolesti povezane sa zagađenim zrakom. Sarajevo kao i neki drugi gradovi u Bosni i Hercegovini poput Zenice i Tuzle, ima posebno izražen problem zbog smanjena prirodne ventilacije uslijed kotlinske konfiguracije terena, čestih pojava temperaturne inverzije tokom zimskog perioda, prekomjerne emisije iz energetskih i industrijskih postrojenja, velikog broja individualnih ložišta u kojima se koriste drvo i ugalj često vrlo niske kvalitete, te gust saobraćaj sa velikim brojem starih vozila sa motorima koji emituju po zdravlje štetne čestice i gasove. Na neke od uzroka lošeg kvaliteta zraka se ne može uticati (orografija terena, meteorološki uvjeti, temperaturne inverzije), dok na druge može i treba uticati kako bi se kvalitet zraka u BH gradovima poboljšao. Međutim, prije poduzimanja bilo kakvih administrativnih mjera i tehničkih zahvata, potrebno je uspostaviti realnu dijagnozu stanja kvaliteta zraka, uzroka (izvori zagađivanja/emisije) lokacija i distribucija izvora i njihovog intenziteta, uzročno-posljedičnu korelaciju između emisije i imisije pojedinih zagađujućih materija, te posebno razviti ili usvojiti metode prognoze vremenske i prostorne dinamike emisije, disperzije i kvaliteta zraka pri realnim orografskim i meteo uvjetima.

Mjere koje će dovesti do poboljšanja kvaliteta zraka u Sarajevu neće biti ni jeftine ni brze zbog prirode problema. Zato je vrlo važno da planiranje tih mjera bude zasnovano na objektivnim, naučno-dokazanim činjenicama i uz što je moguće veće razumijevanje prirodnih fenomena koji dovode do lošeg kvaliteta zraka. Razumjevanje mikro klime u BH gradovima uključuje pored poznavanje dominantnih pravaca i intenziteta strujanja vjetra i niz drugih faktora i efekata. Naročito su uticajna lokalna strujanja uslijed termalnog uzgona iznad „toplotnih ostrva“ (lokalna elevacije temperature tla, posebno saobraćajnica, te zgrada zbog loše termalne izolacije). Ova lokalna strujanja su posebno uticajna u uvjetima kada je prisutna temperaturna inverzija bez prisustva vjetra, ali i u kombinaciji sa vjetrom slabijeg intenziteta kada su uzgonski efekti značajni (miješana konvekcija). Distribucija i vremenska promjena temperature kako na tlu tako i u sloju zraka neposredno iznad tla, su samo neki preduvjeti da bi se razumjela dinamika kojom svjež (čist) zrak dolazi u gradove, sa jedne strane, i dinamika transporta i raspršivanja (disperzije) polutanata u zraku uslijed različitih izvora (grijanje, saobraćaj) sa druge strane. Kako se radi o vrlo složenim prirodnim fenomenima sa nizom međuovisnih parametara te turbulencijom koja najvećim dijelom određuje način i dinamiku strujanja zraka, miješanje i rasprostiranje polutanata, ovaj zadatak zahtjeva studiozni pristup korištenjem savremenih metoda komjuterske simulacije fizikalnih procesa, komplementiranih ciljanim mjernjima na terenu..

Jedan od prvih zadataka pri planiranju mjera za poboljšanje kvaliteta zraka u urbanim sredinama jeste razumjevanja prirodne ventilacije i identifikacija ventilacionih koridora, odnosno ruta kojima svjež zrak dolazi u urbana područja. Njihova važnost za kvalitet zraka u gradovima je prepoznata među urbanim planerima te su mnogi gradovi u svijetu poduzeli aktivnosti za utvrđivanje ventilacionih koridora, njihovu zaštitu te mogućnosti formiranja novih putem pažljivo planirane gradnje (vidjeti [1], [2], [3] i [4]).

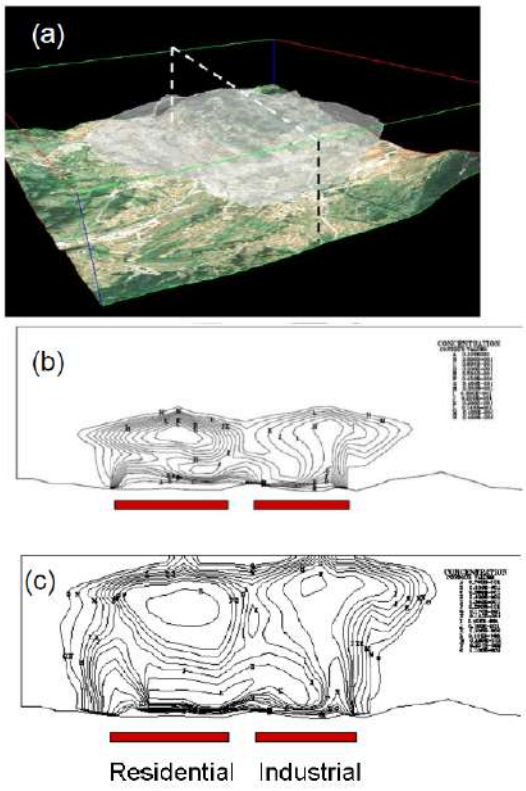
Identifikacija ventilacionih koridora u urbanim sredinama sa kompleksnom orografijom terena predstavlja izazovan zadatak. Terenska mjerenja, iako nezaobilazna za pribavljanje ulaznih podataka, graničnih uvjeta, te verifikaciju kompjuterskih simulacija, ne mogu dati sveobuhvatne informacije koje su potrebne za razumjevanje dinamike strujanja u gusto naseljenim područjima. Kao jedina mogućnost se nameće računska dinamika fluida (Computational Fluid Dynamics - CFD) koja se već dugi niz godina koristi kao standardni alat u različitim inžinjerskim i naučnim oblastima. CFD se razvio kao nezaobilazan alat u avio-, auto-, energetskim i procesnim industrijama, te za istraživanja fizike fluida i transportnih procesa. U posljednja tri desetljeća CFD se intenzivnije koristiti u istraživanjima strujanja u atmosferi, vodnim tokovima i akumulacijama, okolišu, te urbanim

sredinama. Kompjuterske simulacije strujanja zraka, bazirane na rješavanjima jednačina dinamike fluida, prijenosa mase i toplote, termodinamike i hemijskih procesa, mogu osigurati informacije potrebne za analizu i razumjevanje mikroklime te problema aerozagađenja u gradskim sredinama. Pri tome ova vrsta proračuna zahtjeva višestruko manja finansijska ulaganja u tehnička sredstva, mjernu opremu i intrumentaciju. CFD-bazirane simulacije strujanja zraka te dinamike promjena kvaliteta zraka u vremenu i prostoru ima poseban i unikatan potencijal za prognoziranje razvoja kvaliteta zraka za različite meteo i druge uvjete, te za prognozu efekata pri različitim scenarijima mjera koje se poduzimaju u cilju poboljšanja stanja. Međutim, ulaganja u ljudske resurse i vrijeme potrebno za ovladavanje softverima neophodnim za ove vrste simulacija, te razumijevanje fizikanih problema i interpretaciju rezultata su znatna.

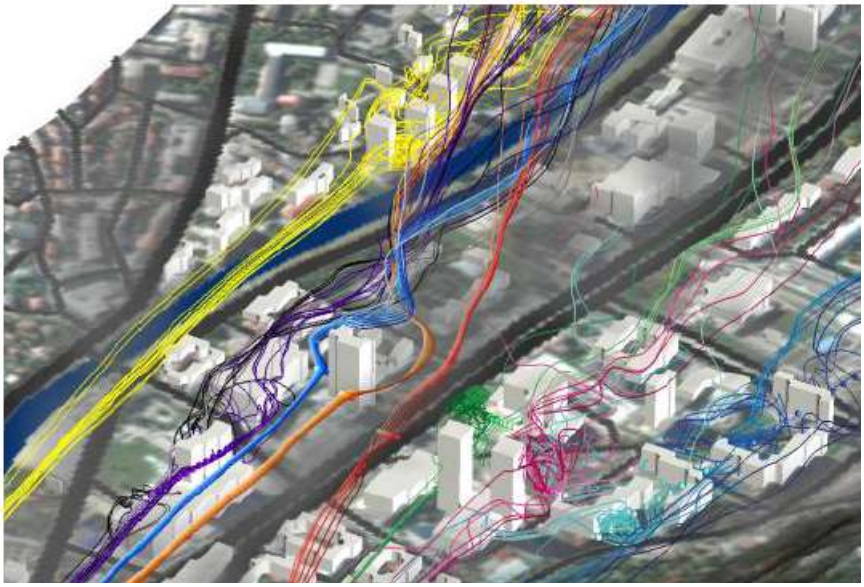
U ovom radu su opisani rezultati proračuna strujanja zraka u sarajevskoj kotlini i nekim urbanim segmentima sa ciljem utvrđivanja ventilacionih koridora kao i metode i modeli koji su korišteni.

2. Pregled radova na temu strujanja zraka u sarajevskoj kotlini

Istraživanje prezentirano u ovom radu je nastavak aktivnosti na polju numeričke simulacije strujanja, disperzije aeropolutanata i kvaliteta zraka u realnim orografskim i urbanim uvjetima koje je krajem 1980ih započeo akademik Kemal Hanjalić na Mašinskom fakultetu u Sarajevu, i nastavljena na TU Delft-u (Nizozemska), ([5], [6], [7], [8], [9]). Istraživanja su zatim ponovo aktivirana u Sarajevu u okviru master radova studenata Mašinskog fakulteta UNSA Amira Žilića i Alije Bevrnje [10]. U okviru ovih istraživanja su rađene simulacije strujanja zraka u sarajevskoj kotlini (bez detalja urbane strukture) za različite scenarije i pretpostavke uvjeta na tlu i u atmosferi (A. Žilić), te (po prvi put) detaljna simulacija u urbanom jezgru grada (oblast Marijin Dvor) sa realnim konfiguracijom svih većih objekata (zgrada) (A. Bervrnja).



Slika 1: Dnevno-noćna varijacije koncentracije polutanta u kotlini Sarajeva tokom inverzije, stanje u 18.00h prvog dana. (a) - front koncentracije (1% maksimuma) pri inverzionom sloju na 800 m. (b) i (c) konture iste koncentracije u oznacenim prisjeku pri inverzionom sloju na 800 (b) i 1600m (c), [8],[9]



Slika 2: Strujanje zraka i koncentracija polutanata na užoj lokaciji Marijn dvor-a pri blagom istočnom vjetru i jutarnjem zagrijavanju tla, 08:00h [10].

Istoveremeno akademik Hanjalić je započeo i vodio slična istraživanja za grad Kransojarsk, Rusija, u okviru njegovog grant-projekta 2011-2016, ([11], [12], [13], [14]). Iskustva i rezultati tih istraživanje predstavljaju dobru osnovu za dalje istraživanje specifičnosti u Sarajevu i drugim gradovima u BiH.

3. Modeliranje terena, graničnih uvjeta i fizike strujanja

Realistično modeliranje terena i graničnih uvjeta, te fizike toka, prije svega turbulencije, je preduvjet za pouzdane i tačne kompjuterske simulacije strujanja zraka u urbanim sredinama u kompleksnim orografijama. Orografija terena sarajevske kotline je izuzetno kompleksna zbog prisustva planina, brda, kanjona rijeke Miljacke, te kao takva ima značajan uticaj na polje strujanja zraka. Svako odstupanje od realistične orografije tla može imati značajan uticaj na strujnu sliku te rezultirati netačnim poljem brzine strujanja zraka. Karakteristike površine tla (naseljena područja, parkovi, livade, šume, područja niskog rastinja i sl.) preko kojeg struji zrak utiču na polje strujanja i taj uticaj je potrebno modelirati. Granični uvjeti su jednako važni jer definišu vrijednosti brzine, temperature, pasivnog skalara (polutanta) i drugih varijabli na granicama računske domene. Konačno, turbulencija u ovakvim konfiguracijama je značajna i njeno modeliranje je preduvjet za tačnu predikciju polja brzine, pritiska, temperature i pasivnog skalara (polutanta). U narednim pod-poglavljima su dati detalji modeliranja terena, graničnih uvjeta i turbulencije korišteni u proračunima čiji rezultati su prezentovani u ovom radu.

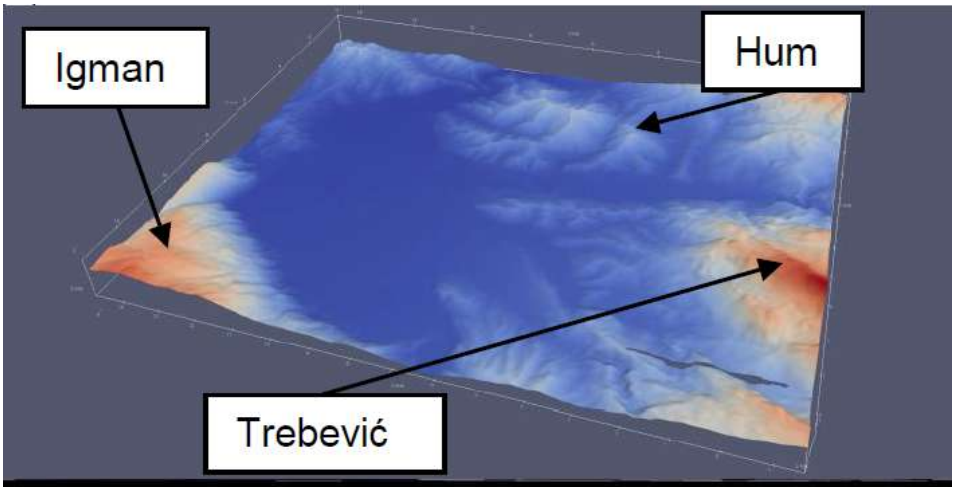
3.1 Računske domene

U studiji ventilacionih koridora u sarajevskoj kotlini su korištena dvije računske domene sa različitim modelima orografije terena – model mezo i lokalne skale. Domena mezo skale, prikazana na slici 3, pokriva područje od 15 km x 13 km dok je visina domene 1,5 km. Domena obuhvata cijelu sarajevsku kotlinu, uključujući dijelove okolnih planina. Zbog velike računske domene i ograničenih kompjuterskih resursa, rezolucija mreže je takva da se zgrade i drugi objekti na tlu ne mogu direktno modelirati kao 3D objekti. Utjecaj objekata na tlu je uzet u obzir kroz model poroznosti i ekvivalentne hrapavosti tla koji se obično koristi za predviđanje utjecaja prirodnih (šume, livade) i prepreka ljudskog porijekla-zgrade, mostovi i sl. na polje strujanja.

a)



b)



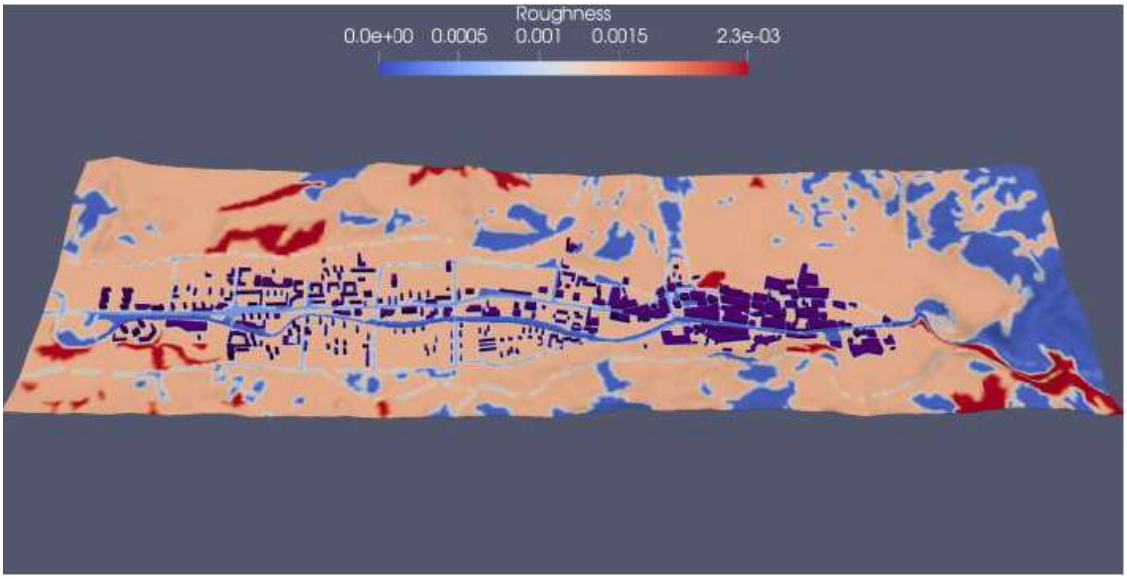
Slika 3: (a) Satelitska slika meso scale modela terena, (b) Površina računske domene obojena visinom terena.

Za modeliranje terena je korišten open-source software QGIS, verzija poznatijeg komercijalnog softvera GIS (Geografski informacioni sistem). Domena je orijentisana u pravcima istok-zapad i sjever-jug. Računska mreža se sastoji od skoro 8 miliona računskih ćelija s 440 x 500 x 36 ćelija u x, y i z pravcima. Rezolucija mreže u horizontalnoj ravni na tlu u urbanom području Sarajeva iznosi oko 30 metara što znači da su podaci o brzinama, temperaturi, polutantu dostupni na svakih 30 m. Visina tla varira od 490m nadmorske visine (najniža tačka) do 1580m (najviša tačka). Centri računskih ćelija na tlu su u prosjeku 4m iznad tla. Domena lokalnog urbanog segmenta, prikazana na slici 4(a), obuhvata centrali dio Sarajeva površine 6 km x 1,8 km i visini od 0,5 km. Manja veličina računske domene znači i veću rezoluciju računske mreže te omogućava direktan prikaz većih zgrada u modelu. Izračuni na modelu lokalnog urbanog segmenta su korišteni za određivanje karakteristika ventilacionih koridora te istraživanje utjecaja visokih zgrada na protok zraka koridorima. Računska mreža, čiji jedan segment je prikazan na slici 4(c), se sastoji od skoro 6 miliona ćelija s 340 x 240 x 60 ćelija u smjerovima x, y i z. Rezolucija mreže u urbanom području Sarajeva iznosi oko 7 metara. Visina tla varira od 490m (najniže tačke) do 1580m (najviše tačke). Centri ćelija na tlu se nalaze oko 2,5 m od tla.

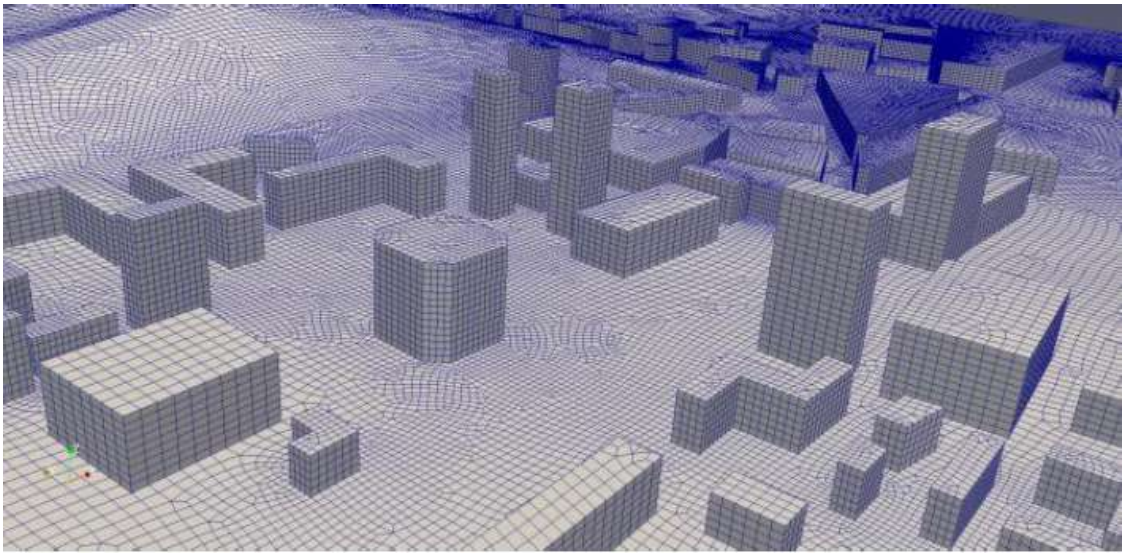
a)



b)



c)



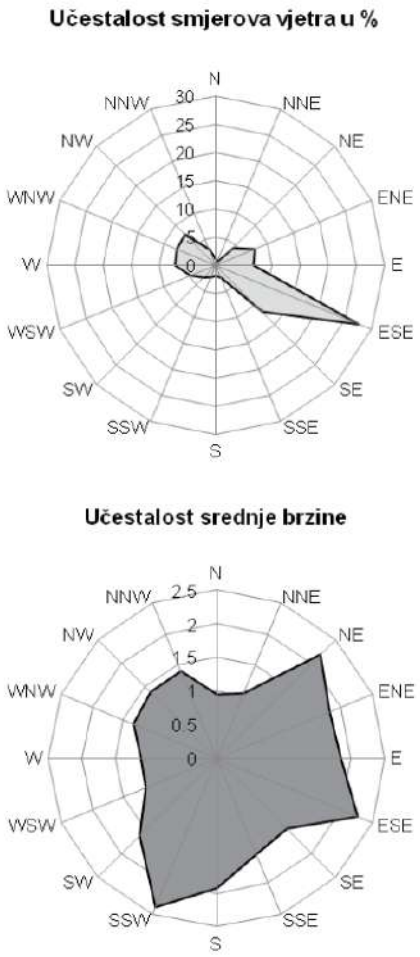
Slika 4: (a) Satelitska slika regije uključene u računsku domenu lokalnog razmjera sa modeliranim objektima na tlu, (b) Mapa hrapavosti interpolirana na površinu domene sa modeliranim objektima na tlu, (c) računska mreža na dijelu domene na Marijin Dvoru.

3.2 Granični i početni uvjeti

Proračuni na mezo skali su urađeni za dva najčešća smjera vjetra prema ruži vjetrova prikazanoj na slici 5 (istočno-jugoistočni, 110° i zapadni, 270°) i tri vrijednosti referentnog intenziteta vjetra, 1m/s,

1,8 m/s i 3 m/s. Pod referentnim intenzitetom vjetra se podrazumijeva intenzitet vjetra na 10 metara iznad tla u potpuno razvijenom toku preko ravne ploče i koeficijentom hrapavosti od 0,16m koji se nameće kao granični uvjet za domenu prekursora. Sljedeće pretpostavke su usvojene:

- Vjetar puše stalnim intenzitetom
- Pretpostavljen neutralno stratificirani atmosferski granični sloj tako da je sila uzgona zanemarena
- Početno stanje pretpostavlja situaciju bez vjetra (brzina zraka svuda u domeni je jednaka nuli).
- Brzina vode na površini rijeke je 2 m/s.



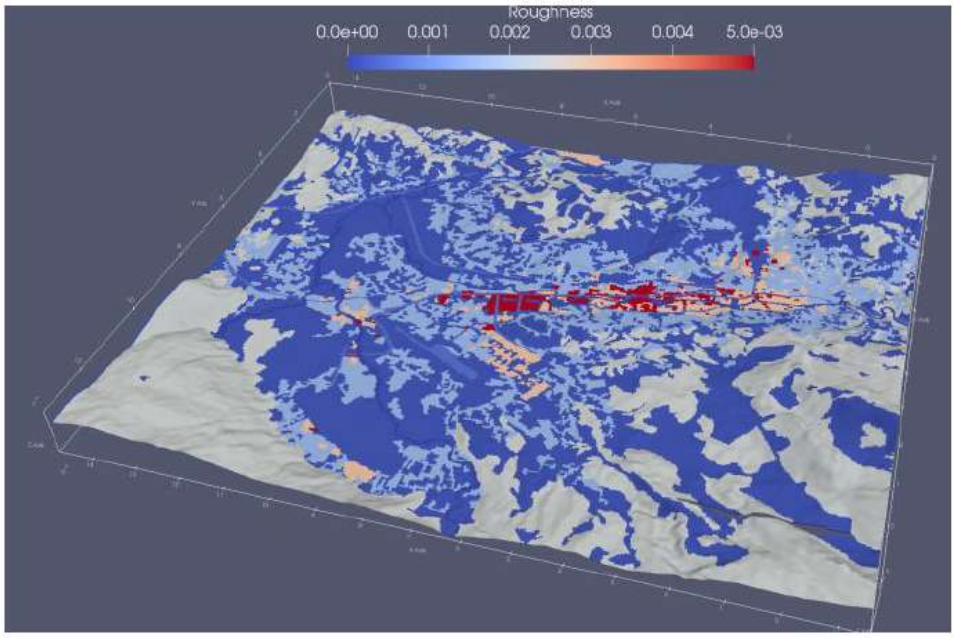
Slika 5: Ruža vjetrova za Sarajevo u 2018. godini prema podacima Federalnog hidrometeorološkog zavoda

Za postavljanje graničnih uvijeta za ćelija na tlu su korištene standardne „zidne funkcije“ koje uključuju hrapavost tla. Utjecaj prirodnih prepreka (šuma, travnatih polja, područja sa niskim rastinjem) i prepreka antropogenog porijekla (kuće građevine, mostovi, ceste) na tlu je modeliran pomoću modela hrapavosti [15].

Dodijeljene su različite vrijednosti za visinu hrapavosti (poznatu i kao aerodinamička hrapavost) Zo za različite tipove tla sljedeći preporuke iz literature [16]. Definisano je sedam tipova tla s odgovarajućim vrijednostima Zo kako slijedi:

1. Rijeke, Zo = 0
2. Zgrade visine 40m i više, Zo = 5m
3. Zgrade visine 15m-40m, Zo = 3m
4. Privatne kuće (visine do 15 m), Zo = 1.5m

5. Zelene površine, Zo = 0.16m
6. Šume, Zo = 2.3m
7. Putevi, Zo = 0.5m



Slika 6: Mapa hrapavosti interpolirana na površinu meso scale domene

Granični uvijet koji definiše ulaz vjetra u računsku domenu za istočno-jugoistočni smjer vjetra definisan je s posebnom pažnjom, jer je teren na kojem vjetar ulazi u proračunsku domenu izuzetno neravan. Kako bi se kreirali realistični uvjeti na ovoj granici, prethodno je izračunato strujanje zraka u *prekursor* domeni 12km x 12km x 1,8km koja se nalazi 9km uzvodno od granice glavne domene na kojoj je definisan ulaz zraka. Domena prekursora se preklapa s glavnom domenom u dužini od 3 km. Profil brzine zraka za potpuno razvijeni tok preko ravne ploče je postavljen kao granični uvjet za ulaz u prekursor domenu. Polja brzine i turbulencije dobivena iz rješenja prekursora su zatim korištena kao ulazni uvjet za proračune na mezo skali za slučaj istočno-jugoistočnog smjera vjetra. Ulazni granični uvjet za zapadni smjer vjetra definisan je pomoću profila brzine i turbulencije dobivenih iz prethodno izračunatog potpuno razvijenog toka preko ravnog tla. Na ostalim granicama domene, a koje nisu tlo, (lateralna, gornja i izlazna granica) je korišten granični uvjet koji pretpostavlja konstantan pritisak. Proračuni na lokalnoj skali su vršeni za slučaj najčešćeg smjera vjetra (istočni-jugoistočni, 110^{o}) i referentnu jačinu vjetra od 1 i 1,8 m/s. Kao što je to bio slučaj u proračunima na mezo skali, za definisanje graničnih uvjeta na tlu su korištene „zidne funkcije“. Ista mapa hrapavosti se koristila kao i u slučaju proračuna na mezo skali sa razlikom da su sada područja visokih zgrada direktno modelirana. Polje brzine zraka na ulazu u domenu je definisano koristeći rezultate proračuna na mezo skali za slučaj istočno-jugoistočnog smjera vjetra. Bočne (južna i sjeverna), gornja i izlazna granica je tretirana kao granica sa konstantnim pritiskom.

Premda su pretpostavljeni granični uvjeti realni, potrebne su detaljnije informacije o glavnim karakteristikama vjetra na granicama računarskih domena kako bi se izračunali i drugi stvarni scenariji. U tom cilju bilo bi neophodno izraditi studiju o urbanoj mikroklimi u Sarajevu kako bi se došlo do takvih podataka. Takva studija bi na bazi programiranih novih mjerenja i simulacija identificirala glavne obrasce strujanja vjetra u Sarajevu, raspodjelu temperature na tlu, karakteristike inverzionog sloja (brzina baze, debljina, intenzitet / gradijent temperature) u slučaju bez vjetra, kao i utjecaj Miljacke na lokalnu temperaturu i polja brzine. Gradovi provode takve studije kako bi predvidjeli utjecaje budućeg urbanog razvoja na zdravlje građana, potrebe za energijom i saobraćajnim sistemom (primjer [17]).

3.3 Numeričke metode i model turbulencije

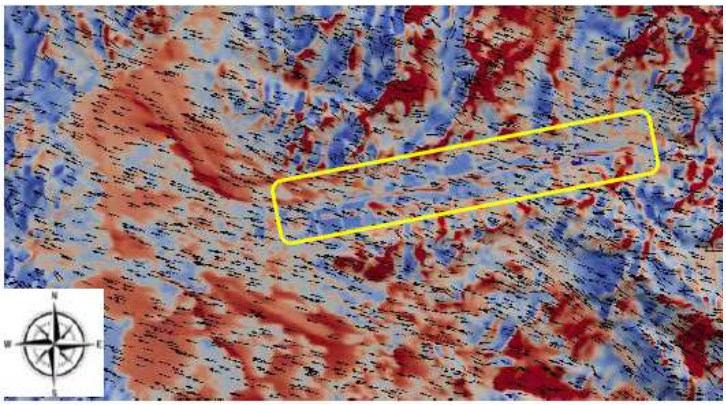
Proračuni su urađeni korištenjem open-source kôda T-Flows [18,19], koji je razvijen na TU Delft-u i dostupan je putem GitHub platforme [20]. T-Flows je nestruktuirani CFD kôd baziran na metodi konačnih volumena gdje su diskretizirane Navier-Stokesove i jednadžbe konzervacije energije i mase pojedinih komponenti aero-kontaminanata (plinovi, čestice) s modelima prijenosa toplote i transporta aktivnog (temperatura) i pasivnog skalara (polutanta). Napisan je u Fortranu 90 i paraleliziran je korištenjem MPI protokola (eng. Message Passing Interface – MPI). Kôd se već duži niz godina koristi za računanje tokova fluida sa prijenosom toplote u različitim konfiguracijama sa LES (eng. Large Eddy Simulation – LES), RANS (Reynolds Average Navier Stokes), te hibridnih LES/RANS modela. Turbulencija je modelirana korištenjem RANS k-ε-ζ-f modela [21] koji je uspješno testiran na mnogim referentnim slučajevima i predstavlja standardni model u cijenjenom industrijskom komercijalnom kodu AVL Fire. Posebno svojstvo su algebarski model termalnog fluksa [5-8], te „zidne funkcije“ za uzgonska strujanja iznad zagrijanih površina [12].

Proračunima se dobivaju vektorska i skalarna polja iz kojih se mogu dobiti detalji o prostornoj i vremenskoj evoluciji brzina u formatu koji se može vizualizirati i analizirati pomoću većine CAD softvera komercijalnog i open-source tipa (Paraview, Visit).

4. Identifikacija postojećih ventilacionih koridora i njihovih karakteristika

Ventilacioni koridori određeni su kako orografijom terena, tako i objektima na tlu (zgrade, mostovi, itd.) koji u određenim smjerovima blokiraju ili kanaliziraju strujanje zraka. Riječni kanjoni i kanali, kao i ulični kanjoni, često određuju lokaciju i oblik ventilacionih koridora u gradovima. Dobra ventilacija urbanih područja ovisi o postojanju ventilacionih koridora te je stoga važno njihova identifikacija kako budući razvoj gradova ne bi imao negativan utjecaj na prirodnu ventilaciju gradskih područja. Nadalje, urbano planiranje podržano CFD simulacijama može poboljšati postojeće koridore i stvoriti nove. Kako ventilacione koridore karakteriše veća brzina zraka u odnosu na okolni zrak, to se za njihovu identifikaciju koriste polja strujanja zraka dobivena kompjuterskim simulacijama.

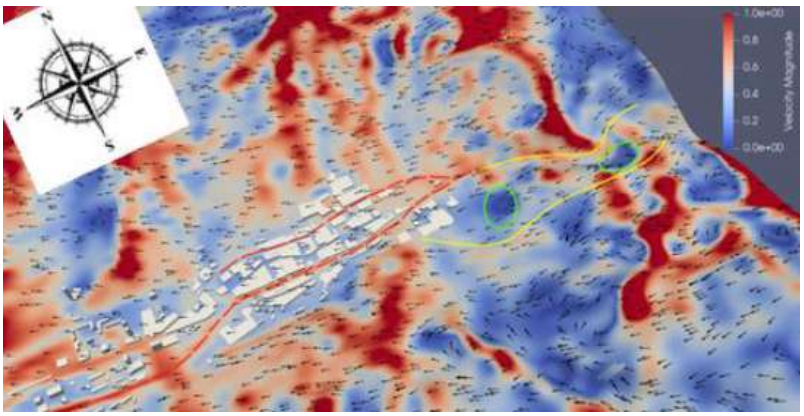
Na slici 7 je prikazano polje brzine strujanja zraka 4 metra iznad tla za slučaj sa referentnom brzinom od 1.8 m/s. Složena orografija terena podrazumijeva kompleksnu raspodjelu brzina zraka blizu tla. Maksimalne vrijednosti u polju brzine pojavljuju se u područjima vrhova brda kao rezultat zakona o održanju mase dok se područja male brzine javljaju u podnožjima brda gdje tok separira i formira separacione zone. Pored separacionih zona, područja sa niskim brzinama zraka se pojavljuju na mjestima sa visokim koeficijentom hrapavosti (područja klasificirana kao šume ili područja visokih zgrada).



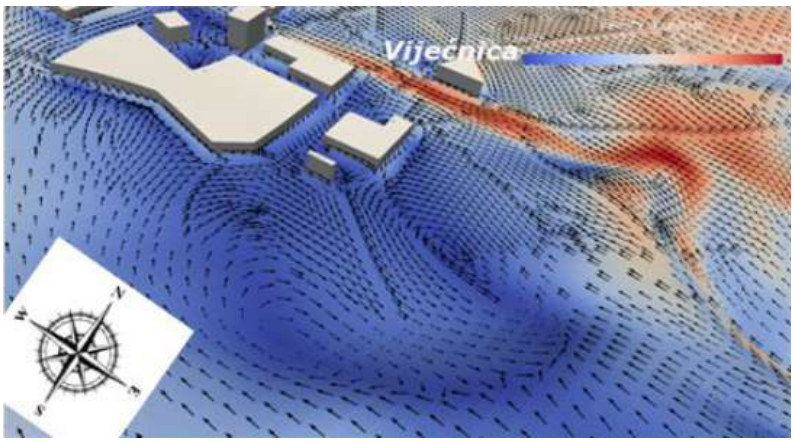
Slika 7: Intenzitet polja strujanja zraka dobiven na meso skali sa referentnom brzinom od 1.8m/s[1]

1 Korištena je jedinstvena dužina vektora za bolju vizualizaciju smjera vjetra. Žuti okvir pokazuje lokaciju urbanog dijela grada.

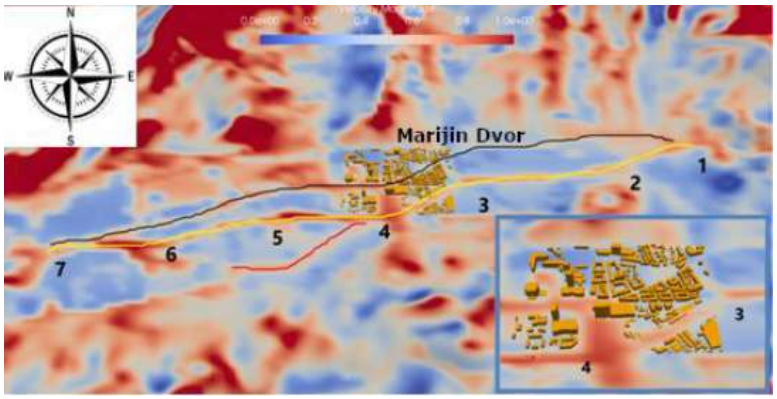
Na slici 8 je prikazano polje brzine četiri metra iznad tla za referentni intenzitet vjetra od 1m/s. Separacione zone identificirane smjerom vektora označena su zelenom linijom, dok su žutom linijom označeni glavni pravci strujanja zraka prema urbanim dijelovima grada iz pravca Trebevića i kanjona rijeke Miljacke na istoku.



Slika 8: Slika strujanja 4m iznad tla na širem području centra Sarajeva dobivena proračunom na mezo skali (U_{ref} = 1.8 m/s). Crvena linija – ventilacioni koridori, žuta linija – glavni pravci strujanja zraka sa Istoka, zelena linije – separacione zone[2,3]



Slika 9: Polje strujanja na širem lokalitetu Vijećnice dobiveno na lokalnoj skali (Uref = 1.8 m/s)[3]



Slika 10: Glavni ventilacioni koridori sa poljem intenziteta brzine (mezo skala, U_{ref} = 1.8 m/s) sa karakterističnim tačkama duž koridora. Crna linija – koridor Glavna saobraćajnica, žuta linija – koridor Miljacka, crvena linija – koridor Južna longitudinala

2 Objekti prikazani na slici nisu modelirani na meso skali već su prikazani radi orijentacije u prostoru.

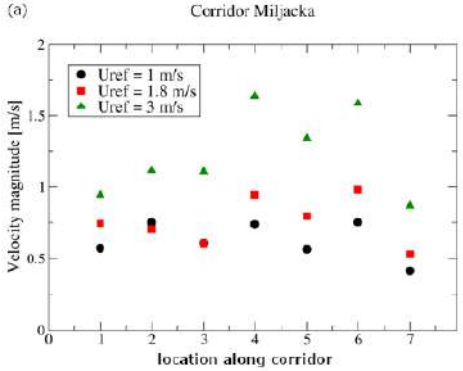
3 Korištena je jedinstvena dužina vektora za bolju vizualizaciju smjera vjetra.

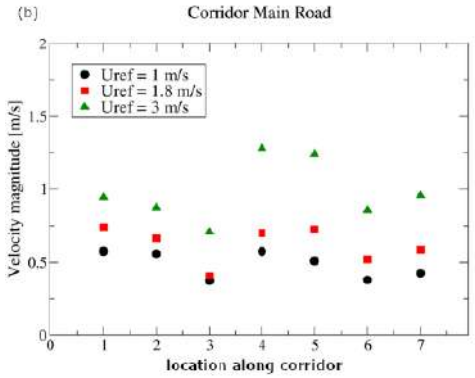
Dvije separacione zone su identificirane na obroncima brda Trebević. Dovod svježeg zraka u grad je usporen zbog pojave separacionih zona koje značajno smanjuju intenzitet strujanja zraka. Ovo se jasno vidi na slici 9 koja pokazuje polje strujanja na širem lokalitetu Vijećnice dobivenim iz proračuna na lokalnoj skali. Sa slike je vidljivo da glavni pravac dotoka svježeg zraka u Sarajevo je kanjonom Miljacke. Glavni pravci strujanja zraka prema gradu sa istoka su isti za tri izračunate referentne brzine. Izuzev različitih vrijednosti intenziteta brzine, područja visoke i niske vrijednosti intenziteta brzine su slična za tri referentne brzine.

Rezultati proračuna na mezo skali ukazuju na postojanje dva glavna zračna ventilaciona koridora i nekoliko manjih. Najveći ventilacioni koridor, vidljiv u polju intenziteta brzine prikazanom na slikama 8 i 10, formiran je duž korita rijeke Miljacke. Ovaj ventilacioni koridor smo nazvali koridor Miljacka. Koridor Miljacka formira se na mjestu gdje rijeka Miljacka ulazi u grad u području Bentbaše. Glavni dovod zraka u ovaj zračni koridor dolazi iz pravca kanjona Miljacke uzvodno. Širina koridora Miljacka približno je jednaka koritu rijeke. Intenzitet brzine vjetra na nekoliko karakterističnih tačaka duž koridora prikazanih na slici 10 je prikazano na slici 11(a). Na brzinu strujanja zraka na segmentu koridora 1-2 utječe blizina u području separacione zone sa strane Trebevićkih brda iz čijeg pravca dolazi vjetar a što je pokazano na slici 9. Na lokaciji 2 se protok duž koridora pojačava uslijed dodatnog priliva zraka. Intenzitet brzine na segmentu 2-3 je skoro konstantan. Kako rijeka mijenja smjer na lokaciji 3, tako i brzina vjetra duž koridora opada. Zračna struja duž koridora odvaja se na lokaciji 3, gdje jedan ogranak nastavlja duž rijeke Miljacke, a drugi se usmjerava Alipašinom ulicom, vidjeti sliku 12. Na ovoj lokaciji je brzina vjetra duž koridora minimalna. Struja zraka koja je usmjerena Alipašinom ulicom je značajna i predstavlja primjer lokalnog koridora koji je formiran usljed položaja zgrada (street canyon). Zanimljivo je primijetiti da se intenzitet brzine na lokacijama 2 i 3 ne razlikuje značajno za referentne brzine 1 m/s i 1.8 m/s. Širina koridora u prosjeku iznosi oko 75 metara. Koridor je najuži na segmentu Dariva – Skenderija, sa širinom od 50-60 metara zbog neposredne blizine zgrada uz obalu rijeke. Koridor je najširi u naselju Dolac Malta sa širinom od 100-110 metara. Glavni koridor prestaje nakon što rijeka Miljacka utječe u sarajevsko polje na zapadu. Koridor se završava na lokaciji naselja Halilovići.

Koridor Glavna saobraćajnica se formira uz glavnu cestu koja ide od istoka ka zapadu. Rezultati pokazuju niži intenzitet protoka zraka duž koridora Glavna saobraćajnica u odnosu na koridor Miljacka, kao što se može vidjeti na slici 11(b). Intenzitet brzine strujanja zraka smanjuje se od tačke 1 do tačke 3 uz glavnu cestu, koja je omeđena visokim zgradama koje su gusto raspoređene u centru grada. Intenzitet brzine se povećava u tački 4 koja odgovara lokaciji naselja Marijin Dvor. Ovdje se glavna cesta širi (ulica sa četiri trake) što je, zajedno sa dotokom zraka iz pravca Miljacke, glavni razlog povećanja brzine. Ovu lokaciju smatramo početkom koridora Glavna saobraćajnica.

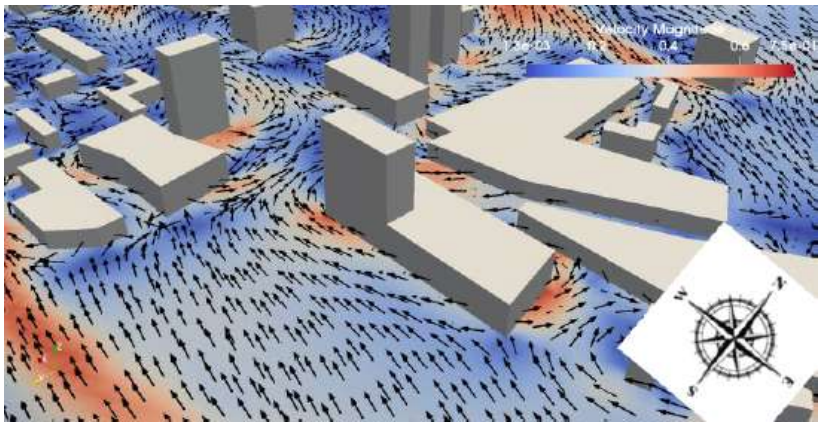
Na slici 13 je prikazana povezanost koridora Miljacka sa koridorom Glavna saobraćajnica u naselju Marijin Dvor. Uzak prolaz kroz koji zrak struji od koridora Miljacka do koridora Glavna saobraćajnica čini se vitalnim za efikasan transport zraka kroz koridor Glavna saobraćajnica. Koridor je na Marijin Dvoru širok oko 50 metara i ostaje više-manje iste širine do svog završetka na Stupskoj petlji.



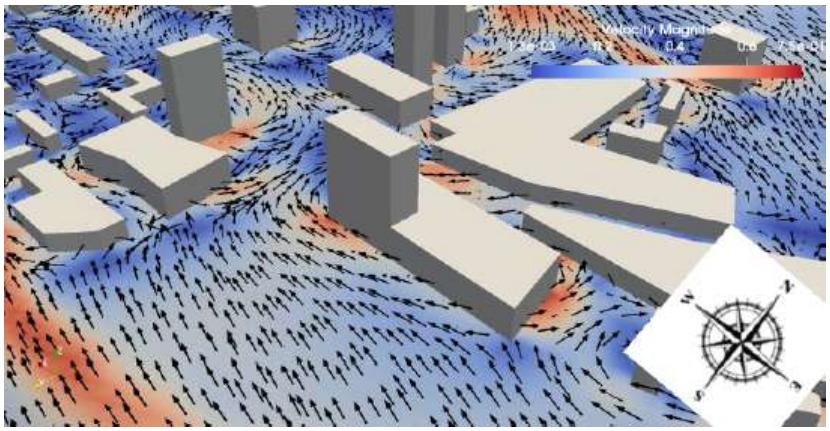


Slika 11: Intenziteta brzine na lokacijama sa slike 10 za tri referentne brzine, (a) koridor Miljacka, (b) koridor Glavna cesta.

Intenzitet protoka zraka kroz koridor Glavna saobraćajnica je niži od onog duž koridora Miljacka. Koridor Miljacka dobiva svjež zrak od vjetra koji uglavnom nije ometen visokim zgradama na području Vijećnice, što nije slučaj sa koridorom Glavna saobraćajnica. Osim toga, koridor je uži od koridora Miljacka sa većim brojem visokih zgrada na svojoj južnoj granici, što smanjuje protok zraka kroz koridor. Ovo su mogući razlozi za manje intenzivan protok zraka kroz koridor Glavna saobraćajnica.

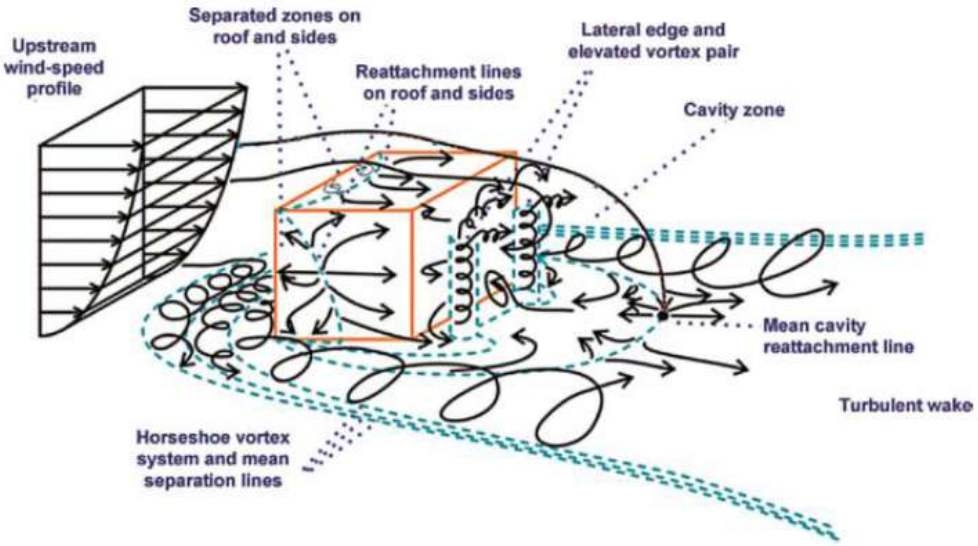


Slika 12: Polje strujanja na lokalitetu Skenderija dobiveno na lokalnoj skali (U_{ref} = 1.8 m/s)[3]



Slika 13: Polje strujanja na lokalitetu Marijin Dvor dobiveno na lokalnoj skali (U_{ref} = 1.8 m/s)[3]

Dispozicija zgrada u međusobnom odnosu može znatno uticati na ventilacione koridore. Zgrade mogu poboljšati ali i suzbiti ventilaciju zraka u urbanom okruženju, u zavisnosti od veličine, oblika i orijentacije zgrade u odnosu na pravac vjetra, poziciju susjednih zgrada i parametre strujanja. Zbog nelinearne prirode turbulencije, teško je unaprijed odrediti kakav će uticaj imati različiti urbani oblici na prozračivanje. Fizika strujanja fluida oko pojedinačnih zgrada je bila predmetom brojnih studija i postoji visok nivo razumijevanja tog fenomena ([22] između ostalog), ali u prisustvu grupe zgrada dinamika strujanja se može u potpunosti promijeniti uslijed složenog uzajamnog djelovanja strujanja fluida i čvrstih granica. Slika 14 prikazuje obrazac strujanja oko jedne samostojeće zgrade. Najveći uticaj samostojeće zgrade na strujanje zraka jeste formiranje separacijskog mjehura iza zgrade (u zaleđini), čije veličina i oblik zavise od geometrije zgrade i parametara strujanja kao što je Reynolds-ov broj. Prisustvo zgrade vodi do usporavanja strujanja zraka nizvodno što smanjuje transport svježeg zraka. Područje visokog pritiska se formira ispred zgrade (takozvano područje stagnacije), dok se u zaleđini formira područje niskog pritiska sa separacijskim mjehurom koji predstavja „zamku“ u kojoj se polutant nagomilava i loklano cirkulira.

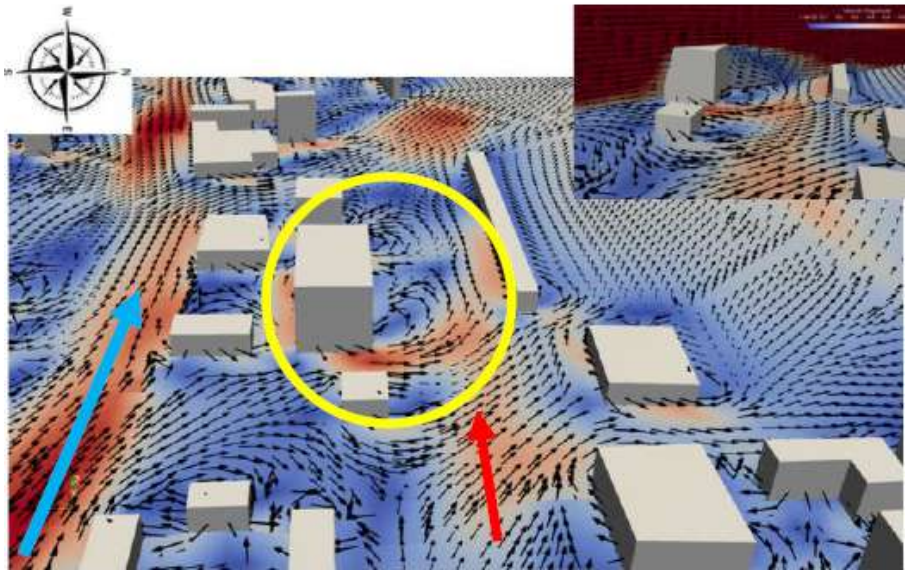


Slika 14: Šematski prikaz dinamike toka strujanja oko samostojeće niske zgrade (Izvor: [23], izmjene [24])

Model strujanja prikazan na slici 14 može se znatno razlikovati u slučaju strujanja oko grupe zgrada. Novije studije su potvrdile da visoke zgrade generalno negativno utiču na prozračivanje i nivo zagađenosti ([25], [26], [27], između ostalog). Istraživanje objavljeno u [30] je pokazalo da promjena visine jedne zgrade koja se nalazi u grupi zgrada može dovesti do porasta nivoa zagađenosti na datoj lokaciji, dok je u studiji o mikroklimi u Londonu, koju je proveo [25], zaključeno da visoke zgrade općenito umanjuju propusnost vjetra i smanjuju snagu vjetra u urbanim područjima uslijed efekta zaklona.

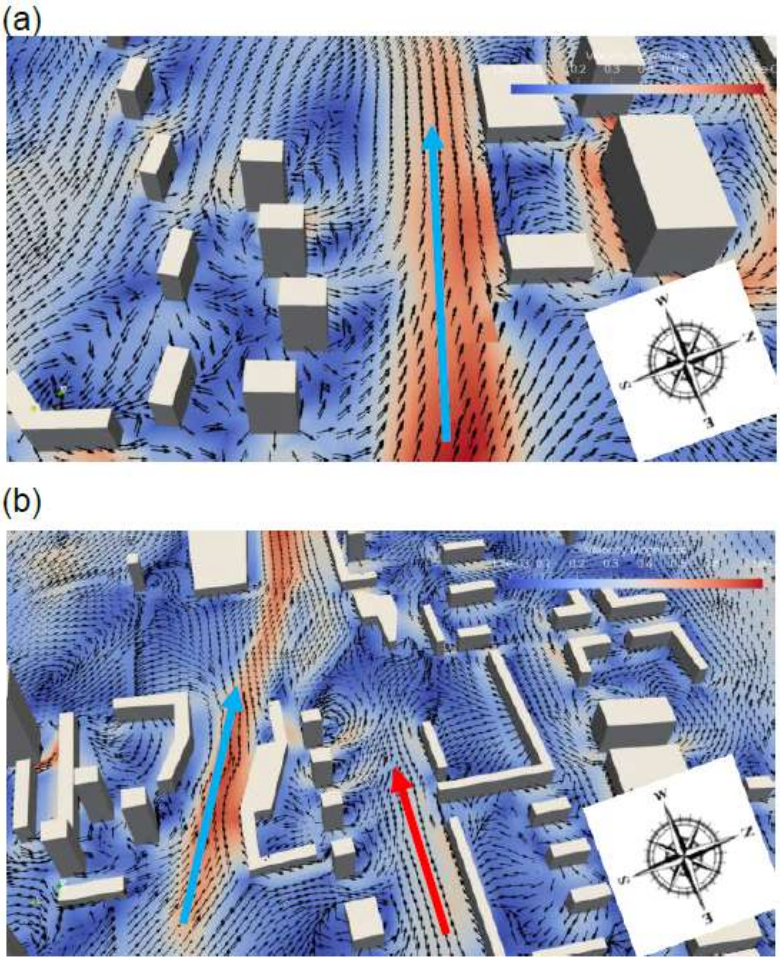
Kako je pokazano u prethodnim slikama intenzitet strujanja duž koridora Glavna cesta je manji u odnosu na intenzitet strujanja duž koridora Miljacka. Razlozi su u većoj širini koridora Miljacka, kao i prisustvu rijeke koja pospješuje uzdužno strujanje zraka, ovdje u pravcu Istok-Zapad. Međutim, ovo nisu jedini razlozi za manji intenzitet strujanja duž koridora Glavna cesta. Rezultati na lokalnoj skali pokazuju da prisustvo visokih zgrada koje se nalaze u neposrednoj blizini koridora negativno utiče na strujanje duž koridora. Slika 15 prikazuje lokalitet na kojem se nalazi šoping centar „Importanne“, dio Vilsonovog šetališta i dio kampusa Univerziteta u Sarajevu. Tok zraka duž koridora Miljacka, prikazan na slici, je neporemećen iako se mogu primijetiti recirkulacione zone sa lijeve strane na obodu koridora. Međutim, strujanje duž koridora Glavna cesta, koji se pruža paralelno koridoru Miljacka, je poremećeno usljed formiranja recirkulacionih zona u zavjetrini visokih zgrada koje se nalaze u

neposrednoj blizini koridora Glavna cesta. Recirkulacioni mjehuri se ponašaju kao fizičke prepreke za zrak koji struji koridorom te je dalji razvoj koridora Miljacka i formiranje koridora Glavna cesta na Marijin Dvoru. Polje strujanja na koridoru Glavna cesta nizvodno od zgrade Importanne centra ima značajno manji intenzitet brzine strujanja od dijela koridora uzvodno od te lokacije.



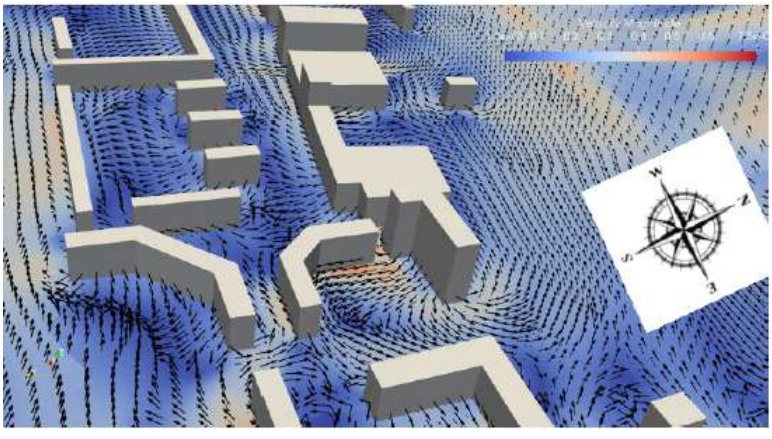
Slika 15: Polje intenziteta brzine strujanja na lokaciji kampusa Univerziteta u Sarajevu i šoping centra „Importanne“. Plava strelica označava koridor Miljacka, a crvena koridor Glavna cesta

Slika 16 pokazuje polje strujanja na dvije lokacije, jedna u Vilsonovom šetalištu na Grbavici a druga na lokalitetu naselja Čengić Vila. Karakteristično za obje lokacije jeste prisustvo četiri nebodera duž lijeve granice koridora, na Grbavici duž koridora Miljacka, a na Čengić Vili duž koridora Glavna cesta. Slike 9.4(a) i (b) pokazuju vrlo različit uticaj prisustva visokih zgrada na strujanje duž koridora. Dok neboderi na lokaciji Vilsonovo šetalište nemaju značajan uticaj na strujanje zraka duž koridora Miljacka iako su prisutne separacione zone iza nebodera, dotle je strujanje duž koridora Glavna cesta značajno poremećeno kao posljedica separacionih zona formiranih uslijed prisustva nebodera na Čengić Vili. Interesantno je primijetiti da se u oba slučaja najveći separacioni mjehur pojavljuje iza četvrtog nebodera u nizu. Ono što čini razliku jeste, ne toliko visina nebodera koja je slična (51 m neboderi na Grbavici, 54 m neboderi na Čengić Vili), već udaljenost nebodera od koridora te njihov međusobni raspored. Neboder uz koridor Miljacka na Grbavici nisu postavljeni u nizu, već su smaknuti jedan u odnosu na druge, tako da se treći i četvrti neboder postepeno odaljavaju od ivice koridora Miljacka. Najbliži neboder udaljen je 23 m od ivice koridora dok je četvrti neboder udaljen 51 m od koridora. Neboderi na Čengić Vili su postavljeni jedan iza drugog i nalaze se na 26 m udaljenosti od glavne ceste duž kojeg ide koridor. Blizina četvrtog nebodera koridoru je najveći razlog za tako jak uticaj separacione zone na strujanje duž koridora iako postoji mogućnost da okolne zgrade također utiču na strujnu sliku i formiranje dugačke separacione zone koja zadire u prostor koridora Glavna cesta. Kao što ovaj primjer pokazuje dužina separacijskog mjehura je bitan parametar koji određuje mogući uticaj zgrade na strujanje zraka u okruženju. Dužinu separacionog mjehura je teško unaprijed predvidjeti budući da na to utiču mnogi parametri kao što su Reynolds-ov broj, veličina i oblik zgrade i položaj iste u odnosu na susjedne zgrade.



Slika 16: Polje strujanja na lokaciji (a) Vilsonovo šetalište – Grbavica i (b) Čengić Vila.
Plava strelica označava koridor Miljacka, a crvena koridor Glavna cesta

Na provjetrenost urbanih prostora ne utiče samo visina zgrada već i oblik i orijentacija zgrada u odnosu na dominantni pravac vjetra. Slika 17 pokazuje strujno polje na lokaciji Dolac Malta. Dugačke zgrade, male spratnosti (do 8 spratova) zbog njihove međusobne dispozicije i orijentacije u odnosu na dominantni pravac vjetra formiraju zonu sa vrlo niskim brzinama i slabom provjetrenošću vanjskog prostora. Obzirom na specifičnu mikroklimatsku situaciju koja vlada u sarajevskoj kotlini a koja se odlikuje vjetrovima malog intenziteta i učestalosti, vrlo je važno pri urbanom planiranju uzeti u obzir aspekt vanjske provjetrenosti a koja zavisi od konkretnih urbanih formi. Istraživanje uticaja specifičnih urbanih formi na polje strujanja i disperziju polutanata je trenutno u toku.



Slika 17: Polje strujanja na lokaciji Dolac Malte. Crvena strelica označava koridor Glavna cesta

Konačno, na slici 18 je prikazana slika ventilacionih koridora koji su ucrtani na mapi Sarajeva a što je rezultat analize rezultata dobivenih računskom dinaminkom fluida za dvije računske domene.



Slika 18: Ventilacioni koridori ucrtani na mapi Sarajeva

5. CFD i disperzioni modeli: sličnosti i razlike

Kompjuterske simulacije bazirane na CFD metodama se značajno razlikuju od trenutno preovladavajućih metoda za računsku procjenu nivoa zagađenosti koji se baziraju na Gausovoj raspodjeli polutanata iz raznih izvora (tzv. disperzioni modeli). Disperzioni modeli koriste veoma pojednostavljeno polje strujanja zraka (bez rješavanja Navier-Stokes jednačina) preko nametnutog predefinisanog polja eksternog vjetra ili samogeneriranim termalnim i orografskim uvjetima. Iako software-i bazirani na Gausovoj raspodjeli imaju neke bitne prednosti poput činjenice da su detaljno testirani i verificirani, zatim da imaju uključene brojne fizikalne efekte, i obično su jednostavni za korištenje, istovremeno imaju neka značajna ograničenja. Glavno ograničenje je zahtjev za brzinom vjetra kao ulaznim podatkom što limitira upotrebu ovih software-a samo za situacije kada ima vjetra. Ali i tada, dispersioni software-i ne mogu reproducirati nikave mehaničke fenomene strujanja (separacija i recirkulacija struje zraka iza objekata, interakcije strujnih tragova iza više objekata i sl. Uprošteni modeli disperzije i turbulencije (Gaus ili K-model) mogu rezultirati značajnim odstupanjima od tačnih vrijednosti kada su stvarni uvjeti daleko od pretpostavljenih. I konačno nemogućnost tretiranja zgrada/objekta, uličnih kanjona i drugih konfiguracija tipičnih za gradske sredine koji imaju veliki uticaj na polja strujanja i rasprostiranja polutanata predstvalja nepremostivo ograničenje ovih model na primjenu u realnim urbanim konfiguracijama. Obzirom na gore navedene nedostake ove metode nisu adekvatne za predviđanja rasprostiranja aeropolutanata u gradskim sredinama jer obzirom da ne rješavaju transportne jednačine količine kretanja i energije, ne mogu uzeti u obzir komplikovanu orografiju terena sa objektima na tlu i kompleksnim izvorima aeropolutanata poput individualnih ložišta te saobraćaja. To ove metode čini značajno limitiranim u predviđanjima mikro klime i time povezanim poljem polutanata u gradskim sredinama poput Sarajeva koje je smješteno u kotlini i gdje je struktura zagađivača kompleksna (saobraćaj, stanovništvo, industrija). Posebno limitirajući faktor za ove metode predstavlja nemogućnost da se simuliraju epizode visoke zagađenosti zraka u uvjetima temperaturne inverzije sa stabilnim prizemnim slojem bez vjetra, kada se lokalno strujanje zraka slabog intenziteta dešava isključivo uslijed termalne uzgonske sile generisane razlikom temperature zraka, tla i urbanih objekata. Ovo su i najinteresatnije epizode sa stanovišta predviđanja aerozagađenje jer tada koncentracija polutanata u zraku dostižu rekordne vrijednosti.

6. Zaključci

Prezentirani su odabrani rezultati komjuterske simulacije strujanja zraka i disperzije aero polutanata

u realnoj orografiji i urbanoj konfiguraciji (grad Sarajevo). Glavni zaključci su:

- CFD metode se mogu koristiti za prognoziranje kvaliteta zraka za različite meteo i druge uvjete, te za prognozu efekata pri različitim scenarijima mjera koje se poduzimaju u cilju poboljšanja kvalitete zraka.
- Za tačne i pouzdane rezultate CFD simulacija potrebno je koristiti sofisticirane modele turbulencije te realistične pretpostavke za granične uvjete brzine, temperature i izvora aero polutanata.
- Ulaganja u ljudske resurse i vrijeme koje je potrebno da se ovlada tehnikama i softverima neophodnim za ove vrste simulacija, su znatna. Isto tako su važni znanja i iskustvo u oblasti mehanike fluida i relevantnih transportnih procesa za pravilnu interpretaciju resultata, donošnje zaključaka i preporuka za poduzimanje tehničkih i administrativnih mjera za poboljšanje kvaliteta zraka.
- Ovladavanje metodama i tehnikama potrebnim za kompjuterske simulacije tokova fluida u uvjetima koji vladaju u gradskim sredinama tokom epizoda povečane koncentracije polutanata će omogućiti bolje razumjevanje fenomena visoke koncentracije aeropolutanata u gradovima poput Sarajeva što je preduvjet za donošenje efikasnih i svrsishodnih mjera za poboljšanje kvalitete zraka u Kantonu Sarajevo, kao i ostalim gradovima u BiH koji se suočavaju sa istim ili sličnim problemima.
- Uporedo sa ovladavanjem tehnikom kompjuterskih simulacija, u cilju uspješne realizacije sličnih projekatak bilo bi neophodno izraditi studiju o urbanoj mikroklimi u Sarajevu kako bi se došlo do svi podataka potrebnih za simualciju raznih scenarija. Takva studija bi trebala identificirati glavne obrasce strujanja vjetra u Sarajevu, raspodjelu temperature na tlu i njenu dnevnu i sezoansku varijaciju, karakteristike inverzionog i sloja miješanja u slučaju bez vjetra, kao i utjecaj Miljacke na lokalnu temperaturu i polja brzine.

Literatura

[1] Kress, R., 1979. Regionale Luftaustauschprozesse und ihre Bedeutung fur die Raumliche planung. Dortmund, Germany.

[2] VDI, 1997. VDI-guideline 3787, Part 1, Environmental Meteorology-climate and Air Pollution Maps for Cities and Regions. Beuth Verlag, Berlin.

[3] Gao Y, Zhao J, 2018. Environmental Approach to the f Urban Ventilation Path Planning in China from the Perspective of Climate Change and Multi-Dimensional Control. Ecology 27(106): 1235.-1245.

[4] https://www.stadtklima-stuttgart.de/index.php?climate_in_stuttgart

[5] Kenjereš S 1999 Numerical modelling of complex buoyancy-driven flows PhD Thesis Delft University of Technology, Delft, The Netherlands

[6] Kenjereš, S., Hanjalić, K, 1999, Transient analysis of Rayleigh-Bénard convection with a RANS model, Int. J. of Heat and Fluid Flow 20:329-340.

[7] Kenjereš, S., Hanjalić, K., 2002. Numerical insight into flow structure in ultra-turbulent thermal convection, Physical Review E, 66: 1-5.

[8] Kenjeres, S., Hanjalić, K., 2002. Combined effects of terrain orography and thermal stratification on pollutant dispersion in a town valley: a T-RANS simulation, J. of Turbulence, 3(26): 1-21.

[9] Hanjalić, K., Kenjereš, S., 2008, Some developments in turbulence modelling for environmental flows, (Review Paper), J. of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 96: 1537–1570

[10] Kenjereš, S., Bevrnja, A., Žilić, A., Hanjalić, K. 2015, Modelling pollutant dispersion over a city in

a hilly terrain under initially stable and neutral stratification, Turbulence, Heat and Mass Transfer 8, Begell Hous, Inc, 727-730 (full paper on CD ROM).

[11] Hanjalić, K., Hrebtov M. 2016, Ground boundary conditions for thermal convection over horizontal surfaces at high Rayleigh numbers. J. of Boundary-Layer Meteorology 160(1)::41-61.

[12] Hrebtov M,, Hanjalić, K, 2017, Numerical study of winter diurnal convection over the City of Krasnoyarsk: Effects of non-freezing river, undulating fog and steam devils, Boundary-Layer Meteorology 63:469-495

[13] Hrebtov M,, Hanjalić, K, 2018, Seasonal variation of traffic-induced CO concentration in a city with a large river: A computational study, Turbulence, Heat and Mass Transfer 9, Begell House, Inc, pp.543-546

[14] Hrebtov M., Hanjalić, K, 2019, River-induced anomalies in seasonal variation of traffic-emmited CO distribution over then City of Krasnoyarsk, Atmosphere, 10 (7), 407 (1-20)

[15] Balogh, M. A.Parente, C.Benocci, (2012) RANS simulation of ABL flow over complex terrains applying an Enhanced k-ε model and wall function formulation: Implementation and comparison for fluent and OpenFOAM, Journal of Wind Engineering and Industrial

Aerodynamics Volumes 104–106, May–July 2012, Pages 360-368

[16] Hansen, F. (1993) Surface Roughness Length, US Army Research Laboratory, AD-A274 550

[17] Shahrestani, M., Yao, R., Luo, Z., Turkbeyler, E., Davies, H. (2015) A field study of urban microclimates in London, Renewable Energy, Elsevier, vol. 73(C), pages 3-9.

[18] Ničeno B. 2001, An unstructured parallel algorithm for large-eddy and conjugate heat ytansfer simulations, PhD thesis, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.

[19] Ničeno B., Hanjalić K, 2005, Unstructured large-eddy and conjugate heat transfer simulations of wall-bounded flows., n and conjugate heat transfer simulations, In: S. Sunden and M. Faghri (Eds) Modelling and simulation of turbulent heat transfer, WIT Press, USA, pp. 35-76.

[20] https://github.com/DelNov/T-Flows

[21] Hanjalic, K., Popovac, M., Hadžiabdić, M. (2004). A robust near-wall elliptic-relaxation eddy-viscosity turbulence model for CFD. International Journal of Heat and Fluid Flow. 25. 1047-1051. 10.1016/j.ijheatfluidflow.2004.07.005.

[22] Castro, I., Robins , A. (1977). The flow around a surface-mounted cube in uniform and turbulent streams. Journal of Fluid Mechanics. 79. 307 - 335. 10.1017/S0022112077000172

[23] Hosker R.P.: 1985, Flow around isolated structures and building clusters: A review, ASHRAE Trans. 91, 1671–1692.

[24] Blocken, B., Stathopoulos, T., Carmeliet, J., Hensen, J. (2011). Application of computational fluid dynamics in building performance simulation for the outdoor environment: An overview. Journal of Building Performance Simulation. 4. 157-184. 10.1080/19401493.2010.513740.

[25] Aristodemou, E., Boganegra, L., Mottet, L., Pavlidis, D., Constantinou, A., Pain, C., Robins, A., Apsimon, H. (2017). How tall buildings affect turbulent air flows and dispersion of pollution within a neighbourhood. Environmental pollution (Barking, Essex : 1987). 233. 782-796. 10.1016/j.envpol.2017.10.041.

[26] Hertwig, D., Gough, H., Grimmond, C., Barlow, J. Kent, C., Lin, W., Robins, A., Hayden, P. (2019). Wake Characteristics of Tall Buildings in a Realistic Urban Canopy. Boundary-Layer Meteorology. 172. 239-270. 10.1007/s10546-019-00450-7.

[27] Shahrestani, M., Yao, R., Luo, Z., Turkbeyler, E., Davies, H. (2015) A field study of urban microclimates in London, Renewable Energy, Elsevier, vol. 73(C), pages 3-9.

15

Mr.Mirela Poljanac, dipl.ing.kem.tehn.
EKONERG d.o.o.
Koranska 5, 10000, Zagreb
mirela.poljanac@ekonerg.hr

Ismar Jamaković, dipl.ing.maš.
CETEOR doo Sarajevo
Topal Osman paše 32b, Sarajevo
ijamakovic@ceteor.ba

Albin Toljević, dipl.ing.maš.
CETEOR doo Sarajevo
Topal Osman paše 32b, Sarajevo
atoljevic@ceteor.ba

Izrada registra postrojenja i zagađivanja Zeničko- dobojskog kantona

Development of register of plants and pollutions of Zenica-Doboj Canton

Sažetak: Sukladno Konvenciji o pristupu informacijama, sudjelovanju javnosti u odlučivanju i pristupu pravosuđu u pitanjima okoliša iz 1998. godine (Aarhuska konvencija), registri zagađivanja i prijenosa zagađujućih materija predstavljaju važan mehanizam jačanja zajedničke odgovornosti, smanjivanja onečišćenja i promoviranju održivog razvoja. Cilj izrade Registra postrojenja i zagađivanja Zeničko-dobojskog kantona jest unapređenje pristupa javnosti informacijama uspostavom jedinstvenog, cjelovitog registara ispuštanja i prijenosa zagađujućih materija. Registar postrojenja i zagađivanjima izrađen je na osnovu podataka za 2016. godinu proširenih podacima za 2017. godinu. Konačni rezultat projekta je funkcionalan registar emisija u koji su uneseni raspoloživi podaci o emisijama u prostornoj raspodjeli u geoprostornoj mreži za devet zona rezolucije 0,1° x 0,1°, te mreže visoke rezolucije 500m x 500m za tri aglomeracije.

Ključne riječi: *registar, inventar, emisije*

Abstract: In accordance with the 1998 Convention on Access to Information, Public Participation in Decision-making and Access to Justice in Environmental Matters (the Aarhus Convention), pollution registers and transfer of pollutants are an important mechanism for strengthening shared responsibility, reducing pollution and promoting sustainable development. The aim of creating the Register of Plants and Pollution of Zenica-Doboj Canton is to improve public access to information by establishing a single, complete register of discharges and transfers of pollutants. The plants and pollution register is based on 2016 data expanded with 2017 data. The final result of the project is a functional emission register, which contains the available spatial emissions data in the geospatial network for nine zones with a resolution of 0.1 ° x 0.1 °, and a high resolution network of 500m x 500m for three agglomerations.

Key words: *register, inventory, emissions*

1. Uvod

Zeničko-dobojski kanton je jedan od 10 federalnih administrativnih jedinica u sastavu Federacije Bosne i Hercegovine. Površina Kantona je oko 3.900 km², na kome živi oko 398.000 stanovnika. Najveći dio kantona proteže se duž rijeke Bosne, te je pretežno brdsko-planinsko područje. U posljednje vrijeme ovaj Kanton se suočava sa problemom ubrzane gradnje i industrijalizacije koja, neminovno ostavlja posljedice na okoliš i zdravlje ljudi. Imajući u vidu da je takvo stanje, dugoročno gledano, neodrživo ukazala se potreba za pažljivijim planiranjem i iznalaženjem načina za postizanje ekonomskog razvoja uz maksimalno očuvanje prirodnih resursa.

Na osnovu člana 28. i 43. Zakona o zaštiti okoliša FBiH (Sl. novine Federacije BiH br. 33/03 i 38/09), člana 26. Zakona o zaštiti zraka ("Sl. novine Federacije BiH", br. 33/03 i 4/10) i odredaba Pravilnika o registrima postrojenja i zagađivanjima ("Sl. novine Federacije BiH", br. 82/07), kantoni su dužni uspostavit i održavati registar postrojenja i zagađivanja.

Izrada registra postrojenja i zagađivanjima je predviđena Kantonalnim ekološkim akcionim planom Zeničko-dobojskog kantona za period 2017.-2025. godina.

Sukladno članu 5. stav 9. i članu 10. stav 2. Konvencije o pristupu informacijama, sudjelovanju javnosti u odlučivanju i pristupu pravosuđu u pitanjima okoliša iz 1998. godine (Aarhuska konvencija), registri zagađivanja i prijenosa zagađujućih materija predstavljaju važan mehanizam jačanja zajedničke odgovornosti, smanjivanja onečišćenja i promoviranju održivog razvoja.

Registar o postrojenjima i zagađivanjima Zeničko-dobojskog kantona je projektom kreiran vizualni identitet u vidu Portala prostorne raspodjele emisija (trenutno) dostupnom na Internet poveznici: http://www.ekonerg.hr/zdk/index.ht. Na Portalu su između ostalog dostupne sve informacije o projektu, povezani linkovi te upute za korisnika.

Cilj izrade Registra postrojenja i zagađivanja Zeničko-dobojskog kantona jest unapređenje pristupa javnosti informacijama uspostavom jedinstvenog, cjelovitog registara ispuštanja i prijenosa zagađujućih materija, čime se olakšava sudjelovanje javnosti u odlučivanju o okolišu te doprinosi sprječavanju i smanjenju onečišćenja okoliša. Pored toga, Registar predstavlja važnu podlogu za izradu atmosferskog disperzijskog modela fine rezolucije u prostornoj mreži 1 km x 1 km za proračun prizemnih koncentracija. Za taj pristup potrebno je osigurati podatke o emisijama u mreži 0,1° x 0,1° za zone i 0,5 km x 0,5 km za aglomeracije, kao i emisije velikih tačkastih izvora te njihov geoprostorni identitet. Kad su zadovoljeni svi spomenuti uvjeti, tek tada se može raditi analiza i razdvajanje različitih utjecaja (npr. kućnih ložišta, pojedinih industrijskih izvora ili energetskih postrojenja, cestovnog prometa). Za razvoj takvog modela za područje ZDK, na osnovu kojeg bi se dobili kvalitetni rezultati i njihova ovisnost o vremenskim uvjetima potrebno je pripremiti detaljan Registar postrojenja i zagađivanjima što je i provedeno ovim projektom. Osim spomenutog, rezultatima ovog projekta osiguran je se uvjeti za uspostavu cjelovitog registra emisija zagađujućih materija u zrak za sve zone i aglomeracije u Federaciji BiH, što će doprinijeti: uspostavi nacionalnog modelarskog sistema za proračun prijenosa, disperzije i depozicije zagađujućih materija, planiranju, pripremi i nadzoru politika, instrumenata i mjera za smanjivanje utjecaja zagađenja zraka te razvoju stručnih znanja i tehničkih kapaciteta za izradu i izvještavanje o emisijama na nivoima jedinica lokalne samouprave.

2. Metodologija izrade registra

Izrada registra emisija zagađujućih materija u zrak u osnovi se temelji na dva pristupa:

- „odozgo-prema-dolje" (engl. top-down), u kojem se na osnovi raspoloživih statističkih, energetskih i drugih relevatnih podataka određuje ukupna emisija, koja se zatim po određenim stručno utemeljenim kriterijima raspodjeljuje na emisije pojedinih sektora i kategorija izvora emisija, te u konačnici prostorno raspodjeljuje i

- „odozdo-prema-gore“ (engl. bottom-up), u kojem se polazi od podataka sakupljenih po pojedinim izvorima emisije na nivou ispusta zagađujućih materija, te se sabiranjem njihovih doprinosa određuje ukupna emisija iz posmatranog područja.

U projektu je primijenjena kombinacija dvaju spomenutih pristupa.

Glavna tehnička podloga za provedbu ovog projekta je međunarodna EMEP/EEA metodologija razvijena i prihvaćena u okviru UNECE LRTAP konvencije, koja je opisana u dokumentima [Lit. 4.], [Lit. 5.] i [Lit. 6.].

Registar postrojenja i zagađivanjima Zeničko-dobojskog kantona (u skladu sa tačkom 7 Smjernica ECE/EB.AIR/125) obuhvaća slijedeće onečišćujuće tvari: Sumpor (SOx), Azotne okside (NO2), Amonijak (NH3), Ne-metanske isparljive organske spojeve (NMVOC) , Ugljikov monoksid (CO), Čestice (PM), Kadmij (Cd), Olovo (Pb), Živu (Hg), Policikličke aromatske ugljikovodike (PAU), "Dioksine i furane" (PCDD / F), Poliklorirane bifenile" (PCB), Heksaklorobenzen (HCB).

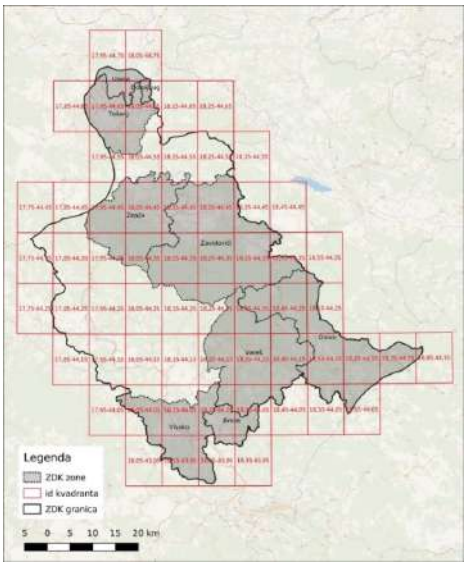
Registar postrojenja i zagađivanjima izrađen je na osnovu podataka za 2016. godinu proširenih podacima za 2017. godinu. Konačni rezultat projekta je funkcionalan registar emisija u koji su uneseni raspoloživi podaci o emisijama.

Pravilnik o načinu vršenja monitoringa kvaliteta zraka i definiranju vrsta zagađujućih materija, graničnih vrijednosti i drugih standarda kvaliteta zraka (Sl novine FBiH br. 1/12) u članku 4. definira izraze zona i aglomeracija, temeljem kojih su u Zeničko-dobojskom kantonu oni i određeni.

U ZDK je devet zona: Breza, Doboj Jug, Olovo, Tešanj, Vareš, Visoko, Zavidovići, Žepče i Usora, te tri aglomeracije: Maglaj, Kakanj i Zenica.

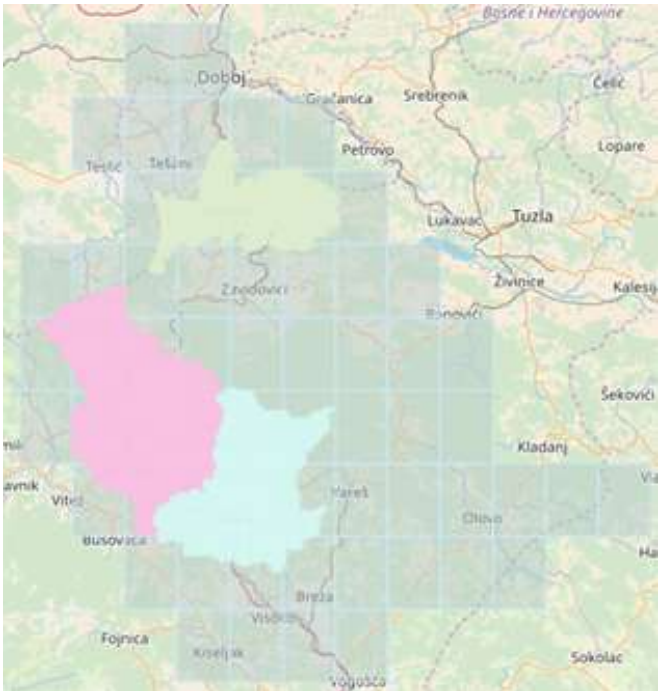
U okviru ovog projekta pripremljena je geokodirana mreža Zeničko-dobojskog kantona rezolucije 0,1° x 0,1°, temeljena na definiranoj geoprostornoj mreži BiH, rezolucije 0,1° x 0,1°, a koja je bila osnova za prostornu raspodjelu emisija prisutnih na području Zeničko-dobojskog kantona, kao i usklađenost prikaza s ostalim članicama UNECE LRTAP konvencije i pripadajućeg EMEP. Osim mreže kantona ZDK, pripremljene su i geoprostorne mreže za devet zona rezolucije 0,1° x 0,1° te mreže visoke rezolucije 500m x 500m za tri aglomeracije.

Presjek EMEP mreže za BiH i s granicama teritorijalnog područja ZDK i teritorijalnih područja devet zona ZDK prikazan je na slici 1.



Slika 1. Presjek EMEP mreže s granicama teritorijalnog područja ZDK i teritorijalnih područja devet zona: Breza, Doboj Jug, Olovo, Tešanj, Vareš, Visoko, Zavidovići, Žepče i Usora

Presjek EMEP mreže i mreže rezolucije 500x500 m2 s granicama teritorijalnog područja triju aglomeracija ZDK: Maglaj, Kakanj i Zenica prikazan je na slici 2.



Slika 2. Presjek EMEP mreže i mreže rezolucije 500x500 m2 s granicama teritorijalnog područja triju aglomeracija ZDK: Maglaj, Kakanj i Zenica

Prostorni presjek EMEP mreže i svake od zona rezultirao je izdvajanjem površina koje pripadaju pojedinom kvadrantu te su za svaki izdvojeni poligon izračunate površine (frac_area). Pridruživanjem identifikacijskih atributa izdvojenih površina izvornoj vektorskoj mreži dobiven je 74 kvadrant, razvrstan po zonama:

Izračunate površine ZDK, zona te istovjetno izračunatih površina aglomeracija unutar EMEP kvadranta (frac_area) bile su osnova za prostornu raspodjelu emisija prisutnih na području ZDK, pojedine zone i aglomeracije.

Projektom proračunate emisije za područje Zeničko-dobojskog kantona bilo je potrebno prostorno raspodijeliti u kvandrante EMEP mreže rezolucije 0,1° x 0,1° za ZDK i zone u ZDK te u kvadrante mreže rezolucije 0,5 km x 0,5 km za aglomeracije u ZDK za što su korišteni tzv. proxy podaci tj. pomoćni podaci korišteni za prostornu definiciju pojedinog izvora emisija.

U ZDK emisije u zrak potječu iz velikih točkastih izvora (industrijska postrojenja), plošnih (difuznih) izvora (kućanstva, usluge, poljoprivreda, odlagališta komunalnog otpada, **van-cestovni pokretni izvori i strojevi**) i linijskih izvora (cestovni i željeznički promet).

Veliki točkasti izvori se raspoređuju u mrežu pomoću **geoprostornih** koordinata svakog objekta, najčešće su to koordinate dimnjaka energetske ili proizvodne jedinice. Plošni i linijski izvori kao i neki točkasti izvori se raspodjeljuju u mrežu pomoću **spomenutog** proxy podatak i primjenom slijedeće jednadžbe:

$$E_{kvadrant,pi} = E_{ZDK,pi} \cdot f \cdot \frac{PROXY_{kvadrant,pi}}{PROXY_{ZDK,pi}} \qquad (1)$$

gdje je:

$E_{kvadrant,pi}$ – onečišćujuća tvar pi, emisija unutar polja

$E_{ZDK,pi}$ – onečišćujuća tvar pi, ukupna emisija za područje ZDK

f – frakcija polja mreže (1 ili <1)

$PROXY_{kvadrant_pi}$ – proxy podatak povezan s onečišćujućom tvari pi, unutar polja (npr. broj stanovnika u tom polju)

$PROXY_{ZDK_pi}$ – proxy podatak povezan s onečišćujućom tvari pi, ukupno za područje ZDK (npr. ukupnan broj stanovnika u ZDK).

Vrsta izvora emisije definirana je EMEP/EEA metodologijom i opisana je s NFR (Nomenclature for reporting) kodom (NFR14) koji se onda ili tako prikazuju ili se grupiraju i prikazuju u GNFR (Gridded Nomenclature For Reporting) formi. U metodologiji je predviđena i detaljnija procjena emisija temeljena na SNAP nomenklaturi (Selected Nomenclature for Air Pollution) koja se onda grupira u NFR kategorije. Razina SNAP je u projektu korištena pri proračunu emisija za ZDK i uspostavi inventara. EMEP/EEA metodologija preporuča mogući izbor proxy podataka koji najbolje odgovara za alociranje emisije iz dotičnog NFR izvora, a ovisno o detaljnosti raspoloživog prostornog tj. proxy podatka odabire se detaljnost metodologije od Tier 1 do Tier 3 tj. od robusnijeg prostornog podatka do vrlo detaljnog prostornog podatka kao što je npr. koordinata velikog točkastog izvora.

Osnovno načelo prostorne raspodjele emisija prikazano je u donjoj formuli pomoću zamjenskih prostornih podataka x:

$$emisija_{ix} = emisija_t \; x \; \frac{vrijednost_{ix}}{\sum_{jx}^{ix} vrijednost} \qquad (2)$$

Gdje je:

i: je specifična zemljopisna značajka;

$emisija_{ix}$: jesu emisije pripisane određenoj geografskoj značajci (npr. mreža, linija, točka ili administrativna granica) unutar prostornog surogata skup podataka x;

$emisija_t$: je ukupna nacionalna emisija za sektor koji se prostorno raspodjeljuje preko nacionalnog područja koristeći (x) surogat prostorni skup podataka;

$vrijednost_{ix\ -\ jx}$: su vrijednosti surogatskih podataka svakog pojedinog zemljopisnog područja značajke unutar prostornog surogatskog skupova podataka x.

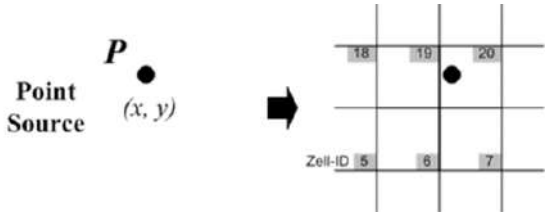
Metodološki su se u projektu slijedili sljedeći koraci:

1. Odrediti ukupnu emisiju koja će se raspodijeliti (emisija) (bilo nacionalno ukupno za sektor ili gdje sektor predstavljaju neki veliki izvori točaka: nacionalni total;

2. Distribuirati tu emisiju koristeći gore navedena osnovna načela koristeći odgovarajuću surogatsku statistiku (prema detaljnim uputama po sektoru, za dio izvora dane u nastavku).

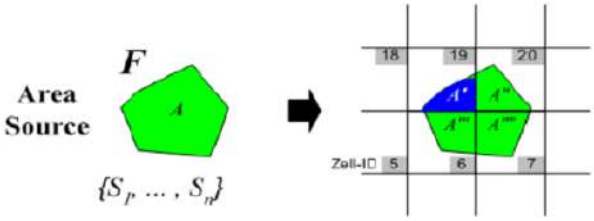
3. Držati surogatne prostorne podatke u izvornom obliku što je duže moguće u izračunu. Ovo olakšava ispravljanje pogrešaka ili dodavanje novih informacija bez velikih napora kasnije.

Alokacija točkastih izvora u mrežu provodi se direktno u kvadrant mreže gdje je taj točkasti izvor lociran (slika 3). Alociranje se provodi pretvaranjem (zaokruživanje) x, y vrijednosti Gauss-Krügerove koordinate lokacije objekta u i, j koordinate koristi za georeferenciranu rešetku ili presijeca točku s rešetke.



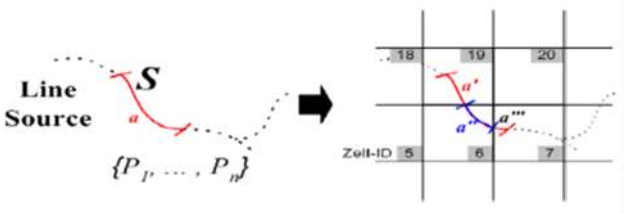
Slika 3. Alokacija točkastih izvora u mreži

Svi izvori emisije koji nisu klasificirani kao točkasti izvori smatraju se difuznim izvorima. Kao što je već rečeno u metodološkom smislu difuzni izvori mogu biti plošni i linijski. Plošni izvor je dvodimenzionalni izvor difuznog onečišćenja zraka, koji je površinom veći od površine polja EMEP mreže (npr. mala ložišta, farme, odlagališta otpada, kamenolomi i dr.). Preklapanjem mreže preko promatrane površine poligona, poligon se presijeca te kao produkt nastaje set podataka s novim poligonima u svakom polju mreže (slika 4). Frakcije područja novih poligona se koriste za raspodjelu emisije koja pripada promatranoj površini.



Slika 4. Alokacija plošnih izvora u mreži

Linijski izvor je jednodimenzionalni izvor emisija onečišćujućih tvari u zrak (npr. emisije iz cestovnog i željezničkog prometa). Međutim, u ovom metodološkom pristupu linijski izvor se prenosi na mrežu, s udjelom linijskog izvora, s pridruženom informacijom o duljini linije, čvora i s intenzitetom aktivnosti (gustoća prometa) u određenom polju EMEP mreže. Emisija raspoređena na određenom potezu linije u polju mreže je ravnomjerno raspodijeljena u tom polju mreže. Dakle, u konačnici se linijski izvori prenose na mrežu i tretiraju kao plošni izvori. Preklapanjem mreže preko promatrane linije, linija se presijeca te kao produkt nastaje set podataka s novim kraćim linijama u svakom polju mreže (slika 5). Frakcije novih linija u ukupnoj duljini linije se koriste za raspodjelu emisije koja pripada promatranoj ukupnoj liniji.



Slika 5 Alokacija linijskih izvora u mreži

Za gotovo sve difuzne (plošne i linijske) izvore točna dimenzija i položaj izvora su uglavnom nepoznati. Difuzni izvori se stoga prostorno distribuiraju prema proxy podatku koji predstavlja parametar koji se koristi kao ključ za aproksimiranje stvarne prostorne raspodjele izvora.

Kriteriji za prostornu raspodjelu emisija u geokodiranoj mreži su slijedeći:

1. Kriterij razina razlučivosti određen je projektnim zadatkom i odnosi se na razlučivost EMEP mreže koja će se koristiti za dvije razine. Prva razina je razina ZDK i razina 9 zona u ZDK s definicijom rešetke

0,1° x 0,1° (geografska dužina i širina) tj. 7,8 km x 11,1 km. Druga razina razlučivosti mreže je razina aglomeracija u ZDK s definicijom rešetke 0,5 km x 0,5 km.

2. Kriterij ključni izvor ispuštanja je kriterij promatranja da li je izvor ključni izvor ispuštanja ili nije ključni izvor. Ukoliko je ključni izvor potrebno je osigurati pristup što detaljnijem skupu proxy podatka, a kada to nije slučaj koristi se podatak manje detaljnosti tj robusniji prostorni podataka.

3. Kriterij proxy podatak je kriterij definiranja pomoćnog podatka veće ili manje detaljnosti, a u ovisnosti o raspoloživosti istih od relevantnog izvora podataka te uzimajući u obzir kriterij ključnog izvora.

Ovisno o kriterijima mogu se koristiti različite razine metoda (Tier 1, 2 ili 3) za prostornu raspodjelu emisija definirane EMEP/EEA metodologijom.

U ovom projektu izvršen je proračun i prostorna raspodjela emisija za sektore:

- NFR 1 Energetika
- NFR 1.A Izgaranje goriva
- NFR 1.B Fugitivne emisije iz fosilnih goriva
- NFR 2 Proizvodni procesi i uporaba proizvoda
- NFR 3 Poljoprivreda
- NFR 5 Otpad
- NFR 11 Ostali i prirodni izvori

U projektu je primijenjen model prostorne raspodjele emisija u zrak visoke rezolucije (EKOREGIS) razvijen prema zahtjevima za izvještavanje o prostornim (mrežnim) emisijama prema EMEP/EEA metodologiji. Rezultati ovog modela su podaci o prostornim emisijama koji predstavljaju ulaz za modeliranje kvalitete zraka, a koji su ulazni podatak za procjenu atmosferskih koncentracija i taloženja. EKOREGIS model je fleksibilan, te se prilagođava svakoj lokalnoj sredini i specifičnim uvjetima i prema potrebama korisnika, što je i učinjeno za područje Zeničko-dobojskog kantona. EKOREGIS je za ZDK razvijen s ciljem dobivanja prostornih podataka o emisiji visoke razlučivosti te njihovu daljnju uporabu kao ulazni podatak za modeliranje kakvoće zraka, procjenu postojeće situacije kakvoće zraka, predviđanje kvalitete zraka, planiranje kvalitete zraka, raspodjelu izvora i za izradu studije izloženosti onečišćenju zraka. EKOREGIS uključuje raspodjelu emisija za svaku NFR i SNAP kategoriju izvora u ZDK inventaru; stacionarno izgaranje, pokretni izvori, fugitivne emisije, industrijski procesi i upotreba proizvoda, poljoprivreda, otpad, šumski požari. Rezultati modela EKOREGIS dostupni su na: http://www.ekonerg.hr/zdk/index.htm. U model EKOREGIS je uključen velik broj matematičkih inženjerskih modela od kojih je dio prikazan i u ovom referatu u nastavku kao i ranije spomenute geokodirane mreže visoke rezolucije za svako zadano područje promatranja.

Specifičnosti pojedinih ključnih izvora emisije, za njih primijenjena metodologija i inženjerski modeli te rezultirajuće emisije i njihova prostorna raspodjela preuzeta s Portala prostorne raspodjele emisija Centra za okoliš ZDK, prikazuju se u nastavnim potpoglavljima i prilozima.

2.1 NFR 1 Energetika

Sektor NFR 1.A Energetika – izgaranje goriva prema EMEP/EEA metodologiji uključuje slijedeće kategorije:

- 1.A.1 Energetska postrojenja
- 1.A.2 Industrija i graditeljstvo
- 1.A.3 Promet
- 1.A.4i Mala ložišta

- 1.A.4.a.i Usluge
- 1.A.4.b.i Kućanstva
- 1.A.4.c.i Poljoprivreda/ Šumarstvo/ Ribarstvo

- 1.A.4ii Ne-cestovni pokretni izvori i strojevi
- 1.A.5 Ostalo (uključujući vojsku)

NFR 1.A.1.a Proizvodnja električne energije i topline - TE Kakanj

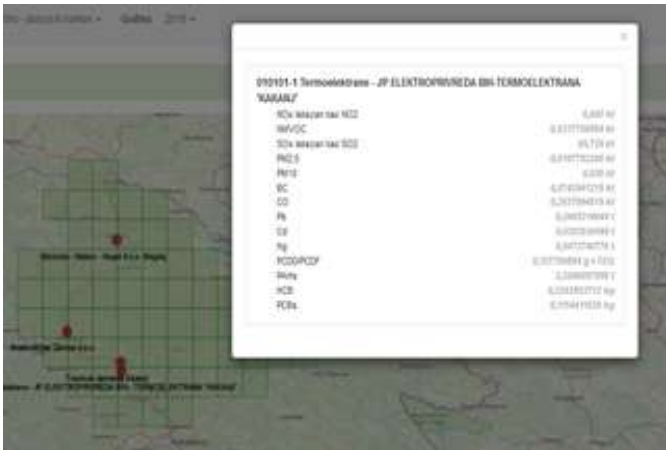
Izvori emisija kao što su postrojenja u okviru ove kategorije izvora promatraju se kao veliki točkasti izvor (LPS). Za proračun emisija LPS koristi se pristup „odozdo prema gore“ (engl. bottom-up). Pristup bottom-up se koristi na način da se raspoložive izravne emisije onečišćujućih tvari iz Spiska postrojenja prijavljenih kod Fonda za zaštitu okoliša-a FBiH.

Za proračun izvora emisija koji nisu LCP, koristi se metodologija Tier 1 EMEP/EEA s pristupom „odozgo prema dolje“ (engl. top-down) i na temelju agregirane potrošnje goriva iz energetske bilance.

Faktori emisije su izraženi kao količina emisije onečišćujuće tvari po GJ utrošenog goriva. Za NFR 1.A.1.a Proizvodnja električne energije i kombinirana proizvodnju topline korišteni su preporučeni EMEP/EEA faktori emisije za velike kotlovnice snage > 50 MW, dok su za 1.A.1.a (Javne toplane) korišteni preporučeni faktori emisije sektora 1.A.4.c.i (kotlovnice snage < 50 MW).

Podaci o izmjerenim direktnim emisijama za NOx, SO2 i PM10, korišteni su iz Spiska postrojenja prijavljenih kod FOND-a FBiH (Tier 2), odnosno korišteni su specifični faktori emisije postrojenja. Za one onečišćujuće tvari za koje ne postoji obveza izvještavanja u Spisku postrojenja prijavljenih kod FOND-a FBiH, koriste se preporučeni **EMEP/EEA** faktori emisija.

TE Kakanj je ključni izvor emisija u zrak, koji doprinosi s 87,7% ukupnoj emisiji HCB, 82,8% ukupnoj emisiji SO2, 53,9% ukupnoj emisija NOx, 24,6% ukupnoj emisiji Cd, 19,7% ukupnoj emisiji PAH-ova i 17,2% ukupnoj emisiji Hg na području ZDK. Emisije velikog točkastog izvora TE Kakanj u 2016. g. prikazane su na slici 6.



Slika 6. Emisije velikog točkastog izvora TE Kakanj u 2016. g.

NFR 1.A.1.c Proizvodnja krutih goriva i ostala energetska postrojenja

Na području ZDK nalaze se:

- JP Elektroprivreda BiH d.d. - Rudnik mrkog uglja "Breza" d.o.o.
- JP Elektroprivreda BiH; d.d. - Rudnik mrkog uglja "ZENICA" d.o.o.
- Tvornica koksa u sastavu ArcelorMittal Zenica u Zenici,

Izvori emisija kao što su postrojenja u okviru ove kategorije izvora promatraju se kao veliki točkasti

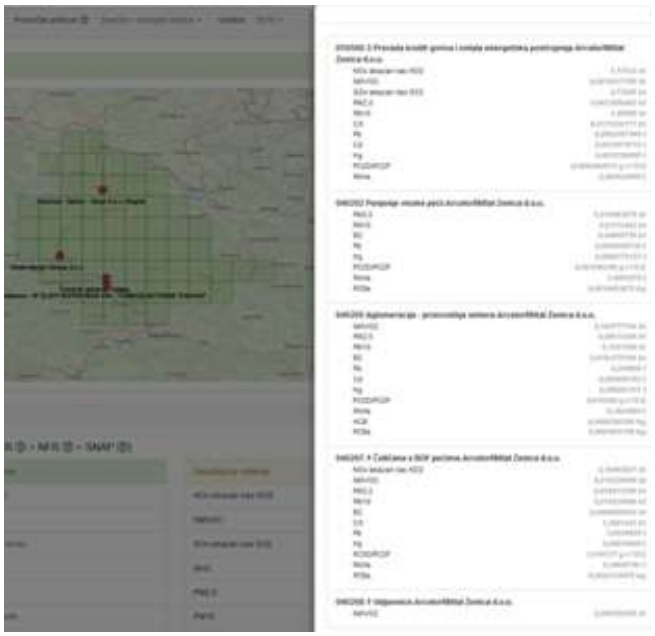
izvor (LPS). Za proračun emisija LPS koristi se pristup „odozdo prema gore“ (engl. bottom-up). Pristup bottom-up se koristi na način da se raspoložive izravne emisije onečišćujućih tvari iz Spiska postrojenja prijavljenih kod FOND-a FBiH.

Podaci o izmjerenim direktnim emisijama za NOx, SO_2 i PM10, korišteni su iz Spiska postrojenja prijavljenih kod FOND-a FBiH (Tier 2), odnosno korišteni su specifični faktori emisije postrojenja. Za one onečišćujuće tvari za koje ne postoji obveza izvještavanja u Spisku postrojenja prijavljenih kod FOND-a FBiH, koriste se preporučeni EMEP/EEA faktori emisija.

Za proračun izvora emisija koji nisu LCP, koristi se metodologija Tier 1 EMEP / EEA s pristupom „odozgo prema dolje“ (engl. top-down) i na temelju agregirane potrošnje goriva iz godišnje energetske bilance FBiH svedene na razinu ZDK za što je korišten statistički broj stanovnika.

Metodologija za proračun emisije je Tier 1 EMEP/EEA, koja se provodi množenjem ukupne potrošnje goriva u okviru kategorije Proizvodnja krutih goriva i ostala energetska postrojenja (po tipu goriva) s preporučenim faktorima emisija.

Prerada krutih goriva i ostala energetska postrojenja-ArcelorMittal Zenica d.o.o. je ključni izvor emisija u zrak, koji doprinosi s 23,1% ukupnoj emisiji Hg, 20,8% ukupnoj emisiji PM10, 18,9% ukupnoj emisiji PM2,5 te 9,1% ukupnoj emisija NOx, na području ZDK. . Emisije velikog točkastog izvora za ArcelorMittal Zenica d.o.o. po NFR kategorijama ispuštanja u 2016. g. prikazane su na slici 7.



Slika 7. Emisije velikog točkastog izvora ArcelorMittal Zenica d.o.o. u 2016. .g.

NFR 1.A.2 Industrija i graditeljstvo

Točkasti izvori koji pripadaju sektoru 1.A.2 su: :

- 1.A.2.a - Cimos TMD Casting d.o.o.
- 1.A.2.c - Plama-Pur BH d.o.o. i Prevent leather Sarajevo d.o.o.
- 1.A.2.d - Natron - Hayat d.o.o.
- 1.A.2.e - Brovis d.d., Perutnina Ptuj- BH d.o.o. i Zenička industrija mlijeka d.d.
- 1.A.2.f - Enker d.d. i Tvornica cementa Kakanj d.d.

Kao proxy podatak za prostornu raspodjelu emisija na razini podsektora korišten je statistički podatak

o broju zaposlenih u pojedinoj industrijskoj grani prema općinama i gradovima nije bio raspoloživ za ZDK pa je za raspodjelu korišten statistički broj stanovnika.

Model za prostornu raspodjelu emisija za NFR kategorije ispuštanja sektora industrije i graditeljstvo je:

$$EM_{pod.ind,i_K} = \frac{n_{i,a}}{N_i} \cdot EM_{pod.ind,i} \qquad (3)$$

Gdje je:

$EM_{pod.ind,i_K}$ = emisija promatranog podsektora industrije i graditeljstva i u kvadrantu K

$EM_{pod.ind,i}$ = ukupna emisija promatranog podsektora industrije i graditeljstva i

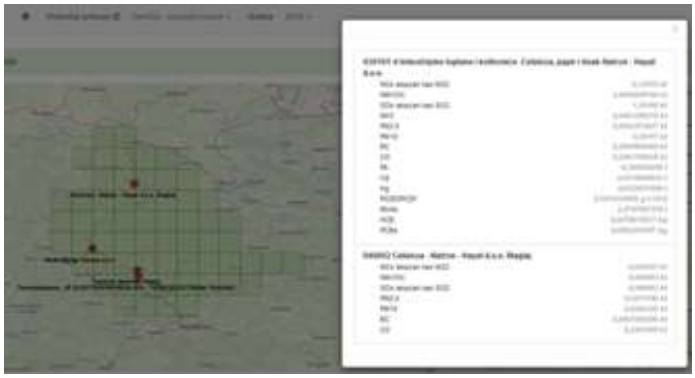
$n_{i,a}$ = broj stanovnika i u općini/ gradu a

N_i = ukupan broj stanovnika u ZDK

Model pretpostavlja raspodjelu emisije svakog promatranog podsektora po općini / gradu na temelju faktora raspodjele broja zaposlenih po NKD-u 2007. u promatranoj grani i promatranoj općini/gradu.

Emisije velikih točkastih izvora i drugih točkastih izvora s raspoloživim emisijama su direktno pridružene njihovim lokacijama pomoću geoprostorne koordinate svakog objekta. Emisije točkastih izvora su prethodno oduzete od ukupne emisije pripadajućeg podsektora.

Industrijske toplane i kotlovnice -Celuloza, papir i tisak-Natron - Hayat d.o.o.je ključni izvor emisija u zrak, koji doprinosi s 90% ukupnoj emisiji BC, 24,8% ukupnoj emisiji CO, 22,7% ukupnoj emisiji NMVOC, 19,6% ukupnoj emisija PAH-ova, 17,5% ukupnoj emisiji Cd te 11,9% ukupnoj emisiji Hg na području ZDK. Emisije velikog točkastog izvora za Natron - Hayat d.o.o. po NFR kategorijama ispuštanja u 2016. g. prikazane su na slici 8.



Slika 8. Emisije velikog točkastog izvora Natron - Hayat d.o.o. u 2016. .g.

NFR 1.A.3 Promet

Cestovni saobraćaj prema vrsti raspodjele emisija pripada u difuzni izvor emisija – linijski, što znači da je predstavljen vektorom koji ima svoju početnu i završnu tačku. Metode raspodjele mogu varirati od najjednostavnije (Tier 1) do najsloženije (Tier 3), ovisno o raspoloživim podacima. Osnovni princip raspodjele je za sva tri nivoa jednak i prikazan je jednačinom:

$$EM_{ix} = EM_t \cdot veličina_{ix} / \sum_{jx}^{ix} veličina \quad (4)$$

Gdje je:

i = specifična geografska karakteristika

EM_{ix} = je emisija pripisana određenoj geografskoj karakteristici i (npr. linija, tačka, administrativna

granica) unutar prostornog skupa podataka x

EM_t = je ukupna nacionalna emisija koja će biti podijeljena prostornom zadanom raspodjelom korištenjem prostornog skupa podataka x

veličina$_{ix\text{-}jx}$= predstavlja vrijednosti podataka svake specifične geografske karakteristike(od i do j) unutar prostorne skupine x.

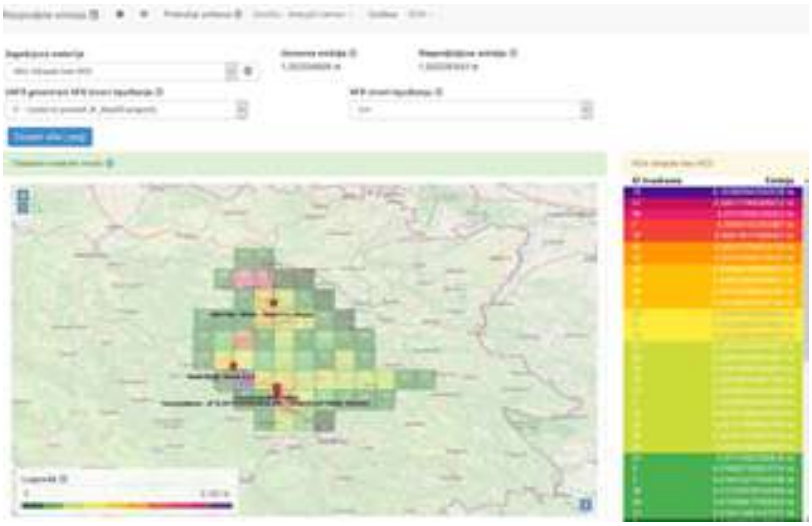
Osnovni podatak koji se koristi za izračun emisija po dionicama je PGDS dionica i dužina dionica koje prolaze kroz Zeničko-Dobojski kanton. Pored toga ulazni podaci za izračun emisija po dionicama (na magistralnim cestama i autoputu) su i:

- prosječna godišnja aktivnost pojedinih kategorija vozila (km/god),
- ukupna aktivnost pojedinih kategorija vozila u dosadašnjem životnom vijeku (određeno na osnovu prosječne starosti automobila i prosječne godišnje aktivnosti po pojedinim kategorijama vozila),
- klimatski podaci za Zeničko-Dobojski Kanton (minimalne i maksimalne mjesečne temperature i mjesečnu vlažnost),
- ukupna prodaja pojedinih vrsta goriva (u TJ)-procijenjena na osnovu broja benzinskih stanica na području Zeničko-Dobojskog Kantona i prosječne godišnje prodaje goriva po jednoj benzinskoj stanici.

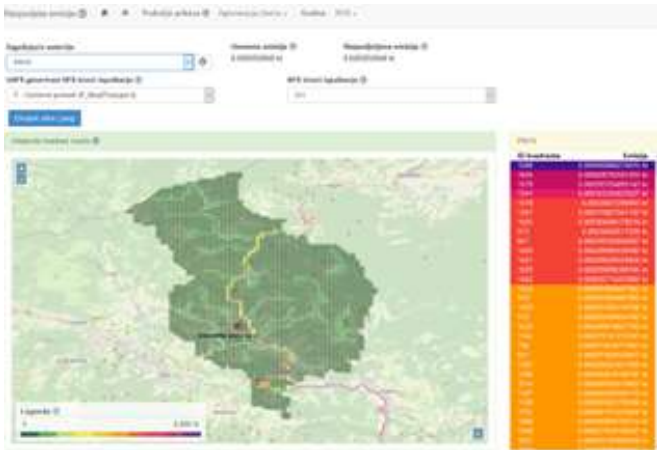
Na prethodno opisan način dobivene su emisije sa magistralnih cesta i autoputa u Zeničko-Dobojskom kantonu. S druge strane, na osnovu broja registrovanih vozila u Zeničko-dobojskom kantonu i drugih ulaznih podataka dobivene su ukupne emisije iz sektora cestovnog saobraćaja. Razlika između ukupnih emisija iz sektora saobraćaja i emisija sa magistralnih cesta i autoputa predstavlja emisije sa regionalnih, lokalnih i nekategorisanih cesta. Procijenjeni/pretpostavljeni udjeli (težinski faktori) regionalnih, lokalnih i nekategorisanih cesta u dobivenom iznosu emisija skupine od ove tri vreste saobraćajnica.

Cestovni promet je ključni izvor emisija za NOx i PAH-ovima kojim a doprinosi s 10,1% i 10,6% njihovim ukupnim emisijama u 2016. g. za područje ZDK.

Prostorna raspodjela emisija NOx iz cestovnog prometa za ZDK u 2016. g. prikazana je na slici 9, a prostorna raspodjela emisija PM10 iz cestovnog prometa za aglomeraciju Zenica na slici 10.



Slika 9. Emisije NOx iz sektora cestovni promet za ZDK, 2016. g.



Slika 10. Emisije PM10 iz sektora cestovni promet za aglomeraciju Zenica, 2016. g.

NFR 1.A.4.i Mala ložišta

Kategorija izvora 1.A.4.i Mala ložišta uzima u obzir nepokretno izgaranje pod NFR sektorima 1.A.4.a.i Usluge, 1.A.4.b.i Kućanstva, 1.A.4.c.i Poljoprivreda/ Šumarstvo/Ribarstvo. Sektori pokrivaju aktivnosti ugradnje ložišta u slijedeće sektore toplinske snage ≤50 MWth. Aktivnosti malih ložišta su grijanje poslovnih prostora, grijanje i kuhanje u kućanstvima, izgaranje u poljoprivredi/šumarstvu i drugo stacionarno izgaranje (uključujući i vojsku). Grijanje u kućanstvima uključuje kamine, pećnice, kuhala i male kotlove (<50 kW), dok grijanje u uslugama/ poljoprivredi uključuje kotlove i grijače prostora (>50 kW).

Emisije iz malih ložišta su značajne zbog njihovog broja, različitih tipova tehnika izgaranja, te opsega učinkovitosti i emisija. Mnogi od njih nemaju mjere smanjenja niti mjere male učinkovitosti. Osobito u sektoru kućanstva, ugradnje su dosta različite, te u velikoj mjeri ovise o nacionalnim i regionalnim faktorima, uključujući kvalitetu opskrbe gorivom.

Iz sektora NFR 1.A.4.i Mala ložišta u ZDK su prisutni slijedeće kategorije izvora ispuštanja za koje će se ujedno provesti prostorna raspodjela:

- NFR 1.A.4.a.i Usluge
- NFR 1.A.4.b.i Kućanstva
- 1.A.4.c.i Poljoprivreda/Šumarstvo

Kategorija ispuštanja NFR 1.A.4.i Mala ložišta obuhvaća nepokretno izgaranje goriva u sektorima Usluge, Kućanstva i Poljoprivreda/Šumarstvo/ Ribarstvo. Aktivnosti iz kojih proizlaze emisije su grijanje poslovnih prostora, grijanje i kuhanje u kućanstvima, izgaranje u poljoprivredi/šumarstvu i drugo nepokretno izgaranje.

Prostorna raspodjelu emisija iz malih ložišta i ne-cestovnih pokretnih izvora i strojeva provest će se za sljedeće NFR kategorije:

- NFR 1.A.4.a.i Usluge: nepokretno izgaranje,
- NFR 1.A.4.b.i Kućanstva: nepokretno izgaranje,
- NFR 1.A.4.c.i Poljoprivreda/šumarstvo: nepokretno izgaranje,
- NFR 1.A.4.b.i Kućanstvo: nepokretno izgaranje

Proračun emisije se provodi metodologijom Tier 1 EMEP/EEA, koja uključuje poznavanje strukture i tehnike sagorijevanja koja se primjenjuju u domaćinstvima na području ZDK.

Gorivo koje se koristi u stambenom su prirodni plin, ukapljeni plin, loživo ulje, biomasa (ogrjevno

drvo, drveni peleti, briketi i iverje), kruta fosilna goriva (lignit, kameni ugljen) i ostali OIE.

Osnovni kriterij prema kojemu se radi prostorna raspodjela emisija je način grijanja stanova i vrsta korištenog energenta, podatak koji je dobiven statističkim istraživanjem: Popis stanovništva u BiH iz 2013. godine[1].

Proxy podaci za prostornu raspodjelu emisija iz nepokretnog sagorijevanja u stambenom sektoru uključuju:

- statistički podaci o broju stanova, izvor: Popis stanovništva u BiH iz 2013. godine
- raspodjela po općinama
- raspodjela po popisnim krugovima, izvor: Popis stanovništva u BiH iz 2013. godine
- statistički podaci o načinu grijanja i vrsti korištenog energenta po popisnim krugovima i općinama, izvor: Popis stanovništva u BiH iz 2013. godine
- raspodjela po općinama
- raspodjela po popisnim krugovima, izvor: Popis stanovništva u BiH iz 2013. godine

Model pretpostavlja raspodjelu emisija po popisnim krugovima na temelju podatka o načinu grijanja stanova i vrsti korištenog energenta po općinama, te udjela površine općine u pojedinom kvadrantu.

Potrošnja energije individualnih stambenih objekata (stambenih zgrada i kuća) u svrhu grijanja, bilo putem sistema daljinskih grijanja, bilo putem individualnog grijanja ili sobnih peći, određene su na osnovu odgovara datih putem popisa stanovništva 2013. godine. Na taj način je određen broj domaćinstava i način, tj. struktura grijanja za svaki popisni krug. Granice popisnih krugova su prikazane na slici 11. Ukupna emisija u popisnom krugu zavisi od rezultata (načina grijanja, vrste energenta itd.) dobivenih za taj popisni krug i ukupnog broja domaćinstava u kvadrantu.



Slika 11. Granice popisnih krugova u Zeničko-dobojskom kantonu

Također, godišnje emisije stambenih objekata (zgrada) koje nisu uvezani na centralni sistem grijanja

1 *Web stranica Federalnog zavoda za statistiku: http://fzs.ba/index.php/popis-stanovnistva/popis-stanovnistva-2013/konacni-rezultati-popisa-2013/*

su određene na osnovu rezultata iz popisa stanovništva na nivou popisnog kruga. S obzirom na učešće centralnog grijanja u ukupnom grijanju stambenih zgrada ovim se postiže zadovoljavajuća tačnost. U Registru je potrošnja energenata određena posebno za svaki popisni krug i općinu, a na osnovu podataka iz popisa i rezultata projektom provedenih ankete u 2018. godini.

Da bi se specifična emisija pojedinih polutanata iz ložišta i kotlova mogla odrediti na što precizniji način potrebno je definisati ložišta u kojima se vrši spaljivanje, vrste goriva koje se spaljuju, vrstu potrošača, odnosno u koju svrhu se gorivo spaljuje. Na osnovu prikupljenih podataka iz popisa stanovništva izvršeno je grupisanje svih ulaznih parametara potrebnih za određivanje koeficijenata emisije.

Za svaku kombinaciju gorivo-način grijanja-vrste grijanja određeni su koeficijenti emisije svih polutanata iz EMEP/EEA priručnika (EMEP/EEA - air pollutant emission inventory guidebook – 2016). Kada su koeficijenti emisije poznati, emisiju pojedinih polutana možemo izračunati na osnovu izraza:

$$E = B \cdot e \qquad (5)$$

gdje je:

e – emisioni faktor

B- potrošnja energenta u toku godine dana.

Emisioni faktori, kako je navedeno, su uzeti iz EMEP/EEA baze.

Potrošnja energenata zavisi od toplotnih potreba objekta, finansijskih mogućnosti stanovništva i dostupnosti, odnosno cijene, određenih energenata na području različitih općina. Zbog svega navedenog u toku 2018. godine, izvršena je anketa stanovništva o načinu grijanja, kuhanja i pripreme potrošne tople vode na području Zeničko-dobojskog kantona. Ukupno je izvršeno 266 anketa unutar 266 domaćinstava.

Na osnovu popisa stanovništva najveći udio također imaju domaćinstva koja koriste drvo kao energent za grijanje (46,8 %) i ugalj (28,5 %), dok broj domaćinstava koji se griju preko sistema daljinskog grijanja (SDG) na području Zeničko-dobojskog kantona oko 17,6 %, odnosno preko 22.000 domaćinstava.

U svrhu proračuna godišnjih emisija, a na osnovu ankete, uzeta je sljedeća potrošnja energenata po domaćinstvu:

- U slučaju kad je energent drvo – 10 m^3/godišnje po domaćinstvu
- U slučaju kad je energent ugalj – 6 tona uglja (Hd=15 MJ/kg i udio sumpora s = 2,5 %) i 1 m^3 drveta po domaćinstvu u toku godine dana
- U slučaju kad je energent lož ulje – 1.100 litara/godišnje po domaćinstvu
- U slučaju kad je energent prirodni plin ili ukapljeni naftni plin, UNP, LPG, propan-butan – 1.000 m^3/godišnje plina po domaćinstvu
- U slučaju kad je energent pelet – 3,8 tona godišnje po domaćinstvu

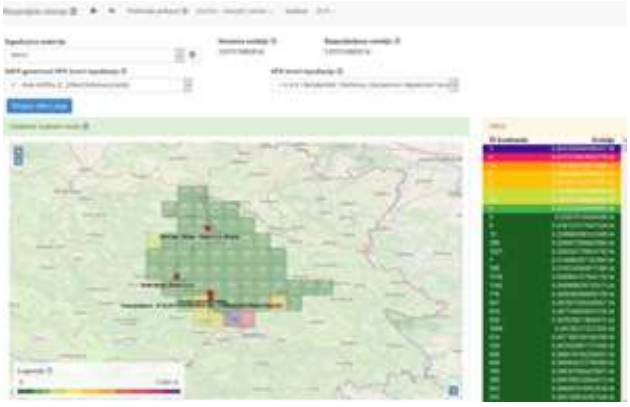
Na osnovu navedenog dobivena je i ukupna potrošnje energenata po općinama i proračunate emisije u zrak (Prilog 1).

Vidljiva je velika emisija sumpornih spojeva SOx (preko 7.500 tona), čvrstih čestica promjera do 10 i 2,5 μm (3.873 tone – PM10 i 3.693 tone – PM2,5). Naravno, razlog tome je veliko učešće čvrstih goriva (prije svega ugalj i drvo) u strukturi potrošnje energenata u stambenom sektoru. Kada se još uzme u obzir i loša situacija s aspekta energijske efikasnosti u sektoru zgradarstva, rezultat koji se dobio proračunom je realan.

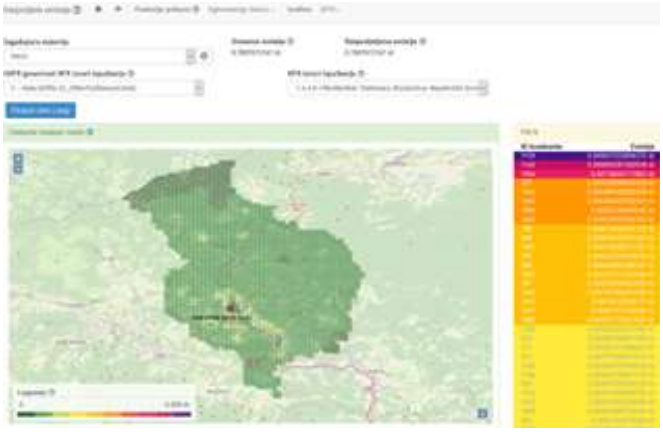
Na osnovu navedenih podataka dobivene su i emisije po opštinama, vrsti energenta i vrsti polutanta koje su prikazane u prilogu 1.

Sektor kućanstva je ključni izvor emisija gotovo svih zagađujućih materija pa tako čini 67,1% ukupne emisije PM2,5 u 2016. na području ZDK, 60,4% ukupne emisije CO, 53,3% ukupne emisije PM10, 45,9% ukupne emisije Cd, 26,6% ukupne emisije PCDD/PCDF, 26,4% ukupne emisije NMVOC te 26,1% ukupne emisije PAH-ova.

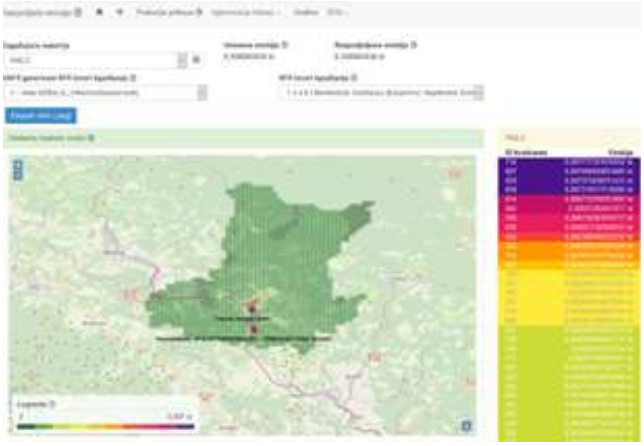
Prostorna raspodjela emisije PM10 iz sektora kućanstva za ZDK prikazane su na slici 12, a za aglomeraciju Zenica na slici 13. Na slici 14 prikazana je prostorna raspodjela emisije PM2,5 iz sektora kućanstvo za aglomeraciju Kakanj, a na slici 15 emisija CO za aglomeraciju Maglaj.



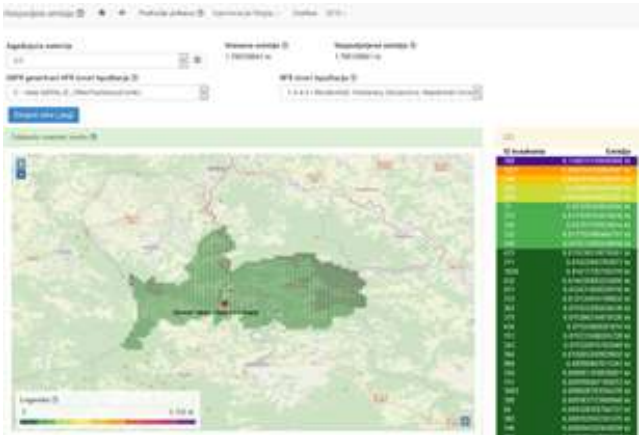
Slika 12. Prostorna raspodjela emisije PM10 iz sektora kućanstva za ZDK, 2016. g.



Slika 13. Prostorna raspodjela emisije PM10 iz sektora kućanstva za aglomeraciju Zenica, 2016. g.



Slika 14. Prostorna raspodjela emisije PM2,5 iz sektora kućanstva za aglomeraciju Kakanj, 2016. g.



Slika 15. Prostorna raspodjela emisija CO iz sektora kućanstva za aglomeraciju Maglaj, 2016. g.

Proračunate emisije svih zadanih zagađujućih materija u zrak za sve izvore ispuštanja prisutne na teritoriju ZDK za 2016. godinu prikazane su u tablici 1.

Zagađujuća materija	Unesena emisija	Raspodijeljena emisija
NOx iskazan kao NO2	12,3739406253 kt	12,3737550969 kt
NMVOC	12,818739042 kt	12,8187198237 kt
SOx iskazan kao SO2	84,1950956587 kt	84,1950953994 kt
NH3	3,2227086225 kt	3,2227083141 kt
PM2.5	5,513511454 kt	5,5135651553 kt
PM10	7,1998923312 kt	7,1998851996 kt
BC	5,7761485828 kt	5,7761467403 kt
CO	37,3581763457 kt	37,3581117763 kt
Pb	9,8796294955 t	9,8812116562 t
Cd	0,1234387434 t	0,1234387314 t
Hg	0,2747736533 t	0,274773624 t
PCDD/PCDF	18,2017626205 g I-TEQ	18,224755492 g I-TEQ
PAHs	11,6289127403 t	11,6288667894 t
HCB	0,2580320343 kg	0,258167131 kg
PCBs	37,6799504265 kg	37,6799504288 kg

Tablica 2 Ukupne emisije u zrak za područje ZDK u 2016. g. prema zagađujućoj materiji

Ključni pojedinačni izvori emisije za ZDK u 2016. g. koji čine do ukupno 85% emisije odabranih zagađujućih materija SO_2, NOx, NMVOC, NH_3 i PM2,5 prikazani su u Prilogu 2.

Literatura

Lit 1. Zakon o zaštiti okoliša FBiH (Sl. novine Federacije BiH broj 33/03 i 38/09)

Lit 2. Zakon o zaštiti zraka (“Službene novine Federacije BiH“, broj 33/03 i 4/10)

Lit 3. Pravilnik o registrima postrojenja i zagađivanjima (“Službene novine Federacije BiH“, broj 82/07)

Lit 4. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016, EEA and EMEP program of the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (CLRTAP),

Lit 5. Guidelines for Reporting Emissions and Projections Data under the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (ECE/EB.AIR/125), Prepared by the EMEP Task Force on Emission Inventories and Projections, mart 2014. g.,

Lit 6. Decision 2013/4 "Reporting of emissions and projections data under the Convention and its protocols in force" adopted at the thirty-second session of the Executive Body of the UNECE LRTAP Convention.

Lit 7. Popis stanovništva, kućanstava i stanova u Bosni i Hercegovini, BiH, Agencija za statistiku Bosne i Hercegovine, Sarajevo, lipanj 2016.

Lit 8. Bilans energetskih potreba Federacije BiH za 2017. godinu, Bosna i Hercegovina, Federacija Bosne i Hercegovine, Federalno ministarstvo energije rudarstva i industrije. Mostar, decembar 2016. godine;

Lit 9. Lend cover 2012, Bosnia and Herzegovina, European Environment Agenci, September 2017;

Lit 10. Brojanje saobracaja na magistralnim cestama Federacije BiH u 2016. godini, Javno preduzeće Ceste Federacije Bosne i Hercegovine d.o.o., Sarajevo 2017.;

Lit 11. Informacija o registrovanim motornim vozilima u BiH u periodu januar – decembar 2017., Bosanskohercegovački auto-moto klub, mart/ožujak 2018;

Lit 12. Kantonalni ekološki akcioni plan Zeničko-dobojskog kantona za period 2017.-2025. godina (KEAP ZDK 2017 -2025), konačni dokument 30-11-17, Naručilac: Ministarstvo za prostorno uređenje, promet i komunikacije i zaštitu okoline Zeničko-dobojskog kantona, Zenica, Izrađivač: Univerzitet u Zenici OJ Metalurški institut „Kemal Kapetanović", april 2017. g.;

Lit 13. Plan energijske efikasnosti na području Zeničko-dobojskog kantona za period 2016-2018. godina, Juli 2018.god.

Lit 14. Plan upravljanja otpadom na području ZDK, Službene Novine Zeničko-dobojskog kantona, Godina XIV - Broj 1, Zenica, siječanj 2009,

Lit 15. Utjecaj komunalnog otpada na okoliš na području Zeničko-dobojskog kantona,

Srednjobosanskog kantona/Kantona Središnja Bosna i Sarajevskog kantona, REZ – Naručilac: Regionalna razvojna agencija za regiju Centralna BiH d.o.o., Izvršilac: ENOVA d.o.o. Sarajev, januar 2017. g.;

Lit 16. Proračun emisije zagađujućih tvari iz mobilnih izvora – cestovnog saobraćaja u Federaciji Bosne i Hercegovine za 2015. godinu, Bosna i Hercegovina, Federacija Bosne i Hercegovine, Federalni hidrometeorološki zavod, Sarajevo, februar 2017. godine

PRILOG 1- emisije po sektorima

Emisije iz cestovnog saobraćaja po općinama Zeničko-dobojskog kantona u 2016. godini

Općina	tona						
	NOx	**CO**	**NMVOC**	**SOx**	**NH_3**	**PM10**	**PM2,5**
Breza	0,67	3,57	0,35	13,58	0,00	0,55	0,51
Doboj Jug	0,72	3,67	0,47	13,94	0,02	0,62	0,58
Kakanj	0,80	4,17	0,53	14,34	0,01	0,63	0,58
Maglaj	2,66	13,77	1,66	47,55	0,04	2,08	1,93
Olovo	1,06	3,96	1,43	14,18	0,13	1,07	1,02
Tešanj	2,85	14,67	1,80	49,01	0,05	2,17	2,01
Usora	0,93	4,96	0,52	16,24	0,01	0,68	0,63
Vareš	1,51	7,92	0,90	25,69	0,02	1,10	1,02
Visoko	3,17	13,25	1,60	42,75	0,02	1,80	1,67
Zavidovići	3,97	18,23	2,11	57,51	0,04	2,52	2,33
Zenica	9,98	53,16	5,40	197,73	0,04	8,14	7,52
Žepče	2,08	10,98	1,18	34,68	0,02	1,46	1,35
Ukupno ZDK	**30,40**	**152,29**	**17,95**	**527,20**	**0,39**	**22,83**	**21,16**

Emisije iz domaćinstava po opštinama, vrsti energenta i vrsti polutanta

Opština / tona	**NOx**	**CO**	**NMVOC**	**SOx**	**NH_3**	**PM_{10}**	**$PM_{2,5}$**
Breza	***38,6***	***1.160***	***173,8***	***443,0***	***13,8***	***194,1***	***186,4***
emisija iz uglja	*28,3*	*377,8*	*56,7*	*440,8*	*0,06*	*45,3*	*41,6*
emisija iz biomase	*10,3*	*782,7*	*117,2*	*2,22*	*13,74*	*148,7*	*144,8*
emisija iz lož ulja	*0,01*	*0,0049*	*0,0001*	*0,013*	*0,00*	*0,0004*	*0,0*
emisija iz plinovitih goriva	*0,01*	*0,0053*	*0,0004*	*0,000*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
Doboj Jug	***8,7***	***293***	***43,9***	***92,7***	***3,8***	***50,1***	***48,3***
emisija iz uglja	*5,9*	*78,8*	*11,8*	*92,0*	*0,01*	*9,5*	*8,7*
emisija iz biomase	*2,7*	*214,1*	*32,1*	*0,59*	*3,75*	*40,7*	*39,6*
emisija iz lož ulja	*0,10*	*0,0532*	*0,0014*	*0,143*	*0,00*	*0,0039*	*0,0*
emisija iz plinovitih goriva	*0,01*	*0,0071*	*0,0005*	*0,000*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
Kakanj	***67,1***	***2.187***	***327,7***	***729,4***	***27,6***	***372,1***	***358,1***
emisija iz uglja	*46,6*	*621,4*	*93,2*	*724,9*	*0,09*	*74,6*	*68,3*
emisija iz biomase	*20,5*	*1565,9*	*234,5*	*4,43*	*27,48*	*297,6*	*289,7*
emisija iz lož ulja	*0,02*	*0,0099*	*0,0003*	*0,027*	*0,00*	*0,0007*	*0,0*
emisija iz plinovitih goriva	*0,01*	*0,0035*	*0,0003*	*0,000*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
Maglaj	***42,9***	***1.788***	***268,2***	***383,6***	***25,7***	***317,0***	***306,4***
emisija iz uglja	*24,4*	*325,3*	*48,8*	*379,5*	*0,05*	*39,0*	*35,8*
emisija iz biomase	*18,4*	*1462,8*	*219,4*	*4,04*	*25,61*	*277,9*	*270,6*
emisija iz lož ulja	*0,04*	*0,0227*	*0,0006*	*0,061*	*0,00*	*0,0017*	*0,0*
emisija iz plinovitih goriva	*0,07*	*0,0363*	*0,0027*	*0,000*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
Olovo	***21,2***	***825***	***123,6***	***199,9***	***11,5***	***144,8***	***139,8***
emisija iz uglja	*12,7*	*169,7*	*25,5*	*198,0*	*0,03*	*20,4*	*18,7*
emisija iz biomase	*8,3*	*654,7*	*98,2*	*1,81*	*11,47*	*124,4*	*121,1*
emisija iz lož ulja	*0,06*	*0,0296*	*0,0008*	*0,080*	*0,00*	*0,0022*	*0,0*
emisija iz plinovitih goriva	*0,10*	*0,0488*	*0,0036*	*0,001*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
Tešanj	***106,2***	***2.942***	***441,2***	***1.290,8***	***32,4***	***481,8***	***461,6***
emisija iz uglja	*82,6*	*1102,0*	*165,3*	*1285,6*	*0,17*	*132,2*	*121,2*
emisija iz biomase	*23,3*	*1839,9*	*275,9*	*5,10*	*32,22*	*349,6*	*340,4*
emisija iz lož ulja	*0,06*	*0,0315*	*0,0008*	*0,085*	*0,00*	*0,0023*	*0,0*
emisija iz plinovitih goriva	*0,18*	*0,0895*	*0,0065*	*0,001*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
Usora	***26,5***	***396***	***59,4***	***401,1***	***1,0***	***51,2***	***47,5***
emisija iz uglja	*25,8*	*343,6*	*51,5*	*400,9*	*0,05*	*41,2*	*37,8*
emisija iz biomase	*0,7*	*52,6*	*7,9*	*0,15*	*0,92*	*10,0*	*9,7*

Opština / tona	NOx	CO	NMVOC	SOx	NH_3	PM_{10}	$PM_{2,5}$
emisija iz lož ulja	*0,01*	*0,0059*	*0,0002*	*0,016*	*0,00*	*0,0004*	*0,0*
emisija iz plinovitih goriva	*0,01*	*0,0035*	*0,0003*	*0,000*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
Vareš	***20,3***	***847***	***127,1***	***180,6***	***12,2***	***150,3***	***145,3***
emisija iz uglja	*11,5*	*153,2*	*23,0*	*178,7*	*0,02*	*18,4*	*16,8*
emisija iz biomase	*8,8*	*694,3*	*104,1*	*1,92*	*12,16*	*131,9*	*128,4*
emisija iz lož ulja	*0,01*	*0,0039*	*0,0001*	*0,011*	*0,00*	*0,0003*	*0,0*
emisija iz plinovitih goriva	*0,03*	*0,0142*	*0,0010*	*0,000*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
Visoko	***87,0***	***2.712***	***406,6***	***955,5***	***33,3***	***458,2***	***440,5***
emisija iz uglja	*61,1*	*814,3*	*122,1*	*950,0*	*0,12*	*97,7*	*89,6*
emisija iz biomase	*24,0*	*1896,7*	*284,4*	*5,26*	*33,22*	*360,4*	*350,9*
emisija iz lož ulja	*0,11*	*0,0552*	*0,0015*	*0,149*	*0,00*	*0,0040*	*0,0*
emisija iz plinovitih goriva	*1,79*	*0,9103*	*0,0665*	*0,011*	*0,00*	*0,04*	*0,04*
Zavidovići	***60,3***	***2.835***	***425,3***	***468,6***	***42,8***	***511,0***	***494,9***
emisija iz uglja	*29,7*	*395,8*	*59,4*	*461,8*	*0,06*	*47,5*	*43,5*
emisija iz biomase	*30,5*	*2439,6*	*365,9*	*6,71*	*42,69*	*463,5*	*451,3*
emisija iz lož ulja	*0,05*	*0,0236*	*0,0006*	*0,064*	*0,00*	*0,0017*	*0,0*
emisija iz plinovitih goriva	*0,06*	*0,0328*	*0,0024*	*0,000*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
Zenica	***158,3***	***4.614***	***690,3***	***1.808,2***	***54,3***	***768,8***	***738,1***
emisija iz uglja	*115,7*	*1542,1*	*231,3*	*1799,1*	*0,23*	*185,0*	*169,6*
emisija iz biomase	*42,1*	*3071,3*	*459,0*	*8,94*	*54,08*	*583,7*	*568,4*
emisija iz lož ulja	*0,13*	*0,0660*	*0,0018*	*0,178*	*0,00*	*0,0048*	*0,0*
emisija iz plinovitih goriva	*0,38*	*0,1959*	*0,0143*	*0,002*	*0,00*	*0,01*	*0,01*
Žepče	***56,4***	***1.962***	***294,4***	***589,1***	***25,6***	***337,8***	***325,4***
emisija iz uglja	*37,6*	*501,3*	*75,2*	*584,9*	*0,08*	*60,2*	*55,1*
emisija iz biomase	*18,5*	*1461,0*	*219,1*	*4,02*	*25,57*	*277,6*	*270,3*
emisija iz lož ulja	*0,14*	*0,0700*	*0,0019*	*0,188*	*0,00*	*0,0051*	*0,0*
emisija iz plinovitih goriva	*0,26*	*0,1321*	*0,0097*	*0,002*	*0,00*	*0,01*	*0,01*
UKUPNO ZDK	***693,5***	***22.563***	***3.381,4***	***7.542,4***	***283,9***	***3.837,1***	***3.692,3***
emisija iz uglja	*481,9*	*6425,3*	*963,8*	*7496,2*	*1,0*	*771,0*	*706,8*
emisija iz biomase	*208,0*	*16135,6*	*2417,5*	*45,2*	*282,9*	*3066,0*	*2985,4*
emisija iz lož ulja	*0,74*	*0,38*	*0,01*	*1,01*	*0,00*	*0,028*	*0,028*
emisija iz plinovitih goriva	*2,90*	*1,48*	*0,11*	*0,02*	*0,00*	*0,07*	*0,07*

PRILOG 2.- Ključni izvori emisije u ZDK za 2016. g. koji čine do ukupno 85% emisije odabranih zagađujućih materija SO_2, NOx, NMVOC, NH_3 i PM2,5

GNFR		SNAP			Vrijednost		
ID	**Naziv**	**ID**	**Šifra**	**Naziv**	**Mjerna jedinica**		**Ključni izvori**
2	A - Javne Energane	209	010101-1	Termoelektrane - JP ELEKTROPRIVREDA BIH-TE'KAKANJ'	kt	69,729	82,8%
4	C - Mala ložišta	30	020203	Kućanstvo - Uređaji za loženje - kruta goriva	kt	7,49616	8,9%
					ZDK ukupno	84,1951	100,0%
					Ključni izvori ukupno	77,2252	91,7%

Ključni izvori emisije NOx iskazan kao NO_2 u ZDK za 2016. g.

GNFR		SNAP			Vrijednost		
ID	**Naziv**	**ID**	**Šifra**	**Naziv**	**Mjerna jedinica**		**Ključni izvori**
2	A - Javne Energane	209	010101-1	Termoelektrane - JP ELEKTROPRIVREDA BIH-TE 'KAKANJ'	kt	6,668	53,9%

GNFR		SNAP			Vrijednost		
ID	**Naziv**	**ID**	**Šifra**	**Naziv**	**Mjerna jedinica**		**Ključni izvori**
3	B - Industrija	208	010500-3	Prerada krutih goriva i ostala energetska postrojenja-ArcelorMittal Zenica d.o.o.	kt	1,13123	9,1%
3	B - Industrija	214	030101-4	Industrijske toplane i kotlovnice -Celuloza, papir i tisak-Natron - Hayat d.o.o.	kt	0,33976	2,7%
3	B - Industrija	219	030101-6-1	Industrijske toplane i kotlovnice - Ne-metalni minerali - Tvornica cementa Kakanj d.d.	kt	0,66415	5,4%
4	C - Mala ložišta	30	020203	Kućanstvo - Uređaji za loženje - kruta goriva	kt	0,4819	3,9%
7	F - Cestovni promet	125	070102	Ruralna i urbana vožnja	kt	0,81856	6,6%
13	L - Poljoprivreda: ostalo	227	100905	Organska gnojiva primijenjena na tlo	kt	0,60352	4,9%
					ZDK ukupno	12,3738	100,0%
					Ključni izvori ukupno	10,7071	87%

Ključni izvori emisije NH_3 u ZDK za 2016. godini

GNFR		SNAP			Vrijednost		
ID	**Naziv**	**ID**	**Šifra**	**Naziv**	**Mjerna jedinica**		**Ključni izvori**
4	C - Mala ložišta	28	020201	Kućanstvo - Uređaji za loženje - biomasa	kt	0,28299	8,8%
11	J - Otpad	158	091007	Latrine	kt	0,40927	12,7%
12	K - Poljoprivreda: životinje	161	100501	Muzne krave	kt	0,4284	13,3%
12	K - Poljoprivreda: životinje	167	100507	Kokoši nesilice	kt	0,4284	13,3%
12	K - Poljoprivreda: životinje	170	100509	Ostala perad (patke, guske, itd.)	kt	0,39195	12,2%
13	L - Poljoprivreda: ostalo	227	100905	Organska gnojiva primjenjena na tlo	kt	0,6613	20,5%
13	L - Poljoprivreda: ostalo	229	100517	Urin i izmet od životinja na ispaši	kt	0,15145	4,7%
					ZDK ukupno	3,22271	100,0%
					Ključni izvori ukupno	2,75376	85,4%

Ključni izvori emisije NMVOC u ZDK za 2016. g.

GNFR		SNAP			Vrijednost		
ID	**Naziv**	**ID**	**Šifra**	**Naziv**	**Mjerna jedinica**		**Ključni izvori**
3	B - Industrija	214	030101-4	Industrijske toplane i kotlovnice -Celuloza, papir i tisak-Natron - Hayat d.o.o.	kt	2,90898	22,7%
4	C - Mala ložišta	28	020201	Kućanstvo - Uređaji za loženje - biomasa	kt	2,41759	18,9%
4	C - Mala ložišta	30	020203	Kućanstvo - Uređaji za loženje - kruta goriva	kt	0,96379	7,5%
5	D - Fugitivno	102	050103	Skladištenje krutog goriva	kt	1,45887	11,4%

GNFR		SNAP			Vrijednost		
ID	**Naziv**	**ID**	**Šifra**	**Naziv**	**Mjerna jedinica**		**Ključni izvori**
6	E - Otapala	122	060408	Uporaba otapala u kućanstvu (osim boja)	kt	0,43732	3,4%
6	E - Otapala	117	060201	Odmašćivanje metala	kt	0,30977	2,4%
11	J - Otpad	154	090401	Odlaganje krutog otpada na zemlju	kt	0,92302	7,2%
12	K - Poljoprivreda: životinje	161	100501	Muzne krave	kt	0,6167	4,8%
12	K - Poljoprivreda: životinje	167	100507	Kokoši nesilice	kt	0,6167	4,8%
12	K - Poljoprivreda: životinje	170	100509	Ostala perad (patke, guske, itd.)	kt	0,42592	3,3%
					ZDK ukupno	12,8187	100,0%
					Ključni izvori ukupno	11,0787	86,4%

Ključni izvori emisije PM2,5 u ZDK za 2016. g.

GNFR		SNAP			Vrijednost		
ID	**Naziv**	**ID**	**Šifra**	**Naziv**	**Mjerna jedinica**		**Ključni izvori**
3	B - Industrija	208	010500-3	Prerada krutih goriva i ostala energetska postrojenja-ArcelorMittal Zenica d.o.o.	kt	1,04121	18,9%
4	C - Mala ložišta	28	020201	Kućanstvo - Uređaji za loženje - biomasa	kt	2,98583	54,2%
4	C - Mala ložišta	30	020203	Kućanstvo - Uređaji za loženje - kruta goriva	kt	0,70678	12,8%
					ZDK ukupno	5,51351	100,0%
					Ključni izvori ukupno	4,73382	85,9%



16

MA Albin Toljević, dipl.ing.maš.
CETEOR doo Sarajevo
Topal Osman paše 32b, Sarajevo
atoljevic@ceteor.ba

Ismar Jamaković, dipl.ing.maš.
CETEOR doo Sarajevo
Topal Osman paše 32b, Sarajevo
ijamakovic@ceteor.ba

Aida Muminović, dipl.ing.tehn.
CETEOR doo Sarajevo
Topal Osman paše 32b, Sarajevo
amuminovic@ceteor.ba

Metodologija izrade inventara emisija za područje Tuzlanskog kantona za 2016. godinu

Emission inventory methodology for the area of Tuzla Canton for 2016

Sažetak: Inventar emisija predstavlja teritorijalnu raspodjelu emisije date zagađujuće materije, bilo svih tipova izvora zagađivanja, bilo jednog tipa izvora. U radu je prikazana metodologija korištena za izradu inventara emisija u zrak za područje Tuzlanskog kantona za 2016. godinu. Tuzlanski kanton je, u tu svrhu, podijeljen na prostorne cjeline veličine 1x1 km u obliku mreže. Svakoj prostornoj jedinici tj. kvadrantu je dodijeljen zbir svih emisija vrsta polutanata iz izvora koji se geografski nalaze u toj jedinici. U skladu sa ovom podjelom prikazan je geografski raspored emisija. Kao osnova za utvrđivanje veličine emisije zagađujućih materija u zrak su energetske potrebe kantona, vrste korištenih energenata, kao i bilansi o potrošnji energije u Tuzlanskom kantonu, dok je za određivanje količine emisija u zrak iz sektora saobraćaja korišten softverski alat COPERT V. Potrošnja energije u Tuzlanskom kantonu, a samim time i emisija, je određena kombinovanom metodologijom ''top-down - bottom-up''. Koeficijenti emisije za (i) stambeni sektor, (ii) industriju i individualne kotlovnice (javni sektor) i (iii) saobraćajni sektor su određeni kombinovano teorijskim/računskim putem i koristeći dostupne međunarodne baze koeficijenata emisije. U konačnici, kombinacijom koeficijenata emisije i poznate strukture potrošnje energije odnosno za slučaj emisija iz saobraćaja brojem i aktivnosti motornih vozila, izrađen je inventar emisija.

Ključne riječi: *inventar emisija, koeficijent emisije, emisija*

Abstract: The emission inventory represents the territorial distribution of the emission of a given pollutant, of all types of pollution sources, or of one type of source. The paper presents the methodology used to create an emissions inventory for the Tuzla Canton for 2016. For this purpose, Tuzla Canton is divided into 1 x 1 km spatial units in the form of a grid. To each spatial unit ie. the quadrant is assigned a sum of all emissions of pollutant types from sources located geographically in that unit. The geographical distribution of emissions is presented in accordance with this classification. The basis for determining the magnitude of pollutants emission into the air are the energy needs of the canton, the types of energy used, as well as the energy consumption balances in the Tuzla Canton, while the COPERT V software tool was used to determine the amount of emissions from the transport sector. Energy consumption in Tuzla Canton, and therefore emission, is determined by a combined ''top-down - bottom-up'' methodology. Emission coefficients for (i) the residential sector, (ii) industry and individual boilers (public sector) and (iii) the transport sector are determined by combining a theoretical / computational manner and by using available international emission factor bases. Finally, a combination of emission factors and the known structure of energy consumption, ie in the case of traffic emissions by number and activity of motor vehicles, emission inventory is created.

Key words: *emissions inventory, emission factor, emission*

1. Uvod

Inventar emisija predstavlja teritorijalnu raspodjelu emisije određene zagađujuće materije, bez obzira da li se emituju iz svih tipova izvora zagađivanja ili iz samo jednog tipa izvora Tačkasti izvori emisije su izvori kod kojih je veličina emisija veća od određenog procenta emisije cijelog posmatranog područja. Linijski izvori su motorna vozila na frekventnim saobraćajnicama. Površinski izvori emisije predstavljaju zbir malih izvora emisije (stacionarnih i mobilnih) na određenom području, a nisu uvršteni u tačkaste ili linijske izvore.

U trenutno važećoj legislativi, predviđeno je da se u registru postrojenja i zagađivanja okoliša, koji se uspostavlja na osnovu Zakona o zaštiti okoliša, vodi i inventar emisija u koji se upisuju podaci o izvorima emisija u zrak, njihovim pravnim licima i zagađujućim materijama koje izvori ispuštaju u zrak. Kantoni u drugom kvartalu godine treba da objave izvještaje o emisijama zagađujućih materija u zrak (uključujući emisije iz prirodnih izvora) za pretprošlu godinu za teritorij svog kantona.

Kada je riječ o Tuzlanskom kantonu, kantonalnim planom zaštite okoliša Tuzlanskog kantona 2015 – 2020. predviđena je aktivnost izrade inventara izvora zagađivanja zraka na području Kantona. U radu je prikazana metodologija korištena za izradu inventara emisija za područje Tuzlanskog kantona za 2016. godinu. Inventar emisija je izrađen u mreži kvadranata 1x1 km u Gauss-Krugerovim koordinatama i to: ukupne emisije, emisije tačkastih izvora i emisije linijskih izvora.

2. Metodologija izrade inventara

Za potrebe izrade inventara emisija za područje Tuzlanskog kantona izvori emisije su podijeljeni prema veličini izvora i načinu emitovanja na:

1. tačkaste izvore emisije;
2. linijske izvore emisije;
3. površinske izvore emisije.

Tačkasti izvori emisije su oni izvori emisija koji imaju emisiju određene zagađujuće materije veću od 0,5 % od ukupne emisije te iste zagađujuće materije za cijelo razmatrano područje. Linijski izvori su motorna vozila na magistralnim cestama. U slučaju Tuzlanskog kantona to su saobraćajnice prikazane na Slici 1.



Slika 1: Linijski izvori emisija u Tuzlanskom kantonu

Površinski izvori emisija su zbir malih izvora emisije (stacionarnih i mobilnih) koji nisu uvršteni u tačkaste i linijske.

Tuzlanski kanton je, u svrhu izrade inventara emisija u zrak, podijeljen na prostorne cjeline veličine 1x1 km u obliku mreže. Svakoj prostornoj jedinici tj. kvadrantu se dodjeljuje zbir svih emisija vrsti polutanta iz izvora koji se geografski nalaze u toj jedinici. U skladu sa ovom podjelom prikazuje se geografski raspored emisija.

Kvantifikacija emisija je vršena po međunarodno prihvaćenim metodama i smjernicama Europske unije do kojih se došlo kroz praksu, a u skladu sa tehničkim normativima (osnovu čini Direktiva o industrijskim emisijama u kojoj je uključena IPPC). Naime, emisija zagađujućih materija razmjerna je masi goriva, masi sirovina koje prouzrokuju emisiju, odnosno masi proizvoda pri čijoj je proizvodnji došlo do emisije. Ova razmjernost se naziva koeficijent emisije, a njegova dimenzija slijedi iz gornje definicije emisije. Emisija kao posljedica grijanja ovisi o klimatskim uslovima (razlici temperature grijanja i vanjske temperature), dok su emisije iz industrije i saobraćaja neovisne o klimatskim obilježjima područja, nego zavise od kapaciteta postrojenja, tehnologije i sl.

Emisija zagađujućih materija se računa po sljedećoj formuli:

$$E = k \cdot M \qquad (1)$$

gdje je:

k – koeficijent emisije [kg/t] ili [g/kWh], zavisi od vrste uređaja (ložišta ili tehnologije), kapaciteta i vrste goriva;

M – masa goriva, sirovina, proizvoda, izlazna energija (dimenzija koeficijenta emisije k zavisi od izbora M).

Koeficijent emisije k se određuje kombinovano: računski i uzimajući u obzir podatke dobivene mjerenjem i korištenjem literaturnih podataka. Pored koeficijenata emisije koji su dati u EMEP/EEA[1] (engl. European Environment Agency/European Monitoring and Evaluation Programme) i COPERT-u (engl. Calculation Of air Pollutant Emissions from Road Transport), za izradu ovog inventara koristili su se i koeficijenti emisija drugih baza (npr. FIRE, engl. Factor Information Retrieval Data System), te koeficijent emisija za domaće ugljeve i vrste ložišta iz baze podataka koju posjeduje CETEOR.

Masa goriva M se određuje popisom, iz statističkih podataka, analizama i procjenama. Emisije se određuju kao godišnje vrijednosti, a zatim se preračunavaju na sezonske i dnevne, zavisno od godišnje raspodjele temperature i drugih faktora, odnosno korištenje energije za grijanje i druge potrebe. Na taj način se emisije prate i u toku vremena.

Izvršena je procjena i klasifikacija izvora emisija na fugitivne, kontrolisane, mobilne, stacionarne, tačkaste, linijske, površinske itd. Kod kontrolisane emisije zagađujuće materije napuštaju izvor zagađivanja kroz cijevi ili dimnjake. Nekontrolisana emisija (fugitivna) zagađujućih materija obuhvata emisije zagađujućih materija kroz prirubničke spojeve i druga mjesta brtvljenja, emisije sa haldišta, pretovara, presipnih mjesta itd.

2.1 Podjela Tuzlanskog kontona na kvadrante

Prostorna raspodjela Tuzlanskog kantona je izvršena na prostorne cjeline 1x1 km u obliku mreže. Kolone su imenovane slovima i to AA, AB, AC ... BZ. Redovi su imenovani brojevima 0, 1, 2... 59. Kvadranti su kombinacija kolona i redova tako da su kvadranti imenovani slijeva nadesno AA0, AB0, AC0... CZ0, a odozdo prema gore AA0, AA1, AA2... AA86.

Površina mreže (6.375 km^2) je znatno veća od površine Tuzlanskog kantona (2.652 km^2), tako da je usvojena mreža, u kojoj će biti prikazan inventar emisija, kojom je Tuzlanski kanton pokriven sa ukupno 2.947 kvadranta, kao što se vidi na Slici 2.

1 EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016



Slika 2: Mreža na području Tuzlanskog kantona

2.2 Energetske potrebe Tuzlanskog kantona

Kao osnova za utvrđivanje veličine emisije zagađujućih materija u zrak su, prema usvojenoj metodologiji, energetske potrebe Kantona, vrste korištenih energenata, kao i bilansi o potrošnji energije u Tuzlanskom kantonu. Prema vrsti potrošača, način utvrđivanja energetskih potreba prilagođen je raspoloživim podacima. Energetske potrebe za energijom su korigovane stvarnom potrošnjom energije na osnovu prikupljenih podataka (npr. podaci dobiveni anketiranjem domaćinstava i podaci dobiveni od strane pravnih lica). Potrošnja energije u Tuzlanskom kantonu, a samim time i emisija, je određena kombinovanom metodologijom ''top-down - bottom-up''.

2.2.1 Grijanje i industrija

Kotlovnice

Toplotne potrebe i potrebe za energijom dijela industrije, koje se zadovoljavaju pomoću kotlovnica, utvrđene su na osnovu potrošnje energenata i godišnjih mjerenja koja su obavile ovlaštene laboratorije sa područja Tuzlanskog kantona. Podaci se ispunjavaju za svako ložište u svrhu zadovoljenja Pravilnika o monitoringu emisija zagađujućih materija u zrak[2]. U svrhu izrade inventara, kotlovnice zajedno sa podacima o vrsti i kapacitetu ložišta, vrsti i procjeni potrošnje goriva za 2016., te stepenu iskorištenja ložišta su složeni po kvadrantima i koncipirani tako da mogu da zadovolje potrebe popisa u svrhu izrade inventara emisija. Također, za procjenu potrošnje energije i količine godišnjih emisija iz javnih objekata korištena je ''Studija o energetskoj efikasnosti javnih objekata u Tuzlanskom kantonu[3]''.

Individualno grijanje

Potrošnja energije individualnih stambenih objekata (kuća) u svrhu grijanja, bez obzira da li se radi o sistemu daljinskog grijanja ili iz individualnog grijanja ili sobnih peći, preuzeta je iz u odgovara datih putem popisa stanovništva 2013. godine. Na taj način je određeno tzv. ekvivalentno (reprezentativno) domaćinstvo za svaku općinu. Za reprezentativno domaćinstvo je određena emisija svih polutanata na osnovu načina grijanja, vrste ložišta koja se koriste za grijanje, potrošnje goriva, vrste goriva i procjene količine potrošenog goriva u 2016. godini u kWh. Ukupna emisija u kvadrantu zavisi od rezultata dobivenih za to reprezentativno domaćinstvo općine i ukupnog broja domaćinstava u kvadrantu.

Toplotne potrebe i godišnje emisije stambenih objekata (zgrada) koje nisu uvezani na centralni sistem grijanja su određene na osnovu rezultata ''Akcionog plana za povećanje energijske efikasnosti

2 ''Službene novine FBiH'', broj 09/14

3 CRP Tuzla, 2014.

u stambenom sektoru u Tuzlanskom kantonu[4]''. U inventaru su toplotne potrebe određene posebno za svaki kvadrant u TK i općinu, a na osnovu podataka iz popisa, spomenute studije, i Akcionog plana.

2.2.2 Saobraćaj

Emisije u zrak iz saobraćaja su izračunate ukupno za cijeli kanton na osnovu potrošnje goriva, odnosno prodaje benzina i dizel goriva, na osnovu broja i vrste registrovanih vozila u Tuzlanskom kantonu, prosječne brzine i PGDS (Prosječnog godišnjeg dnevnog saobraćaja) na saobraćajnicama u Tuzlanskom kantonu. Za proračun emisija korišten je program COPERT V. Na osnovu prosječnog godišnjeg dnevnog saobraćaja na značajnijim ulicama ova emisija se raspoređuje po cijelom Kantonu.

2.3 Koeficijenti emisija

Poznavanje koeficijenata emisije pojedinih polutanata omogućava izračunavanje njihove ukupne emisije po sektorima koji se razmatraju u ovom radu po principu kombinovane metodologije ''top down - buttom up“. Stoga su određeni koeficijenti emisije za:

1. stambeni sektor;

2. industriju i individualne kotlovnice (javni sektor);

3. saobraćajni sektor.

Koeficijenti emisije su pokazatelji koji definišu specifičnu emisiju određenog polutanta pri obavljanju određene aktivnosti u određenim uslovima i pokazuju kolika se količina nekog polutanta emituje pri obavljanju te aktivnosti (g/kWh, g/kg, g/komadu, itd.). Za potrebe izrade inventara, određivanje koeficijenata emisije je vršeno kombinovanim pristupom. Koeficijenti emisije sumpor dioksida, ugljen monoksida, ugljen dioksida i čvrstih čestica iz ložišta (stambeni sektor i individualne kotlovnice) su određivani teorijskim/računskim putem. Ostali koeficijenti emisije iz ložišta, kao i koeficijenti emisije iz industrije, te saobraćaja su određeni na osnovu dostupnih međunarodnih baza koeficijenata emisije.

2.3.1 Metodologija određivanja koeficijenata emisije iz stambenog sektora i individualnih kotlovnica

Da bi se specifična emisija pojedinih polutanata iz ložišta i kotlova mogla odrediti na što precizniji način potrebno je definisati ložišta u kojima se vrši spaljivanje, vrste goriva koje se spaljuju, vrstu potrošača, odnosno u koju svrhu se gorivo spaljuje. Na osnovu prikupljenih podataka iz popisa stanovništva izvršeno je grupisanje svih ulaznih parametara potrebnih za određivanje koeficijenata emisije.

Za svaku kombinaciju gorivo-način grijanja-vrste grijanja određeni su koeficijenti emisije svih polutanata iz EMEP/EEA baze. Kada su koeficijenti emisije poznati, emisija pojedinih polutana se računa na osnovu Izraza 1.

2.3.2 Metodologija određivanja koeficijenata emisije iz industrije

Emisija pojedinih polutanata iz industrije zavisi od mnogo faktora, najprije od korištene tehnologije, njene efikasnosti i proizvodnog kapaciteta nekog postrojenja. Određivanje projekcije emisija u zrak iz energetike/industrije bazirano je na podacima o potrošnji energenata i odgovarajućim faktorima emisije. U analizi je pretpostavljeno poštivanje domaće i međunarodne regulative, a proračun je zasnovan na međunarodno priznatoj metodologiji (EMEP/EEA)

2.3.3 Metodologija određivanja koeficijenata emisije iz saobraćaja

Za određivanje količine emisija u zrak, koje potiču od drumskog saobraćaja, korišten je softverski alat COPERT V. Razvoj COPERT-a je finansirala Agencija za zaštitu okoliša u okviru aktivnosti Evropskog

4 Enova d.o.o. Sarajevo, 2016.

tematskog centra za zrak i klimatske promjene (European Topic Centre on Air and Climate Change) i on predstavlja jedini priznati alat za ove namjene na evropskom nivou. Emisioni faktori se određuju iz baza softvera, u zavisnosti od karakteristika motornih vozila, režima vožnje, vrste goriva i drugih parametara.

2.4. Matematski model za izračunavanje emisija

2.4.1 Emisija od grijanja

Osnova za izračunavanje emisije SO_2 bila je potrošnja goriva unutar vrste potrošača, vrste ložišta i goriva te kategorije uređaja za grijanje.

Iz jednačine (1) se može izračunati i ukupna emisija koja se oslobodi unutar jedne vrste potrošača toplote, odnosno izvora zagrijavanja u jednom kvadrantu:

$$E_v = \sum_i E_i \quad (t/a) \quad (2)$$

Emisija ostalih zagađujućih materija izračunava se na osnovu iskorištenih toplota i odgovarajućih koeficijenata emisije unutar vrste potrošača , vrste ložišta i goriva i kategorije uređaja za grijanje. Također i za proračun emisija ostalih polutanata vrijedi formula (2).

2.4.2 Emisija od industrije

Struktura energetskih potreba u industriji često zavisi o kojoj vrsti proizvodnje je riječ i kakav je tehnološki proces, tako da postoje velike razlike u korištenju energije i nastanku emisija u zrak između različitih industrijskih grana, a i unutar njih.

Za nastanak emisija u Tuzlanskom kantonu su značajni tzv. stacionarni izvori: postrojenja, tehnološki procesi, industrijski pogoni, određene aktivnosti, uređaji, građevine i površine iz kojih se onečišćujuće tvari ispuštaju u zrak.

U ovom projektu su posebno obrađena pojedina industrijska postrojenja koja imaju značaj po kapacitetu, tj. obimu proizvodnje. Korišteni su podaci iz kamenoloma i industrije građevinskih materijala, prehrambene industrije sa naglaskom na uzgoj i preradu mesa, pekarske industrije i na kraju drvne sa preradom sirovog drveta i obradom polusirovine u gotov proizvod.

Za izračunavanje emisija u zrak iz industrijskih (tehnoloških) postrojenja korišteni su podaci dobiveni mjerenjem emisija i/ili proračunom.

- Mjerenja

U Federaciji BiH postoje pravilnici o graničnim vrijednostima emisija iz tehnoloških postrojenja, ali se mora naglasiti da ne postoji dovoljno podataka o emisijama koji su dobiveni na osnovu mjerenja, niti su transparentni. Rijetke kompanije su vršile mjerenja emisija iz tehnoloških postrojenja i to uglavnom za potrebe dobivanja okolinske dozvole.

Za potrebe izrade inventara emisija Ministarstvo prostornog uređenja i zaštite okolice Tuzlanskog Kantona poslalo je upitnik o vrsti i potrošnji goriva i emisijama na preko četrdeset adresa kompanija iz oblasti industrije. Odgovori iz upitnika su poslužili kako bi se koristeći EMEP/EEA bazu podataka o koeficijentima emisije mogle izračunati godišnje emisije. Također, za potrebe izrade inventara emisija korišteni su dostupni izvještaji o mjerenjima za pogone i postrojenja, kao i podaci dobiveni od Fonda za zaštitu okoliša o prijavljenoj emisiji SO_2, NO_x i čvrstim česticama.

- Proračuni

Procjene emisija u zrak se vrše uz proračun pomoću faktora emisije iz razloga što mali broj operatera redovno vrši mjerenja i o tome informiše kantonalno ministarstvo. U svrhu izrade ovog projekta korištena je metodologija evropskog EMEP/EEA i američkog FIRE-a.

- Korištena metoda za proračun emisija u zrak iz industrijskih postrojenja

Emisija čvrstih čestica iz kamenoloma i betonara je izračunata korištenjem EMEP/EEA metodologije, a procijenjena je na osnovu veličine i kapaciteta postrojenja. Emisija jedinjenja nitro oksida iz kamionskih motora koji vrše prevoze i dizelskih agregata za proizvodnju električne energije izračunata je korištenjem koeficijenata emisije datim u metodologiji EMEP/EEA. Emisija sumpor dioksida iz kamiona i agregata na kamenolomima je procijenjena na osnovu sadržaja sumpora u gorivu i veličine postrojenja i kapaciteta.

Emisije u zrak iz postrojenja za preradu drveta izračunate su na osnovu koeficijenata emisija datih u metodologiji EMEP/EEA.

2.4.3 Emisija od saobraćaja

Za određivanje količine emisija u zrak, koje potiču iz sektora saobraćaja, korišten je softverski alat COPERT V. Putem softverskog alata dobivene su ukupne emisije iz sektora saobraćaja za područje Tuzlanskog Kantona.

Ulazni podaci korišteni za izračun ukupnih emisija iz sektora saobraćaja na području Tuzlanskog Kantona su:

1. Broj registrovanih vozila na području Tuzlanskog Kantona;

2. Prosječna godišnja aktivnost pojedinih kategorija vozila (km/god) - za putničke automobile, autobuse i motocikle;

3. Ukupna aktivnost pojedinih kategorija vozila u dosadašnjem životnom vijeku;

4. Klimatski podaci za Tuzlanski Kanton (minimalne i maksimalne mjesečne temperature i mjesečnu vlažnost);

5. Ukupna prodaja pojedinih vrsta goriva (u TJ) -procijenjena na osnovu broja benzinskih stanica na području Tuzlanskog Kantona i prosječne prodaje goriva po jednoj benzinskoj stanici.

Emisioni faktori korišteni pri proračunu (putem COPERT-a) ukupnih emisija iz sektora saobraćaja Tuzlanskog Kantona, se određuju iz baze softvera, u zavisnosti od karakteristika motornih vozila, režima vožnje, vrste goriva i drugih parametara.

Ukupne emisije površinskih izvora iz saobraćaja (regionalne i lokalne ceste) su dobivene kao razlika ukupnih emisija iz sektora saobraćaja i emisija linijskih izvora (magistralnih cesta na kojima se vrši brojanje saobraćaja).

3. ZAKLJUČAK

Cilj izrade inventara je prikaz emisija, okolnosti i aktivnosti koje utiču na emisije u zrak (saobraćaj, industrija, grijanje, domaćinstva itd.). Za potrebe izrade inventara emisija u zrak za područje Tuzlanskog kantona izvori emisije su podijeljeni prema veličini izvora i načinu emitovanja na (i) tačkaste izvore emisije, (ii) linijske izvore emisije i (iii) površinske izvore emisije. Zatim je Kanton podijeljen na prostorne cjeline veličine 1x1 km u obliku mreže. Svakoj prostornoj jedinici tj. kvadrantu je dodijeljen zbir svih emisija vrsti polutanta iz izvora koji se geografski nalaze u toj jedinici. U skladu sa ovom podjelom prikazuje se geografski raspored emisija. Emisija zagađujućih materija je izračunata kao proizvod koeficijenta emisije (k) i mase goriva (M).

Koeficijent emisije k je određen kombinovano: računski i uzimajući u obzir podatke dobivene godišnjim mjerenjem emisija od strane ovlaštenih laboratorija na području Tuzlanskog Kantona te korištenjem literaturnih podataka. Pored koeficijenata emisije koji su dati u EMEP/EEA i COPERT-u, za izradu ovog inventara koristili su se i koeficijenti emisija drugih baza (npr. FIRE), te koeficijent emisija za domaće ugljeve i vrste ložišta iz baze podataka koju posjeduje CETEOR.

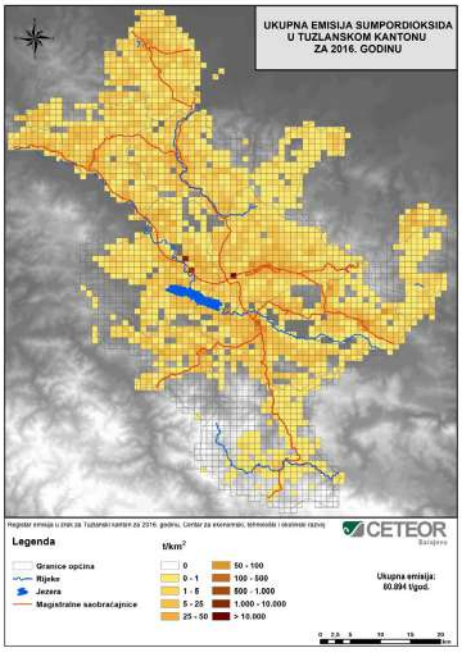
Potrošnja goriva u industriji određena je na osnovu dostupnih izvještaja o godišnjem mjerenju emisija te putem upitnika koje je Ministarstvo prostornog uređenja i zaštite okolice Tuzlanskog Kantona proslijedilo kompanijama. Za procjenu potrošnje energije u javnim objektima korištene su dostupne studije o energijskoj efikasnosti Tuzlanskog kantona. Potrošnja energije individualnih stambenih objekata (kuća) u svrhu grijanja, bilo putem sistema daljinskih grijanja, bilo putem individualnog grijanja ili sobnih peći, određena je na osnovu odgovara datih putem popisa stanovništva 2013. godine.

Emisije u zrak iz saobraćaja izračunate su na osnovu potrošnje goriva, odnosno prodaje benzina i dizel goriva, na osnovu broja i vrste registrovanih vozila u Tuzlanskom kantonu, prosječne brzine i PGDS (Prosječnog godišnjeg dnevnog saobraćaja) na saobraćajnicama u Tuzlanskom kantonu. Za proračun emisija korišten je program COPERT V.

Koristeći opisanu metodologiju izrađen je inventar emisija za područje Tuzlanskog kantona te se došlo do bilansa emisija u zrak. Inventar emisija je rađen na osnovu zvaničnih podataka sa kojima raspolažu kompanije (emiteri emisija), nadležna ministarstva i Fond za zaštitu okoliša, kao i izvještaja o mjerenjima koja su sprovedena na području Tuzlanskog kantona za 2016. godinu te podacima iz popisa stanovništva 2013. godine. Pregled emisija u zrak po vrstama izvora prikazan je u Prilogu 1 dok je sumarni prikaz emisija po sektorima prikazan u Prilogu 2. Kao što se iz Priloga 1 može vidjeti evidentno je da su najveće emisije skoro svih polutanata na području grada Tuzle. To je razumljivo jer je na ovom području stacioniran i najveći izvor emisija, ne samo u Tuzlanskom kantonu nego i šire, a to je Termoelektrana Tuzla. Na nivou Kantona najveće emisije iz sektora (Prilog 2) su iz:

- javnog sektora i industrije i to sljedećih polutanata: sumpor dioksida (87,2%), nitro oksida (76,2%), ugljen dioksida (86,2%), metana (99%), te iz
- stambenog sektora: ugljen monoksid (90,3%), amonijak (65%), nemetanski ugljenvodonici (66%), PM10[5] (47%) i PM2,5[6] (70,8%).

Kao primjer teritorijalne raspodjele emisije po kvadrantima na području Tuzlanskog kantona predstavljena je emisija sumpor dioksida (Slika 3) i čvrstih čestica (Slika 4).

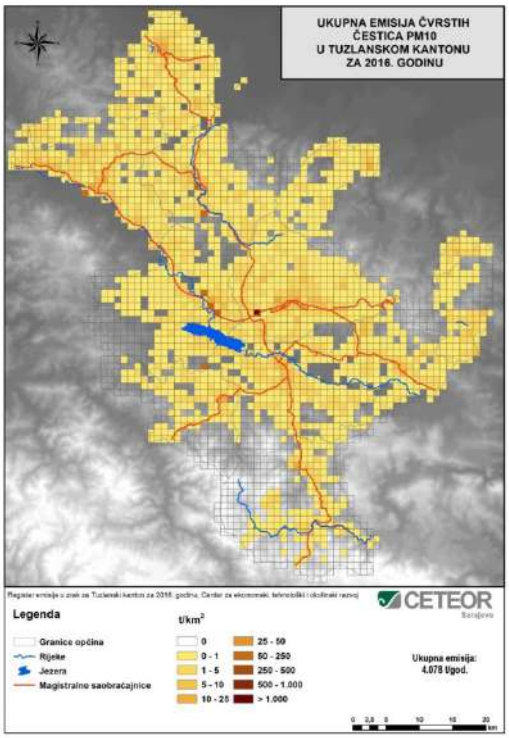


Slika 3: Ukupna emisija sumpor dioksida u Tuzlanskom kantonu

5 Čvrste čestice prečnika do 10 µm

6 Čvrste čestice prečnika do 2,5 µm

Ukupna emisija sumpor dioksida za 2016. godinu iznosi 80.894 t. Najveći udio u ukupnoj emisiji sumpor dioksida zauzima područje grada Tuzla sa oko 84%, zatim područje općine Lukavac sa oko 6% dok ostatak otpada na preostalih 11 općina. Kada je riječ o emisiji PM10, na područje grada Tuzla otpada oko 35% dok na područje općine Lukavac otpada oko 16%. Pored ova dva grada značajna količina emisije PM10 otpada i na područje općine Gračanica (11%).



Slika 4: Ukupna emisija čvrstih čestica u Tuzlanskom kantonu

Literatura

[1] „Registar emisija u zrak i kategorizacija kvaliteta zraka za područje Tuzlanskog kantona za 2016. godinu“, CETEOR (2018).

[2] Informacija o ocjenjivanju kvaliteta zraka na području Tuzlanskog kantona za razdoblje januar – decembar 2016. godine, Ministarstvo prostornog uređenja i zaštite okolice TK, februar 2017.

Prilog 1 – Pregled emisije po vrstama izvora u Tuzlanskom kantonu (tona godišnje) u 2016. godini

Općina	SO_2	NO_x	CO_2	CO	NH_3	N_2O	CH_4	NMVOC	C_6H_6	PM10	PM2,5
Banovići	**678**	**124**	**46.386**	**1.523**	**2**	**0**	**126**	**77**	**2**	**211**	**92**
Linijski	*0,1*	*21,9*	*4.593,0*	*24,0*	*0,2*	*0,1*	*0,4*	*4,3*	*0,8*	*2,1*	*1,9*
Tačkasti	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*125,2*	*5,9*	*0,0*	*117,3*	*16,6*
Površinski	*678,2*	*102,1*	*41.793,2*	*1.499,3*	*2,2*	*0,2*	*0,7*	*66,9*	*1,5*	*91,7*	*73,5*
Čelić	**121**	**87**	**20.097**	**837**	**10**	**0**	**76**	**70**	**2**	**79**	**76**
Linijski	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*
Tačkasti	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*74,8*	*3,5*	*0,0*	*0,0*	*0,0*
Površinski	*121,0*	*87,5*	*20.097,5*	*837,2*	*9,7*	*0,4*	*1,1*	*66,8*	*2,4*	*79,4*	*76,0*
Doboj Istok	**250**	**64**	**82.525**	**797**	**4**	**0**	**1**	**46**	**1**	**54**	**51**
Linijski	*0,1*	*18,4*	*3.861,0*	*20,0*	*0,1*	*0,1*	*0,3*	*3,6*	*0,7*	*1,7*	*1,6*
Tačkasti	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*
Površinski	*250,1*	*45,3*	*78.664,1*	*777,3*	*3,8*	*0,1*	*0,3*	*42,3*	*0,7*	*52,3*	*49,0*
Gračanica	**1.112**	**315**	**87.814**	**3.739**	**21**	**1**	**743**	**257**	**6**	**455**	**269**
Linijski	*0,4*	*79,4*	*16.622,0*	*88,0*	*0,5*	*0,5*	*1,3*	*15,5*	*2,9*	*7,5*	*6,7*
Tačkasti	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*739,9*	*35,8*	*0,0*	*180,0*	*24,0*
Površinski	*1.111,*	*236,0*	*71.192,3*	*3.651,4*	*20,0*	*0,6*	*1,5*	*206,1*	*3,4*	*267,5*	*238,2*
Gradačac	**1.016**	**267**	**79.420**	**3.451**	**21**	**1**	**678**	**255**	**6**	**250**	**234**
Linijski	*0,4*	*72,0*	*15.070,0*	*80,0*	*0,5*	*0,4*	*1,2*	*14,1*	*2,6*	*6,8*	*6,1*
Tačkasti	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*675,9*	*31,8*	*0,0*	*0,0*	*0,0*
Površinski	*1.016,*	*195,3*	*64.349,6*	*3.370,8*	*21,0*	*0,5*	*1,4*	*209,2*	*3,0*	*242,8*	*227,8*
Kalesija	**1.083**	**203**	**74.132**	**2.750**	**4**	**1**	**466**	**149**	**4**	**147**	**133**
Linijski	*0,3*	*54,1*	*11.335,0*	*60,0*	*0,4*	*0,3*	*0,9*	*1,9*	*0,3*	*4,6*	*4,6*
Tačkasti	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*463,7*	*21,8*	*0,0*	*0,0*	*0,0*
Površinski	*1.083,*	*148,7*	*62.796,7*	*2.689,8*	*3,4*	*0,4*	*1,0*	*125,2*	*3,8*	*142,9*	*128,6*
Kladanj	**74**	**109**	**21.122**	**883**	**12**	**0**	**72**	**81**	**3**	**97**	**89**
Linijski	*0,2*	*28,4*	*5.947,0*	*31,0*	*0,2*	*0,2*	*0,5*	*5,6*	*1,0*	*2,7*	*2,4*
Tačkasti	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*70,3*	*3,3*	*0,0*	*0,0*	*0,0*
Površinski	*74,2*	*81,0*	*15.174,9*	*851,8*	*12,1*	*0,3*	*0,9*	*72,4*	*1,9*	*94,4*	*86,6*
Lukavac	**5.085**	**2.182**	**1.038.73**	**3.961**	**60**	**1**	**680**	**280**	**6**	**631**	**250**
Linijski	*0,4*	*66,3*	*13.881,0*	*73,0*	*0,4*	*0,4*	*1,1*	*13,0*	*2,4*	*6,3*	*5,6*
Tačkasti	*3.777,*	*1.908,*	*943.173,*	*520,7*	*53,1*	*0,0*	*677,7*	*113,0*	*0,0*	*370,1*	*69,9*
Površinski	*1.307,*	*207,3*	*81.684,4*	*3.367,1*	*6,1*	*0,6*	*1,5*	*154,1*	*3,4*	*254,2*	*175,0*
Sapna	**87**	**78**	**17.022**	**804**	**10**	**0**	**1**	**67**	**2**	**80**	**78**
Linijski	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*
Tačkasti	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*
Površinski	*87,0*	*78,3*	*17.022,4*	*803,5*	*10,5*	*0,4*	*1,0*	*66,7*	*2,2*	*80,5*	*77,5*
Srebrenik	**1.120**	**255**	**81.377**	**3.188**	**10**	**1**	**584**	**195**	**5**	**343**	**200**
Linijski	*0,4*	*76,9*	*16.100,0*	*85,0*	*0,5*	*0,5*	*1,3*	*15,0*	*2,8*	*7,3*	*6,5*
Tačkasti	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*581,9*	*27,4*	*0,0*	*122,2*	*24,4*
Površinski	*1.119,*	*177,6*	*65.276,8*	*3.102,6*	*9,0*	*0,4*	*1,0*	*152,4*	*2,2*	*213,9*	*169,3*
Teočak	**202**	**40**	**14.137**	**543**	**1**	**0**	**63**	**30**	**1**	**31**	**28**
Linijski	*0,0*	*1,0*	*213,0*	*1,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,2*	*0,0*	*0,1*	*0,1*
Tačkasti	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*63,1*	*3,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*
Površinski	*201,6*	*38,8*	*13.924,2*	*542,2*	*1,3*	*0,1*	*0,4*	*26,4*	*0,8*	*31,1*	*28,4*
Tuzla	**68.192**	**6.369**	**4.092.82**	**6.317**	**27**	**2**	**643**	**430**	**12**	**1.418**	**772**
Linijski	*0,6*	*116,9*	*24.482,0*	*129,0*	*0,8*	*0,7*	*1,9*	*22,9*	*4,2*	*11,0*	*9,9*
Tačkasti	*66.431*	*5.860,*	*3.941.04*	*678,4*	*0,0*	*0,0*	*638,0*	*97,8*	*0,0*	*1.017,*	*412,0*
Površinski	*1.759,*	*390,9*	*127.300,*	*5.509,4*	*26,7*	*1,3*	*3,5*	*309,5*	*7,8*	*390,1*	*350,1*
Živinice	**1.873**	**311**	**117.609**	**4.831**	**9**	**1**	**317**	**240**	**6**	**281**	**243**
Linijski	*0,4*	*70,3*	*14.719,0*	*78,0*	*0,5*	*0,4*	*1,1*	*13,8*	*2,5*	*6,6*	*5,9*
Tačkasti	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*0,0*	*309,1*	*14,6*	*0,0*	*0,0*	*0,0*
Površinski	*1.872,*	*240,6*	*102.889,*	*4.752,9*	*8,4*	*0,5*	*1,4*	*211,2*	*3,0*	*273,8*	*237,5*
Ukupno	**80.894**	**10.404**	**5.773.20**	**33.623**	**191**	**9**	**4.445**	**2.177**	**56**	**4.078**	**2.515**
Linijski	*3,3*	*605,6*	*126.823,*	*669,0*	*4,1*	*3,5*	*9,9*	*109,8*	*20,2*	*56,7*	*51,1*
Tačkasti	*70.208*	*7.769,*	*4.884.21*	*1.199,1*	*53,1*	*0,0*	*4.419,*	*357,9*	*0,0*	*1.806,*	*547,0*
Površinski	*10.682*	*2.029,*	*762.166,*	*31.755,*	*134,1*	*5,6*	*15,5*	*1.709,*	*36,1*	*2.214,*	*1.917,*

Prilog 2 – Pregled emisije po sektorima u Tuzlanskom kantonu (tona godišnje) u 2016. godini

Općina	SO_2	NO_x	CO_2	CO	NH_3	N_2O	CH_4	NMVOC	C_6H_6	PM10	PM2,5
Banovići	**678**	**124**	**46.386**	**1.523**	**2**	**0**	**126**	**77**	**2**	**211**	**92**
Stambeni	*588*	*46*	*26.413*	*1.443*	*2*	*0*	*0*	*58*	*0*	*75*	*68*
Javni sektor i ind.	*90*	*14*	*6.581*	*10*	*0*	*0*	*125*	*7*	*0*	*130*	*18*
Saobraćaj	*0*	*64*	*13.392*	*71*	*0*	*0*	*1*	*13*	*2*	*6*	*5*
Čelić	**121**	**87**	**20.097**	**837**	**10**	**0**	**76**	**70**	**2**	**79**	**76**
Stambeni	*111*	*19*	*5.182*	*753*	*9*	*0*	*0*	*53*	*0*	*72*	*69*
Javni sektor i ind.	*9*	*2*	*967*	*10*	*0*	*0*	*75*	*4*	*0*	*1*	*1*
Saobraćaj	*0*	*67*	*13.949*	*74*	*0*	*0*	*1*	*13*	*2*	*6*	*6*
Doboj Istok	**250**	**64**	**82.525**	**797**	**4**	**0**	**1**	**46**	**1**	**54**	**51**
Stambeni	*238*	*22*	*10.717*	*742*	*4*	*0*	*0*	*37*	*0*	*49*	*46*
Javni sektor i ind.	*12*	*3*	*63.674*	*13*	*0*	*0*	*0*	*1*	*0*	*1*	*1*
Saobraćaj	*0*	*39*	*8.134*	*43*	*0*	*0*	*1*	*8*	*1*	*4*	*3*
Gračanica	**1.112**	**315**	**87.814**	**3.739**	**21**	**1**	**743**	**257**	**6**	**455**	**269**
Stambeni	*1.095*	*103*	*49.279*	*3.520*	*19*	*0*	*0*	*180*	*0*	*240*	*225*
Javni sektor i ind.	*16*	*38*	*2.089*	*27*	*1*	*0*	*740*	*43*	*0*	*199*	*29*
Saobraćaj	*1*	*174*	*36.446*	*193*	*1*	*1*	*3*	*34*	*6*	*16*	*15*
Gradačac	**1.016**	**267**	**79.420**	**3.451**	**21**	**1**	**678**	**255**	**6**	**250**	**234**
Stambeni	*993*	*94*	*44.888*	*3.215*	*18*	*0*	*0*	*165*	*0*	*220*	*207*
Javni sektor i ind.	*23*	*18*	*2.025*	*64*	*3*	*0*	*676*	*59*	*0*	*15*	*14*
Saobraćaj	*1*	*155*	*32.507*	*172*	*1*	*1*	*3*	*30*	*6*	*15*	*13*
Kalesija	**1.083**	**203**	**74.132**	**2.750**	**4**	**1**	**466**	**149**	**4**	**147**	**133**
Stambeni	*1.069*	*84*	*48.410*	*2.605*	*3*	*0*	*0*	*103*	*0*	*134*	*122*
Javni sektor i ind.	*14*	*4*	*1.572*	*17*	*0*	*0*	*464*	*23*	*0*	*2*	*2*
Saobraćaj	*1*	*115*	*24.150*	*128*	*1*	*1*	*2*	*23*	*4*	*11*	*10*
Kladanj	**74**	**109**	**21.122**	**883**	**12**	**0**	**72**	**81**	**3**	**97**	**89**
Stambeni	*66*	*18*	*2.984*	*782*	*12*	*0*	*0*	*61*	*0*	*83*	*80*
Javni sektor i ind.	*8*	*10*	*938*	*10*	*0*	*0*	*70*	*4*	*0*	*7*	*2*
Saobraćaj	*0*	*82*	*17.200*	*91*	*1*	*0*	*1*	*16*	*3*	*8*	*7*
Lukavac	**5.085**	**2.182**	**1.038.739**	**3.961**	**60**	**1**	**680**	**280**	**6**	**631**	**250**
Stambeni	*1.291*	*103*	*58.136*	*3.242*	*5*	*0*	*0*	*133*	*0*	*174*	*158*
Javni sektor i ind.	*3.793*	*1.918*	*946.801*	*540*	*53*	*0*	*678*	*116*	*0*	*442*	*79*
Saobraćaj	*1*	*161*	*33.801*	*179*	*1*	*1*	*3*	*32*	*6*	*15*	*14*
Sapna	**87**	**78**	**17.022**	**804**	**10**	**0**	**1**	**67**	**2**	**80**	**78**
Stambeni	*82*	*17*	*4.010*	*733*	*10*	*0*	*0*	*55*	*0*	*74*	*72*
Javni sektor i ind.	*4*	*1*	*503*	*5*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*1*	*1*
Saobraćaj	*0*	*60*	*12.510*	*66*	*0*	*0*	*1*	*12*	*2*	*6*	*5*
Srebrenik	**1.120**	**255**	**81.377**	**3.188**	**10**	**1**	**584**	**195**	**5**	**343**	**200**
Stambeni	*1.097*	*92*	*49.601*	*2.968*	*9*	*0*	*0*	*132*	*0*	*173*	*160*
Javni sektor i ind.	*23*	*25*	*2.984*	*68*	*0*	*0*	*582*	*36*	*0*	*157*	*29*
Saobraćaj	*1*	*137*	*28.791*	*152*	*1*	*1*	*2*	*27*	*5*	*13*	*12*
Teočak	**202**	**40**	**14.137**	**543**	**1**	**0**	**63**	**30**	**1**	**31**	**28**
Stambeni	*199*	*16*	*8.970*	*514*	*1*	*0*	*0*	*22*	*0*	*29*	*26*
Javni sektor i ind.	*3*	*1*	*319*	*3*	*0*	*0*	*63*	*3*	*0*	*0*	*0*
Saobraćaj	*0*	*23*	*4.848*	*26*	*0*	*0*	*0*	*5*	*1*	*2*	*2*
Tuzla	**68.192**	**6.369**	**4.092.824**	**6.317**	**27**	**2**	**643**	**430**	**12**	**1.418**	**772**
Stambeni	*1.684*	*155*	*76.031*	*5.210*	*25*	*0*	*0*	*259*	*0*	*345*	*322*
Javni sektor i ind.	*66.506*	*5.881*	*3.947.053*	*738*	*0*	*0*	*638*	*106*	*0*	*1.042*	*422*
Saobraćaj	*2*	*333*	*69.740*	*369*	*2*	*2*	*5*	*65*	*12*	*31*	*28*
Živinice	**1.873**	**311**	**117.609**	**4.831**	**9**	**1**	**312**	**239**	**6**	**280**	**243**
Stambeni	*1.844*	*148*	*83.199*	*4.635*	*8*	*0*	*0*	*190*	*0*	*249*	*227*
Javni sektor i ind.	*28*	*10*	*2.291*	*26*	*0*	*0*	*309*	*19*	*0*	*17*	*4*
Saobraćaj	*1*	*153*	*32.119*	*170*	*1*	*1*	*2*	*30*	*6*	*14*	*13*
Tuzlanski kanton	**80.894**	**10.404**	**5.773.204**	**33.623**	**191**	**9**	**4.445**	**2.177**	**56**	**4.078**	**2.515**
Stambeni	*10.355*	*917*	*467.821*	*30.360*	*124*	*0*	*0*	*1.447*	*0*	*1.917*	*1.782*
Javni sektor i ind.	*70.531*	*7.924*	*4.977.796*	*1.530*	*57*	*0*	*4.420*	*424*	*0*	*2.013*	*601*
Saobraćaj	*8*	*1.563*	*327.587*	*1.734*	*10*	*9*	*25*	*306*	*56*	*148*	*132*



17

Marko Moldovan, dipl. oec.
Taurus KGV doo,
adresa: Tvornička 3
71210 Ilidža, Sarajevo
info@taurus.ba

Mjere za poboljšanje kvalitete zraka kroz tehnologiju grijanja- hlađenja

Measures to improve air quality trough heating - cooling technology

Sažetak: Kada govorimo o zagađenju zrak je najčešće zapostavljen. Ljudski organizam baš preko zraka najintenzivnije vrši izmjenjivanje materije sa okolinom. Pretpostavljamo da je uticaj kvalitete zraka na zdravlje puno veći nego što ga pokazuju studije. Glavni zagađivači zraka, pored industrijskih procesa, su promet i postrojenja za dobivanje energije, a ne smijemo zanemariti ni spaljivanje, odnosno prekomjernu sječu šuma. S obzirom da se naša firma bavi sa energetskim sistemima, najveću pažnju ćemo posvetiti mjerama u energetici sa kojima bi mogli doprinjeti poboljšanju kvalitete zraka. Te mjere su: optimizacija korištenja postojećih sistema, sanacija postojećih sistema i smjernice kod instalacije novih sistema.

Ključne riječi: *zdravlje, ušteda, energetska učinkovitost*

Abstract: When it comes to pollution, air is most often neglected. The human body through the air is most intensively involved in the exchange of matter with its environment. We assume that air quality has much greater effects on the health than studies have shown. The main air pollutants, besides industrial processes, are traffic and energy production facilities, and we should not neglect burning, or even excessive logging of forests. Since our company deals with energy systems, we will pay the utmost attention to energy measures that could contribute to the improvement of air quality. These measures are: optimization of use of existing systems, reparation of existing systems and guidelines for installation of new systems.

Key words: *health, savings, energy efficiency*



18

Mr. Federico Fontana
Aermec Export Sales Area Manager
Federico.fontana@aermec.com

Measures to improve air quality trough HVAC solutions

Abstract: The most part of the efforts made by the European Community in the last years is concentrated in the reduction and in the stabilization of greenhouse gas concentrations in the atmosphere at a level that would prevent dangerous interference with the climate system.
The emissions of CO_2 related to chiller and heat pumps operations are due to direct effect (connected with the possible emissions of refrigerant in atmosphere) and indirect effect (connected with production of the electric energy required by the equipment during its total life time).
Many actions have been made and will be performed in order to reduce direct effect (control and prevention of losses, use of new refrigerant with low GWP), but many and many efforts have to be done day by day in order to reduce indirect effect of HVAC in CO_2 emissions.
In this lecture we will presented the overview of the Aermec product range, new refrigerant trends and associated GWP, the ozone depletion issue and the importance of the TEWI index (TOTAL GLOBAL WARMING IMPACT). This should be used when designing systems in order to achieve low CO_2 emission and to promote low carbon footprint in the whole market.

Key words: *Greenhouse gasses, GWP, F-GAS, TEWI.*

Aermec: the company

Giordano Riello, Ettore's grandson, manufactured his first air conditioner in 1961, creating the Aermec brand in 1963. Aermec can be considered one of the first, if not the very first, air conditioning manufacturer in Europe.

From here the first to build split units in Europe; the move towards fan coils where Aermec is world leader; the expansion towards the full HVAC portfolio; the creation of Giordano Riello International Group.





Giordano Riello International Group

AERMEC

six international sales companies

eight manufacturing companies

over 1760 employees

capital expenditure 5,8%

group turnover (ag) €435m

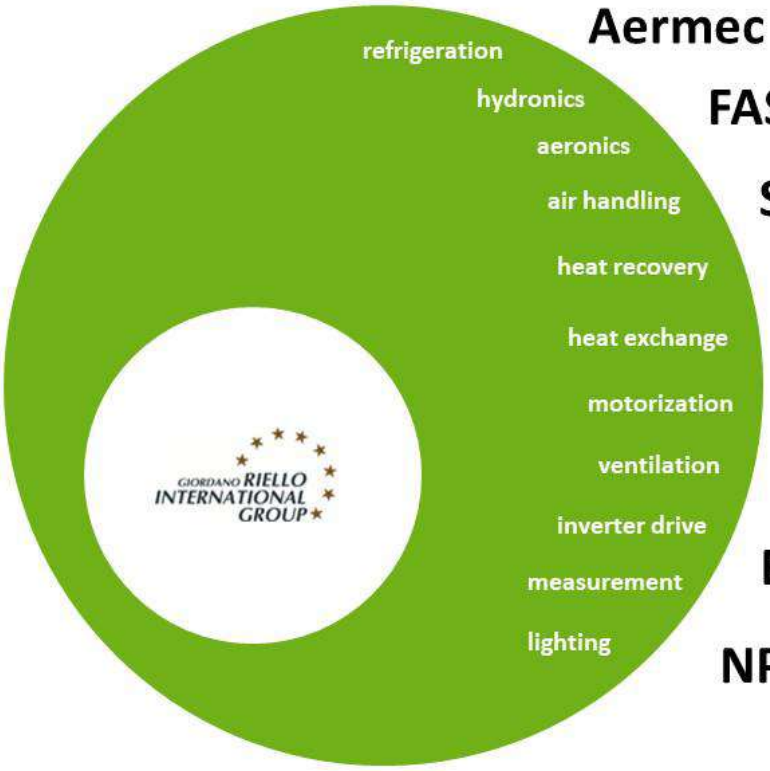
founded 1961

The Group companies

AERMEC

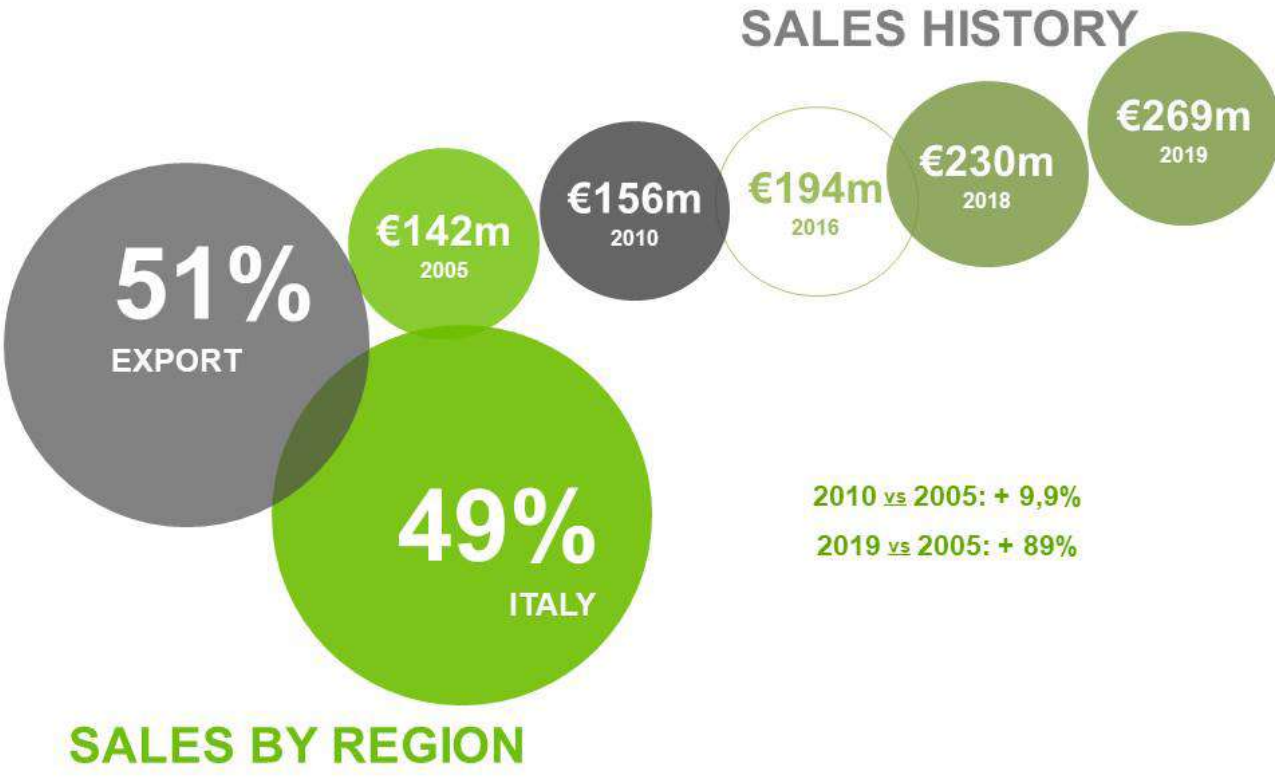
Aermec	FAST	Sierra	RPM Italy	RPM Hungaria	GR Elettroventilatori	Elettrotest	Nplus
							
Bevilacqua (Italy)	Montagnana (Italy)	Isola della Scala (Italy)	Badia Polesine (Italy)	Salgotarjan (Hungary)	Badia Polesine (Italy)	Badia Polesine (Italy)	Rovereto (Italy)
Full AC portfolio (hydronic, DX, AHU, heat recovery)	Air handling units, heat recovery units, rooftop units	Heat exchanger, dry coolers, condensers	Electrical motors, inverters	Electrical motors, inverters	Electrical fans for air conditioning	Test equipment, customer measurement services	Electronics board & Lighting
							

We govern our core technologies



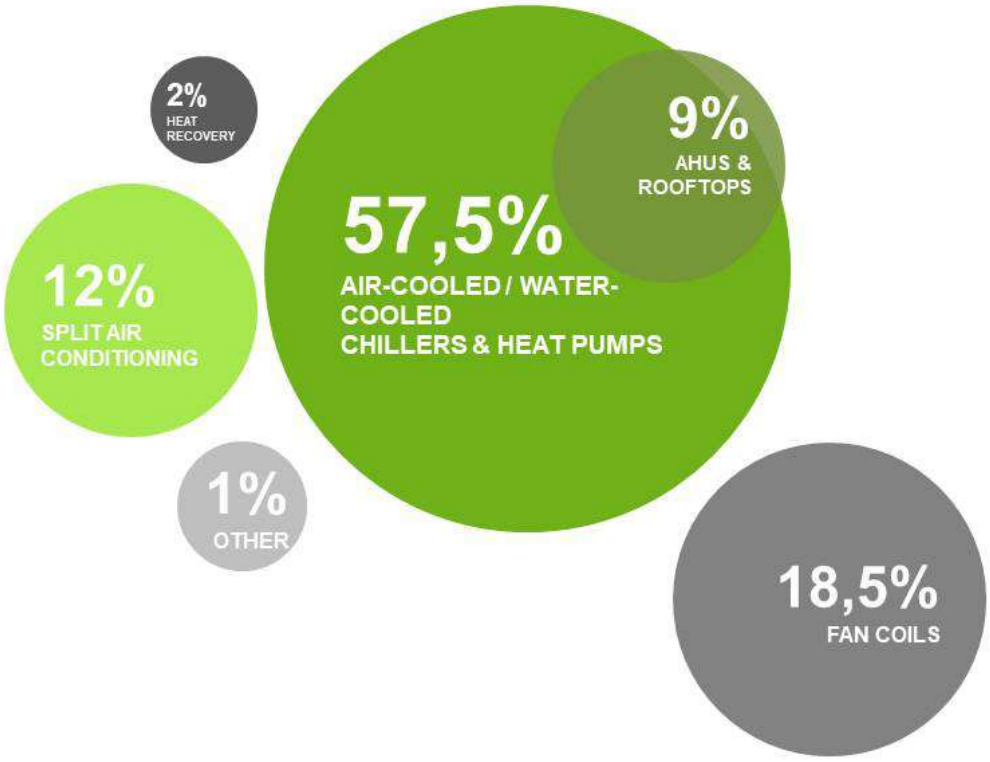
Aermec
FAST
Sierra
RPM Italy
RPM Hungaria
GR Elettroventilatori
Elettrotest
NPLUS

Aermec turnover



2010 vs 2005: + 9,9%
2019 vs 2005: + 89%

Sales by product type (2018 turnover)



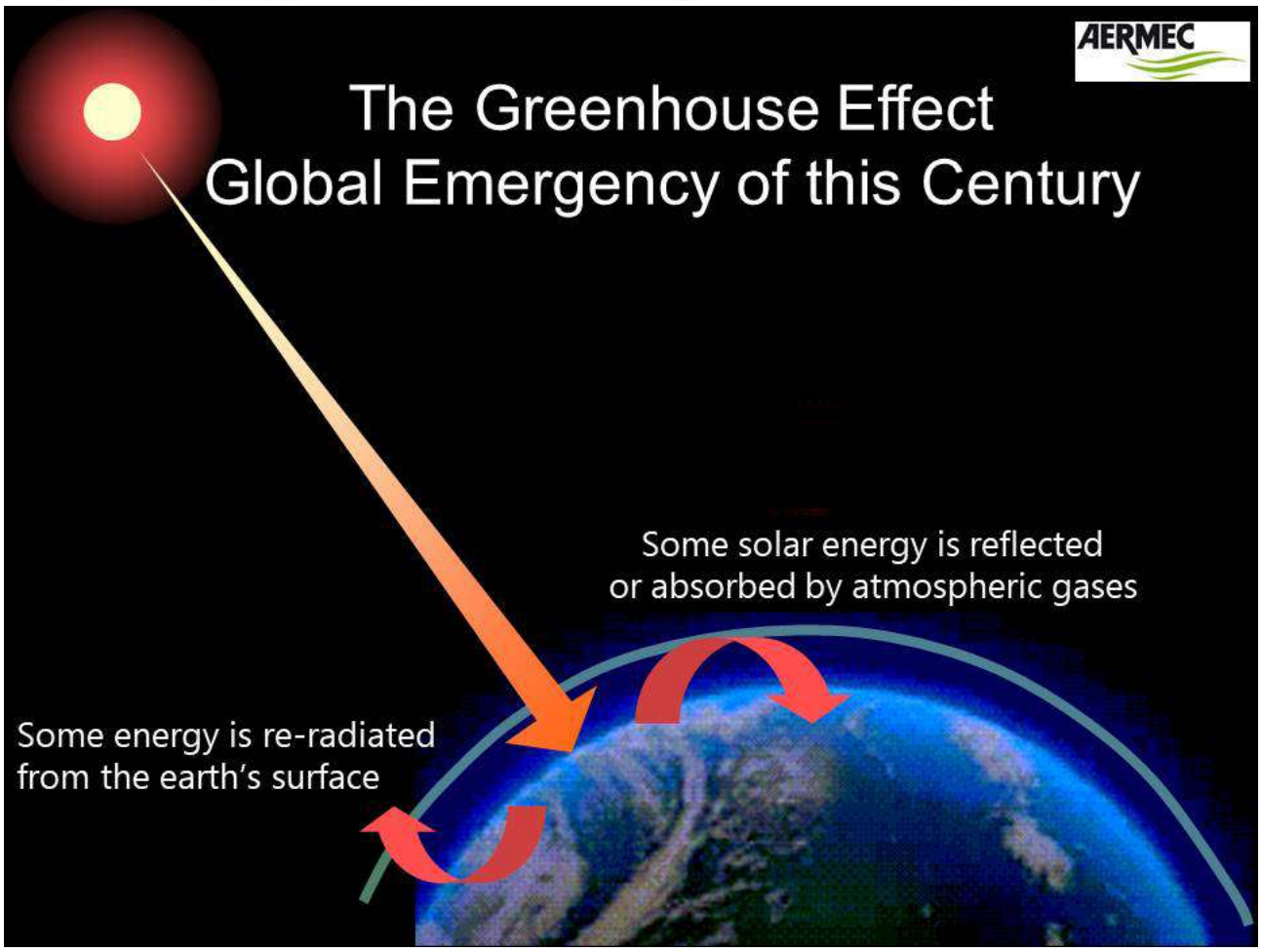
Reducing the carbon footprint



Prestigious references

AERMEC





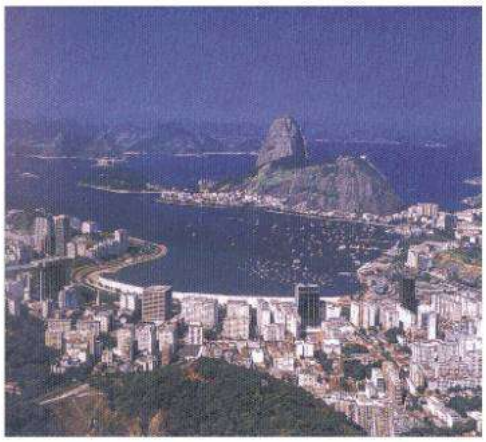
AERMEC

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE
Rio de Janeiro : June 1992
ARTICLE 2: OBJECTIVE

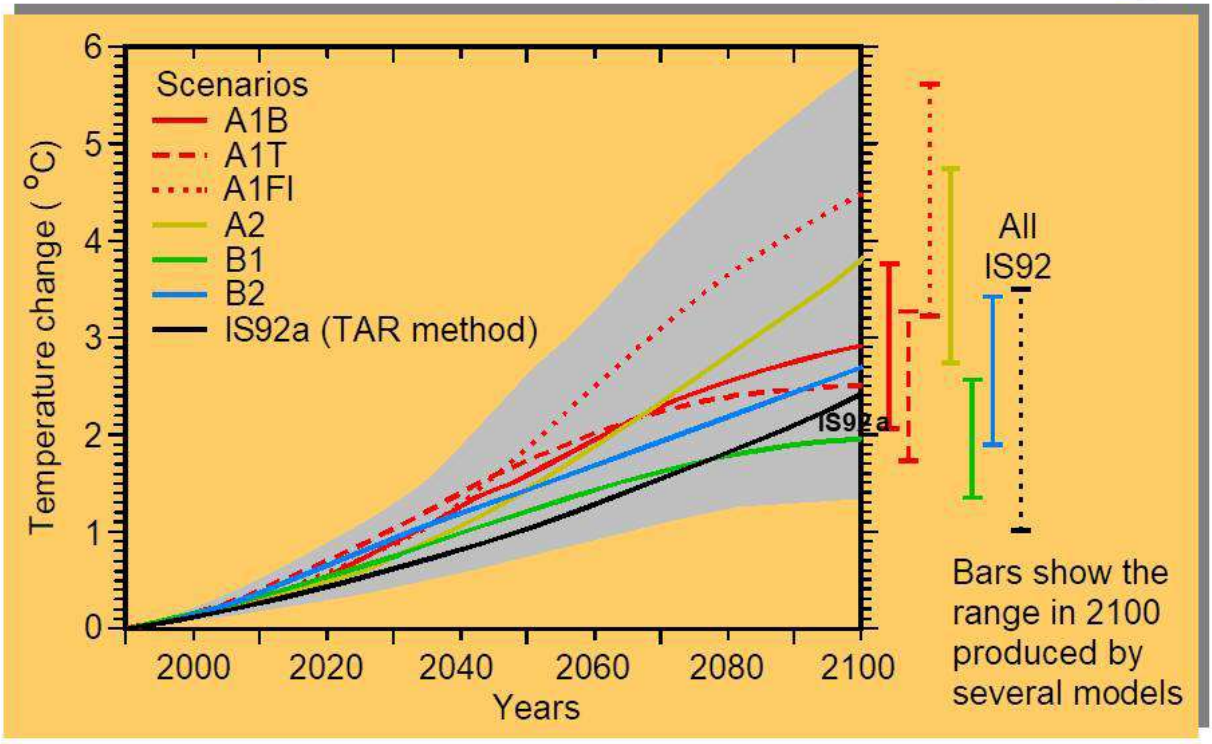
The ultimate objective of this Convention .... is to achieve, ... stabilization of greenhouse gas concentrations in the atmosphere at a level that would prevent dangerous anthropogenic interference with the climate system.

Such a level should be achieved within a time-frame sufficient :

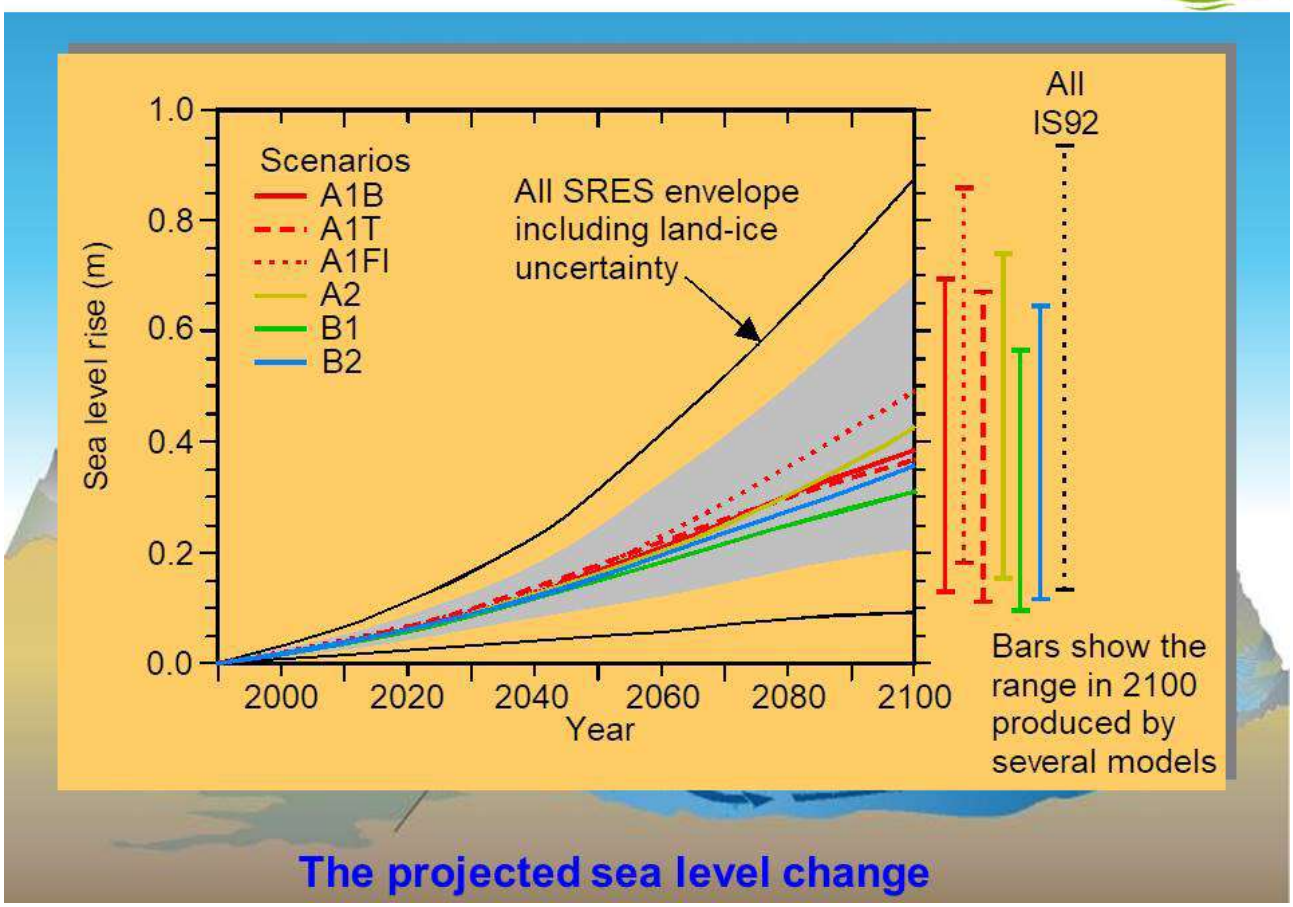
- to allow ecosystems to adapt naturally to climate change.
- to ensure that food production is not threatened, and
- to enable economic development to proceed in a sustainable manner.



AERMEC

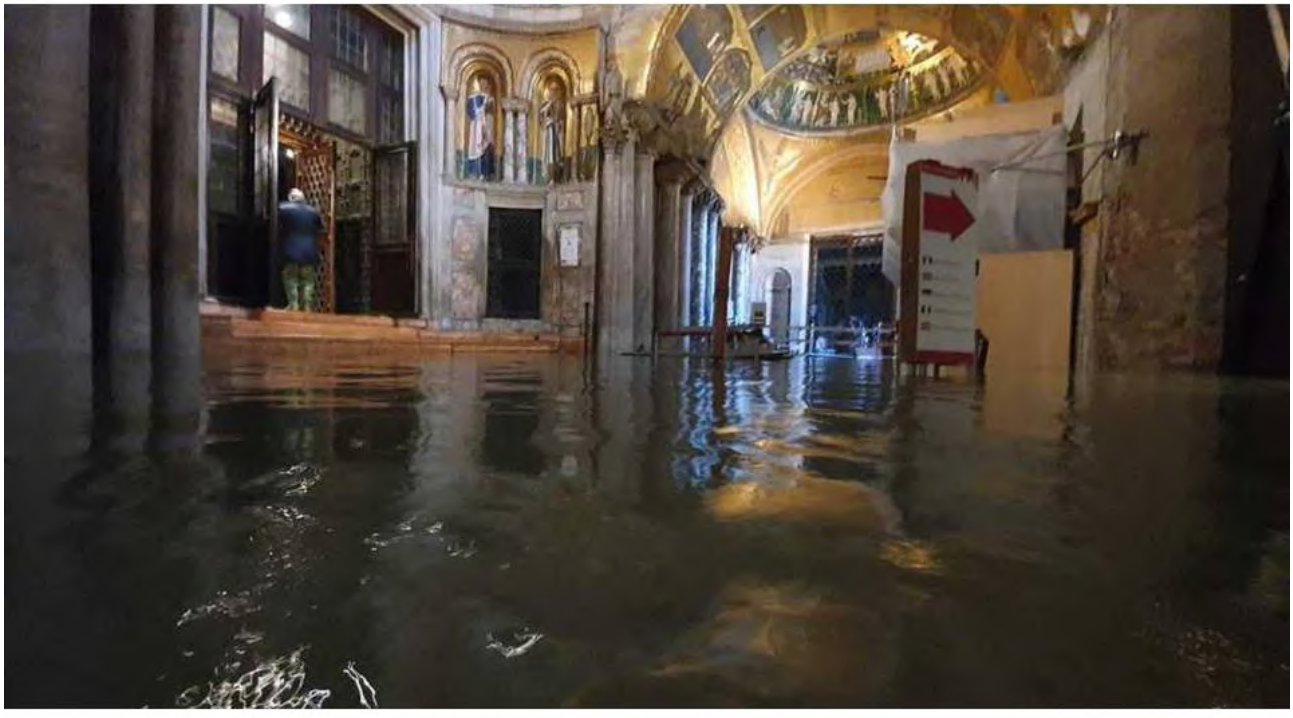


The change in temperature resulting from the SRES emission scenarios


Sea level rise (m)
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
Scenarios
A1B
A1T
A1FI
A2
B1
B2
All SRES envelope including land-ice uncertainty
All IS92
2000
2020
2040
2060
2080
2100
Year
Bars show the range in 2100 produced by several models
The projected sea level change



















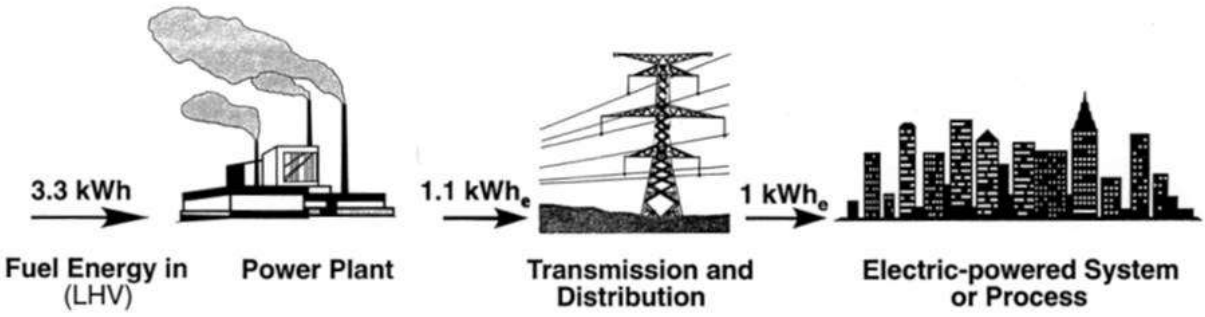



Energy, CO_2
& global warming
in refrigerating equipment

In most cases, refrigerating equipment is powered by electrical energy. Production of electrical energy by thermal power stations implies the rejection of CO_2 into the atmosphere.

1.12 kg CO_2 if coal
0.94 kg CO_2 if oil
0.57 kg CO_2 if natural gas
0.0 kg CO_2 if hydro or nuclear

} per 1 kWh of electricity delivered to end use



Thermal Equivalent assuming 33% plant efficiency

Additional factors to be considered when using refrigerants:

Annual rate of leakages: The mean value of annual refrigerant loss is (fonte EPA) 4%. This value is directly connected to the quantity of welding points and connection joints.

Losses during recovery: The mean value of losses calculated when trying to recover the refrigerant charge is 40% .

DIRECT EFFECT

Index GWP – Global Warming Potential

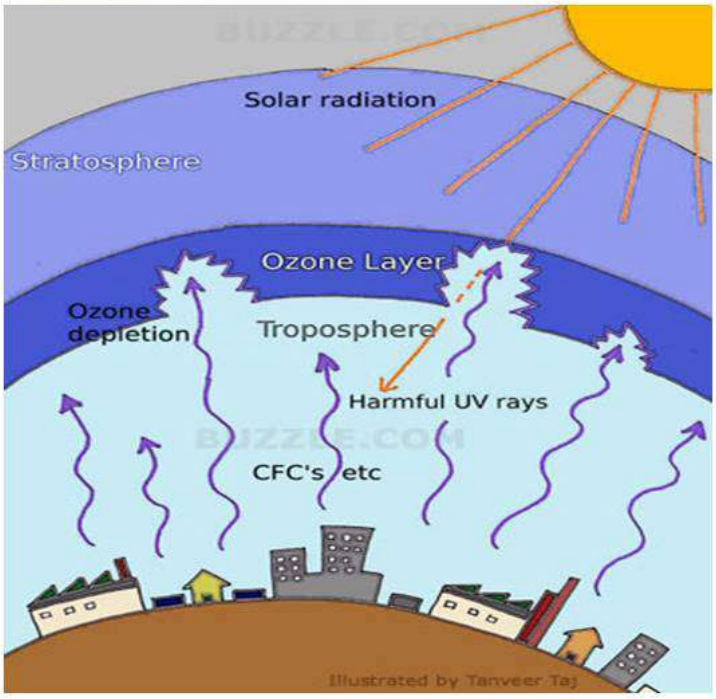
Estimated contribution to greenhouse effect when the gas is released in ambient

(IPCC), part of United Nations

Selected Refrigerant GWPs			
HFCs	SAR 1995	TAR 2000 Used by F-Gas	AR4 2007
HFC-32	650	550	675
HFC-134a	1300	1300	1430
R-407A	1770	1990	2107
R-407C	1526	1653	1774
R-404A	3260	3784	3922
R-410A	1725	1975	2088
R-507	3300	3850	3985
R-422D	2232	2623	2729
R-427A	1828	2013	2138
For comparison not covered by F-Gas or Kyoto			
HCFC-22	1500	1700	1810

Leaking 1 Kg Of R404A = Leaking 3922 kg Of CO_2

ODP – Ozone Depletion Potential



Evolution of refrigerants

REFRIGERANT	GWP	ODP
R-11	4000	1
R-12	2400	1
R-22	1700	0.05

HFC	GWP	ODP
HFC-134	1100	0
HFC-134a	1430	0
R-407C	1774	0
R-410A	2088	0
R-507	3985	0

AERMEC



FIRST GENERATION (1830 – 1930)

Whatever substance (obviously natural) could grant a result.

SECOND GENERATION (1931 – 1990)

Early-synthesized compounds with some natural substances

CFC, HCFC, HFC, NH_3, R22,R11,R12

THIRD GENERATION (1990 – 2010)

Montreal Protocol

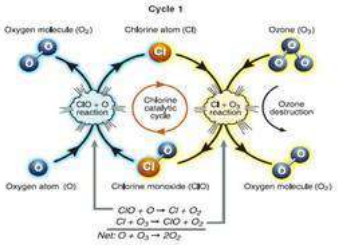
Safeguard of the Ozone Layer.

Additional synthesized compounds & reconsideration of some natural fluids

HFC, NH_3, H_2O, HC, CO_2 ,R134a,R410a…

FOURTH GENERATION (2010 - ?)

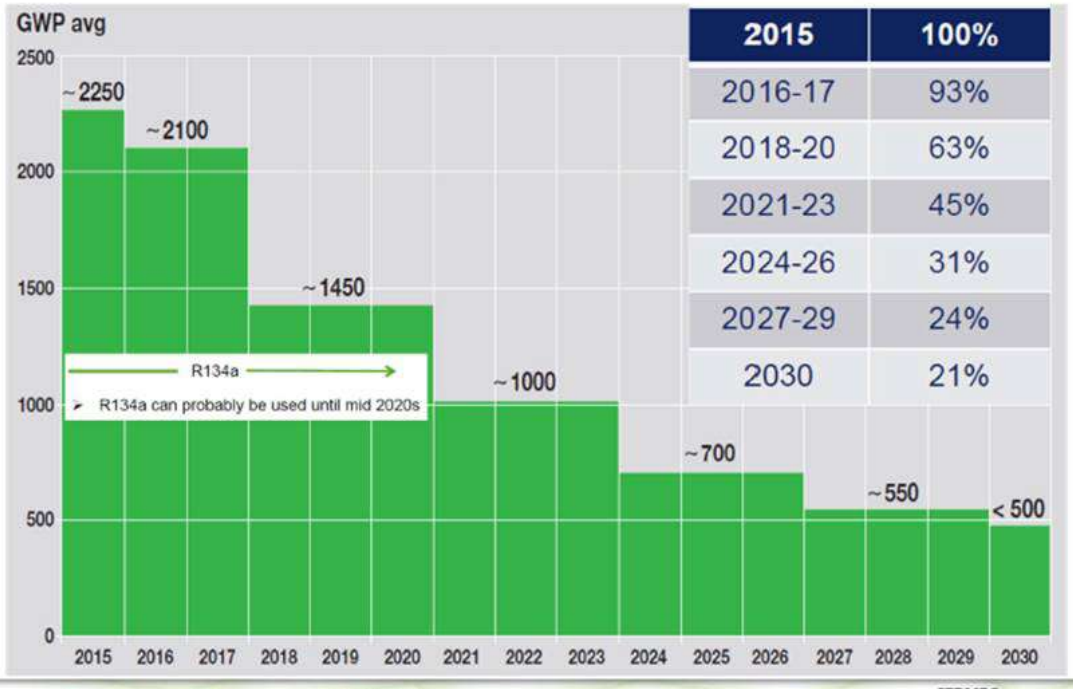
Kyoto Protocol, EU F-gas Regulation …HFO, HFA, HCFO, HFC, NH3, H2O, HC, CO2, Kyoto Protocol, EU F-gas Regulation



29

AERMEC

F-GAS REGULATION - REFRIGERANT PHASE DOWN



2015	100%
2016-17	93%
2018-20	63%
2021-23	45%
2024-26	31%
2027-29	24%
2030	21%

Bitzer (Report Rottenburg 23/04/2014)

AERMEC

AERMEC

ATTUALI ALTERNATIVE AL REFRIGERANTE R134a

	Refrigerant type	Composition (Formula)	GWP (100a, IPCC IV) [CO_2 = 1,0]	Safety group
Currently (HFC)	R134a	CF_3CH_2F	1430	A1
Transition alternatives (HFC/HFO)	R513A (XP10)	R1234yf/R134a	631	A1
	R450A (N-13)	R1234ze(E)/R134a	601	A1
Long-term alternatives (HFO)	R1234yf	$CF_3CF=CH_2$	4	A2L
	R1234ze(E)	$CF_3CH=CHF$	7	A2L

Al momento, il panorama dei fluidi candidati a sostuire il R410A sono prevalentemente di classe A2L (es. R32)

AERMEC

AERMEC

Global warming impact of refrigerating equipment





Direct effect: the chemical anthropogenic effect consequent to the emission of greenhouse products (refrigerants) to the atmosphere.





Indirect effect: the emission of CO_2 consequent to the production of the electric energy required by the equipment during its total life time.

Combining together these two effect (direct and indirect) the ***Total Global Warming Impact*** can be obtained:

$$TEWI = M \cdot GWP + \alpha_{CO2} \cdot E$$

M: total mass of refrigerant released during the lifetime of equipment, kg

GWP: Greenhouse Warming Potential of refrigerant with respect to CO_2, kg_{CO2}/kg_{fluid}

α_{CO2}: CO_2 emission from electricity generation, kg_{CO2}/kWh

E: total electric energy consumption of equipment in its lifetime, kWh

According to the UNEP document 'The Importance of Energy Efficiency in the Refrigeration, Air –Conditioning and Heat Pump (RACHP) Sector:

- ***RACHP equipment at present represents between 25% and 30% of the global consumption of electricity.***
- ***Increasing average global temperatures due to climate change, economic growth and urbanization are widely expected to lead to a greater demand for cooling. Additional factors driving this growth are: i- wider use of air - conditioning in homes, in the workplace and in cars; ii- the strengthening of the cold chain to reduce food waste; iii- increased use of heat pumps to reduce GHG emissions from heating systems.***
- ***The lion's share of this growth will be in emerging economies / developing countries.***

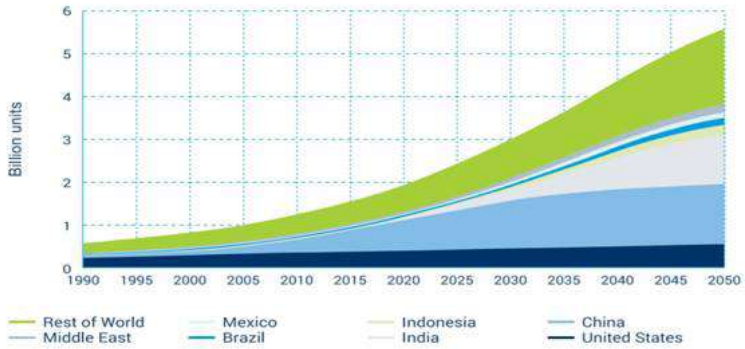


Figure 1: Project growth of global air conditioner stock between 2015 and 2050 (Source: IEA)

- ***the number of air conditioners in use globally will increase from 1.5 billion to 5.5 billion units between 2015 and 2050 (IEA)***

Ashrae Doha Conference 2019 33



AERMEC

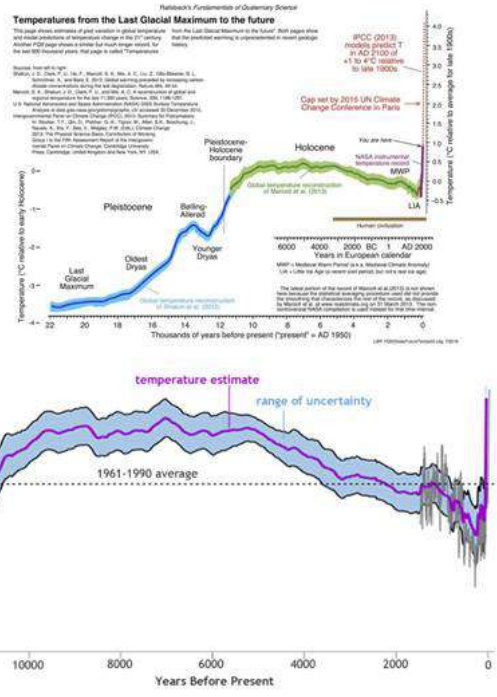
- The ***DIRECT*** and ***INDIRECT*** effects must be added together to compute the *TEWI* index.

$$TEWI = m \cdot GWP + \alpha_{CO2} \cdot T \cdot e$$

- *m:* total mass of refrigerant leaked into the atmosphere during system's lifetime
- *GWP:* global warming potential of the refrigerant with respect to CO_2;
- α_{CO2}: mass of CO_2 emitted into the atmosphere per unit electric energy reaching the final user;
- *T:* useful life-time of system;
- *e:* mean electric energy used in unit of time.

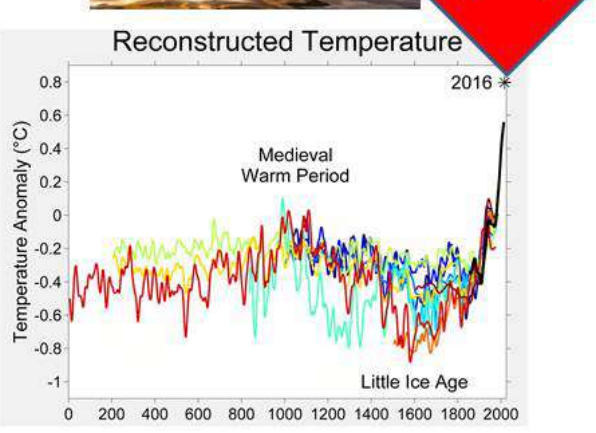
CO_2 EMISSION FROM ELECTRICITY PRODUCTION [kg_{CO2}/kWh_{el}]
*2014 DATA**
Argentina 0.394 kg_{CO2}/kWh_{el}
Austria 0.151
Brasil 0.160
France 0.041
Germany 0.474
Italy 0.331
Slovenia 0.226
Spain 0.255
Sweden 0.011
United Kingdom 0.413
OECD Europe 0.311
Australia 0.735
Botswana 1.587
China (PRoC) 0.680
Cuba 0.770
Japan 0.556
New Zeland 0.131
South Africa 1.009
USA 0.486
WORLD 0.519
**Source: IEA Statistics 2017*

AERMEC



RECONSTRUCTION OF MEAN GLOBAL TEMPERATURE IN THE PAST







19

Prof.dr. Husika Azrudin
Mašinski fakultet Sarajevo
husika@mef.unsa.ba

Model poboljšanja energetske efikasnosti u zgradarstvu na području Kantona Sarajevo

Model for energy efficiency improvement in buildings in Sarajevo Canton

Sažetak: Vlada Kantona Sarajevo je krajem 2018. godine usvojila Model poboljšanja energetske efikasnosti u zgradarstvu na području Kantona Sarajevo u funkciji povećanja broja korisnika (omasovljenje), skraćeno nazvan Model EE. Model je razvijen od strane Sarajevske razvojne agencije (SERDA). Primarni cilj Modela EE je smanjenje troškova za grijanje stambenih i javnih zgrada što će imati za rezultat manje zagađivanje zraka i bolji komfor za korisnike. Pored ovog primarnog cilja, implementacija Modela EE će dovesti do povećanje privrednih aktivnosti u KS (zapošljavanje), urbanističke ujednačenosti i ljepše slike Kantona, te više vrijednosti nekretnina. Osnovni princip na kojem se bazira Model EE je otplata troškova mjera energijske efikasnosti (EE) iz postignutih ušteda što znači da za vlasnike zgrada na kojima se provode mjere energetske efikasnosti nema povećanja troškova zbog ulaganja u mjere EE. Modelom su obuhvaćene zgrade kolektivnog stanovanja i individualne stambene zgrade na području KS, kao i javne zgrade u nadležnosti Kantona, Grada i općina. Korisnici Modela – vlasnici i/ili korisnici stambenih zgrada dobijaju 45% bespovratnih sredstava za troškove provođenja mjera EE, besplatan energijski pregled i projekat za mjere EE, nadzor nad izvođenjem i subvencioniranu kamatnu stopu u slučaju da vlasnik preostalih 55% sredstava finansira iz kredita. Plan je da se Modelom godišnje obuhvati 100 individualnih stambenih zgrada i 1.000 stanova u zgradama kolektivnog stanovanja. To bi generisalo ulaganja od oko 5 miliona KM godišnje i smanjenje potrošnje energije od oko 4.200 MWh godišnje što je ekvivalent od oko 1.200 tona uglja ili oko 2.000 m3 ogrijevnog drveta. Model će se implementirati narednih 10 godina.
Ministarstvo prostornog uređenja, građenja i zaštite okoliša KS je potpisalo ugovor sa SERDA-om o implementaciji Modela. Ministarstvo je imenovalo Radnu grupu za provođenje Modela. U martu i aprilu 2019. godine objavljen je prvi poziv za korisnike. Interes je veoma veliki o čemu govori da je ispravnu aplikaciju podnijelo 99 zgrada kolektivnog stanovanja i skoro 200 vlasnika individualnih stambenih zgrada. Od početka decembra 2019. godine provode se detaljni energetski auditi, nakon čega će uslijediti poziv za izvođače radova koji će provoditi Kantonalni stambeni fond.

Ključne riječi: *model energijske efikasnosti, stambene zgrade, kvalitet zraka*

Abstract: At the end of 2018, the Government of Sarajevo Canton has adopted Model of Energy Efficiency Improvement in Buildings in Sarajevo Canton in function of increasing the number of users (massively), abbreviated as Model EE. The model was developed by Sarajevo Development Agency (SERDA). The primary objective of Model EE is to reduce the cost of heating of residential and public buildings, resulting in less air pollution and better comfort for users. In addition to the primary objective, the implementation of the EE Model will lead to an increase in economic activity in KS (employment), urban uniformity and a better image of the Canton, and more real estate values. The basic principle on which the EE Model is based is the payment of costs of energy efficiency measures from the savings achieved, meaning that there is no cost increase for owners of buildings where energy efficiency measures are implemented due to investing in EE measures. The model covers collective housing buildings and individual residential buildings in the KS, as well as public buildings under the jurisdiction of the Cantons, the City and municipalities. Model users - owners and/or users of residential buildings receive 45% of the grant for the cost of implementing EE measures, energy audit and design for EE measures, performance monitoring and a subsidized interest rate if the owner finances the remaining 55% from a loan. The plan is to include 100 individual residential buildings and 1,000 dwellings in collective housing buildings by the Model each year. This would generate investments of around 5 million KM per year and a reduction in energy consumption of about 4,200 MWh annually, which is equivalent to about 1,200 tonnes of coal or about 2,000 m3 of firewood. The model will be implemented over the next 10 years.
The Ministry of Physical Planning, Construction and Environment of KS signed an agreement with SERDA on the implementation of the Model. The Ministry has appointed Task Force for the Model implementation. In March and April 2019, the first call was announced. The interest was very high, which indicates that the correct application was submitted by 99 collective housing buildings and almost 200 houses. Since the beginning of December 2019, detailed energy audits have been carried out, followed by a call for implementation of EE measures to be conducted by the Cantonal Housing Fund.

Key words: *model of energy efficiency, residential buildings, air quality*

20

Jasmin Burzić, dipl.ing.
Edeco group d.o.o. Sarajevo
Bulevar Meše Selimovića 81 A
71 000 Sarajevo
jburzic@yahoo.com

Meho Zatega, dipl.ing.
Daikin Hrvatska d.o.o. Strojarska 20
10 000 Zagreb, Hrvatska
zatega.m@daikin.hr

Poboljšanje kvaliteta zraka korištenjem toplotnih pumpi
Improving air quality by using heat pumps

Sažetak: Bilo da se radi o zamjeni starog sistema za grijanje, hlađenje i pripremu potrošne tople vode ili o izgradnji novog sistema pravi je trenutak da se umanji utjecaj na okolinu izborom ekološkog, energetski efikasnog riješenja. Obnovljivi izvori energije, kao što su zrak, zemlja sunčeva energija su mnogo efikasniji od tradicionalnih izvora energije kao što su ugalj, drvo ulje ili električna energija. Bilo da je potreban potpuno održivi sistem, hibridni ili tradicionalni, rješenja bazirana na toplotnim pumpama imaju široki opseg rješenja koja će sniziti troškove energije i doprinijeti zaštiti okoline. Sa ciljem dostizanja isporuke enrgije iz obnovljivih izvora od 15 % ukupnih potreba do 2020, sa ciljem reduciranja emisije CO_2 za 48 % do 2020 (u usporedbi sa nivoom iz 1990), sa ciljem promoviranja šire upotrebe električne energije u odnosu na plin na tržištu rezidencijalnog grijanja , u partnerstvu sa Department for Business, Energy & Industrial Strategy (BEIS) of United Kingdom, Greater Manchester Combined Authority DAIKIN je instalirao 540 „DR ready toplotnih pumpi u periodu od dvije godine u regipnu Manchestera. Rezultati projekta su izneseni u ovom radu.

Ključne riječi: *toplotna pumpa, obnovljivi izvori energije, uticaj na okolinu*

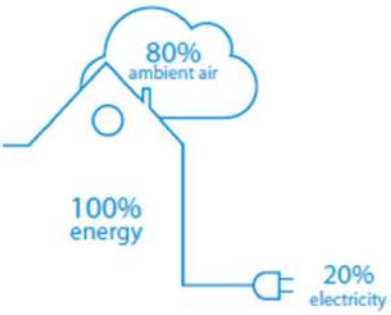
Abstract: Replacing an old heating, cooling or hot water system or building the new one, is the perfect moment to decrease environmental impact by choosing an eco-friendly, energy efficient solution. Renewable energy sources, such as the air, ground and solar, are much more efficient than traditional energy sources, such as coal, wood, gas, oil and pure electricity. Whether if it is needed a fully sustainable, hybrid or traditional solution, heat pumps based solution have a range of solutions that cut energy costs and benefit the environment. With the aim to supply 15% of its energy demand with renewable energy sources by 2020 and to support penetration of heat pumps, with the aim reduce CO2 emissions by 48% by 2020, (compared to 1990 level), aim to Promote Energy shift from Gas to Electricity in the Residential Heating Market in a partnership of Department for Business, Energy & Industrial Strategy (BEIS) of United Kingdom, Greater Manchester Combined Authority DAIKIN installed 540 “DR ready” Heat pumps in two years in the region of Manchester. Results are shown in this work.

Key words: *heat pump, renewable energy, environmental impact*

Heat pumps,

the solution for those with an eye to the future

A heat pump is a system designed to extract and transport heat, allowing you to maintain constant indoor temperature all year round.
For complete comfort, units can also provide you hot water.



A renewable resource

Heat pumps extract heat from the outside air, even in cold weather. They use an electrically powered compressor and are extremely effective at heating a flat or a house. Heat pumps are silent and discreet, and use state-of-theart technology to keep your energy bills as low as possible. With a heat pump, 80% of the energy used to heat your home comes from the outside air, a free and infinitely renewable resource! For cooling, the system is reversed, extracting heat from the indoor air.

1

From renewable to combustion technologies

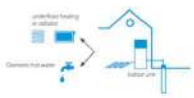
1. Air to air heat pump
An air to air heat pump extracts the heat from the outside air and then releases it as warm air inside your living space. During summer, this process is reversed: the heat indoors is removed and transported outdoors. This system guarantees you a constant temperature all year round.



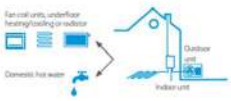
2. Air to water heat pump
An air to water heat pump also extracts heat from the outside air. This system tranfers the heat indoors through a water circuit. An air to water heat pump can also meet your domestic hot water needs and, if needed, can provide pleasant coolness in the summer. This system offers a stable room temperature all year round.



3. Ground to water - geothermal heat pump
A ground to water heat pump extracts heat from the ground. The principle behind geothermal heating is extracting heat from the ground and converting it to the heat we use for heating a home. The advantage of geothermal heating is that the energy extracted does not depend on the sun or wind, and that it is the most constant.



4. Hybrid heat pump
A hybrid heat pump combines air to water heat pump technology with gas condensing technology by searching for the most economical condition depending on the specific operation conditions.



1. Heating
In winter, the refrigerant circulating in the system captures heat from the outside air and releases it indoors in the form of gentle warming.

2. Hot water for domestic use
Some heat pumps, such as Daikin Altherma, also allow you to enjoy the year-round benefits of hot water for your entire household!

3. Cooling
During the summer, the system is reversible: the refrigerant in the circuit absorbs heat from a room and vents it outdoors.

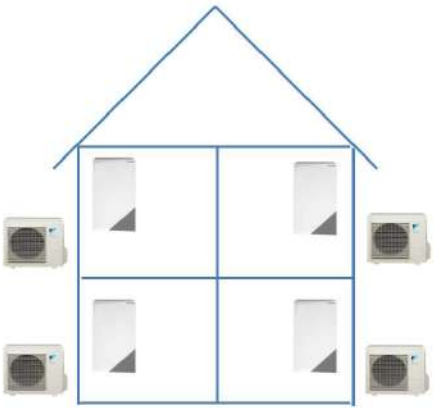
4. Connectivity
Always in control, control your climate from any place, at any time with your smartphone.

Heat pumps are

a perfect fit for residential application



Suitable for single homes...



and for multiple homes / apartments

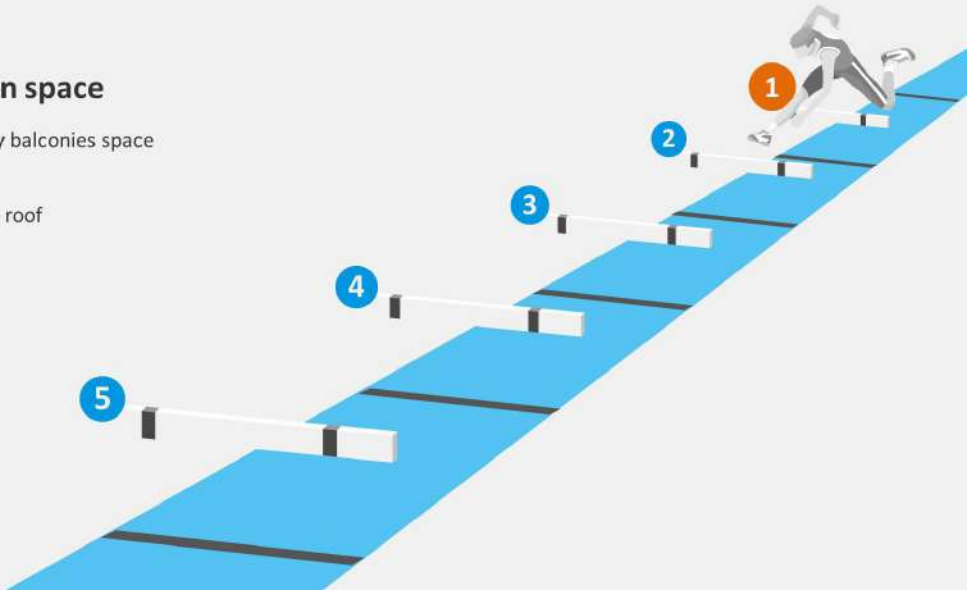


Practical concerns

Limited installation space

Reluctance to occupy balconies space

Limited space on the roof

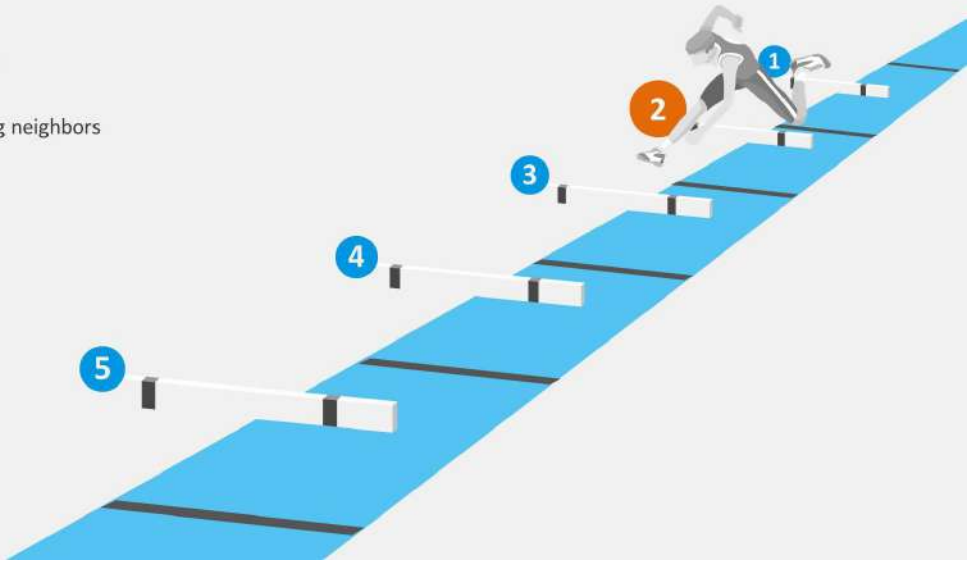


5

Practical concerns

Sound restrictions

to avoid disturbing neighbors



6

Practical concerns

Large DHW demand

From single family house to multi family house

Space heating demand

DHW demand



7

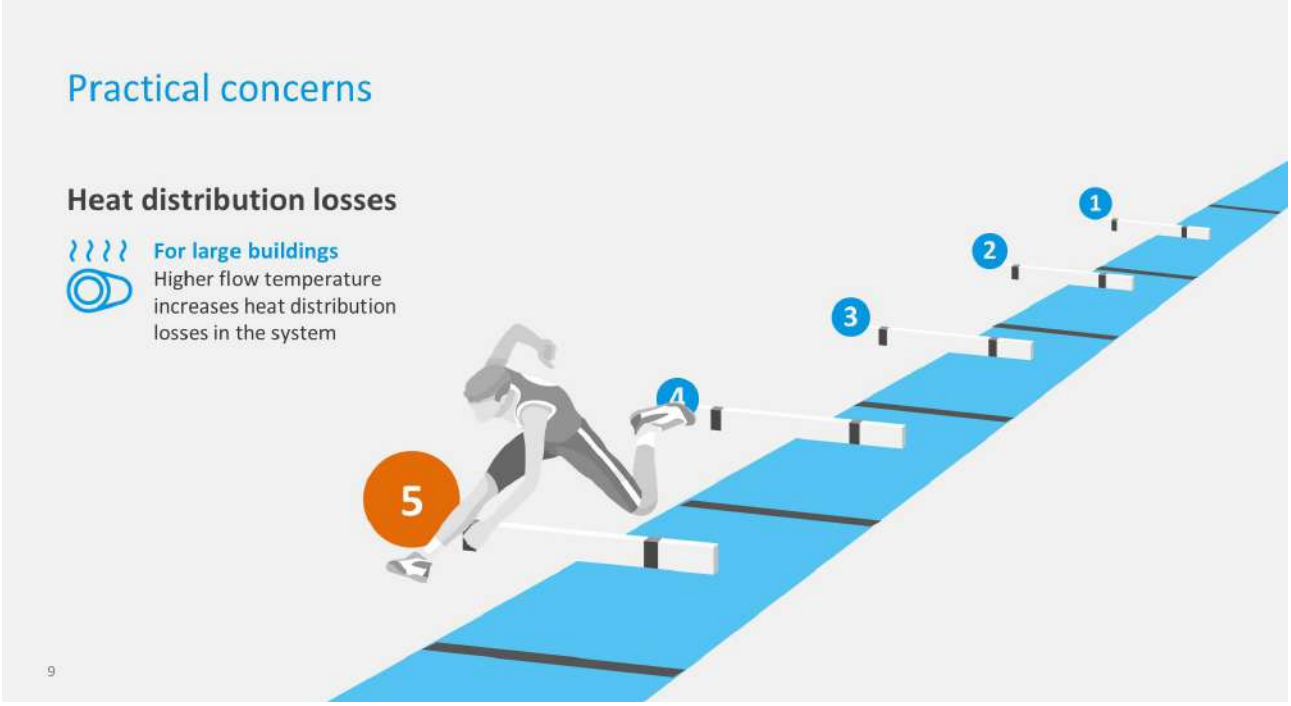
Practical concerns

60°C tapping water

To cope with regulation



8


Practical concerns
Heat distribution losses
For large buildings
Higher flow temperature
increases heat distribution
losses in the system
1
2
3
4
5
9


2 unique renewable
solutions for collective
applications

2 unique renewable solutions for collective applications

1 Small Collective Application
HP modular concept

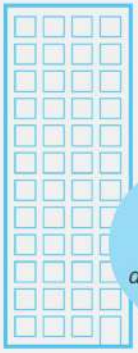
Scalable air source HP
- 70°C LWT
- R32
- TOP efficiency

...up to 10 apartments



2 Large Collective Application
Cascade Heat Pump solution

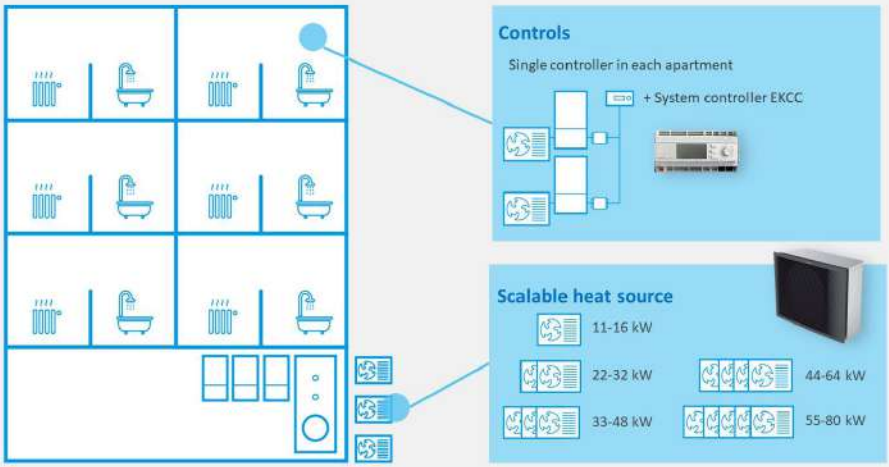
Cascade of 2 HP systems
- Central loop (low temperature)
- De-central loop (high temperature)



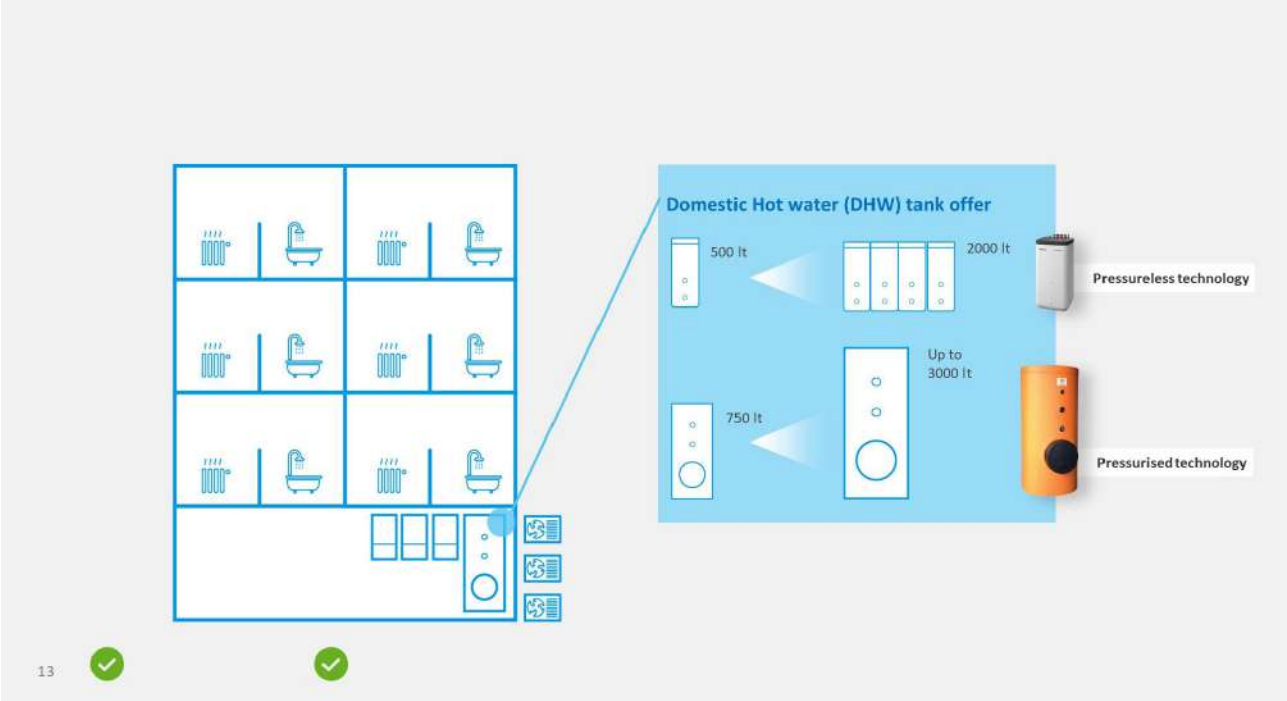
...up to 1000 apartments



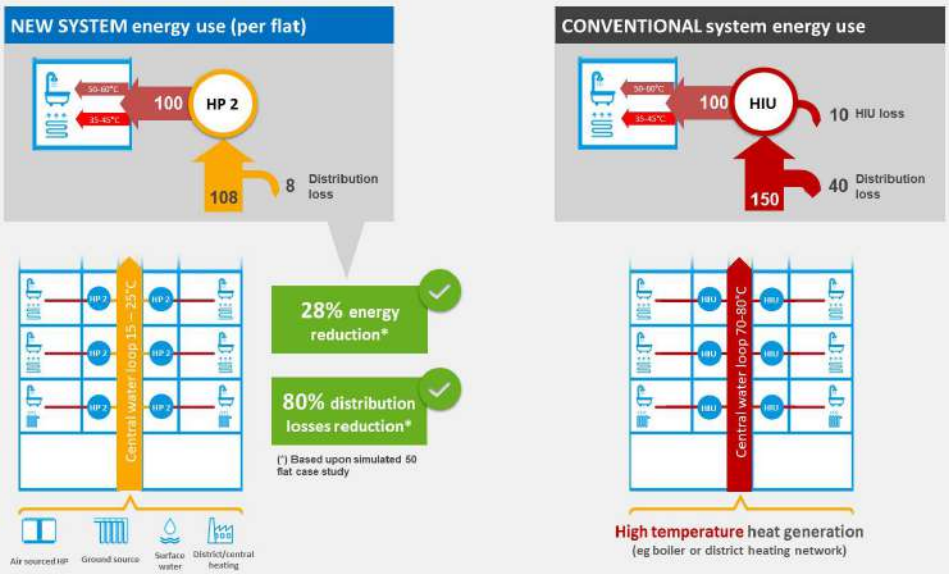
11



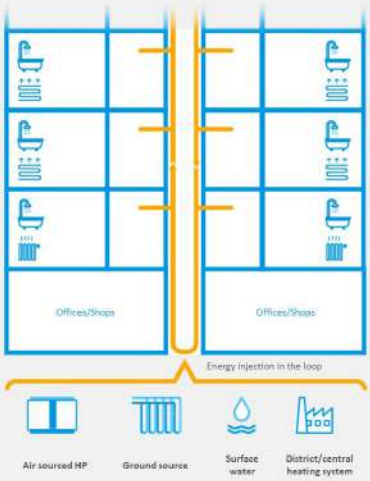
12


Domestic Hot water (DHW) tank offer
500 lt
2000 lt
Pressureless technology
Up to
3000 lt
750 lt
Pressurised technology
13

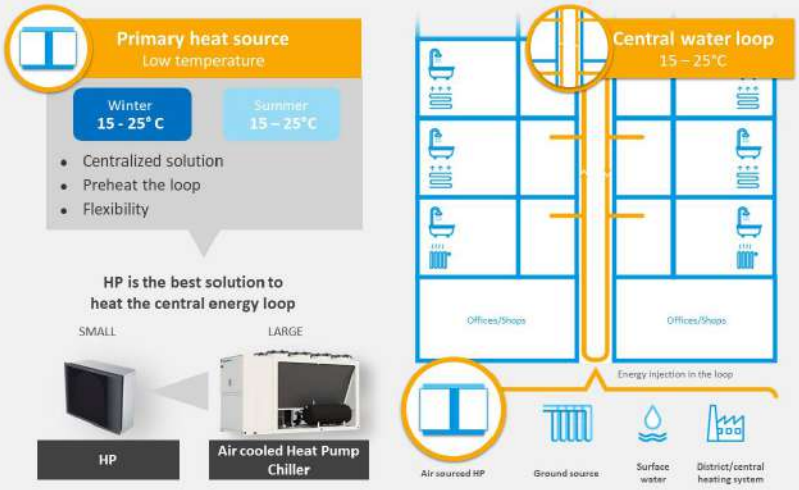

2
Large Collective Application
Cascade Heat Pump solution


NEW SYSTEM energy use (per flat)
50-60°C
35-45°C
100
HP 2
108
8
Distribution loss
28% energy reduction*
80% distribution losses reduction*
(*) Based upon simulated 50 flat case study
Central water loop 15 – 25°C
Air sourced HP
Ground source
Surface water
District/central heating
CONVENTIONAL system energy use
100
HIU
10
HIU loss
150
40
Distribution loss
Central water loop 70-80°C
High temperature heat generation
(eg boiler or district heating network)

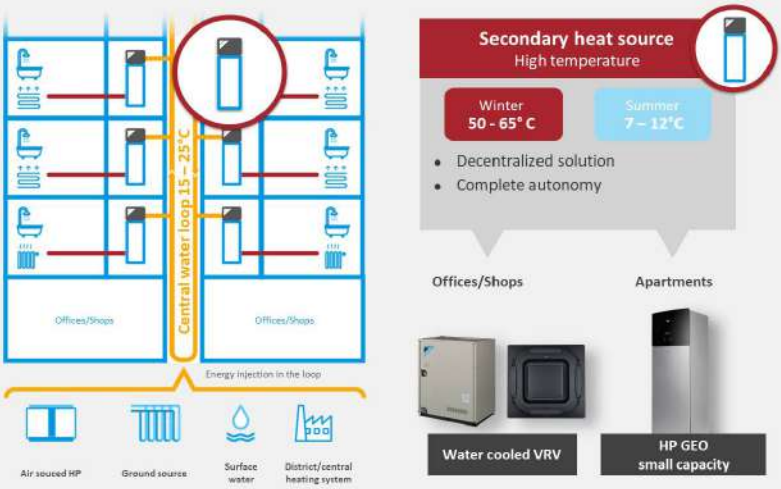
15


Offices/Shops
Offices/Shops
Energy injection in the loop
Air sourced HP
Ground source
Surface water
District/central heating system

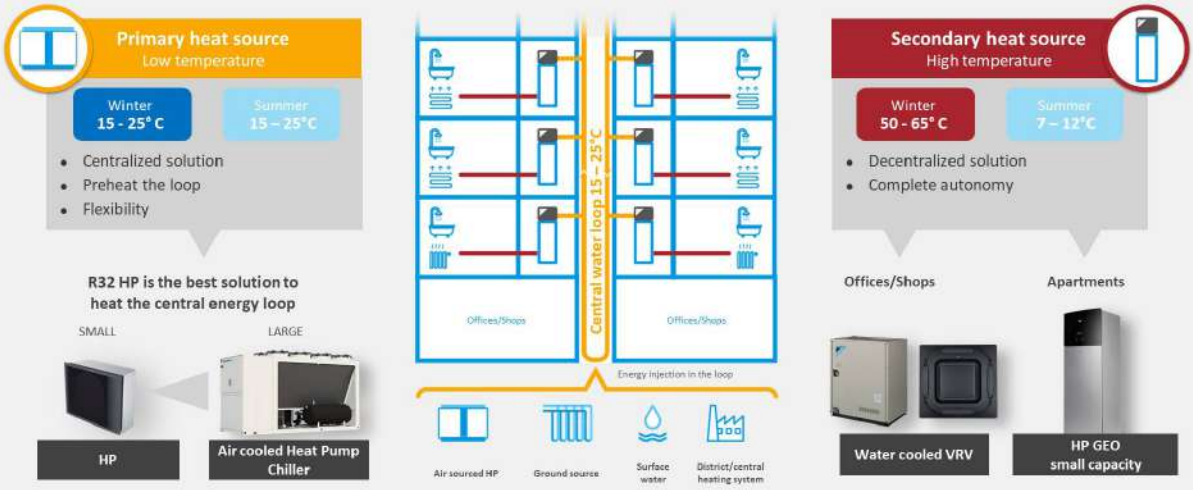
16

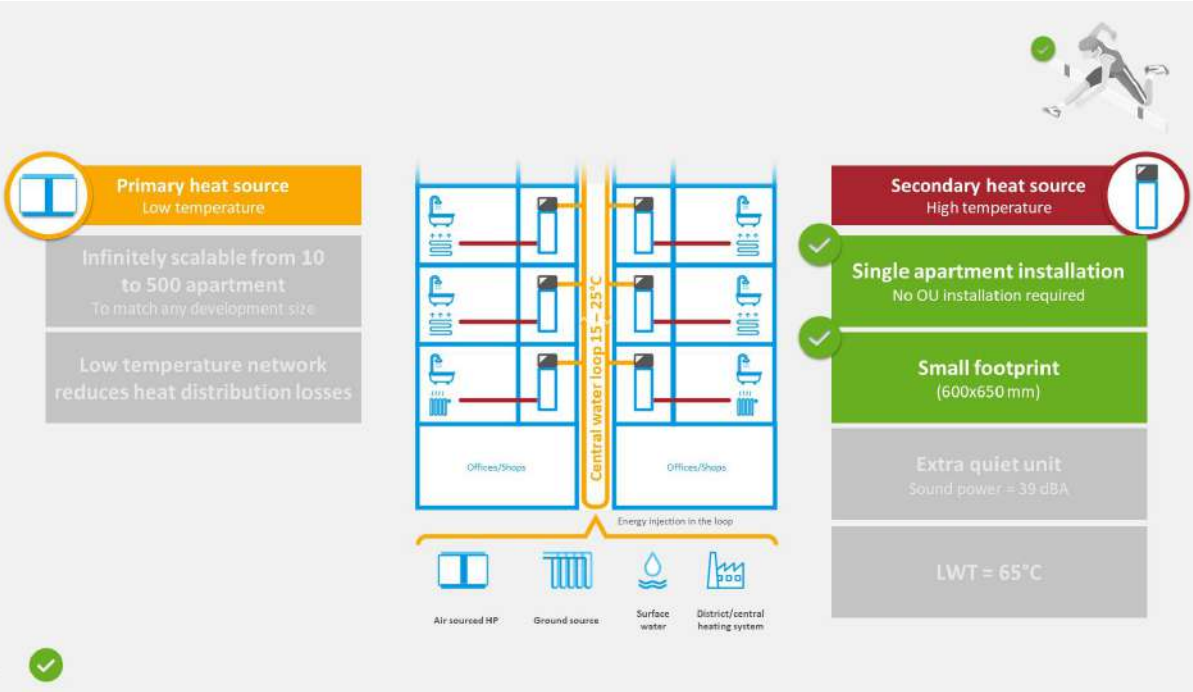

Primary heat source
Low temperature
Winter
15 - 25° C
Summer
15 – 25°C
Centralized solution
Preheat the loop
Flexibility
HP is the best solution to
heat the central energy loop
SMALL
LARGE
HP
Air cooled Heat Pump
Chiller
Central water loop
15 – 25°C
Offices/Shops
Offices/Shops
Energy injection in the loop
Air sourced HP
Ground source
Surface
water
District/central
heating system

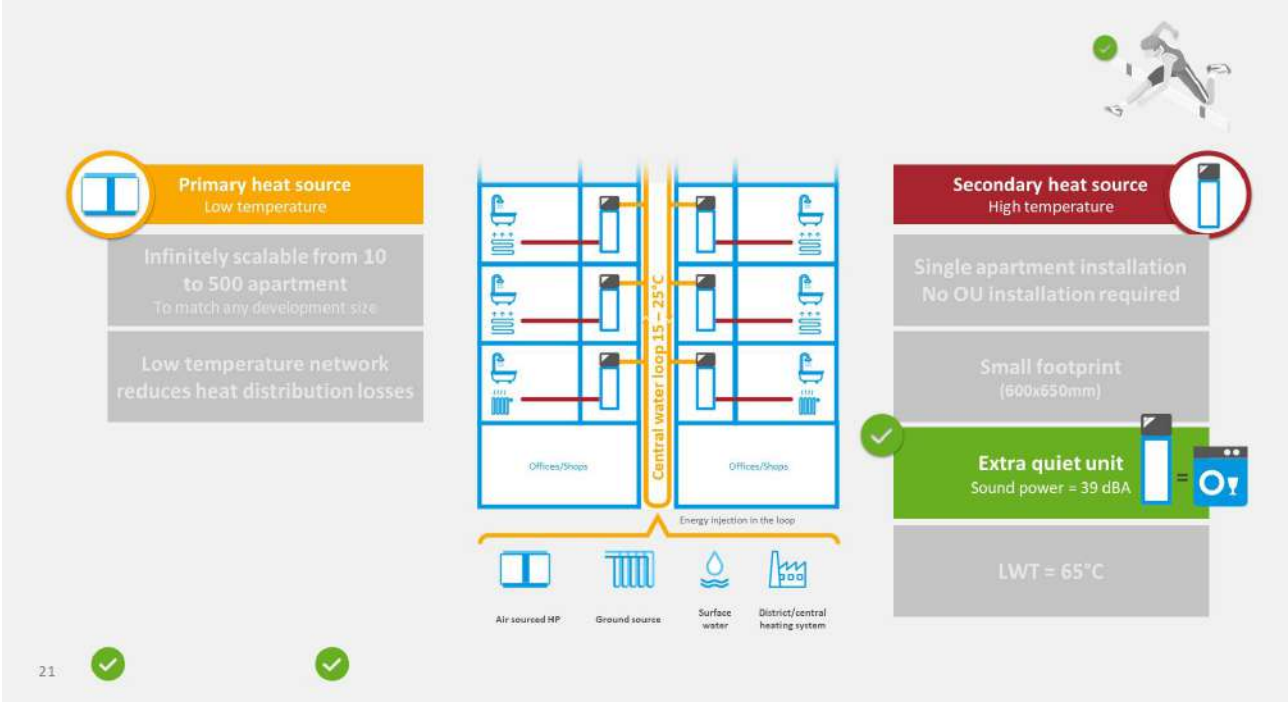
17

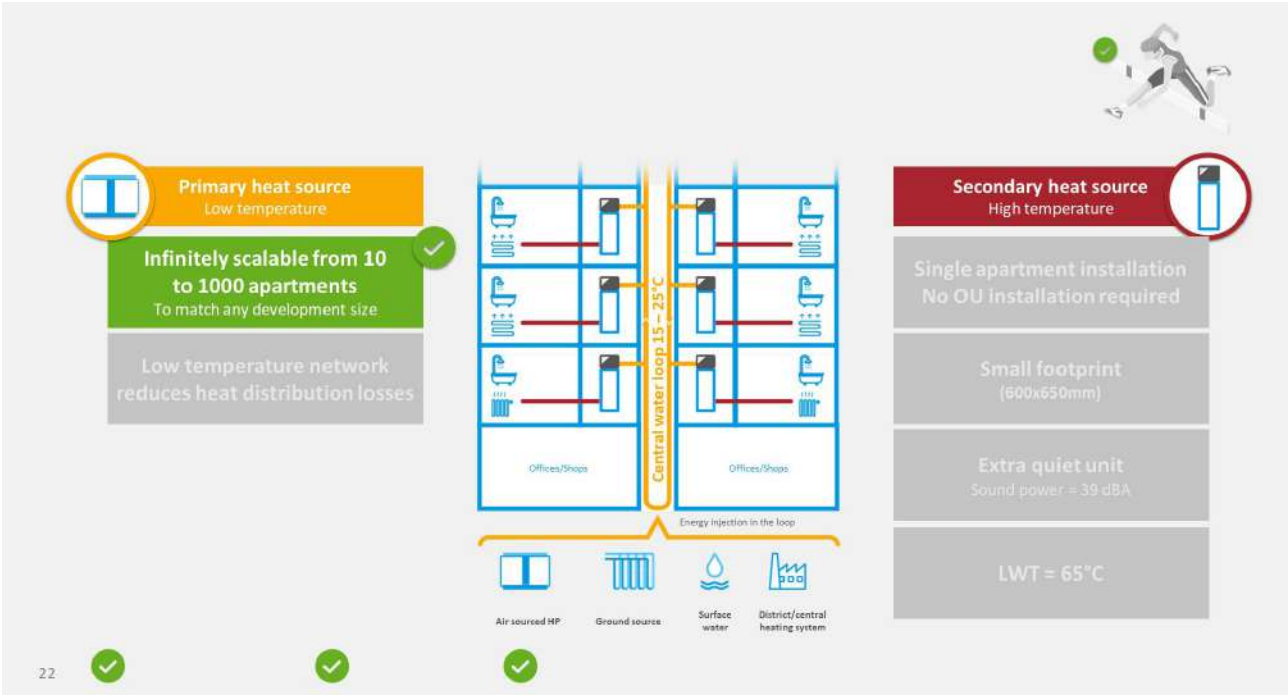

Central water loop 15 – 25°C
Offices/Shops
Offices/Shops
Energy injection in the loop
Air souced HP
Ground source
Surface
water
District/central
heating system
Secondary heat source
High temperature
Winter
50 - 65° C
Summer
7 – 12°C
Decentralized solution
Complete autonomy
Offices/Shops
Apartments
Water cooled VRV
HP GEO
small capacity

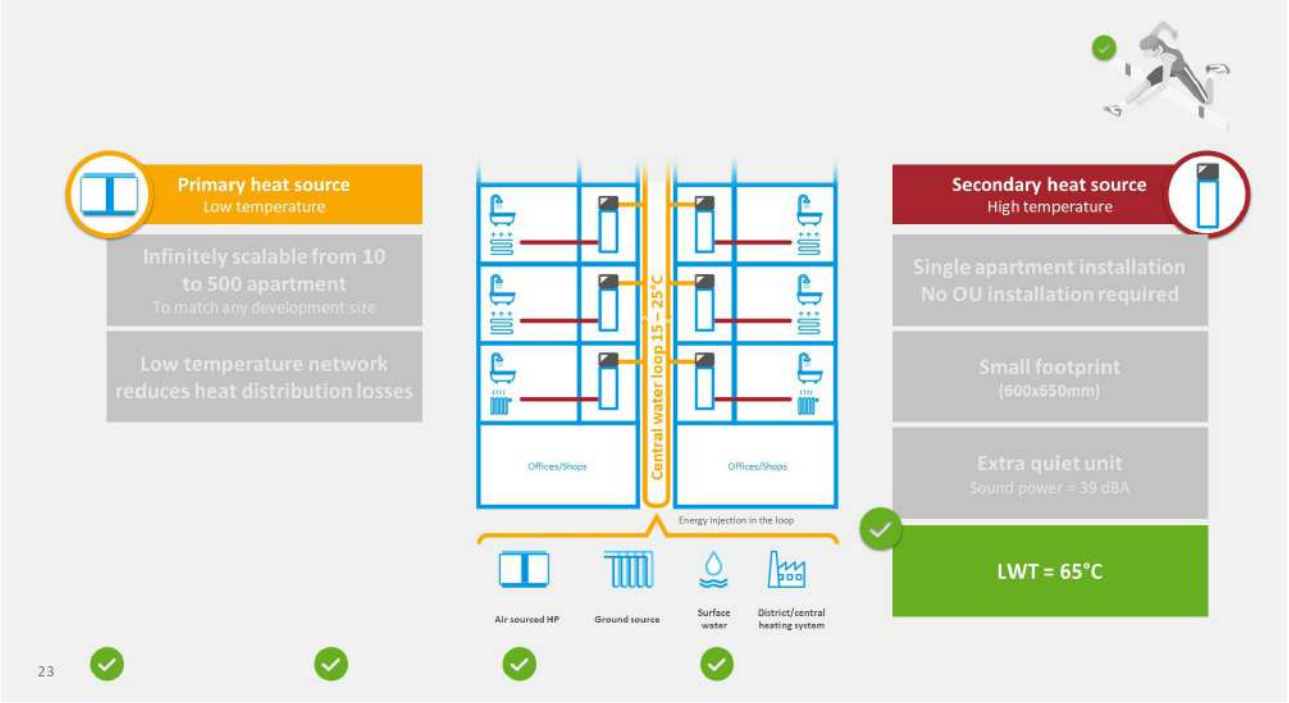
18

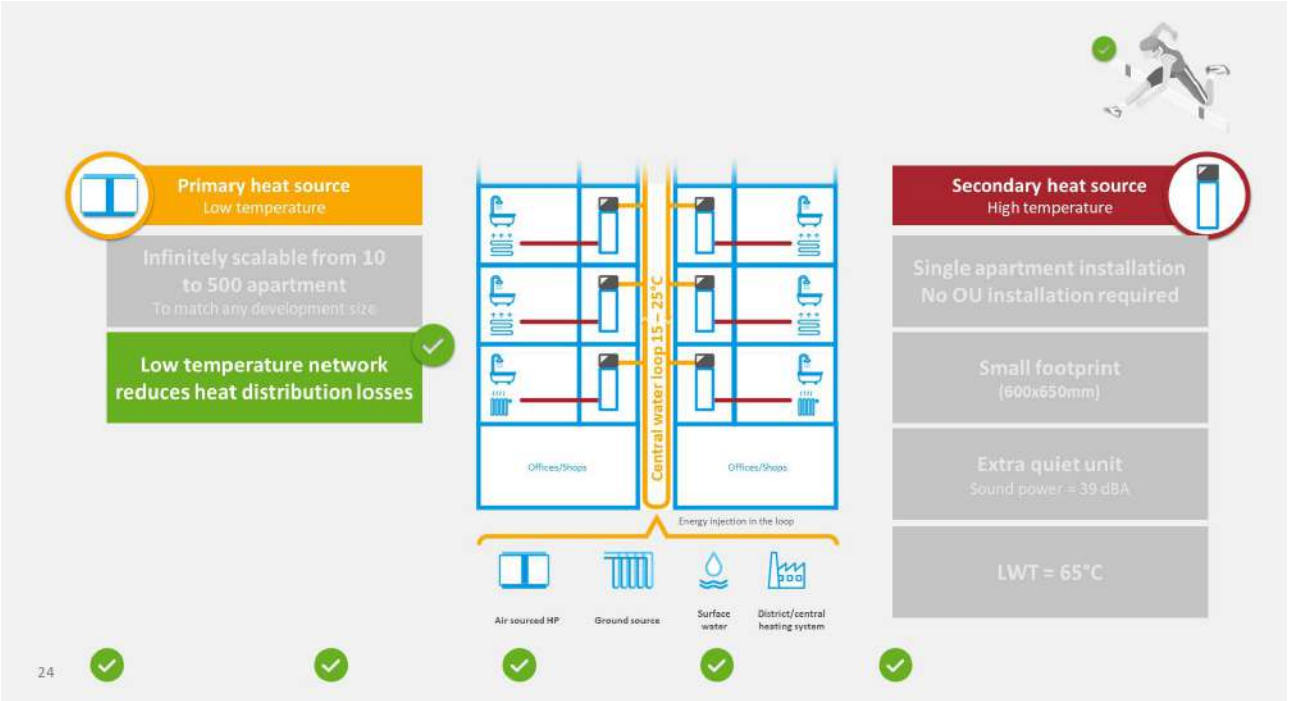

Primary heat source
Low temperature
Winter
15 - 25° C
Summer
15 – 25°C
Centralized solution
Preheat the loop
Flexibility
R32 HP is the best solution to heat the central energy loop
SMALL
LARGE
HP
Air cooled Heat Pump Chiller
Central water loop 15 – 25°C
Offices/Shops
Offices/Shops
Energy injection in the loop
Air sourced HP
Ground source
Surface water
District/central heating system
Secondary heat source
High temperature
Winter
50 - 65° C
Summer
7 – 12°C
Decentralized solution
Complete autonomy
Offices/Shops
Apartments
Water cooled VRV
HP GEO small capacity
19

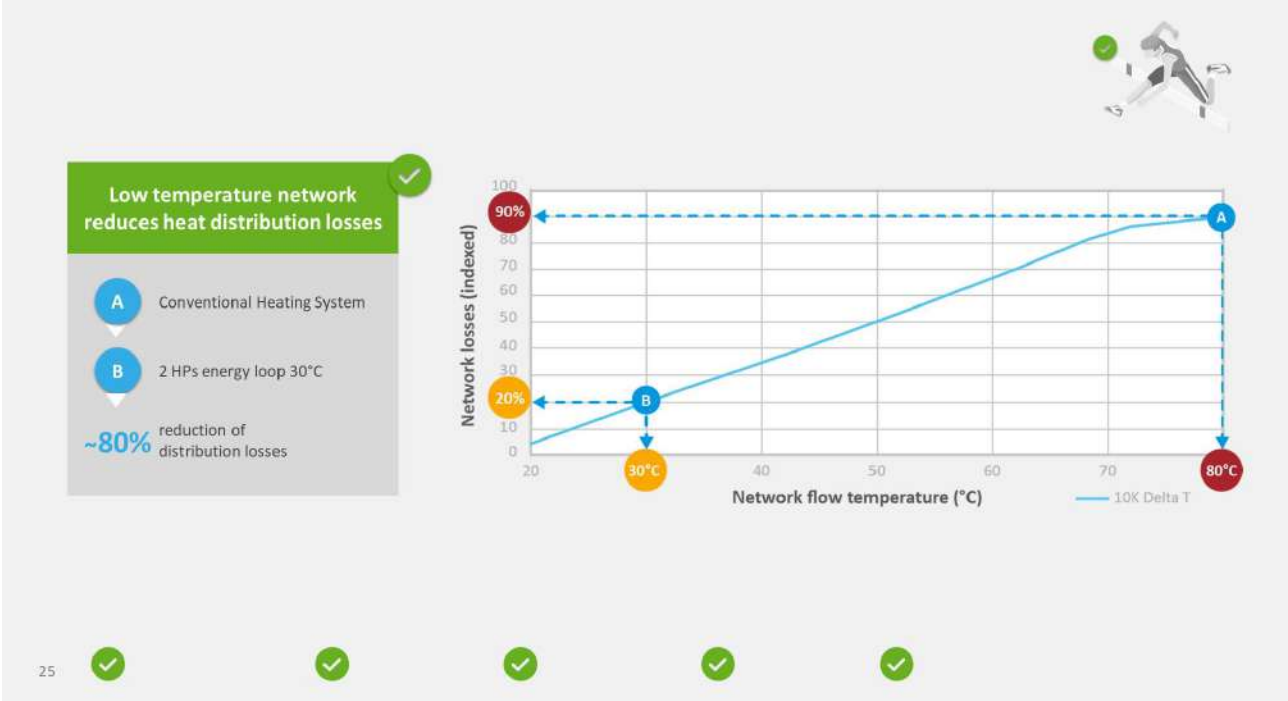

Primary heat source
Low temperature
Infinitely scalable from 10 to 500 apartment
To match any development size
Low temperature network reduces heat distribution losses
Central water loop 15 – 25°C
Offices/Shops
Offices/Shops
Energy injection in the loop
Air sourced HP
Ground source
Surface water
District/central heating system
Secondary heat source
High temperature
Single apartment installation
No OU installation required
Small footprint
(600x650 mm)
Extra quiet unit
Sound power = 39 dBA
LWT = 65°C
20


Primary heat source
Low temperature
Infinitely scalable from 10 to 500 apartment
To match any development size
Low temperature network reduces heat distribution losses
Central water loop 15 – 25°C
Offices/Shops
Offices/Shops
Energy injection in the loop
Air sourced HP
Ground source
Surface water
District/central heating system
Secondary heat source
High temperature
Single apartment installation
No OU installation required
Small footprint
(600x650mm)
Extra quiet unit
Sound power = 39 dBA
LWT = 65°C
21


Primary heat source
Low temperature
Infinitely scalable from 10 to 1000 apartments
To match any development size
Low temperature network reduces heat distribution losses
Central water loop 15 – 25°C
Offices/Shops
Offices/Shops
Energy injection in the loop
Air sourced HP
Ground source
Surface water
District/central heating system
Secondary heat source
High temperature
Single apartment installation
No OU installation required
Small footprint
(600x650mm)
Extra quiet unit
Sound power = 39 dBA
LWT = 65°C
22


Primary heat source
Low temperature
Infinitely scalable from 10 to 500 apartment
To match any development size
Low temperature network reduces heat distribution losses
Central water loop 15 – 25°C
Offices/Shops
Offices/Shops
Energy injection in the loop
Air sourced HP
Ground source
Surface water
District/central heating system
Secondary heat source
High temperature
Single apartment installation
No OU installation required
Small footprint
(600x650mm)
Extra quiet unit
Sound power = 39 dBA
LWT = 65°C
23


Primary heat source
Low temperature
Infinitely scalable from 10 to 500 apartment
To match any development size
Low temperature network reduces heat distribution losses
Central water loop 15 – 25°C
Offices/Shops
Offices/Shops
Energy injection in the loop
Air sourced HP
Ground source
Surface water
District/central heating system
Secondary heat source
High temperature
Single apartment installation
No OU installation required
Small footprint
(600x650mm)
Extra quiet unit
Sound power = 39 dBA
LWT = 65°C
24



NEDO Manchester project

Background

United Kingdom

- Aim to supply 15% of its energy demand with renewable energy sources by 2020 and to support **penetration of heat pumps**;
- Aim **reduce CO2 emissions by 48% by 2020**, (compared to 1990 level). Currently domestic fuel demand accounts for around 12% of Greater Manchester's total carbon footprint;
- **Promote Energy shift from Gas to Electricity** in the Residential Heating Market;
- Help **realization of a low-carbon society**, as well as reducing the economic burden on citizens of the future.

27

Stakeholders

The project is a partnership between :

NEDO

New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO) : public research and development management organisation in Japan and has worked with the government to promote economic and industrial policy

Department for Business, Energy & Industrial Strategy

BEIS : UK Government

GMCA Greater Manchester Combined Authority

Greater Manchester Combined Authority

The project has been developed and delivered in close cooperation between local stakeholders:

electricity north west — Bringing energy to your door

Procure PLUS

Wigan & Leigh HOMES

SIX TOWN HOUSING

Northwards Housing — North Manchester's Council Homes

Warmer Energy

The Japanese entrusted companies

HITACHI Inspire the Next

DAIKIN

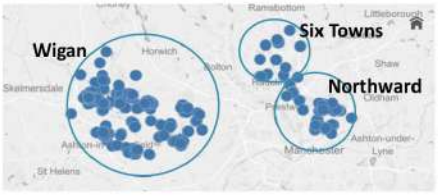
MIZUHO

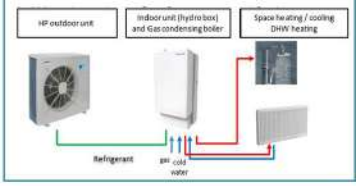
28

NEDO Manchester project

- Start April 2014 – end March 2017.
- DAIKIN installed 540 "DR ready" Heat pumps in two years in the region of Manchester:





117 Hybrids (5kW, 8kW – 32kW boiler)	253 Splits (4kW, 6kW, 8kW)	170 Monoblocs (5kW, 7kW)
		

29

Objectives

Department for Business, Energy & Industrial Strategy (BEIS) has big interest in **performance data of hybrid** because they believe the technology will allow them to achieve their decarbonisation goals.

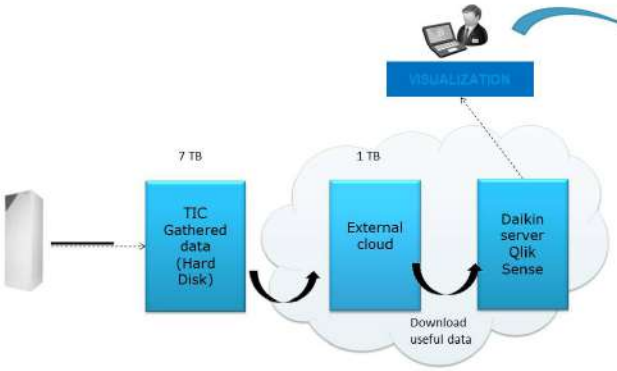
Hitachi – gathered data on the consumption (DR) : not sufficient for evaluating performance of equipment.
Daikin – gathered data of our units: analysed the performance of our units → **EARS to make platform to visualize the data (for DAUK) and analyse the data.**

Objectives:

- Understand the current in-situ performance of hybrid heat pumps and compare to 'standalone' heat pumps;
- Evaluate the potential role of heat pump systems in heat decarbonisation and the cost that represents during operation;
- Estimate the peak electricity consumption of heat pump systems in order to know their contribution in the electricity grid.

30

Data gathering – Visualisation tool



Monitoring and visualisation platform architecture



Visualisation in Qliksense
→ *Shared to DAUK for their own investigation*

31

Study case

- Assumptions:
  - Analysis from October 2016 – February 2017;
  - When space heating only is occuring (no DHW).

33 Hybrids (5kW, 8kW – 32kW boiler)	77 Splits (4kW, 6kW, 8kW)	65 Monoblocs (5kW, 7kW)

32

Results : Efficiency

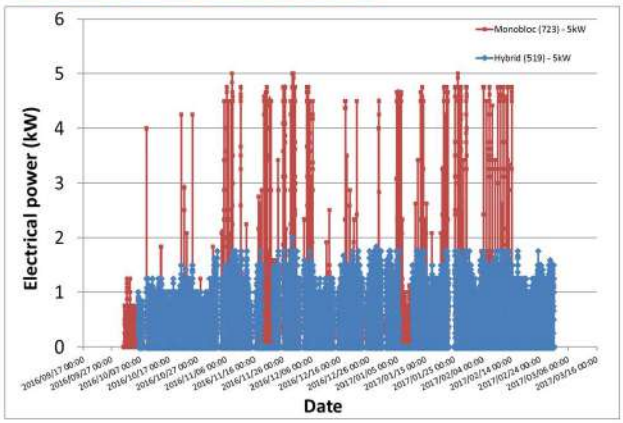
		Hybrid	Split	Monobloc
Average etas	Gas + electricity	118%	150%	171%
	Electricity only	166%		

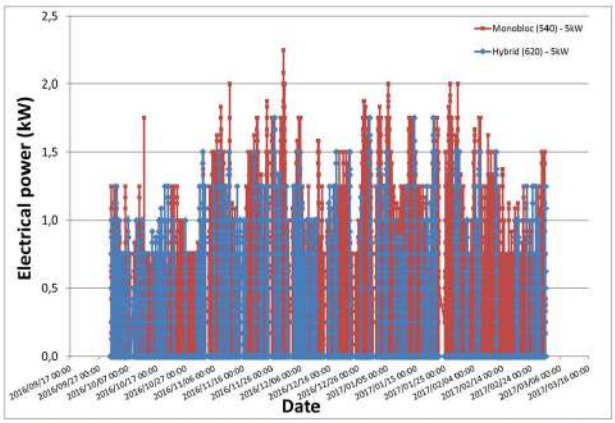
- Split and monobloc have good efficiency.
- Hybrids have lower efficiency compared to splits or monoblocs with the same heating demand.
  - Use of boiler;
  - Use of the default economical mode: gas is cheaper compared to electricity.

33

Results: Peak electricty consumption – minutely

Electric consumption of a 5kW monobloc and hybrid which have the same heating requirement during the monitored period in winter (Oct 2016-Feb2017):



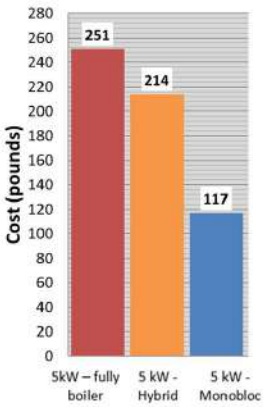


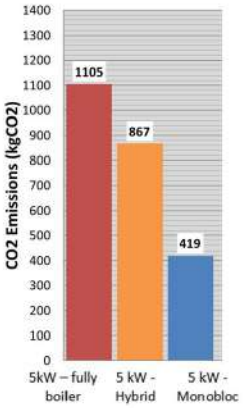
→ Hybrid units have lower peak electricity consumption
→ Hybrid units are consuming less electricity (as gas is also used to deliver heat).

Hybrids = more suitable for the electricity grid - avoid electricity shortage because of high peak electricity consumption of heat pumps.

34

Results – energy Cost /CO_2 emissions





3 units (Boiler, Hybrid, Monobloc) with a delivered heat of 300 to 200 kWh/m2/y, during the monitored period in winter (Oct 2016-Feb2017):

→ Boiler: Higher energy cost & CO_2 emissions.
→ Hybrids emit more CO_2 than the fully electric units.

→ Current energy mix in UK: Gas is 3 X cheaper and almost emits 3 X less CO_2 than the electricity from the grid.
If the units where installed in another country with the same climate but a different energetic mix, i.e with more renewable or nuclear energy, the CO_2 emissions/kWh will be much more lower and this statement will be more flagrant.

35

→**Hybrids can be seen as a transitional product** from boilers to heat pumps.

Conclusion

- With the same heating demand, **splits & monoblocs are :**
  - **More efficient than hybrids;**
  - **Emit less CO2 than hybrids.**
  - → **However,** the peak electricity consumption of these units can be difficult to manage for the electricity plant, especially during a cold winter.
- **Hybrids:**
  - **Can be more suitable for the electricity grid** in order to avoid electricity shortage because of high peak electricity consumption of heat pumps. (Possible blackout when many heat pumps are connected to the grid);
  - Are more **flexible** and can switch between electricity and gas, so that in moments of high energy need, the grid will not be overloaded;
  - Compared to boiler: have **lower CO2 emissions** and benefit from use of an efficient HP.

→ **Hybrids can be seen as a transitional product** from boilers to heat pumps.

36

NEDO Project – UK's biggest demonstrator of proof of Heat Pump Aggregation

Outcome of the project:

With the coordination and control of Demand Response (combined electricity use of the households at peak times of the day), the project:

- Demonstrated a significant **reduction of energy demand on the Grid**
- Test real market situations **to identify cases where electricity aggregation using heat pumps** can be used effectively.
- Worked **collaboratively** with Hitachi Systems with expertise in IoT

UK Government's intentions :

Use findings from the trial to be used as part of the UK Government's long-term strategy on heat
→ aims to strengthen analysis of the range of potential approaches to decarbonising heat in the long term.

Sparked interest on heat pumps:

- ***Great Manchester Council's aim to be Carbon neutral :*** Zero carbon heating solution with deployment of Heat pumps.
- ***Energy Service providers like E.ON, EDF, British Gas :*** System operators paying for balancing services from flexible demand resources such as heat pumps. Energy retailers minimising their imbalance costs by using smart heat pumps to reduce the errors between actual demand and expected demand.
- ***Distribution Network operators seek it as a solution Fit for the future :*** can avoid the costs of grid upgrades by shifting the operating times of e.g. heat pumps away from peak times
- ***For community : Economically and Socially sustainable***
  - Energy retailers creating value by shifting HP demand to periods with lower electricity costs.
  - End customers benefiting through e.g. time of use tariffs enabling running cost savings, or even eventually 'heat pump for free' business models

37



21

Štaljo Vedad, B.Sc.
Mašinski fakultet Sarajevo

Prof. Dr. Husika Azrudin
Mašinski fakultet Sarajevo

Uticaj individualnih ložišta na kvalitet zraka u Sarajevu
Impact of individual fireboxes on air quality in Sarajevo

Sažetak: Prema dostupnim rezultatima mjerenja, zagađenost zraka u Sarajevu je jako visoka posebno u zimskim mjesecima. Jedan od uzroka prekomjerne zagađenosti je velika potreba za toplotom za grijanje stambenih objekata tj. njihova niska energijska efikasnost. S obzirom da se najveći dio individualnih stambenih objekata grije na čvrsta goriva i da se radi o energijski vrlo neefikasnim objektima, njihov uticaj na kvalitet zraka je veoma visok. Prema Registru zagađujućih materija za Kanton Sarajevo, udjeli emisija sumpor dioksida i čvrstih čestica iz površinskih izvora tokom sezone grijanja u ukupnim godišnjim emisijama iznose preko 95%. U radu će se odabrati jedno naselje na području Grada Sarajevo u kojem preovladavaju individualni stambeni objekti koji imaju individualno grijanje. Na osnovu podataka o potrošnji goriva za grijanje u tom naselju i tipa kotlova i peći koji se koriste, koristeći EMEP bazu podataka o koeficijentima emisija zagađujućih materija, izračunat će se emisije dominantnih zagađujućih materija u odabranom području (sumpor dioksida, azotnih oksida i čvrstih čestica). Analizirat će se i udio grijane stambene površine u ukupnoj stambenoj površini. Uticaj na ambijentalne koncentracije izračunatih emisija zagađujućih materija izabranog naselja za postojeće stanje će se modelirati pomoću modela AERMOD. Naselje će se u modelu analizirati kao površinski izvor emisija. Koristit će se godišnji meteorološki podaci sa najbliže meteorološke stanice. Modelom će se izračunati uticaj na srednje godišnje vrijednosti i 98-mi percentil godišnjih vrijednosti. Dobijeni rezultati će se uporediti sa graničnim vrijednostima kvaliteta zraka i sa izmjerenim koncentracijama u drugim dijelovima Grada. Rad će dati preporuku za način određivanja udjela emisija iz individualnih ložista u ambijentalnim koncentracijama zagađujućih materija.

Ključne riječi: *emisija, zagrijavanje individualnih objekata, disperzija, kvalitet zraka*

Abstract: According to the available measurement results, the air pollution in Sarajevo is very high especially in the winter months. One of the causes of excessive pollution is the high heat demand for residential heating i.e. their low energy efficiency. As most residential buildings are heated by solid fuels and are very energy-inefficient, their impact on air quality is very high. According to the Inventory of Pollutants for Sarajevo Canton, sulfur dioxide and particulate matter emissions from surface sources during the heating season account for over 95% of total annual emissions.This paper will select one settlement in the area of the City of Sarajevo in which individual residential buildings predominate individual heating furnaces and boilers. Based on the fuel consumption data for that settlement and the type of boilers and furnaces used, the emissions of dominant pollutants in the selected area (sulfur dioxide, nitrogen oxides and particulate matter) will be calculated using the EMEP database of pollutant emission factors. The share of heated living space in the total living space will also be analyzed. The effect on the ambient concentrations of the calculated pollutant emissions of the selected settlement for the existing condition will be modeled using the AERMOD model. The settlement will be analyzed in the model as a surface source of emissions. Annual meteorological data from the nearest meteorological station will be used. The model will calculate the impact on mean annual values and the 98th percentile of annual values. The results obtained will be compared with the air quality limit values and with the measured concentrations of pollutants in other parts of the City. The paper will make a recommendation on how to determine the share of emissions from individual combustion plants in ambient concentrations of pollutants.

Key words: *emission, heating of residential buildings, dispersion, air quality*

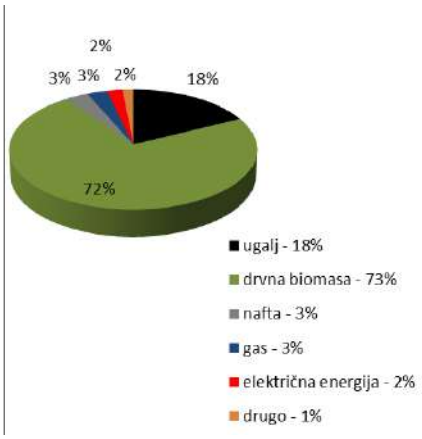
1. Uvod

Rezultati monitoringa kvaliteta zraka na području Kantona Sarajevo, koji se vrši pomoću pet automatskih mjernih stanica iz kantonalne mreže i dvije mjerne stanice iz federalne mreže (www.kvalitetzraka.ba), ukazuju na pojavu visokih koncentracija zagađujućih materija, a posebno čvrstih čestica. Najviše koncentracije se bilježe tokom zimskih mjeseci kada se mjere koncentracije koje su nekoliko puta više od propisanih graničnih vrijednosti zagađenosti zraka. Tokom takvih epizoda povišene zagađenosti proglašavaju se alarmna stanja kada se poduzimaju propisane mjere. Međutim, efekat tih mjera je objektivno dosta ograničen. Uprkos do sada poduzetim mjerama kvalitet zraka je veoma loš, a Sarajevo je među najzagađenijim gradovima u Svijetu. Kvalitet zraka se vrlo često tokom zimskih mjeseci ocjenjuje kao opasan po zdravlje ili nezdrav. Postojeće stanje kvaliteta zraka zasigurno uzrokuje skraćenje životnog vijeka stanovništva i povećane troškove zdravstvene zaštite. Pored toga, negativno utiče i na privredne aktivnosti, a posebno negativno utiče na imidž Sarajeva kao turističkog centra.

Uzroci lošeg kvaliteta zraka u Kantonu Sarajevo su mnogobrojni, a najvidljiviji su u inventaru emisija zagađujućih materija gdje se vidi trend rasta emisija, naročito čvrstih čestica, u mnogim dijelovima Kantona. Rezultati analiza (Husika, Suljić, 2019)ukazuju da kućna ložišta imaju najveći uticaj na zagađenost zraka u Kantonu. To je posljedica velikih potreba za grijanjem („neutopljene“ kuće), korištenja peći i kotlova sa relativno niskom efikasnošću i korištenjem goriva koja nisu namjenjena za takve kotlove i peći. Unatoč naporima Vlade Kantona da se korištenje prirodnog gasa proširi na što je moguće veći dio Kantona, dobar dio stanovništa ne može sebi priuštiti korištenje prirodnog gasa u prvom redu zbog toga što kuće nisu „utopljene“. Zbog toga, proširenju mreže prirodnog gasa mora da prethode aktivnosti na povećanju energijske efikasnosti kuća, ili da se ove dvije aktivnosti odvijajuistovremeno.

2. Proračun emisija čvrstih čestica iz domaćinstava sa šireg gradskog područja općine ilijaš

Prema informaciji o kvalitetu zraka u Kantonu Sarajevo (MPUGiZO, 2018), područje općine Ilijaš je jedno od najzagađenijih područja Kantona Sarajevo.Procjenjuje se da je to rezultat prvenstveno toga što se veoma mali broj domaćinstava grije na plin, zatim mali je udio daljinskog grijanja, a najveći dio domaćinstava koristi ogrijevno drvo i ugalj (oko 90%, slika 1). Pored toga, izvori zagađivanja su postrojenja u industrijskoj zoni i saobraćaj. S obzirom da kućna ložišta imaju nesumnjivo najveći uticaj na kvalitet zraka, u ovom radu je modeliran njihov uticaj na ambijentalne koncentracije PM10.

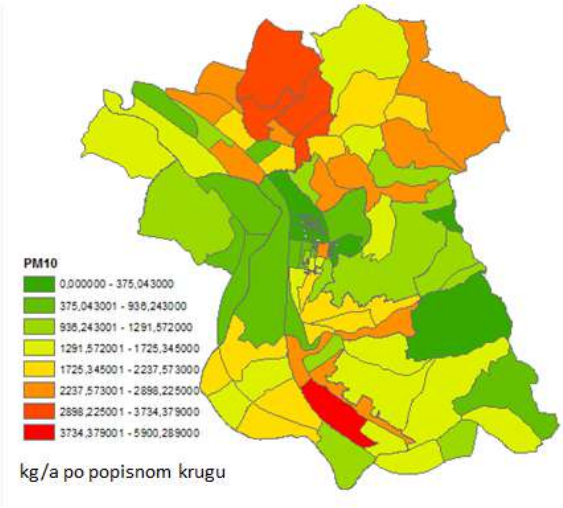


Slika 1. Udio korištenih energenata na širem gradskom području općine Ilijaš[1]
(na osnovu podataka iz Popisa stanovništva u BiH, 2013)

1 Domaćinstva koja se griju na daljinsko grijanje nisu obuhvaćena.

Modeliranjem je obuhvaćeno 79 popisnih krugova koja pokrivaju gradsko i prigradsko područje općine Ilijaš, a zauzima površinu od 6x6 kilometara. Popisni krugovi obuhvataju 4.200 stanovnika i 1.200 domaćinstava, što predstavlja 25% stanovništva Općine.

Emisije PM10 su izračunate na osnovu broja domaćinstava i vrste goriva, koji su preuzeti iz popisa stanovništva iz 2013. godine za analizirane popisne krugove (ukupno 79), te koeficijenata emisije za kombinaciju kućnog ložišta i korištenog goriva iz CORINAIR baze. Izračunata gustina emisije PM10 za obuhvaćene popisne krugove data je na slici 2.



Slika 2. Koncentracija PM10 po popisnim krugovima

Sa slike 2 se vidi da je gustina emisije PM10 najveća u prigradskim naseljima (crveno područje), a manja u gušće naseljenom urbanom dijelu. Razlog za ovakav rezultat je korištenje prirodnog gasa, električne energije i daljinskog grijanja u užem gradskom području.

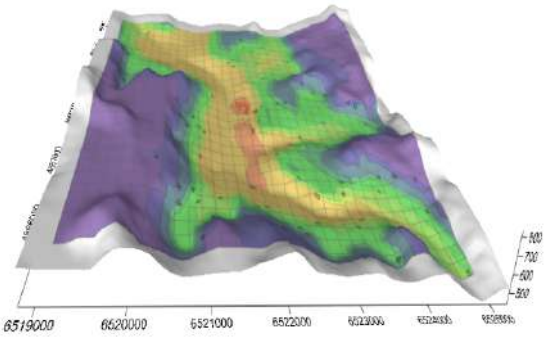
S obzirom da je kritični period za kvalitet zraka u Kantonu Sarajevo januar i decembar, izračunate su emisije u tom periodu. Udio potrošnje energenata za ta dva mjeseca je procijenjen na osnovu njihovog udjela u stepen danima grijanja koji iznosi oko 42%. Emisija PM10 za posmatrano područje iznosi 126 tona za period od 2 mjeseca (januar i decembar), što je oko 5% od ukupnih emisija PM10 u Kantonu Sarajevo za 2013 godinu (MPUGiZO, 2014).

3. Modeliranje uticaja kućnih ložišta na ambijentalne koncentracije PM10 na širem gradskom području općine Ilijaš

Modeliranje uticaja emisija iz kućnih ložišta na ambijentalne koncentracije PM10 na širem gradskom području općine Ilijaš izvršeno je u programu AERMOD (model za disperziju zagađujućih materija u zraku baziran na Gausovom modelu disperzije perjanice). AERMOD je integralni sistem koji uključuje tri modula:

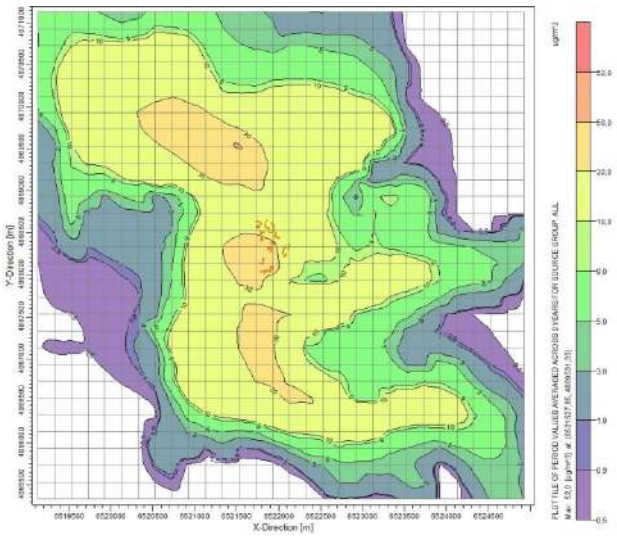
- Stabilni model disperzije,
- Meteorološki predprocesor (AERMET) koji prihvata površinske meteorološke podatke, gornju zračnu granicu i podatke sa mjernih stanica na osnovukojih računa atmosferske parametre potrebne za disperziju, poput karakteristika atmosferskih turbulencija, visina miješanja i površinskog toplotnog toka.
- Predprocesor terena (AERMAP) čija je glavna svrha da se pruži fizička veza između karakteristika terena i disperzije. AERMAP generiše podatke o lokaciji i visini za svaku lokaciju receptora.

Uneseni su podaci o emisijama PM10 [g/s] po jediničnoj površini koja iznosi 200x200 metara (veličina jedne ćelije u mreži). Pretpostavljeno je da su u obuhvaćenom periodu emisije iz kućnih ložišta konstantne. U stvarnosti, te emisije zavise od vanjske temperature. Korišteni su meteorološki podaci iz 2013. godine za mjesece obuhvaćene modeliranjem (januar i decembar). Meteorološki podaci preuzeti su sa meteorološke stanice Bjelave. 3D prikaz područja modeliranja je dat na slici 3.



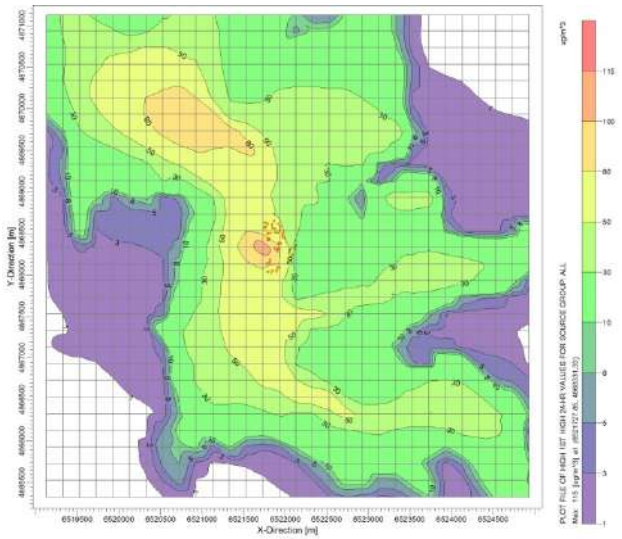
Slika 3. Prikaz reljefa područja obihvaćenog modeliranjem

Model je podešen da računa srednje vrijednosti u posmatranom periodu, srednje 24-satne vrijednosti i maksimalne satne vrijednosti. Na slikama 4, 5i 6 dati su rezultati modeliranja ambijentalnih koncentracija PM10.



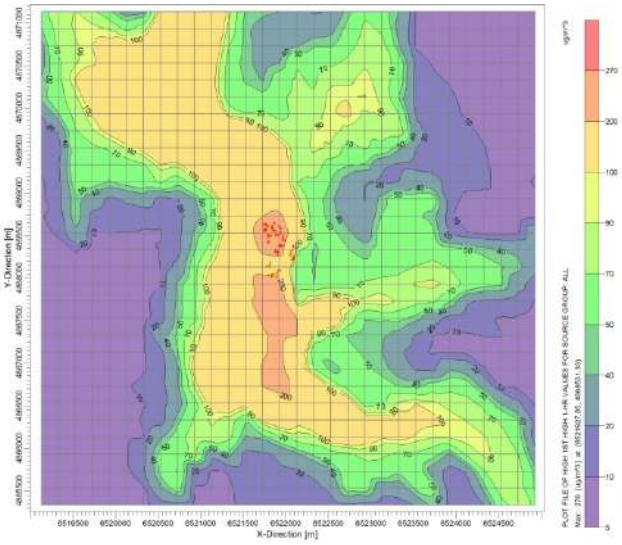
Slika 4. Srednja dnevna koncentracija PM10 za posmatrani period

Maksimalna vrijednost srednje koncentracije PM10 za posmatrani period iznosi 52 μg/m^3 i javlja se na tri područja u gradskoj zoni. Granična vrijednost za ovaj parametar za kalendarsku godinu iznosi 40 μg/m^3. Dakle, u ovom periodu emisija iz kućnih ložišta ima uticaj na ambijentalne koncentracije PM10 koje prekoračuju graničnu vrijednost za kalendarsku godinu.



Slika 5. Maksimalna dnevna koncentracija PM10 za posmatrani period

Maksimalna vrijednost maksimalne dnevne koncentracije PM10 za posmatrani period iznosi 115 µg/m³ i javlja se u gradskoj zoni tj. tamo gdje je izloženost stanovništva najveća. Granična vrijednost za ovaj parametar iznosi 50 µg/m³. Dakle, u ovom periodu emisija iz kućnih ložišta ima uticaj na ambijentalne koncentracije PM10 koje su preko dva puta veće od graničnih vrijednosti.



Slika 6. Maksimalna satna koncentracija PM10 za posmatrani period

Maksimalna vrijednost maksimalne satne koncentracije PM10 za posmatrani period iznosi 270 µg/m³ i javlja se u gradskom dijelu.

Mjerenje kvaliteta zraka u Ilijašu se vrši pomoću automatske mjerne stanice koja se nalazi u dvorištu Osnovne škole "Hašim Spahić" (urbani dio općine Ilijaš). Mjerenja se vrše od 2017. godine. Prema informaciji o kvalitetu zraka u Kantonu Sarajevo (MPUGiZO, 2018), prosječna koncentracija PM10 u 2017. godini je iznosila 106 µg/m³ uz napomenu da stanica nije ostvarila dovoljan broj mjerenja za kalendarsku godinu. Ako se ovaj broj uzme kao pouzdan[2], dolazi se do zaključka da je udio emisija iz kućnih ložišta oko 50% u srednjim koncentracijama. Treba napomenuti da je modeliranje vršeno za januar i decembar pa je potrebno porediti odgovarajuće periode mjerenja. Prema dostupnim podacima za period 18 – 25. januar 2020. maksimalna izmjerena satna koncentracija PM10 je iznosila 950 µg/m³ tokom četiri uzastopna sata. Koncentracije prije i poslije toga su bile oko dva puta niže što

2 Zato što nije dostupna informacija u kojem periodu je vršeno mjerenje na stanici Ilijaš u 2017. godini.

ukazuje na neku neregularnost (u radu opreme ili izloženosti nekoj kratkotrajnoj emisiji. Nakon toga, najviša satna koncentracija je iznosila 530,11 µg/m^3. Uzevši u obzir da modelirana maksimalna satna koncentracija iznosi 270 µg/m^3 zaključuje se da je udio emisija PM10 iz kućnih ložišta u ambijentalnim koncentracijama nešto preko 50%. Međutim, treba naglasiti da su u AERMODu korištene srednje emisije tokom posmatranog perioda. U stvarnosti emisije su nestacionarne (u jutarnjim i večernijim satima povećane emisije) pa se maksimalne vrijednosti koncentracija javljaju u kombinaciji povećanih emisija i nepovoljnih meteoroloških uslova, što zbog navedenog dijela metedologije nije moguće postići modeliranjem.

4. Zaključak

Oko 90% stanovništva u gradskom i prigradskom dijelu općine Ilijaš koristi ogrijevno drvo i ugalj za grijanje stambenih objekata. Posljedica toga i niske energijske efikasnosti objekata je veoma loš kvalitet zraka na tom području. Prema mjerenjima na automatskoj mjernoj stanici koncentracije PM10 su nekoliko puta veće od graničnih vrijednosti. Slična situacija je i kada se govori o sumpor dioksidu.

Rezultati modeliranja disperzije PM10 iz kućnih ložišta na području općine Ilijaš su pokazali da je njihov uticaj na ambijentalne koncentracije preko 50%. Modelirane vrijednosti su poređene sa rezultatima mjerenja na stanici koja se nalazi u gradskom dijelu Općine gdje je gustina emisije PM10 iz kućnh ložišta znatno manja u odnosu na prigradska područja. Ovo znači da je uticaj kućnih ložišta na zagađenost zraka u tim područjima i znatno veći.

Za pouzdaniju procjenu uticaja kućnih ložišta na kvalitet zraka potrebno je smanjiti vremenski period modeliranja i varirati emisiju u jedinici vremena u zavisnosti od perioda dana i vanjske temperature. Vrlo je važno modeliranje vršiti pomoću različitih modela kako bi se rezultati više modela poredili sa izmjerenim vrijednostima.

Literatura

1. MPUGiZO – Ministarstvo prostornog uređenja, građenja i zaštite okoliša Kantona Sarajevo, (2018), Informacija o kvaliteti zraka u Kantonu Sarajevo

2. Husika A, Suljić V, (2019), Policy brief -Prioritetne mjere za unapređenje kvaliteta zraka u Kantonu Sarajevo, Fondacija Heinrich Boell

3. MPUGiZO – Ministarstvoprostornoguređenja, građenja i zaštite okoliša Kantona Sarajevo, (2014) Registar emisija u zrak i kategorizacija kvaliteta zraka za područje Kantona Sarajevo za 2013. godinu

4.http://fzs.ba/index.php/popis-stanovnistva/popis-stanovnistva-2013/konacni-rezultati-popisa-2013/

5. https://www.kvalitetzraka.ba

22

Zlatko Malović, dipl.ing.
ZP RiTE Ugljevik, Ugljevik
zlatkomalovic1@gmail.com

Željko Milanović , dipl.ing.
ZP RiTE Ugljevik, Ugljevik
zeljko.ugljevik@gmail.com

Projekat ODG postrojenja u Termoelektrani Ugljevik
FGD retrofit project for Thermal power plant Ugljevik

Sažetak: Termoelektrana Ugljevik, instalisane snage 300 MW izgrađena je na području ugljevičkog ugljenog basena i nalazi se u sastavu MH ERS. Osnovno gorivo elektrane je rovni mrki ugalj. Ugalj sadrži visok nivo sumpora (oko 5%). TE Ugljevik je već duže vrijeme veliki emiter i zagađivač vazduha u regionu po pitanju emitovanja sumpora i njegovih jedinjenja u atmosferu. U cilju realizacije projekta izgradnje postrojenja za odsumporavanje dimnih gasova u TE Ugljevik obezbijeđena su finansijska sredstva putem dugoročnog kredita JICA, u iznosu od 12.633.000.000 JPY. Izabran je Izvođač, konzorcijum MHPSJ, MHPS-E i RUDIS i u julu 2016. potpisan je Ugovor za isporuku postrojenja za Odsumporavanje dimnih gasova (ODG). Projekat je u fazi vrućeg puštanja u rad.

Ključne riječi: *Termoelektrana, odsumporavanje, MHPS*

Abstract: The Thermal Power Plant Ugljevik (TPP Ugljevik) with nominal design capacity of 300 MW is built within the area of Ugljevik Coal Basin and from the organisational perspective is a part of a MH ERS. The primary fuel is the brown coal. The coal features a high sulphur level (about 5%). TPP Ugljevik has been one of the greatest air polluters in the region with respect to emissions of sulphur and sulphuric compounds. For the purpose of implementation of the FGD Plant Construction Project in the Ugljevik TPP, funds were provided through a long-term loan approved by JICA, in the amount of JPY 12.633.000.000. Upon finalisation of the international bidding procedure, the Contractor was selected, the Consortium MHPSJ, MHPS-E and RUDIS followed by the signing of the Contract for Delivery of Flue Gas Desulphurisation (FGD) Plant in July 2016. The project is at the stage of hot commissioning.

Key words: *TPP, desulphurization, MHPS*

1. Uvod

Termoelektrana Ugljevik puštena je u rad 1985. godine i ima prosječnu godišnju proizvodnju od oko 1.600 GWh, što je oko 30% kapaciteta proizvodnje električne energije u Republici Srpskoj odnosno oko 8% u BiH i stoga je važan snabdjevač energije u regiji. Sagorijeva mrki ugalj iz površinskog kopa Bogutovo Selo, udaljenog cca. 4 km od Termoelektrane, sa projektovanom godišnjom potrošnjom od 1,800,000 tona. Ugalj sadrži visoku koncentraciju sumpora i ima DTV od 10,000 – 13,000 kJ/kg. Pomoćno gorivo je mazut i uglavnom se koristi pri pokretanju i u vanrednim situacijama. TE Ugljevik je najveći emiter i zagađivač vazduha u regionu po pitanju emitovanja sumpora i njegovih jedinjenja u atmosferu. Prosječna emisija SO_2 iznosi oko 16000mg/Nm^3 (od 12000 do 26000mg/Nm^3) što je oko 80 puta više nego što je propisima u EU dozvolujeno (prema IED 2001 ta granica je200mg/Nm^3). Obzirom na to, a vezano za pooštrene propise i međunarodne konvencije za rad ovakvih objekata kao velikih zagađivača sa stanovišta očuvanja zaštite životne sredine kao neophodna se nametnula izgradnja sistema odsumporavanja dimnih gasova.

U zadnjih 10 godina intenzivno je rađeno na rješavanju ovog problema. Elektroprivreda Republike Srpske –Trebinje je već 04.07.2006. godine, a Rudnik i Termoelektrana Ugljevik 25.08.2006. godine uputio dopis Vladi RS za davanje saglasnosti za kandidovanje ovog projekta za obezbjeđenje kredita od Japan International Cooperation Agency (JICA) kredita. Vlada Repubike Srpske je 31.08.2006. godine usvojila Zaključak da se ovaj Projekat kandiduje kod Vlade Japana. Na osnovu ovih diskusija zajednički je utvrđen obim radova i vrijednost ukupnih ulaganja za projekat odsumporavanja dimnih gasova te da se primjeni tzv.preferencijalni princip sa uslovima: - rok otplate kredita 30 godina sa grejs periodom 10 godina i godišnjom kamatom 0,55%, a iznos **12.633 miliona JPY (103,590,600 EUR na dan 31.12.2019)**.

Vlada Republike Srpske je 02.07.2009. godine, a Narodna skupština RS 15.07.2009. godine su svojim odlukama potvrdili prihvatanje odobrenog kredita za odsumporavanje dimnih gasova u TE Ugljevik, na osnovu čega 20.oktobra 2009. godine BiH potpisao je ugovor sa JICA za kreditiranje projekta sa ODA kreditom, što je omogućilo da naručilac počne sa procedurom za izbor izvođača izgradnje sistema odsumporavanja na međunarodnom tenderu.Dodatni stepen odgovornosti, ne samo RiTE, već i ERS i Vlada RS preko svojih ministarstava, pokazala je usvajanjem NERP RS i BiH, u kojem kao dio ukupnog operativnog plana, ODG Ugljevik predstavlja glavnu stavku i nažalost za sada jedinu koju čitava državna zajednica ispunjava u ovom trenutku.

Uvažavajući zaključak Studije izvodljivosti za izgradnju postrojenja odumporavanja dimnih gasova u Termoelektrani ''Ugljevik'' da je vlažni postupak sa mokrim krečnjakom optimalan za TE Ugljevik, isti je uz saglasnost JICA i odabran.Procedura izbora najpovoljnijeg izvođača izvršena je prema strogim pravilima i procedurama Japanske agencije za međunarodnu saradnju, na osnovu međunarodnog tendera (faza predkvalifikacije, tehnički dio, komercijalni dio). Kao najpovoljniji ponuđač izabran je Konzorcij MHPS-MHPSE-RUDIS. Izvođač je dužan sve radove završiti u ugovornom roku **(polovina maja 2020. godine)** i postrojenje za odsumporavanje dimnih gasova predati naručiocu na puno korištenje. Garantni rok za ODG postrojenje je 24 mjeseca, odnosno 60 mjeseci za gumenu oblogu apsorbera.TE Ugljevik će kao rezultat imati ODG postrojenje koje je ekonomično projektovano, kako bi se u maksimalnoj mjeri umanjili količina potrebnih investicija, troškovi rada i održavanja.

Projekat je vrlo zahtjevan i tehnološki i izvedbeno. Tehnološka oprema ključnog značaja isporučena je iz inostranstva, uz prisustvo na fabričkim testovima ovlaštenih lica RiTE Ugljevik. Za pripremne i građevinske radove te montažu tehnološke opreme Izvođač je, uvažavajući načelan stav RiTE, a saglasno interesima lokalne zajednice i RS, angažovao lokalne firme, u mjeri i na način koji se ne kosi sa strogim pravilima japanskih ODA kredita koja ne prepoznaju bilo koji oblik favorizacije, bilo kog poslovnog subjekta. Realizacijom Projekta izgradnje sistema odsumporavanja dimnih gasova u Termoelektrani Ugljevik, ispunjavaju se emisioni zahtjevi granične vrijednosti emisije (GVE) SO_2 od **200mg/Nm^3** proistekli iz LPCD i IED Direktiva, a sa sadašnjim vrijednostima NO_x (i njegovim

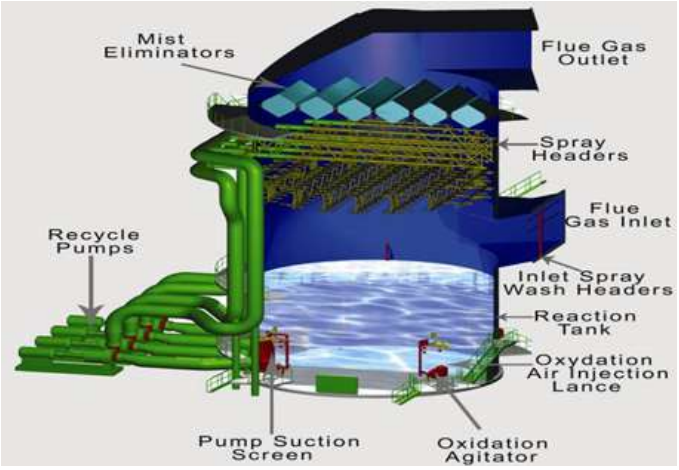
planiranim smanjenjem do 2027. godine), kao i realizovanom rekonstrukcijom Elektro filtera 2017. godine, nestaju svi razlozi koji su prijetili prestankom rada Termoelektrane, kako zbog obaveza iz Ugovora o energetskoj zajednici, tako i zbog obaveza proisteklih iz važećih zakona Republike Srpske (GVE, ekološka dozvola i sl.).Realizacija projekta se završava nakon probnog rada postrojenja za ODG i njegovog Tehničkog prijema.

Prema sadašnjoj dinamici aktivnosti, Tehnički prijem ODG postrojenja će biti 15 maja 2020. godine.

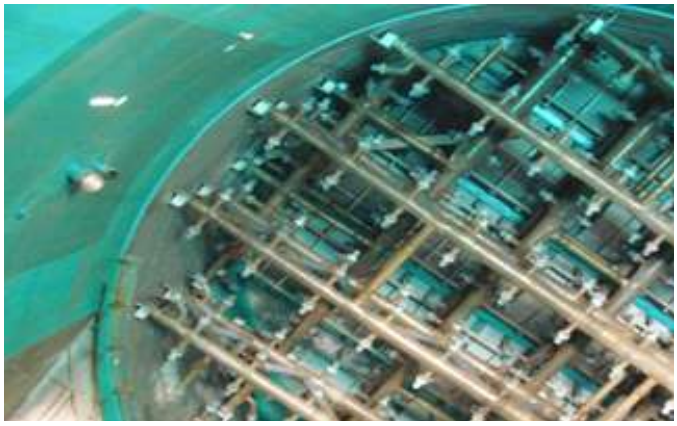
2. ODG postrojenje u ugljeviku – tehnički koncept

Koncentracija SO_2 u dimnim gasovima će biti smanjena na 200 mg/Nm³, pomoću ODG Postrojenja. Koncentracija čvrstih čestica će biti smanjena na 20 mg/Nm³, pomoću procesa odsumporavanja, ukoliko je koncentracija čvrstih čestica niža od 50 mg/Nm³ na ulazu u Apsorber. Vlažni ODG proces u apsorberu (Vertikalni kontrasmjerni toranj sa raspršivačima) je odabran na osnovu analiza i studija koje je Poslodavac izvršio prethodnih godina i na osnovu Projektnog zadatka. Kao apsorbent će se koristiti krečnjak. Proces vlažnog odsumporavanja se smatra najefikasnijim i najšire rasprostranjenim procesom koji se koristi u termoelektranama i zasnovan je na hemijskoj reakciji apsorbcije SO_2 i oksidaciji:

$SO_2 + 2H_2O + CaCO_3$ (krečnjak) + $1/2O_2 \rightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O$(gips)+$CO_2$



Slika 1: Otvoreni apsorber



Slika 2: Optimalni raspored prskalica koristeći CFD simulaciju

Koncept izabranog Izvođača je zasnovan na MHPS Apsorberu otvorenog tipa, slika 1 i optimalnom

rasporedu prskalica, slika 2, što kao prednost ima eliminaciju prolaza netretiranog gasa i smanjeni odnos tečnost/gas.

ODG sistem se sastoji od sistema spojenih dimovodnih kanala, buster ventilatora, vlažnog ODG sistema koji uključuje sve potrebne pomoćne sisteme i vlažni dimnjak koji se nalazi na vrhu apsorbera. Upravljanje krečnjakom i mljevenje istog je uključeno unutar projekta, kao i isušivanje i skladištenje gipsa, te tretman otpadnih voda ODG.

Stavka	**Jed. mjere**	**Tehničke informacije**
Vlažni ODG	-	Proces vlažni krečnjak – gips
Apsorber	-	Otvoreni tip apsorbera (Glavni materijal ugljenični čelik + gumena obloga)
Vlažni dimnjak	m	Ukupna visina 100 (Glavni materijal pleksiglas (FRP) sa čeličnom konstrukcijom)
Buster ventilator	-	1 x 100%
Mljevenje krečnjaka	**t_{suvi}/h**	2 x 29,3
Isušivanje gipsa	**t_{suvi}/h**	2 x 52
Skladištenje gipsa	**m^3**	6000

Tablica I: sistemi ODG

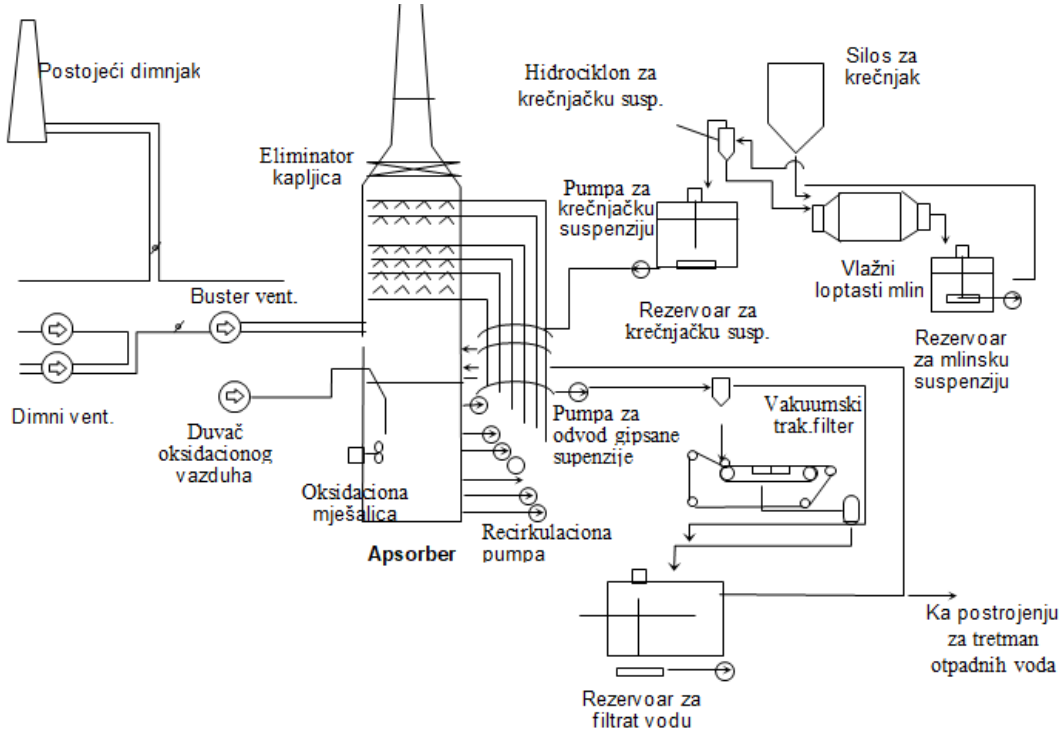
2.1. Dizajn ODG postrojenja

Ključne stavke specifikacije ODG postrojenja su navedene u Tablici II, dok je šematski prikaz toka ODG sistema prikazan na slici 3. Osnovni ODG dizajn i proračun potrošnje se zasnivaju na sljedećim parametrima (Glavni projekat knjiga 5, tačka 3.5 Režimi rada).

Projektni slučaj	Režim 1 SO_2 ,100% opterec. kotla, 283 mwe (SO_2 =21 t/h)
ODG ulazni protok	2.135.412 Nm^3/h (vlažni)
	1.651.700 Nm^3/h (suvi)
Apsorber ulaz H_2O koncentr.	15,0 vol% vlažni
Apsorber ulaz O_2 koncentr.	9,25 vol% suvi
Apsorber ulaz so_2 koncentr.	20.000 mg/Nm^3_{suvi} kod 6vol-% O_{2SUVI}
apsorber ulaz so_3 koncentr.	250 mg/nm^3_{suvi} kod 6vol-% o_{2suvi}
apsorber ulaz hcl koncentr.	20 mg/nm^3_{suvi} kod 6vol-% o_{2suvi}
apsorber ulaz hf koncentr.	10 mg/nm^3_{suvi} kod 6vol-% o_{2suvi}
apsorber ulaz čvrstih čestica koncentr.	50 mg/nm^3_{suvi} kod 6vol-% o_{2suvi}
apsorber izlaz so_2 koncentr.	200 mg/nm^3_{suvi} kod 6vol-% o_{2suvi}
apsorber izlaz čvrstih čestica koncentr.	20 mg/nm^3_{suvi} kod 6vol-% o_{2suvi}
efikasnost uklanjanja so_2	99%
čistoća krečnjaka % $caco_3$	94%
nusproizvod: gips	vlaga: <12%

stepen protoka vode	< 384 m³/ 48h
sadržaj čv.čestica u otpadnoj vodi	< 2 g/l
neraspoloživost (vrijeme rada postrojenja < 7000 h/a)	< 120 h/a

Tablica II: Ključne stavke za ODG



Slika 3: Šhematski dijagram toka za Ugljevik

3. Faze izvođenja projekta

Opšti koraci, sa naglaskom na ispunjenje zakonskih procedura su sledeći:

- Faza projektovanja za dobijanje Građevinske dozvole
- Faze Izvođenja, Ugradnje i Puštanja u rad
- Dostavljanje na odobrenje trećoj strane svih Operativnih priručnika, Konačne tehničke dokumentacije (Projekat izvedenog stanja) i QC dokumentacije za dobijanje Radne dozvole i Tehnički prijem
- Probni rad (po zakonu)

Svi zakonski zahtjevi Republike Srpske (po pitanju izgradnje, ekologije, vode, radnih dozvola, zaštite na radu...) moraju biti ispunjeni.

3.1 Faza projektovanja za dobijanje Građevinske dozvole

Opšte stavke prema zakonima Republike Srpske koje moraju biti uvažene:

- Projektant (kompanija) mora da ima državnu licencu

- Odgovorni projektant (inženjer) mora da ima državnu licencu

- Projektna dokumentacija mora biti odobrena od treće strane (nostrifikatora, revizora) prije slanja Ministarstvu zarad pokretanja procedure za dobijanje građevinske dozvole.

Ukoliko Projektant projektne dokumentacije nije iz BIH, u tom slučaju se traži nostrifikacija.

Zbog obima o složenosti ODG Postrojenja, projekat je od velikog značaja za BIH, te su sve dozvole izdate od strane Ministarstva (a ne od strane opštine).

3.1.1Tip projektne dokumentacije koja je potrebna za dobijanje Građevinske dozvole:

1. faza:Izrada crteža za dobijanje „Urbanističko tehničkih uslova“

2. faza:Izrada idejnog projekta za potvrdu „Lokacijskih uslova“

3. faza:Izvođenje Glavnog projekta za „Građevinsku dozvolu

3.2. Izvođenje

Opšte stavke prema lokalnim zakonima Republike Srpske koje moraju biti uvažene:

- Izvođač (kompanija) mora da posjeduje državne dozvole

- Odgovorni rukovodilac radova (inženjer) mora posjedovati državne dozvole.

3.2.1 Tip projektne dokumentacije u fazi izgradnje:

1) Izvođački projekat

Detaljna priprema sve dokumentacije

(PI dijagrami, statički proračuni, crteži armiranja i šalovanja, radionički crteži za čelične konstrukcije i spremnike, šeme vezivanja, mašinske i elektro instalacije, predmjer i predračun...)

3.3 Tehnička inspekcija i Radna dozvola

Opšte stavke prema lokalnim zakonima Republike Srpske koje moraju biti uvažene:

- Treća strana (Tehnička komisija) mora izvršiti provjeru ODG Postrojenja i pregledati cjelokupnu dokumentaciju i pripremiti sopstveni izvještaj

- Inspektori (protivpožarni, za zaštitu životne sredine, za vode...) takođe vrše inspekciju postrojenja i pregledaju predmetnu dokumentaciju

3.3.1 Tražena dokumentacija za tehničke inspekcije:

1. Dokumentacija izvedenog stanja

2. Dokumentacija o kontroli kvaliteta

3. Priručnik za rad i održavanje

3.4. Obaveze Poslodavca

RiTE Ugljevik, je iz ugla uloge Poslodavca, u dosadašnjem periodu proveo sve potrebne aktivnosti i korake koji su omogućili da se realizacija projekta odvija prema važećim zakonima Republike Srpske, kao i neometano ishođenje potrebnih dokumenata u narednom periodu, neophodnih za rad ODG postrojenja.

Ishodovane su:

1. Ekološka dozvola za ODG TE

2. Lokacijski uslovi

3. Privremena građevinska dozvola za pripr. radove

4. Građevinska dozvola

5. Velika licenca od Minstarstva građ. prost. planiranja i ekologije RS

Ista je omogućila formiranje sopstvenog Nadzornog tima za praćenje realizacije projekta. Shodno karakteru projekta, odluci Uprave RiTE i zakonskim obavezama, imenovani Nadzorni tim je u punoj koordinaciji sa Stručnim timom i Projekt menadžerom RiTE, čime su u punoj mjeri zadovoljena oba aspekta: ugovorni iz vizure JICA pravila i zakonski prema legislativi Republike Srpske.

6. Oslobađanje od carina uvozne opreme kod UIO BiH, na osnovu činjenice da je ODG projekat još 2009 proglašen prioritetnim projektom od državne važnosti.



Slika 4: Faze realizacije projekta

4. ODG postrojenje u ugljeviku, aktuelni trenutak

Nakon potpisivanja Ugovora o izgradnji postrojenja za odsumporavanje dimnih gasova za Termoelektranu Ugljevik sa Konzorcijumom Mitsubishi Hitachi Power Systems, Ltd. Japan i Mitsubishi Hitachi Power Systems Europe GmbH Njemačka i Rudis d.o.o. (Procedura izbora najpovoljnijeg izvođača izvršena je prema strogim pravilima i procedurama Japanske agencije za međunarodnu saradnju, na osnovu međunarodnog tendera)., 11 jula 2016 godine, usvojeni su Idejni i Glavni projekat, ishodovana građevinska dozvola, obezbjeđena velika licenca za nadzor od Vlade RS i od 07 aprila 2017. teku radovi na fazi izgradnje ODG postrojenja, dok je primopredaja ODG postrojenja sa velikom vjerovatnoćom polovinom maja 2020. godine, po izvršenom Tehničkom prijemu.

U ovom trenutku, ostvaren je visok procenat realizacije projekta, gotovo identičan ugovorom definisanom procentu napretka projekta. Trenutno je Projekat izgradnje postrojenja za odsumporavanje dimnih gasova u TE Ugljevik ušao u poslednju fazu svoje realizacije. Tačnije, nakon izdavanja potvrde o završetku objekta ODG TE, 31. 10. 2019. godine,uveliko teku aktivnosti na puštanju ODG postrojenja u rad.

Ukupni stepen završenosti projekta izražen u procentima je oko 97%.

Ovo se odnosi na sve segmente projekta, uz isticanje činjenice da su radovi na izgradnji objekata i

montaži završeni, a da su preostale aktivnosti, prevashodno one vezane za puštanje u rad, probni rad i ispitivanje funkcionalnih garancija.

Uvažavajući naprijed navedeno, kao ključna, u veoma bliskom narednom periodu izdvaja se stavka koju RiTE Ugljevik, kao Poslodavac, mora blagovremeno ispuniti, kako bi ispunila ugovorne obaveze sa japanskim izvođačem, kompanijom MHPS, a tiče se između ostalog obezbjeđenja materijalno tehničkih resursa za nesmetano odvijanje puštanja u rad, probnog rada i ispitivanja funkcionalnih garancija ODG postrojenja. Uvažavajući naprijed navedeno, kao ključne u veoma bliskom narednom periodu izdvajaju se stavke koje Poslodavac, odnosno Termoelektrana mora blagovremeno ispuniti:

- Obezbjeđenje materijalno tehničkih resursa za nesmetano odvijanje puštanja u rad, probnog rada i ispitivanja funkcionalnih garancija ODG postrojenja, odnosno da dostavi i učini dostupnim sve sirovine, potrebne medije (struja, voda), maziva, hemikalije, katalizatore, druge materijale i objekte, kao i da obavlja sve radove i pruži usluge bilo koje prirode, oje se odnose na pravilno izvođenje Puštanja Postrojenja u rad, Probnog rada i Testova ispunjenja garancija

- Obuka osoblja za rad i održavanje, potrebno je obezbijediti kvalifikovano osoblje za rad i održavanje u svrhu teorijske obuke.

Uporedo teku aktivnosti po pitanju obezbjeđenja absorbenta, kao i segmenta upravljanja gipsom iz ODG procesa, od njegovog veoma izglednog deponovanja, do stvaranja uslova za davanje nove upotrebne vrijednosti i komercijalnog karaktera ovom nus proizvodu.



Slika 5: Postrojenje ODG TE Ugljevik

5. Ekonomsko finansijski efekti izgradnje odg postrojenja Termoelektrane Ugljevik

5.1. Troškovi rada i održavanja

Na osnovu, u ovom trenutku važećih dokumenata (Ugovor o izgradnji postrojenja za odsumporavanje dimnih gasova, Glavni projekat postrojenja za odsumporavanje dimnih gasova, Elaborati, Studije i sl), kao i vrlo pouzdane procjene na osnovu dokumentacije čija je finalizacija i potvrda u toku, kao i preliminarnih pokazatelja tokom prvih dana vrućeg puštanja u rad, a na osnovu važećih planova investicija Preduzeća, prikazaćemo uticaj ove investicije na poslovanje RiTE Ugljevik kroz analizu operativnih troškova rada sistema za odsumporavanje, troškova amortizacije i održavanja na godišnjem nivou.

Ukupni troškovi rada sistema za odsumporavanje bazirani su na:

- Potrošnja električne energije

- Potrošnja apsorbenta

- Potrošnja procesne vode

- Proizvodnja dodatnog CO_2 iz reakcije krečnjaka sa SO_2 (opciono u ovom trenutku, zbog vrlo izglednih obaveza po pitanju ograničenja emisije stakleničkih gasova u bliskoj budućnosti)

5.1.1 Potrošnja električne energije

Obim potrošnje električne energije predstavlja vrijednost koju je polučio procesni dio Glavnog projekta Prema istom ukupna potrošnja električne energije uključujući procesnu i neprocesnu opremu iznosi **10.485 kW/h** i predstavlja gornju graničnu vrijednost, a što iznosi **4,63%** neto snage bloka.

Obezbjeđenje navedenog je je ugovorna obaveza Izvođača i definisana je kao ispunjenje funkcionalnih garancija.

5.1.2 Potrošnja apsorbenta

Saglasno **Knjizi 5 Glavnog projekta**, potrošnja krečnjaka je **26,3 t/h**.

Radi se o drobljenom krečnjaku maksimalne granulacije 20 mm na ulazu u ODG postrojenje, gdje se dalje mikronizuje u mlinskom postrojenju, koje je sastavni dio ODG postrojenja. Uzimajući u obzir planiranih 6500 sati rada TE godišnje, ukupna potrošnja krečnjaka je **170.950 t/god**.

5.1.3 Potrošnja procesne vode

Obim potrošnje procesne vode validan za ovaj dokument, predstavlja, od strane RiTE, kao Poslodavca traženu funkcionalnu garanciju za ukupnu potrošnju vode novog ODG postrojenja i predstavlja gornju graničnu vrijednost.

Prema istom ukupna potrošnja vode iznosi **10.600 t/48h**, odnosno svedeno na satnu potrošnju **220,83 t/h**.

Uzimajući u obzir 6.500 sati rada TE godišnje, ukupna potrošnja vode je **1.435.667 t/god**.

5.1.4 Proizvodnja dodatnog CO_2 iz reakcije krečnjaka sa SO_2

Navedeni trošak navodimo opciono u ovom trenutku, zbog vrlo izglednih obaveza termoenergetskih i industrijskih postrojenja po pitanju ograničenja emisije stakleničkih gasova u bliskoj budućnosti.

Prema procjenama, veoma izgledno je i da se u BiH nakon 2020. godine očekuje uvođenje naknade za ispuštanje stekleničkih gasova.

Očekivana max emisija iz ODG postrojenja je prema Idejnoj studiji ODG postrojenja iz 2013 godine, urađenoj od strane konsultanta Hamon ENV, odjeljak D, iznosi **11,226 t/h**.

5.2. Troškovi amortizacije

Troškovi amortizacije na godišnjem nivou iznose 5% vrijednost investicije (životni vijek ODG postrojenja, namjenjenog za potrebe odsumporavanja postojećeg bloka TE je 20 godina).

5.3. Troškovi održavanja

Troškovi održavanja za ovo razmatranje se mogu svesti prema ustaljenoj praksi na približno 1% vrijednosti investicije.

5.4. Uticaj ODG na proizvodnu cijenu električne energije

Uzimajući u obzir sve naprijed troškovi rada postrojenja odsumporavanja dodatno bi povećali cijenu koštanja električne energije i do 14%.

Imajući u vidu činjenicu da će RiTE Ugljevik imati smanjeni prihod po osnovu vlastite potrošnje el.energije ODG postrojenja, a sa druge strane dodatne rashode (krečnjak, industrijska voda,amotizacija,kamate) i na kraju potrebu za dodatnim likvidnim sredstvima po osnovu otplate

kredita, očito je da TE Ugljevik neće moći biti u ravnopravnoj tržišnoj poziciji sa ostalim TE u BiH.

Uvažavajući naprijed navedeno nužno potrebno je, uz pomoć relevantnih subjekata u RS i BiH, obezbjediti modalitete kroz zakonsku regulativu ili da se donošenjem jednokratnih Odluka, koje bi ovom Preduzeću priznale činjenično stanje značajnog finansijskog opterećenja i poskupljenja proizvodne cijene el.energije i barem donekle pomoglo i omogućilo ravnopravniju poziciju na tržištu el.energije.

6. Izdvojene stavke karakteristične za ODG projekat u Ugljeviku

6.1 JICA

U ovom odjeljku ću se samo kratko osvrnuti na ulogu JICA, kao još jednog važnog učesnika u realizaciji ODG projekta.

Mada će se uvijek pozivati samo na šture odredbe Ugovora o kreditu (kao npr.**Bez preuzimanja odgovornosti Klijenta ili Konsultanta, JICA može pratiti usluge koje smatra neophodnim kako bi se uvjerila da se one vrše u skladu sa odgovarajućim standardima i da su zasnovane na prihvatljivim podacima.**), koje im daju mogućnost komentarisanja i tumačenja pravila JICA ODA kredita, u cilju obezbjeđenja njihovih striktnih pridržavanja, suštinski JICA ima ulogu supervizora realizacije ODG projekta u svim njegovim fazama.

To pokazuje i činjenica da je na svaki korak (izbor konsultanta, pretkvalifikacija, objavljivanje tendera, evaluacija i izbor najpovoljnijeg ponuđača, ugovor, aneksi ugovora) bila i još uvjek je neophodna konačna saglasnost JICA na usaglašenost sa pravilima japanskih ODA kredita, da bi sve od navedenog bilo validno. Koliko god ovo na prvi pogled izgledalo usložnjeno, moram istaći da smo u kontinuitetu svih ovih godina realizacije projekta imali značajnu ekspertsku podršku JICA i njenih konsultanata i da nam je to ulivalo neophodnu dodatnu sigurnost prilikom donošenja značajnih odluka vezanih za projekat.

Na kraju iznosim i jednu kroz dosadašnji period više puta potvrđenu činjenicu, važnu za razumjevanje pravila poslovanja sa JICA.

JICA nije kao druge slične kreditne agencije. Ona je direktni eksponent japanske države i promoter japanske državne politike i kao takva prosto ne ostavlja prostor za donošenje štetnih i ishitrenih odluka, prevashodno svojim maksimalnim angažmanom.

6.2 Konsultant

Uz napomenu da je angažovanje Konsultanta obaveza iz Ugovora o kreditu i zahtjev ODA kredita, prema JICA, cilj angažovanja Konsultanta je pružanje pomoći Klijentu, kao i pružanje usluga koje bi obezbjedile blagovremenu i uspješnu izgradnju i puštanje u rad postrojenja ODG, što je osnova za budući nesmetan rad samog postrojenja.

Ugovorom definisane obaveze između ostalog glase,

Konsultant obavlja usluge i izvršava svoje obaveze u skladu sa opšte prihvaćenim profesionalnim standardima i praksama, i prati ispravne prakse upravljanja, i primjenjuje odgovarajuću tehnologiju i sigurnu i efikasnu opremu, mašine, materijale i metode. Konsultant uvijek djeluje kao vjerni savjetnik Klijenta, i u svako doba podržava i štiti zakonske interese Klijenta u svim poslovima sa trećim stranama.

Konsultant odmah izvještava Klijenta i JICA o pojavi nekog događaja ili situacije koja može odložiti ili spriječiti završetak nekog značajnog dijela projekta u skladu sa planovima i naznačava koji se koraci moraju preduzeti kako bi se izborilo sa tom situacijom.

Nakon sprovedene tenderske procedure, **06.12.2011.** godine potpisan je Vremenski baziran

Ugovor o uslugama Konsultanata sa najpovoljnijim ponuđačem, njemačkom kompanijom **Hamon Enviroserv**, pri čemu je kompanija **SEEC** (South East Europe Consultants), Beograd, definisana kao podkonsultant.

Konsultantske usluge se trenutno odnose na realizaciju pomoći oko ugovora za instaliranje, puštanje u rad, prihvatanje i ostale implementacione usluge ODG postrojenja.

7. Zaključak

ODG Postrojenje u Ugljeviku je prvo ODG Postrojenje izgrađeno u BIH

Projekat je vrlo zahtjevan i tehnološki i izvedbeno. Tehnološka oprema ključnog značaja isporučuje se iz velikog broja veoma respektabilnih inostranih kompanija. Za pripremne i građevinske radove te montažu tehnološke opreme Izvođač je, saglasno interesima lokalne zajednice, RS i BiH, angažovao lokalne firme, u mjeri i na način koji se ne kosi sa strogim pravilima japanskih ODA kredita koja ne prepoznavaju bilo koji oblik favorizacije bilo kog poslovnog subjekta.

Realizacijom Projekta izgradnje sistema odsumporavanja dimnih gasova u Termoelektrani Ugljevik, ispunjavaju se emisioni zahtjevi GVE SO2, proistekli iz LPCD i IED Direktiva, a sa sadašnjim vrijednostima NOx (i njegovim planiranim smanjenjem do 2027. godine), kao i rekonstrukcijom Elektro filtera 2017. godine, nestaju svi razlozi koji su prijetili prestankom rada Termoelektrane, kako zbog obaveza iz Ugovora o energetskoj zajednici, tako i zbog obaveza proisteklih iz važećih zakona Republike Srpske (GVE, ekološka dozvola is l.).

Realizacija projekta se završava nakon probnog rada postrojenja za ODG i njegovog tehničkog prijema 15 maja 2020. godine.

Na kraju ponovo ističemo činjenicu, da RiTE Ugljevik u punoj mjeri ispunjava preuzete obaveze iz operativnog plana realizacije mjera za Elektroprivredu Republike Srpske, navedene u NERP.

Takođe, činjenicu je i da je pozitivna ocjena ispunjenja NERP BiH u ovom trenutku potpunosti zasnovana na aktivnostima koje preduzima RiTE Ugljevik.

Ne želeći ni jednog trenutka umanjiti pozitivne efekte uticaja novog ODG postrojenja na okolinu i zdravlje ljudi, kao ni želju RiTE Ugljevik da posluje kao društveno odgovorna kompanija prema svom okruženju i šire, što je pokazivala svojim opredjeljenjem za ovo postrojenje još u prvim godinama rada, moramo zarad opstanka ove kompanije dodatno apelovati na odgovorne državne autoritete, da omoguće amortizovanje dodatnih enormnih finansijskih opterećenja koje RiTE Ugljevik donosi predmetno postrojenje.

U suprotnom, jedna vrlo uspješna priča prijeti da postane negativni balast kompaniji, pogotovo u svjetlu sve bližeg tržišnog načina poslovanja ovakvih proizvodnih energetskih kompanija.

Literatura

[1] BV, ZM, TU, KK, FGD Retrofit Project Ugljevik A success story MHPS Energy Conference for Southeast Europe Portorož, Slovenia, June 2019 ZM NEOPHODNOST REALIZACIJE PROJEKTA IZGRADNJE SISTEMA ODSUMPORAVANJA DIMNIH GASOVA U TERMOELEKTRANI UGLJEVIK

4. savetovanje „Odsumporavanje dimnih gasova“, Zrenjanin, Srbija, 22-24. septembar 2015.

[2] TEPSCO Studija izvodljivosti za izgradnju postrojenja odsumporavanja dimnog gasa u Termoelektrani Ugljevik - Studija, Tokio, 2006.Hamon Enviroserv GmbH, SEEC, EPRS Idejna studija za ODG postrojenje, Ugljevik, 2013.



23

Prof. dr Adnan Mašić
Mašinski fakultet Sarajevo

Razvoj novih alata u menadžmentu kvaliteta zraka
Development of new tools for air quality menagement

Sažetak: Problem zagađenosti zraka je izuzetno kompleksan i za njegovo razumijevanje je potrebno istraživati niz fizikalnih i hemijskih procesa koji se odvijaju u atmosferi: pojava temperaturne inverzije iznad naseljenih mjesta drastično utječe na kvalitet zraka u njima; analiza nekih svojstva karbonskih lebdećih čestica može u određenoj mjeri dati informacije o njihovom porijeklu itd. U posljednje vrijeme velika pažnja se posvećuje istraživanju nanočestica, koje je izuzetno teško detektovati, a imaju veliki utjecaj na zdravlje stanovništva.
U ovom radu se predstavljaju nove metode istraživanja problema zagađenosti zraka, te u vezi s tim i razvoj najsavremenijih alata u menadžmentu kvaliteta zraka. Predstavljamo alat za nadgledanje temperaturne inverzije u realnom vremenu, te mrežu kalibrisanih mobilnih senzora za izradu mapa zagađenosti visoke prostorne i vremeneske rezolucije. Primjer istraživanja osobina crnog ugljika se također daje. Na kraju, po prvi put u Bosni i Hercegovini se pristupa mjerenju nanočestica pomoću najsavremenijih instrumenata – masenih spektrometara za nanočestice.

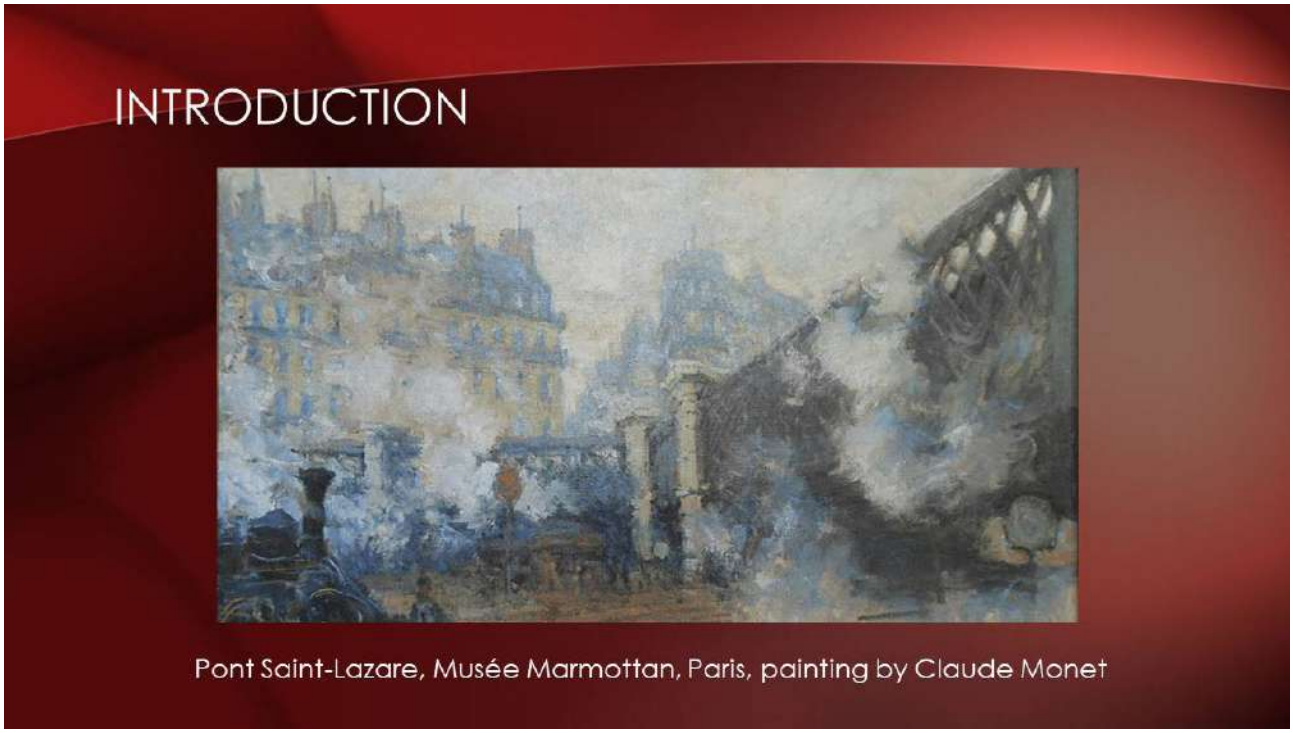
Ključne riječi: *zagađenost zraka, kvalitet zraka, novi alati*

Abstract: The problem of air pollution is extremely complex and for its understanding it is necessary to investigate a number of physical and chemical processes that take place in the atmosphere: the appearance of temperature inversion above urban places drastically affects the air quality; analysis of some of the properties of carbonaceous aerosols can (to some extent) give information about their origin, etc. Recently, much attention has been paid to the study of nanoparticles, which are extremely difficult to detect and have a major impact on the health of the population.
In this paper new methods of research of the air pollution problem are presented, together with the development of the modern analytical tools for the air quality management. Here we present a tool for real-time temperature inversion monitoring and a network of calibrated mobile sensors for creating (spatial and temporal) high-resolution pollution maps. An example of measurement of the properties of black carbon is also given. Finally, nanoparticles are being measured for the first time in Bosnia and Herzegovina using most advanced instruments - nanoparticle mass spectrometers.

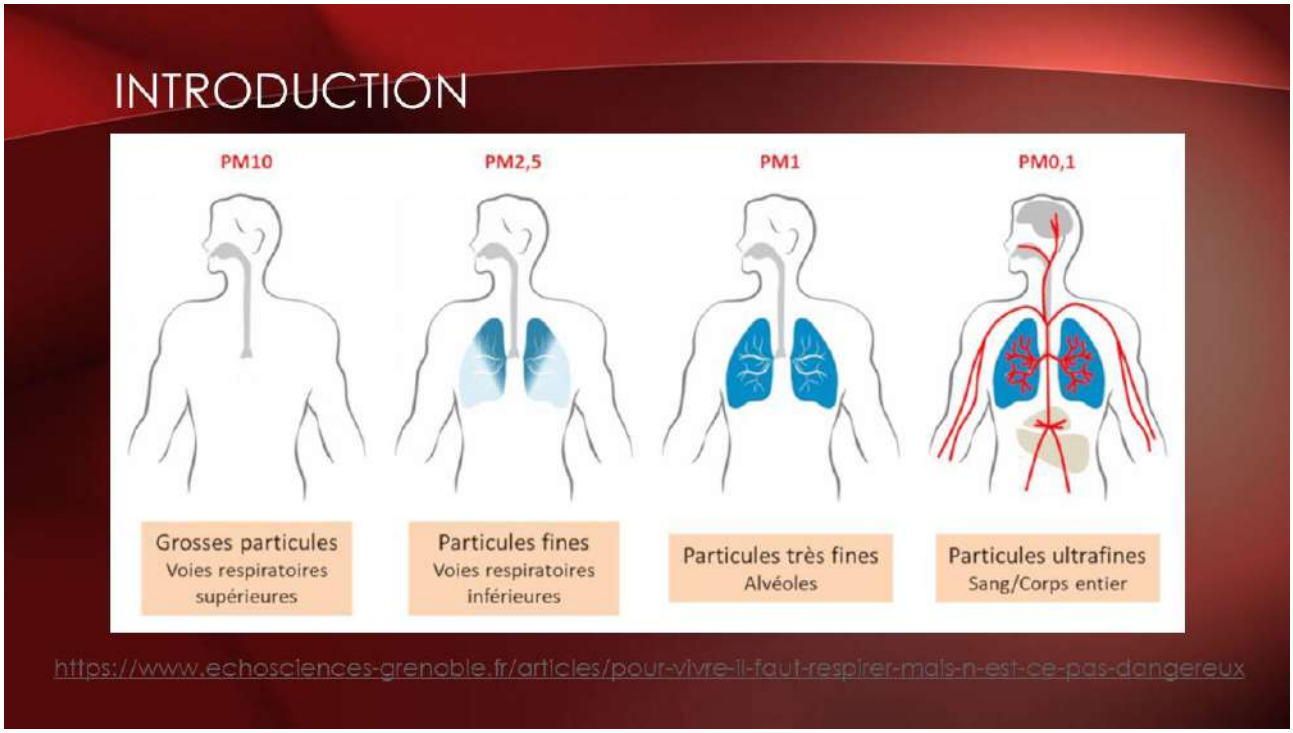
Key words: *air pollution, air quality, new tools*


REGIONALNI SIMPOZIJUM O PLANIRANJU KVALITETA ZRAKA U GRADOVIMA
REGIONAL SYMPOSIUM ON AIR QUALITY IN CITIES
Sarajevo 30-31/1/2020
RAZVOJ NOVIH ALATA U MENADŽMENTU KVALITETA ZRAKA
DEVELOPMENT OF NEW TOOLS FOR AIR QUALITY MANAGEMENT
Prof. dr Adnan Mašić
Mašinski fakultet Sarajevo


OUTLINE
• Introduction
• Sarajevo Live Pollution Map
• Live Inversion Tool
• Drone measurements
• Online carbon analysis
• Nanoparticles
• Conclusion


INTRODUCTION
Pont Saint-Lazare, Musée Marmottan, Paris, painting by Claude Monet


INTRODUCTION
Air pollution in Ilijaš, 11/01/2020, Drone image by A. Mašić


INTRODUCTION
PM10
PM2,5
PM1
PM0,1
Grosses particules
Voies respiratoires supérieures
Particules fines
Voies respiratoires inférieures
Particules très fines
Alvéoles
Particules ultrafines
Sang/Corps entier
https://www.echosciences-grenoble.fr/articles/pour-vivre-il-faut-respirer-mais-n-est-ce-pas-dangereux


Strategy for PM2.5 measurements:
1. Gravimetric analysis (EPA: Federal Reference Method)
2. BAM, Optical (EPA: Federal Equivalent Method)
3. Research grade mobile devices
4. Low-cost mobile devices
Time resolution: 24 hours
Time resolution: 1 hour
Time resolution: 1 second




SARAJEVO LIVE POLLUTION MAP
https://maqs.info

LIVE INVERSION TOOL

https://maqs.info/vprofile.php

DRONE MEASUREMENTS

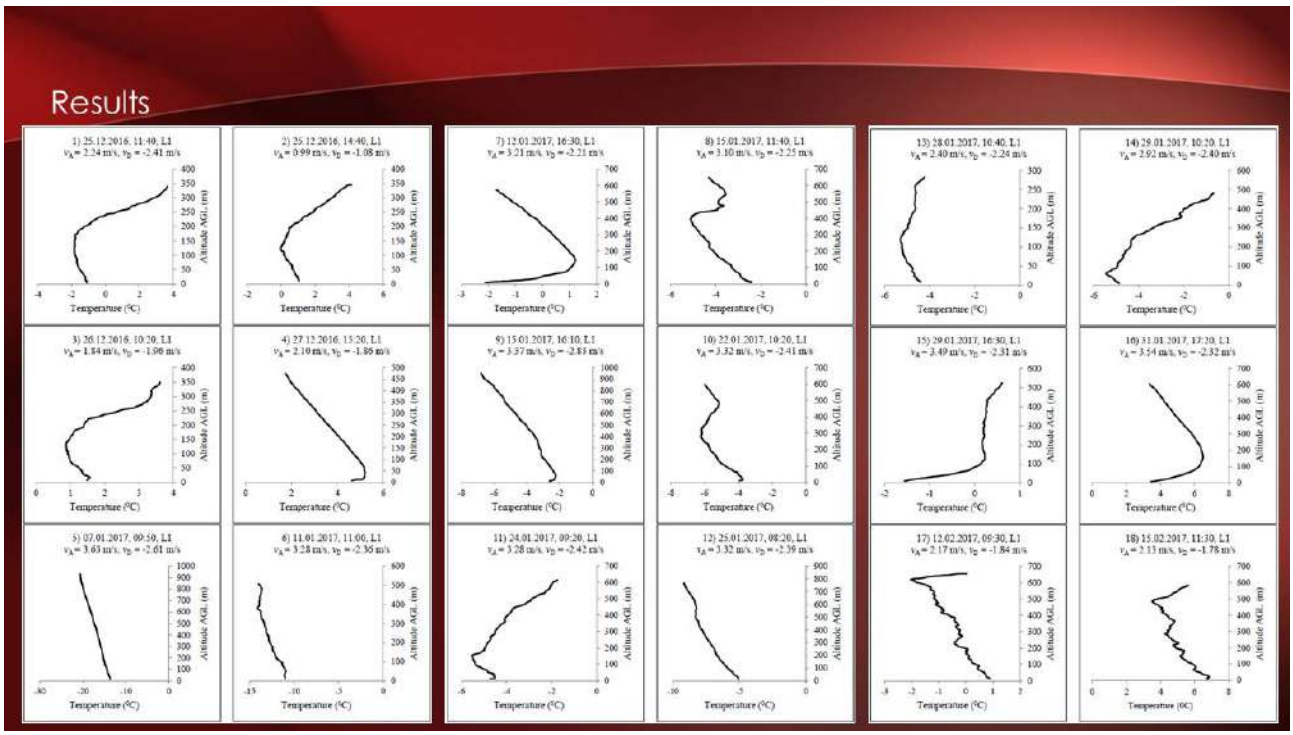
Advantages:

- Low cost (per single measurement)
- Control of trajectory
- Measurements during ascend and descent
- Automatization of missions











nature COMMUNICATIONS

ARTICLE

OPEN

Ambient black carbon particles reach the fetal side of human placenta

Hannelore Bové[1,2,3,6], Eva Bongaerts[1,6], Eli Slenders[2], Esmée M. Bijnens[3], Nelly D. Saenen[3], Wilfried Gyselaers[4], Peter Van Eyken[5], Michelle Plusquin[3], Maarten B.J. Roeffaers[2], Marcel Ameloot[2] & Tim S. Nawrot[1,3]

Particle transfer across the placenta has been suggested but to date, no direct evidence in real-life, human context exists. Here we report the presence of black carbon (BC) particles as part of combustion-derived particulate matter in human placentae using white-light generation under femtosecond pulsed illumination. BC is identified in all screened placentae, with an average (SD) particle count of 0.95 × 10⁶ (0.66 × 10⁶) and 2.09 × 10⁶ (0.9 × 10⁶) particles per mm³ for low and high exposed mothers, respectively. Furthermore, the placental BC load is positively associated with mothers' residential BC exposure during pregnancy (0.63–2.42 µg per m³). Our finding that BC particles accumulate on the fetal side of the placenta suggests that ambient particulates could be transported towards the fetus and represents a potential mechanism explaining the detrimental health effects of pollution from early life onwards.

Magnetite pollution nanoparticles in the human brain

Barbara A. Maher[a,1], Imad A. M. Ahmed[a], Vasili Karloukovski[a], Donald A. MacLaren[b], Penelope G. Foulds[a], David Allsop[c], David M. A. Mann[c], Ricardo Torres-Jardón[d], and Lilian Calderon-Garcidueñas[e,f]

Edited by Yinon Rudich, Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel, and accepted by Editorial Board Member A. R. Ravishankara July 25, 2016 (received for review April 11, 2016)

Biologically formed nanoparticles of the strongly magnetic mineral, magnetite, were first detected in the human brain over 20 y ago [Kirschvink JL, Kobayashi-Kirschvink A, Woodford BJ (1992) *Proc Natl Acad Sci USA* 89:7683–7687]. Magnetite can have potentially large impacts on the brain due to its unique combination of redox activity, surface charge, and strongly magnetic behavior. We used magnetic analyses and electron microscopy to identify the abundant presence in the brain of magnetite nanoparticles that are consistent with high-temperature formation, suggesting, therefore, an external, not internal, source. Compelling a separate nanoparticle population from the euhedral particles ascribed to endogenous sources, these brain magnetites are often found with other transition metal nanoparticles, and they display rounded crystal morphologies and fused surface textures, reflecting crystallization upon cooling from an initially heated, iron-bearing source material. Such high-temperature magnetite nanospheres are ubiquitous and abundant in airborne particulate matter pollution. They arise as combustion-derived, iron-rich particles, often associated with other transition metal particles, which condense and/or oxidize upon airborne release. These magnetite pollutant particles which are <~200 nm in diameter can enter the brain directly via the olfactory bulb. Their presence proves that externally sourced iron-bearing nanoparticles, rather than their soluble compounds, can be transported directly into the brain, where they may pose hazard to human health.

brain magnetite | magnetite pollution particles | Alzheimer's disease | combustion-derived nanoparticles | airborne particulate matter

Magnetic analyses of human brain samples have identified the presence of nanoparticles of magnetite, a strongly magnetic (ferrimagnetic) mixed Fe^{2+}/Fe^{3+} iron oxide (1–3). Based on their nanoscale dimensions and cuboctahedral (octahedral or pseudocubic) crystal shapes, these magnetite nanoparticles are thought to have formed by biological processes (1, 4), via in situ crystallization, possibly within the 8-nm-diameter cores of the iron storage protein, ferritin (e.g., ref. 5).

The specific presence of magnetite in the brain is important because it has been recently linked with potential cellular responses to external magnetic fields (e.g., in magnetic resonance imaging studies) (1), aging (6), and with neurodegenerative disease (e.g., refs. 2, 3, and 7). Previous work has shown a correlation between the amount of brain magnetite and the incidence of Alzheimer's disease (AD) (2, 3). Neuropathological changes associated with AD include the formation of senile plaques, containing β-amyloid fibrils (e.g., refs. 8, and 9). When associated with redox-active transition-metal ions, such as Fe^{2+} ions, β-amyloid can generate damaging reactive oxygen species, directly contributing to oxidative brain damage, a key early feature of AD (e.g., refs. 8–10). Magnetite nanoparticles have been found directly associated with AD plaques and tangles (e.g., refs. 11–13). In vitro experimental data show that magnetite acts synergistically to enhance the toxicity of β-amyloid (7).

Significance

We identify the abundant presence in the human brain of magnetite nanoparticles that match previously the high-temperature magnetite nanospheres, formed by combustion and/or friction-derived heating, which are prolific in urban, airborne particulate matter (PM). Because many of the airborne magnetite pollution particles are <200 nm in diameter, they can enter the brain directly through the olfactory nerve and by crossing the damaged olfactory unit. This discovery is important because nanoscale magnetite can respond to external magnetic fields, and is toxic to the brain, being implicated in production of damaging reactive oxygen species (ROS). Because enhanced ROS production is causally linked to neurodegenerative diseases such as Alzheimer's disease, exposure to such airborne PM-derived magnetite nanoparticles might need to be examined as a possible hazard to human health.


ONLINE CARBON ANALYSIS
NEW


MOBILE BC MEASUREMENTS

$$\alpha = -\frac{ln\frac{b_{abs}(470nm)}{b_{abs}(950nm)}}{ln\frac{470}{950}}$$

NANOPARTICLES







24

Dr. sc. Gordana Pehnec, dipl. ing.
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada
Ksaverska cesta 2, 10000 Zagreb, Hrvatska
gpehnec@imi.hr

Trendovi kvalitete zraka u Zagrebu
Trends of air quality in Zagreb

Sažetak: Sredinom šezdesetih godina prošlog stoljeća u gradu Zagrebu je uspostavljena mjerna mreža za trajno praćenje kvalitete zraka. U početku su se pratile razine sumporovog dioksida (SO2) i crnog dima, koje su u to vrijeme bile izrazito visoke. U skladu s novim znanstvenim spoznajama, izmjenama u zakonodavstvu i trendovima onečišćenja mijenjali su se tijekom godina programi mjerenja, rastao je broj mjernih postaja kao i broj onečišćujućih tvari koje su se pratile. U radu su prikazane promjene u programima mjerenja u Zagrebu u posljednjih deset godina do kojih je jednim dijelom došlo i zbog usklađivanja s propisima Europske Unije. Mjerenja pokazuju da je zrak u Zagrebu onečišćen s obzirom na lebdeće čestice ekvivalentnog aerodinamičkog promjera manjeg od 10 μm (PM10) i manjeg od 2,5 μm (PM2,5), te s obzirom na benzo(a)piren u PM10, dušikov dioksid (NO2) i ozon (O3). Prikazane su razine i trendovi navedenih onečišćujućih tvari za razdoblje od 2011. do 2018. godine. U promatranom osmogodišnjem razdoblju na većini mjernih postaja zabilježen je padajući trend srednjih godišnjih koncentracija NO2, PM10 i PM2,5 dok su koncentracije ozona i benzo(a)pirena pokazale značajne oscilacije između godina.

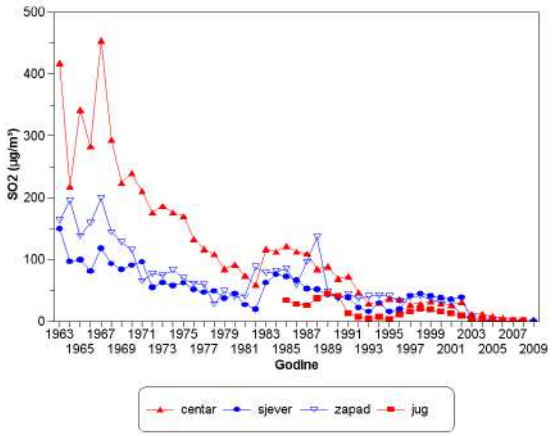
Ključne riječi: *benzo(a)piren, dušikov dioksid, lebdeće čestice, ozon, PM10, PM2,5, program mjerenja*

Abstract: In the mid-1960s, a measuring network for continuous monitoring of air quality was established in Zagreb. The initial measurements of sulphur dioxide (SO2) and black smoke showed extremely high levels of these pollutants in the air. In accordance with new findings, changes in legislation and pollution trends, measuring programs have changed over the years by increasing the number of measuring stations and pollutants. This paper presents changes in measuring programs over the past ten years, caused partly due to compliance with EU regulations. Measurements show that the air in Zagreb is polluted with respect to particulate matter with an equivalent aerodynamic diameter of less than 10 μm (PM10) and less than 2.5 μm (PM2.5), and with respect to benzo(a)pyrene in PM10, nitrogen dioxide (NO2) and ozone (O3). Levels and trends of the mentioned pollutants for the period 2011-2018 are presented. In the observed eight-year period, the decreasing trend of mean annual concentrations of NO2, PM10 and PM2.5 was recorded at most measuring stations while the concentrations of ozone and benzo(a)pyrene showed significant oscillations between years.

Key words: *benzo(a)pyrene, measuring program, nitrogen dioxide, ozone, particulate matter, PM10, PM2,5*

1. Uvod

Kvaliteta vanjskog zraka prati se u gradu Zagrebu od šezdesetih godine prošlog stoljeća. Prva mjerenja sumporovog dioksida (SO_2) i crnog dima koje su 1963. godine proveli djelatnici Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada (IMI) iz Zagreba pokazala su zabrinjavajuće visoke razine ovih onečišćujućih tvari u zraku. Takva situacija dovela je do uspostavljanja gradske mjerne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka kao i do donošenja Odluke o mjerama za zaštitu zraka od zagađenja produktima sagorijevanja (Službeni glasnik grada Zagreba, 16/1971) i Odluke o zaštiti zraka od onečišćenja (Službeni glasnik grada Zagreba, 21/1978). Na državnoj razini tadašnje Jugoslavije pitanje kvalitete zraka nije bilo regulirano. Izgradnja plinske i toplinske mreže, sve manja upotreba ugljena i kontrola razine sumpora u gorivu dovele su 70-tih godina do značajnog smanjenja razina SO_2 i dima u zraku Zagreba (slika 1) [1-3].



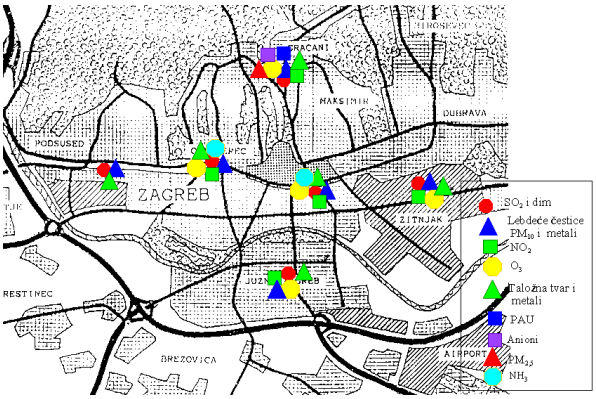
Slika 1: Kretanje srednjih godišnjih koncentracija SO_2 u Zagrebu za razdoblje 1963.-2009.
(preuzeto iz: Pehnec i sur., Priroda 5/2013 [3])

U početku su se mjerenja SO_2 i dima provodila na tri mjerne postaje. S godinama se povećavao broj mjernih postaja, ali i broj onečišćujućih tvari koji se pratio. Sedamdesetih godina započelo se s mjerenjima ukupnih lebdećih čestica i metala u njima, u devedesetim s mjerenjima dušikovog dioksida (NO_2), ozona (O_3), te policikličkih aromatskih ugljikovodika (PAU) i aniona (sulfata, nitrata, klorida) u lebdećim česticama. Od 1998. godine na jednoj lokaciji počele su se pratiti i frakcije lebdećih čestica PM10 i PM2,5 (lebdeće čestice ekvivalentnog aerodinamičkog promjera manjeg od 10 µm i 2,5 µm) da bi osam godina kasnije uslijed izmjena zakonske regulative na svim mjernim postajama mjerenja PM10 zamijenila mjerenja ukupnih lebdećih čestica [1-3].

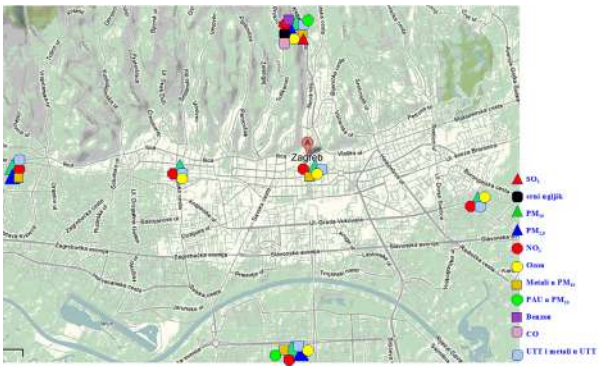
Organizacija mjerne mreže za praćenje onečišćenja zraka na nekom urbanom području dinamički je proces koji se mijenja, usklađuje i unapređuje. Mjerenja se provode u svrhu ocjenjivanja razine onečišćenosti zraka, izvještavanja o kvaliteti zraka prema nadležnim tijelima i informiranja javnosti. Važan cilj mjerenja je i dobivanje informacija potrebnih za ocjenu izloženosti stanovništva onečišćenju zraka i procjenu njegovog utjecaja na zdravlje. Izloženost ljudi onečišćenju zraka može imati za posljedicu različite zdravstvene učinke, ovisno o vrsti onečišćenja, razini, trajanju i učestalosti izloženosti te toksičnosti onečišćujuće tvari.

U skladu s novim znanstvenim spoznajama, izmjenama u zakonodavstvu i trendovima onečišćenja mijenjali su se u Zagrebu tijekom proteklih pedeset godina programi mjerenja i lokacije samih postaja. Danas je lokalna mjerna mreža u gradu Zagrebu koncipirana na način da je uspostavljeno šest mjernih postaja, i to po jedna u centru grada, u sjevernom, južnom i istočnom dijelu grada i dvije u zapadnom dijelu grada. Planira se i uspostava mjerne postaje u Sesvetama (krajnji istočni dio grada). U Zagrebu se nalaze i tri postaje u sklopu državne mreže za trajno praćenje kvalitete

zraka te također i nekoliko postaja posebne namjene. Posljednja izmjena Programa mjerenja razine onečišćenosti zraka na području Grada Zagreba bila je 2015. godine (Službeni glasnik Grada Zagreba 22/15). Novim Programom mjerenja iz 2015. godine u lokalnoj mreži okončana su dugogodišnja mjerenja SO_2 i dima na pet mjernih postaja, mjerenja amonijaka (NH_3) te mjerenja metala na dvije mjerne postaje, a koja su se provodila prema Programu mjerenja razine onečišćenosti zraka na području Grada Zagreba iz 2009. godine (Službeni glasnik Grada Zagreba 7/09). Ova mjerenja su obustavljena jer su rezultati praćenja kroz duže razdoblje pokazali trend smanjivanja kao i vrlo niske razine ovih onečišćujućih tvari na spomenutim mjernim postajama. Također su okončana i mjerenja aniona sulfata, nitrata i klorida u frakciji lebdećih čestica PM10, jer nova Uredba o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 117/12, NN 84/17) za njih više ne propisuje nikakve granične vrijednosti. S druge strane, u Program su uvrštena dodatna mjerenja onih onečišćujućih tvari za koje se prethodnim mjerenjima pokazalo da su im razine u Zagrebu bile povišene. Od 2016. godine povećan je broj postaja na kojima se određuje frakcija lebdećih čestica PM2,5, benzo(a)piren (BaP) u PM10 (BaP je jedini PAU za kojeg su propisane granične vrijednosti) te NO_2. Također se na mjernoj postaji na Ksaverskoj cesti od 2016. godine započelo s određivanjem benzena, koji se do sada nije pratio u sklopu mjerne mreže za praćenje kvalitete zraka grada Zagreba. Umjesto koncentracija dima na jednoj mjernoj postaji sukladno ISO 9835:1993 određuje se crni ugljik koji predstavlja sastavni, vidljivi dio dima. Na slici 2 prikazan je položaj mjernih postaja i onečišćujuće tvari koje su se pratile u razdoblju 2009.-2015., a na slici 3 od 2016. do danas.



Slika 2: Položaj mjernih postaja i onečišćujuće tvari prema Programu mjerenja razine onečišćenosti zraka na području Grada Zagreba iz 2009. godine (Službeni glasnik Grada Zagreba 7/09)



Slika 3: Položaj mjernih postaja i onečišćujuće tvari prema Programu mjerenja razine onečišćenosti zraka na području Grada Zagreba iz 2015. godine (Službeni glasnik Grada Zagreba 22/15)

U ovom radu prikazani su trendovi onečišćujućih tvari na mjernim potajama lokalne mjerne mreže grada Zagreba tijekom posljednjih osam godina.

2.Metode

Obrađeni su i prikazani rezultati mjerenja kvalitete zraka za razdoblje 1.1.2011.-31.12.2018. sa šest mjernih postaja lokalne mjerne mreže grada Zagreba. Mjerne postaje nalaze se u različitim dijelovima grada (slike 2 i 3), a njihove karakteristike prikazane su u tablici I.

Mjerna postaja	Dio grada i geografske koordinate	Karakteristike mjerne postaje
Đorđićeva ulica	Centar 45° 48' 39'' N 15° 59' 06'' E	- uz prometnicu, na visini 4 m od tla - gusto naseljeni dio grada s visokom gustoćom prometa
Ksaverska cesta	Sjever 45° 50' 04'' N 15° 58' 41'' E	- u dvorištu, 50 m od glavne prometnice, na visini 1,5 i 4 m od tla - umjereno naseljeni dio grada s umjerenom gustoćom prometa
Peščenica	Istok 45° 48' 16'' N 16° 01' 35'' E	- u dvorištu, 70 m od glavne prometnice, na visini 4 m od tla - urbano – industrijski dio grada
Prilaz baruna Filipovića	Zapad 45° 48' 44'' N 15° 56' 55'' E	- udaljena 30 m od frekventne prometnice, na visini 7 m od tla - gusto naseljeni dio grada s visokom gustoćom prometa
Siget	Jug 45° 46' 25'' N 15° 59' 04'' E	- udaljena 30 m od frekventne prometnice, na visini 4 m od tla - gusto naseljeni dio grada s visokom gustoćom prometa
Susedgrad	Zapad 45° 48' 40'' N 15° 52' 07'' E	- u dvorištu, na visini 1,5 m od tla - pretežno industrijski dio grada

Tablica I: Karakteristike mjernih postaja za praćenje kvalitete zraka lokalne mreže Grada Zagreba

U ranijim godinama za mjerenja kvalitete zraka koristile su se različite ručne metode pasivnog i aktivnog uzorkovanja uz naknadnu analizu sakupljenog uzorka u laboratoriju. Na primjer, razine SO_2 određivale su se standardnom britanskom metodom i sulfatnom torinskom metodom te kasnije metodom ionske kromatografije [2,4-7];

Onečišćujuća tvar	Princip mjerne / analitičke metode	Metoda mjerenja
SO_2	UV fluorescencija	HRN EN 14212 – Mjerenje koncentracije sumporovog dioksida u zraku ultraljubičastom fluorescencijom (EN 14212)
NO/NO_2	Kemiluminiscencija	HRN EN 14211 – Metoda za mjerenje koncentracije dušikova dioksida i dušikova monoksida u zraku kemiluminiscencijom (EN 14211)

CO	IR spektroskopija	HRN EN 14626 – Mjerenje koncentracije ugljikova monoksida nedisperzivnom infracrvenom spektroskopijom (EN 14626)
Onečišćujuća tvar	**Princip mjerne / analitičke metode**	**Metoda mjerenja**
O_3	UV apsorpcija	HRN EN 14625 – Mjerenje koncentracije ozona ultraljubičastom fotometrijom (EN 14625)
Benzen	GC-PID ili GC-FID	HRN EN 14662-1 – Mjerenje koncentracije benzena – 1.dio: Uzorkovanje prosisavanjem uz termičku desorpciju i analizu plinskom kromatografijom (EN 14662-1), HRN EN 14662-2 – 2.dio: Uzorkovanje prosisavanjem uz desorpciju otapalom i analizu plinskom kromatografijom (EN 14662-2), HRN EN 14662-3 – 3.dio: Automatsko uzorkovanje prosisavanjem uz istovremenu analizu plinskom kromatografijom (EN 14662-3)
PM_{10} i $PM_{2,5}$	Gravimetrija	HRN EN 12341 – Standardna gravimetrijska mjerna metoda za određivanje masenih koncentracija PM_{10} i $PM_{2.5}$ frakcija lebdećih čestica (EN 12341)
Ukupna plinovita živa	CV AAS ili CV AFS	HRN EN 15852 – Određivanje ukupne plinovite žive (EN 15852)
As, Cd, Ni, Pb	GF-AAS ili ICP-MS	HRN EN 14902 – Mjerenje Pb, Cd, As i Ni u PM_{10} frakciji lebdećih čestica (EN 14902)
benzo(a)piren*	HPLC ili GC	HRN EN 15549 – Mjerenje koncentracija benzo(a)pirena u zraku (EN 15549)

Tablica II: Referentne metode mjerenja za određivanje koncentracija SO_2, NO_2, CO, O_3, benzena, PM10, PM2.5 i ukupne plinovite žive, teških metala As, Cd, Ni i Pb te benzo(a)pirena u PM10 (Pravilnik o praćenju kvalitete zraka, NN 79/2017)

* za određivanje ostalih policikličkih aromatskih ugljikovodika u odsutnosti CEN standardne metode mogu se koristiti nacionalne standardne metode ili ISO metode (kao npr. ISO 12884)

Značenja kratica: HPLC – tekućinska kromatografija visoke djelotvornosti; GC – plinska kromatografija; ICP-MS – spektrometrija masa uz pobudu induktivno spregnutom plazmom; GF-AAS – atomska apsorpcijska spektrometrija – grafitna tehnika; CV-AAS – atomska apsorpcijska spektrometrija – tehnika hladnih para; CV-AFS – atomska fluorescencijska spektrometrija – tehnika hladnih para

NO_2 se određivao pasivnim sakupljanjem na filtar papir impregniran trietanolaminom i acetonom uz spektrofotometrijsku analizu [1, 2, 8]; ozon se određivao prosisavanjem zraka u apsorpcijsku otopinu nitrita, a nastali nitrat određivao se ionskom kromatografijom [9]. Lebdeće čestice određivale su se gravimetrijski, a na njima vezani metali mjerili su se tehnikom atomske apsorpcijske spektrometrije (AAS) te kasnije spektrometrijom masa induktivno spregnute plazme (ICP-MS), a BaP i ostali PAU određivali su se tekućinskom kromatografijom visoke djelotvornosti uz fluorescentni detektor [1,2,10]. Zbog usklađivanja hrvatskih propisa s propisima Europske Unije donesen je 2011. godine Zakon o zaštiti zraka (NN 130/2011), uz kasnije izmjene i dopune (NN 47/2014, NN 61/2017, NN 118/2018), kao i Pravilnik o praćenju kvalitete zraka (NN 3/2013, NN 79/2017) kojim se, između ostalog, propisuje način praćenja kvalitete zraka i metode mjerenja.

Sukladno Pravilniku o praćenju kvalitete zraka, mjerenja SO_2, NO_2, CO, O_3, benzena, PM10, PM2.5 i ukupne plinovite žive, teških metala As, Cd, Ni i Pb te benzo(a)pirena u PM10 provode se referentnim normiranim metodama navedenim u tablici II. Pravilnik također propisuje i metode mjerenja za određivanje kemijskog sastava PM2,5 (anioni Cl^-, NO_3^-, SO_4^{2-}; kationi Na^+,NH_4^+, K^+, Mg_2^+, Ca_2^+; elementni i organski ugljik), ukupne taložne tvari te metala i benzo(a)pirena u ukupnoj taložnoj tvari, kao i plinova neugodnog mirisa - amonijaka, sumporovodika, merkaptana i formaldehida.

Prema Zakonu o zaštiti zraka ispitni laboratoriji koji provode mjerenja trebaju biti akreditirani prema normi ISO/IEC HRN EN 17025 za metode mjerenja iz tablice II ili imati potvrdu referentnog laboratorija o tehničkoj i stručnoj osposobljenosti za provođenje mjerenja.

Jedinica za higijenu okoline Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada, koja je do sada provodila mjerenja kvalitete zraka na lokalnoj mjernoj mreži grada Zagreba, akreditirani je ispitni laboratorij prema normi HRN EN ISO/IEC 17025 od strane Hrvatske akreditacijske agencije (HAA) za 13 metoda mjerenja u području ispitivanja kvalitete zraka te ima dozvolu za obavljanje djelatnosti praćenja kvalitete zraka izdanu od strane Ministarstva zaštite okoliša i energetike (za 18 metoda). Također je i nacionalni referentni laboratorij za određivanje masene koncentracije i sadržaja frakcija lebdećih čestica PM10 i PM2,5.

Podaci prikazani u ovom radu obrađeni u programima Microsoft Excell 2010 i STATISTICA, verzija 13.0 (Dell Inc.).

3. Rezultati i rasprava

Koncentracije SO_2 od 2016. godine prate se samo na mjernoj postaji Ksaverska cesta smještenoj u sjevernom dijelu grada. Na slici 4 prikazano je kretanje srednjih godišnjih koncentracija SO_2 na Ksaverskoj cesti za razdoblje 2011.-2018. Razine SO_2 bile su vrlo niske te i dalje pokazuju statistički značajan padajući trend. Uredbom o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 117/2012, NN 84/2017) za SO_2 propisana je granična vrijednost (GV) za satni prosjek od 350 μg m^{-3} (ne smije biti prekoračena više od 24 puta tijekom kalendarske godine) te GV za 24 satni prosjek od 125 μg m^{-3} (ne smije biti prekoračena više od 3 puta tijekom kalendarske godine). Satne vrijednosti bile tijekom svih godine mjerenja niže od 60 μg m^{-3} (osim u 2011. kada je tijekom jednog dana koncentracija SO_2 dosegla 105 μg m^{-3}), a 24-satne niže od 27 μg m^{-3}.

Koncentracije metala (Pb, Ni, As, Cd) u PM10 frakciji su od početka mjerenja u Zagrebu bile niske i znatno ispod propisanih vrijednosti [2, 3, 10].

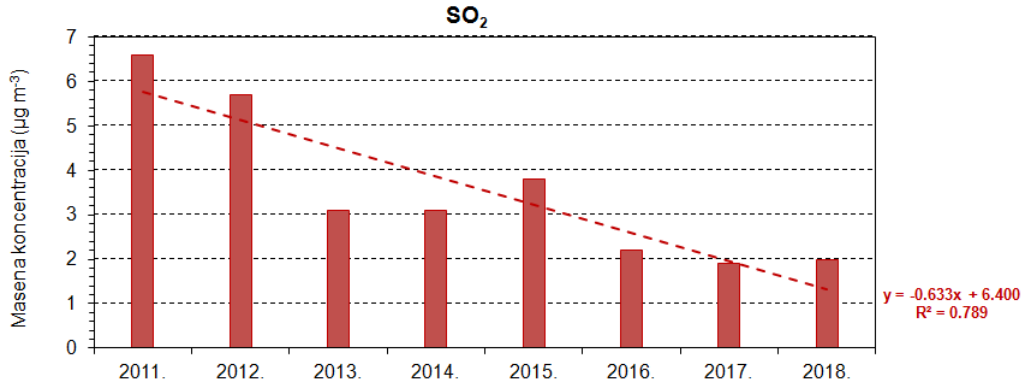
Dušikov dioksid prati se na svih 6 mjernih postaja lokalne mreže (na mjernoj postaji Susedgrad od 2016. godine). Na slici 5 prikazane su srednje godišnje koncentracije za razdoblje 2011.-2018. Za NO_2 propisana je GV za godišnji prosjek koja iznosi 40 μg m^{-3}. GV bila je prekoračena na svim mjernim postajama osim na Ksaverskoj cesti (sjeverni dio grada) i Peščenici (istočni dio grada). Na te dvije mjerne postaje vidljiv je i izraziti padajući trend srednjih godišnjih koncentracija NO_2. Na postaji u Prilazu baruna Filipovića (zapadni dio grada) te na postaji Siget u južnom dijelu grada postoji blagi trend rasta, a u Đorđićevoj ulici blagi padajući trend koji nije statistički značajan. Na postaji Susedgrad zbog kratkog razdoblja praćenja nije za sada moguće odrediti trend. Sumarno, može se zaključiti da na postajama uz frekventne prometnice (Siget, Đorđićeva ulica, Prilaz baruna Filipovića) vrijednosti osciliraju iznad ili oko GV bez naznake značajnijeg trenda, dok na lokacijama udaljenijim od prometnice (Ksaverska cesta, Peščenica) postoji trend smanjenja srednjih godišnjih koncentracija NO_2.

Koncentracije ozona prate se na mjernoj postaji Ksaverska cesta automatskim uređajem od 1996. godine, dok su na ostalim postajama tek u kasnijim godinama automatski uređaji počeli zamjenjivati ručnu metodu. Uredbom o razinama onečišćujućih tvari u zraku za ozon je propisana ciljna vrijednost 120 μg m^{-3} za pomični osmosatni prosjek, a koja ne smije biti prekoračena više od 25 puta, usrednjeno na tri godine. Na slici 6 prikazano je kretanje srednjih godišnjih koncentracija O_3, a na slici 7 broj dana po godini s osmosatnim pomičnim prosjekom koncentracija ozona višim od 120 μg m^{-3}. Na obje slike vidljiv je rastući trend. Međutim, zbog velikih kolebanja između godina taj se trend nije pokazao statistički značajnim. Broj dana s osmosatnim pomičnim prosjekom koncentracija ozona višim od 120 μg m^{-3} izrazito je varirao ovisno o godini (od 1 do 44 dana s prekoračenjem). Usrednjeni broj dana s prekoračenjima za trogodišnja razdoblja 2015.-2017. i 2016.-2018. bio je 27, što je više od dozvoljenog. Prekoračenja se u pravilu događaju u ljetnim mjesecima, kada je intenzitet sunčevog zračenja najjači.

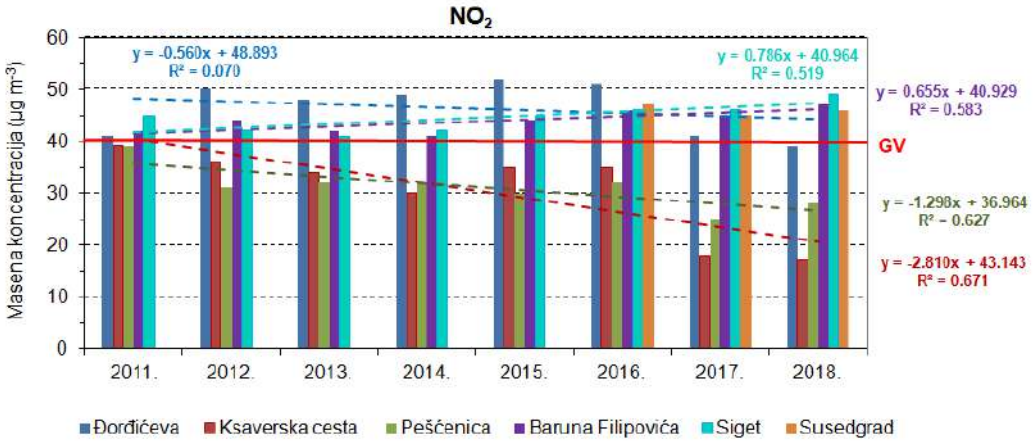
Na slici 8 prikazano je kretanje srednjih godišnjih koncentracija PM2,5 za razdoblje 2011.-2018.

Na mjernim potajama Siget i Susedgrad mjerenja PM2,5 provode se tek od 2016. godine te za sada nije moguće utvrditi trend. Srednje godišnje koncentracije PM2,5 na Ksaverskoj cesti pokazuju blag padajući trend. Granična vrijednost za godišnji prosjek iznosi 25 µg m-3 te je bila prekoračena jedino 2011. godine na Ksaverskoj cesti i 2016. godine u Sigetu. Od 1.1. 2020. godine granična vrijednost za PM2,5 bi se trebala spustiti na 20 µg m^{-3}.

Koncentracije frakcije lebdećih čestica PM10 mjere se na svih šest postaja lokalne mreže.



Slika 4. Kretanje srednjih godišnjih koncentracija SO_2 na mjernoj postaji u sjevernom dijelu Zagreba (Ksaverska cesta) za razdoblje 2011.-2018.

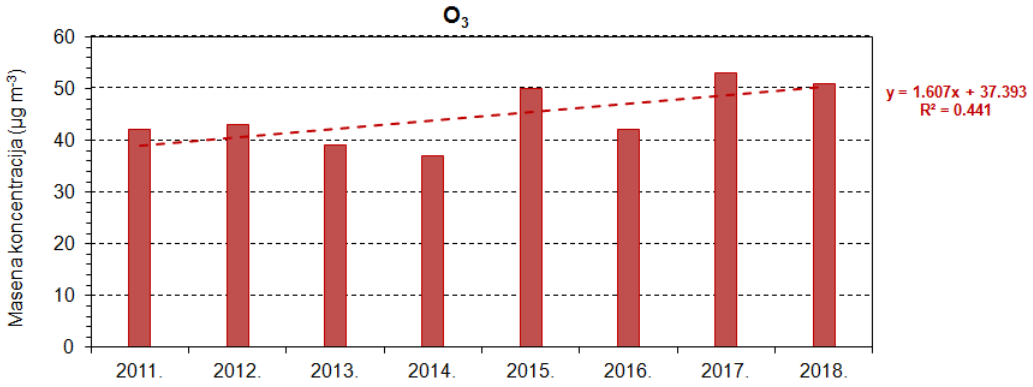


Slika 5. Kretanje srednjih godišnjih koncentracija NO2 u Zagrebu za razdoblje 2011.-2018.

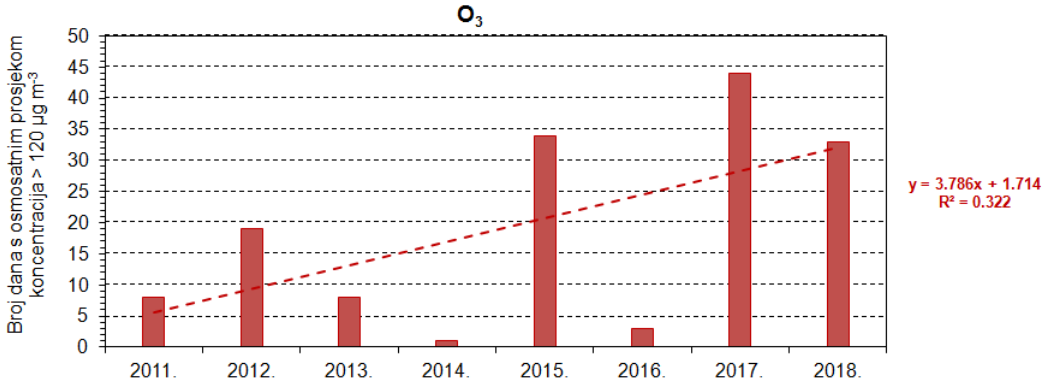
Propisana je GV za godišnji prosjek (40 µg m^{-3}) i za 24-satni prosjek (50 µg m^{-3} ne smije biti prekoračeno više od 35 puta godišnje). Iz slike 9 može se vidjeti da u pravilu nije dolazilo do prekoračenja GV za godišnji prosjek. Jedina prekoračenja bila su 2011. godine u centru grada u Đorđićevoj ulici i 2014. godine u južnom dijelu grada u Sigetu. Na svim mjernim postajama osim u istočnom dijelu grada (Peščenica) srednje godišnje koncentracije PM10 pokazuju padajući trend, ali se on pokazao statistički značajan jedino u Đorđićevoj ulici i u Susedgradu. Sličan trend pokazuje i broj dana u godini s koncentracijom višom od 50 µg m^{-3} (slika 10). Broj dana s koncentracijom PM10 višom od 50 µg m^{-3} kretao se između 13 i 104, ovisno o godini i mjernoj postaji. Tijekom promatranih osam godina najviše je prekoračenja bilo u Sigetu, a najmanje na Ksaverskoj cesti. Na mjernim postajama Siget, Susedgrad i Đorđićeva ulica tijekom svih promatranih godina GV za 24-satni prosjek bila je prekoračena više od dozvoljenih 35 puta. Do prekoračenja u pravilu dolazi u zimskim mjesecima, odnosno tijekom sezone grijanja.

Koncentracije policikličkih aromatskih ugljikovodika u PM10 frakciji lebdećih čestica (uključujući BaP) prate se kontinuirano na mjernoj postaji Ksaverska cesta od 1998. godine, a u Sigetu od 2016. godine. Kretanje srednjih godišnjih koncentracija BaP za razdoblje 2011.-2018. prikazano je na slici 11. BaP je jedini PAU za koji postoji propisana ciljna vrijednost (1 ng m^{-3} za godišnji prosjek). Na

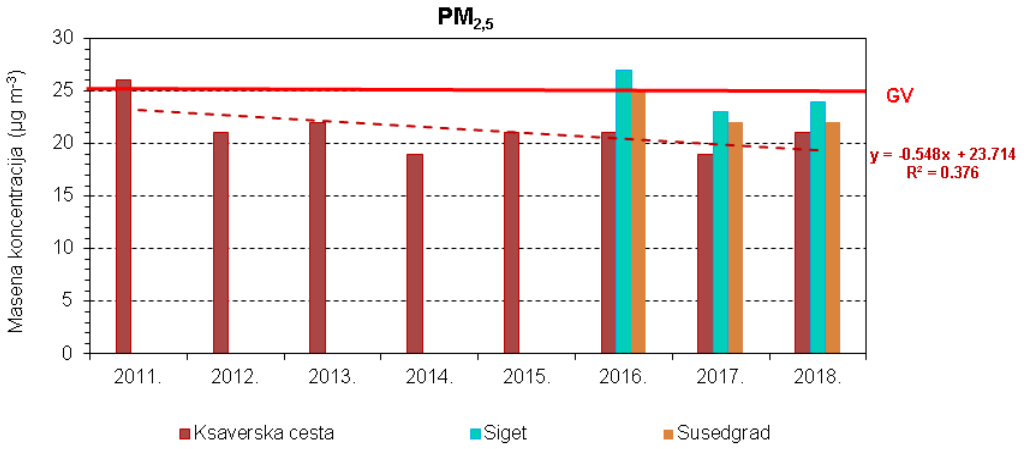
mjernoj postaji Ksaverska cesta ciljna vrijednost (CV) bila je prekoračena tijekom 6 od 8 promatranih godina. Na mjernoj postaji Siget srednje godišnje koncentracije BaP prekoračile su propisanu vrijednost tijekom sve tri godine mjerenja i bile su gotovo dvostruko više od vrijednosti izmjerenih na Ksaverskoj cesti. U promatranom osmogodišnjem razdoblju primijećen je slabi rastući trend srednjih godišnjih koncentracija na Ksaverskoj cesti, ali se on nije pokazao statistički značajan. Na mjernoj postaji Siget zbog kratkog razdoblja praćenja za sada nije moguće utvrditi trend.



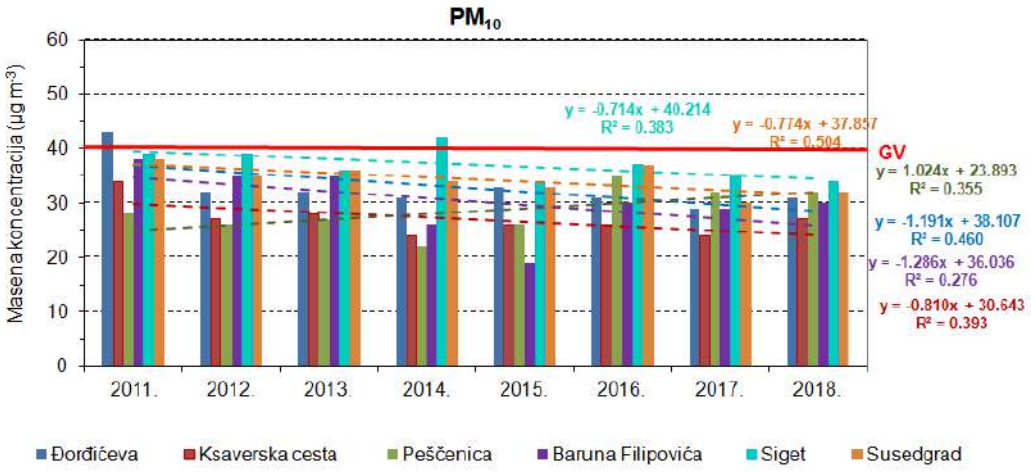
Slika 6. Kretanje srednjih godišnjih koncentracija O_3 na mjernoj postaji u sjevernom dijelu Zagreba (Ksaverska cesta) za razdoblje 2011.-2018.



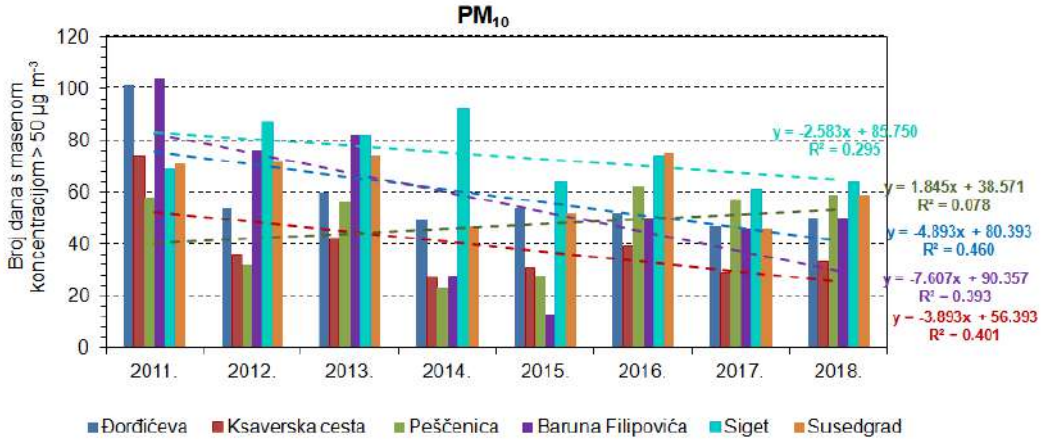
Slika 7. Broj dana s osmosatnim pomičnim prosjekom koncentracija ozona višim od 120 µg m^{-3} na mjernoj postaji u sjevernom dijelu Zagreba (Ksaverska cesta) za razdoblje 2011.-2018.



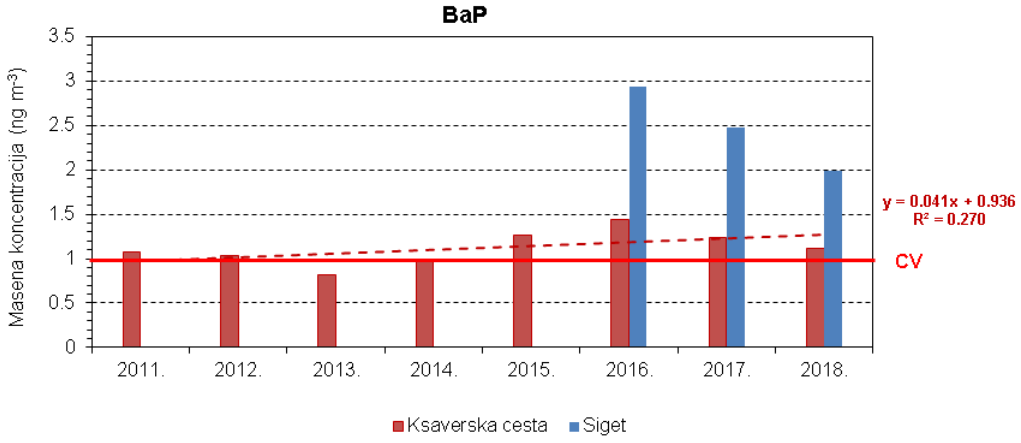
Slika 8. Kretanje srednjih godišnjih koncentracija PM2,5 u Zagrebu za razdoblje 2011.-2018.



Slika 9. Kretanje srednjih godišnjih koncentracija PM10 u Zagrebu za razdoblje 2011.-2018.



Slika 10. Broj dana s 24-satnom masenom koncentracija PM10 višom od 50 µg m^{-3} u Zagrebu za razdoblje 2011.-2018.



Slika 11. Kretanje srednjih godišnjih koncentracija BaP u Zagrebu za razdoblje 2011.-2018.

4. Zaključak

Mjerenja kvalitete zraka na mjernim postajama lokalne mreže grada Zagreba pokazuju da je zrak u Zagrebu u razdoblju 2011.-2018. bio onečišćen s obzirom na lebdeće čestice PM10 i PM2,5 te s

obzirom na benzo(a)piren u PM10, dušikov dioksid i ozon.

Razine dušikovog dioksida nisu prekoračivale propisanu graničnu vrijednost na mjernim postajama koje su smještene najdalje od prometnica: na Ksaverskoj cesti (sjeverni dio grada) i Peščenici (istočni dio grada). Na tim postajama prisutan je i trend smanjenja srednjih godišnjih koncentracija NO_2. Na mjernim postajama u dijelovima grada opterećenim prometom (Siget, Đorđićeva ulica, Prilaz baruna Filipovića) vrijednosti premašuju GV ili osciliraju oko GV bez naznake značajnijeg trenda. Srednje godišnje koncentracije O_3, kao i broj dana po godini s osmosatnim pomičnim prosjekom koncentracija ozona višim od 120 μg m^{-3} pokazuju rastući trend. Međutim, zbog velikih oscilacija između pojedinih godina taj se trend nije pokazao statistički značajnim. U posljednja dva trogodišnja razdoblja, 2015.-2017. i 2016.-2018., usrednjeni broj dana s prekoračenjima bio je viši od dozvoljenog. Prekoračenja se u pravilu događaju u ljetnim mjesecima, kada je intenzitet sunčevog zračenja najviši.

Srednje godišnje koncentracije frakcije lebdećih čestica PM2,5 samo su povremeno premašivale propisanu GV. Na mjernoj postaji u sjevernom dijelu grada prisutan je blag padajući trend. Srednje godišnje koncentracije frakcije lebdećih čestica PM10 u pravilu nisu prekoračivale GV za godišnji prosjek. Međutim, GV za 24-satni prosjek bila je prekoračena više od dozvoljenih 35 puta tijekom svih osam godina na mjernim postajama Siget, Susedgrad i Đorđićeva ulica, a na ostalim postajama samo u određenim godinama. Do prekoračenja 24-satne GV u pravilu dolazi u zimskim mjesecima, odnosno tijekom sezone grijanja. Statistički značajan padajući trend pronađen je jedino u Đorđićevoj ulici i u Susedgradu. Koncentracije benzo(a)pirena u PM10 frakciji lebdećih čestica na mjernim postajama Ksaverska cesta i Siget prekoračivale su propisanu vrijednost. Na Ksaverskoj cesti primijećen je slab rastući trend srednjih godišnjih koncentracija koji se nije pokazao statistički značajan.

Literatura

[1] M. Fugaš, V. Vađić, K. Šega, J. Hršak, N. Kalinić, A. Šišović, Air pollution studies, Arhiv za higijenu rada i toksikologiju, 50-2, (211-222), 1999.

[2] V. Vađić, J. Jukić, Trendovi kakvoće zraka u Zagrebu, Prvi hrvatski znanstveno-stručni skup Zaštita zraka '97, 16.-18.10.1997., Crikvenica, Priopćenja, (161-168), Zagreb, 1997.

[3] G. Pehnec, K. Šega, V. Vađić, Kakav zrak zagrepčani dišu, Priroda br. 1023, (26-30), 5/2013.

[4] ISO-4220, Ambient Air - Determination of gaseous acid air pollution index – Titrimetic method with indicator or potenciometric end – point detection, 1983.

[5] HRN ISO 4219, Kakvoća zraka – Određivanje plinovitih sumpornih spojeva u vanjskom zraku – Uređaj za sakupljanje uzoraka, 1997.

[6] A. Šišović, M. Fugaš, M. Gentilizza, Elimination of ammonia interference in acidimetric determination of sulphur dioxide, Environmental Monitoring and Assesment, 2, (345-351), 1982.

[7] UNEP/WHO, GEMS/AIR Methodology Reviews, Vol. 4;: Passive and Active Samplinf Metodologies for Measurements of Air Quality, UNEP/WHO, Nairobi 1994.

[8] R. Pauković, Određivanje dušik-dioksida u zraku primjenom pasivnih sakupljača, Arhiv za Higijenu Rada i Toksikologiju 38 (17-23), 1987.

[9] G. Pehnec, V. Vadjić, J. Hršak, Comparison of active and passive mesurement of ozone in Zagreb air, Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 70-2 (343-350), 2003.

[10] V. Vađić, S. Žužul, J. Rinkovec, G. Pehnec, Metali u sitnim česticama u zraku Zagreba, Sigurnost, 55-1, (9-17), 2013.

25

Dr. Andrej Šoštarić
doktor hemijskih nauka,
diplomirani fiziko-hemičar, master,
Gradski zavod za javno zdravlje, Beograd
Bulevar despota Stefana 54a
11000 Beograd, Srbija
andrej.sostaric@zdravlje.org.rs

Prof. Dr Dušica Matijević
specijalista socijalne medicine
Gradski zavod za javno zdravlje, Beograd
Bulevar despota Stefana 54a
11000 Beograd, Srbija
dusica.matijevic@zdravlje.org.rs

Dr Slaviša Mladenović
specijalista socijalne medicine
Gradski zavod za javno zdravlje, Beograd
Bulevar despota Stefana 54a
11000 Beograd, Srbija
slavisa.mladenovic@zdravlje.org.rs

Miroslav Matijević
diplomirani novinar
Gradski zavod za javno zdravlje, Beograd
Bulevar despota Stefana 54a
11000 Beograd, Srbija
miroslav.matijevic@zdravlje.org.rs

Dr sci. med. Vesna Slepčević
specijalista higijene
Gradski zavod za javno zdravlje, Beograd
Bulevar despota Stefana 54a
11000 Beograd, Srbija
vesna.slepcevic@zdravlje.org.rs

Monitoring kvaliteta vazduha u Beogradu- ispitivanje, izveštavanje i odnosi sa javnošću

Air quality monitoring in Belgrade- testin, reporting and public relations

Sažetak: Gradski zavod za javno zdravlje, Beograd (GZJZ) prati kvalitet vazduha na teritoriji grada skoro 40 godina. Danas, kvalitet vazduha se meri na 30 mernih mesta, pri čemu su na 8 mernih mesta raspoređene automatske merne stanice.Uporedo sa izazovima koje sa sobom nosi monitoring sa aspekta fizičko-hemijskih karakteristika vazduha, sve veći izazov predstavlja i oblast komunikacije sa javnošću i predstavljanje podataka u realnom vremenu. Broj internet stranica na kojima su dostupni podaci i informacije o kvalitetu vazduha je u konstantnom porastu, istovremeno povećavajući i broj građana koji se informišu. Ova činjenica, uz sve prednosti koje informisanost građana donosi sa sobom otvara mogućnosti za nenamerno ili namerno, tendenciozno tumačenje podataka o kvalitetu vazduha. U cilju pružanja tačnih i blagovremenih informacija o stanju kvaliteta vazduha svojim sugrađanima, GZJZ objavljuje podatke o kvalitetu vazduha u stvarnom vremenu na sopstvenoj veb stranici.

Ključne riječi: *monitoring kvaliteta vazduha, indeks kvaliteta vazduha, odnosi sa javnošću*

Abstract: Institute of Public Health of Belgrade has been monitoring air quality in Belgrade urban area for 40 years. Today air quality monitoring is performed on 30 sites, with automatic monitoring stations being placed at 8 sites. Alongside challenges of monitoring from the technical point of view, the growing challenge is the field of public relations and the presentation of data in real time. The number of smart phone applications and websites containing data and information on quality air is constantly rising, and the number of citizens being informed is increasing. This fact, with all the benefits that citizen awareness brings with it, opens up opportunities for the unintentional or intentional, tendentious interpretation of air quality data. In order to provide accurate and timely information on the state of air quality to its fellow citizens, the IPH publishes real-time air quality data on its own website.

Key words: *air quality monitoirng, air quality index, public relations*

MONITORING KVALITETA VAZDUHA U BEOGRADU-ISPITIVANJE, IZVEŠTAVANJE I ODNOSI SA JAVNOŠĆU

AIR QUALITY MONITORING IN BELGRADE - TESTING, REPORTING AND PUBLIC RELATIONS

Dr Andrej šoštarić, Miroslav Matijević, Prof. Dr Dušica Matijević,
Dr sci. med. Vesna Slepčević,

Kontrola kvaliteta vazduha na teritoriji Beograda

- Gradski zavod za javno zdravlje, Beograd (GZJZ) vrši ispitivanje – kontrolu kvaliteta vazduha na teritoriji Beograda još od 1953 godine.

Izvori zagađenja - saobraćaj

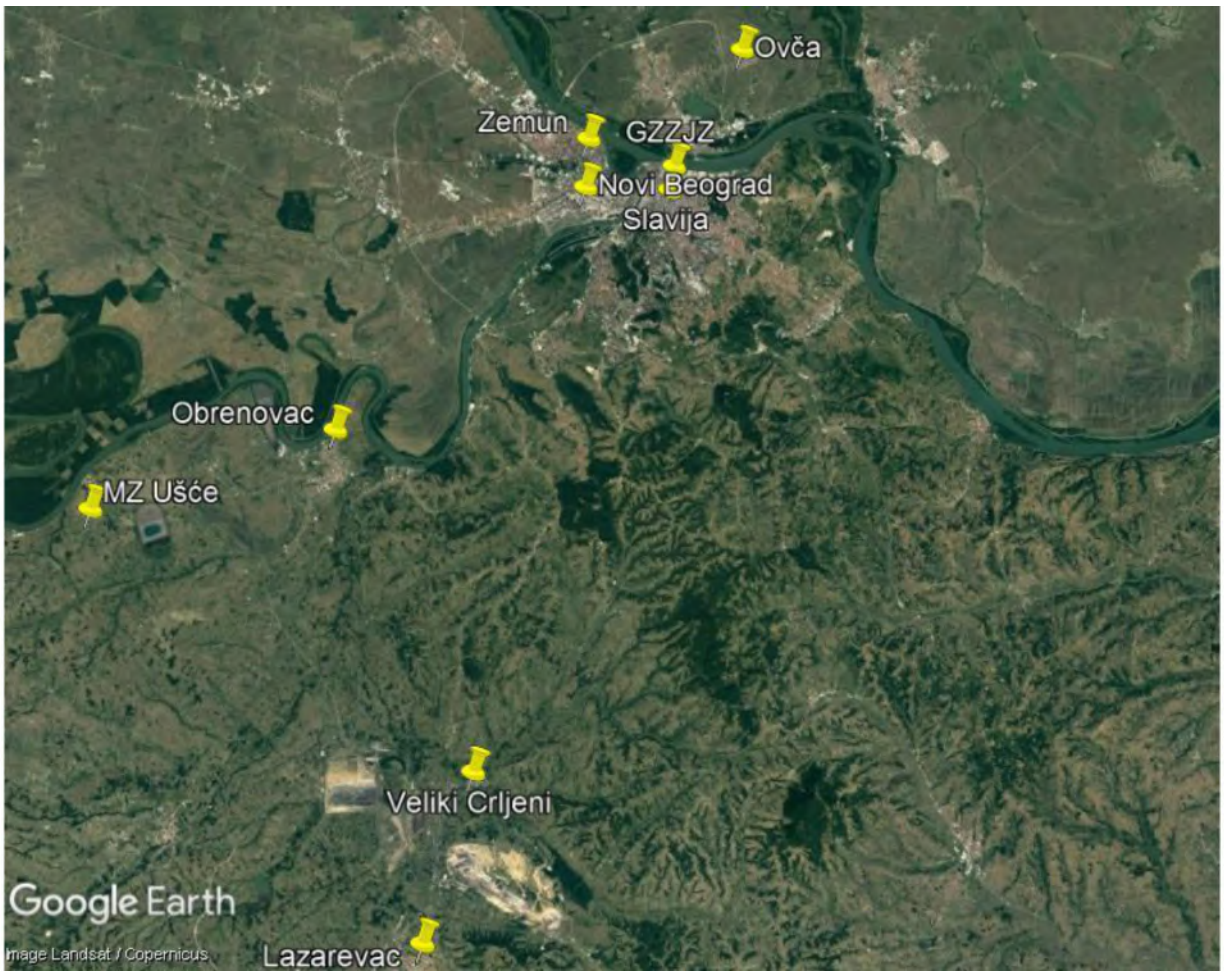


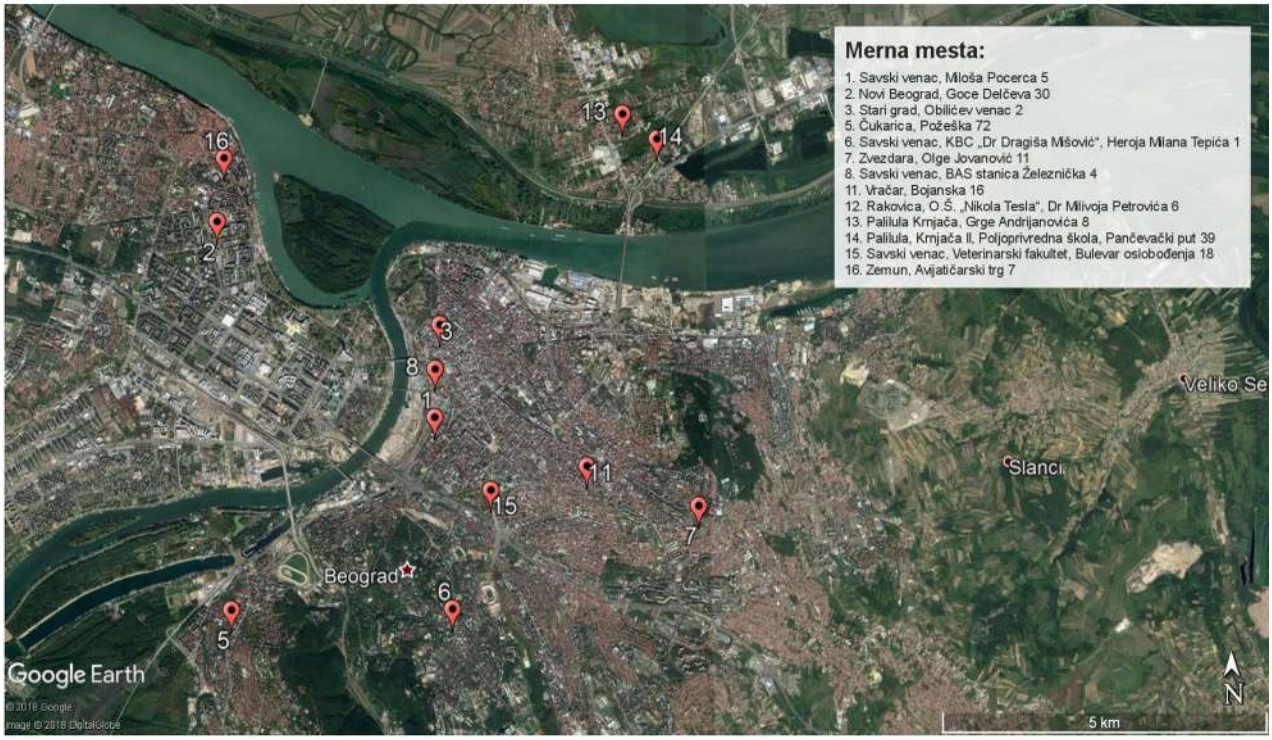
Izvori zagađenja – Grejanje - kućna ložišta – ugostiteljski objekti



Kontrola kvaliteta vazduha na teritoriji Beograda

- Kvalitet vazduha se na teritoriji Beograda danas meri na 35 mernih mesta.....
- SEPA – 6.....
- GZJZ – 30.....
- Merenja koja vrši GZJZ sprovode se u okviru Lokalne i Državne mreže.....
- Strukutura mreže je takva da obuhvata 10 automatskih mernih stanica





AMS Obrenovac

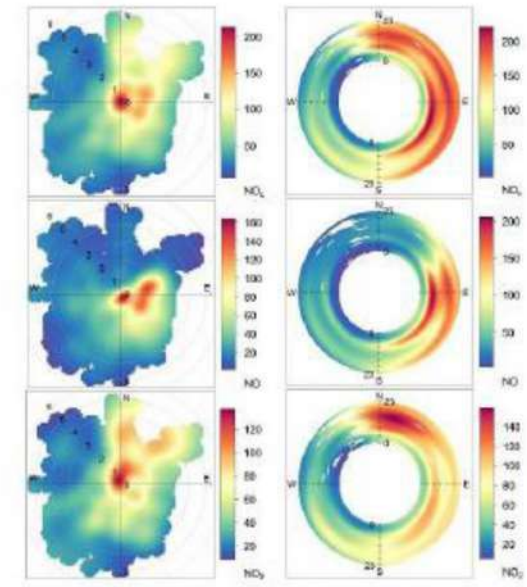




AMS Ovča i GZJZ podaci PM10



Ukrštanje koncentracija i meteo podataka



POLUTANT	METHOD	EQUIPEMENT
VOC	EN 14662-3 in situ gas hromatography	SyntechSpectras Chromtotec
O_3	EN 14625-ultraviolet photometry	HORRIBA APOA 370 TELDYNE
CO	EN 14626- nondispersive infrared spectroscopy	HORRIBA APMA 370 TELDYNE
NO_2/NO	EN 14211- chemiluminescence	HORRIBA APNA370 TELDYNE
SO_2	EN 14212 ultraviolet luorescence	HORRIBA APSA 370 TELDYNE
PM10	Beta-ray absorption method, ISO 10473	FH 62 I-R, Thermo ESM Andresen GRIMM
METEO DATA		ZERO/SPAN

Polu – automatske metode zahtevaju analitičku obradu uzoraka u laboratoriji



Analiza sadržaja PM10

Pb, Cd, As and Ni, EN 14902

B[a]P, and other PAHs , EN 15549, ISO 12889

anions and cations-ion chromatography SO_4^-, NO_3^-, NH_4^+, Cl^-, Na^+, K^+, Ca^+, Mg^+, pending application of new EN standard

OC/EC, Dual Optical Lab Instrument, *Sunset Laboratory+, pending application of new EN standard*

Obezbeđivanje kvaliteta podataka



Акредитационо тело Србије 00882
Accreditation Body of Serbia
Београд
Belgrade
додељује
awards

СЕРТИФИКАТ О АКРЕДИТАЦИЈИ
Accreditation Certificate

којим се потврђује да
confirming that

ГРАДСКИ ЗАВОД ЗА ЈАВНО ЗДРАВЉЕ БЕОГРАД
Београд

акредитациони број
accreditation number
01-036

задовољава захтеве стандарда
fulfils the requirements of
SRPS ISO/IEC 17025:2006
(ISO/IEC 17025:2005)

те је компетентна за обављање послова испитивања
and is competent to perform testing activities

који су специфицирани у обиму акредитације
as specified in the scope of accreditation

Важеће издање обима акредитације доступно је на интернет адреси: www.ats.rs
Valid scope of accreditation can be found at: www.ats.rs

Сертификат додељен
Date of issue
12.02.2016.

Акредитација важи до
Date of expiry
11.02.2020.

ATC

ilac-MRA

В. д. Директор
Acting Director

М.П.

Аутоматска, континуална мерења	Стандардна метода за мерење концентрације сумпор диоксида на основу ултраљубичасте флуоресценције	(2-1000)μg/m^3	SRPS EN 14212:2013/AC: 2015
	Стандардна метода за мерење концентрације азот диоксида и азот моноксида на основу хемилуминисценције	азот диоксид (1,9-955)μg/m^3	SRPS EN 14211:2013
	Стандардна метода за одређивање концентрације озона ултраљубичастом фотометријом	(2-2000)μg/m^3	SRPS EN 14625:2013
	Стандардна метода за одређивање концентрације угљен моноксида на основу недисперзивне инфрацрвене спектроскопије	(1,2-116)mg/m^3	SRPS EN 14626:2013

ПР15-О02 Издање/Измена: 3/6 Датум: 09.02.2016. Страна:61/90

2.	**Амбијентални ваздух (наставак)** Аутоматска, континуална мерења (наставак)	Стандардна метода за одређивање концентрације бензена - Део 3: Аутоматско узорковање пумпом са гасном хроматографијом на лицу места	(3,3-1613)μg/m^3	SRPS EN 14662-3:2008
		Мерење масе суспендованих честица на филтру „Beta-ray" апсорпциони метод	(1-1000)μg/m^3	ISO 10473:2000

Obezbeđivanje kvaliteta podataka



Акредитационо тело Србије 00882
Accreditation Body of Serbia
Београд
Belgrade
додељује
awards

СЕРТИФИКАТ О АКРЕДИТАЦИЈИ
Accreditation Certificate

којим се потврђује да
confirming that

ГРАДСКИ ЗАВОД ЗА ЈАВНО ЗДРАВЉЕ БЕОГРАД
Београд

акредитациони број
accreditation number
01-036

задовољава захтеве стандарда
fulfils the requirements of
SRPS ISO/IEC 17025:2006
(ISO/IEC 17025:2005)

те је компетентна за обављање послова испитивања
and is competent to perform testing activities

који су специфицирани у обиму акредитације
as specified in the scope of accreditation

Важеће издање обима акредитације доступно је на интернет адреси: www.ats.rs
Valid scope of accreditation can be found at: www.ats.rs

Сертификат додељен
Date of issue
12.02.2016.

Акредитација важи до
Date of expiry
11.02.2020.

ATC

ilac-MRA

В. д. Директор
Acting Director

М.П.

Аутоматска, континуална мерења	Стандардна метода за мерење концентрације сумпор диоксида на основу ултраљубичасте флуоресценције	(2-1000)μg/m^3	SRPS EN 14212:2013/AC: 2015
	Стандардна метода за мерење концентрације азот диоксида и азот моноксида на основу хемилуминисценције	азот диоксид (1,9-955)μg/m^3	SRPS EN 14211:2013
	Стандардна метода за одређивање концентрације озона ултраљубичастом фотометријом	(2-2000)μg/m^3	SRPS EN 14625:2013
	Стандардна метода за одређивање концентрације угљен моноксида на основу недисперзивне инфрацрвене спектроскопије	(1,2-116)mg/m^3	SRPS EN 14626:2013

ПР15-О02 Издање/Измена: 3/6 Датум: 09.02.2016. Страна:61/90

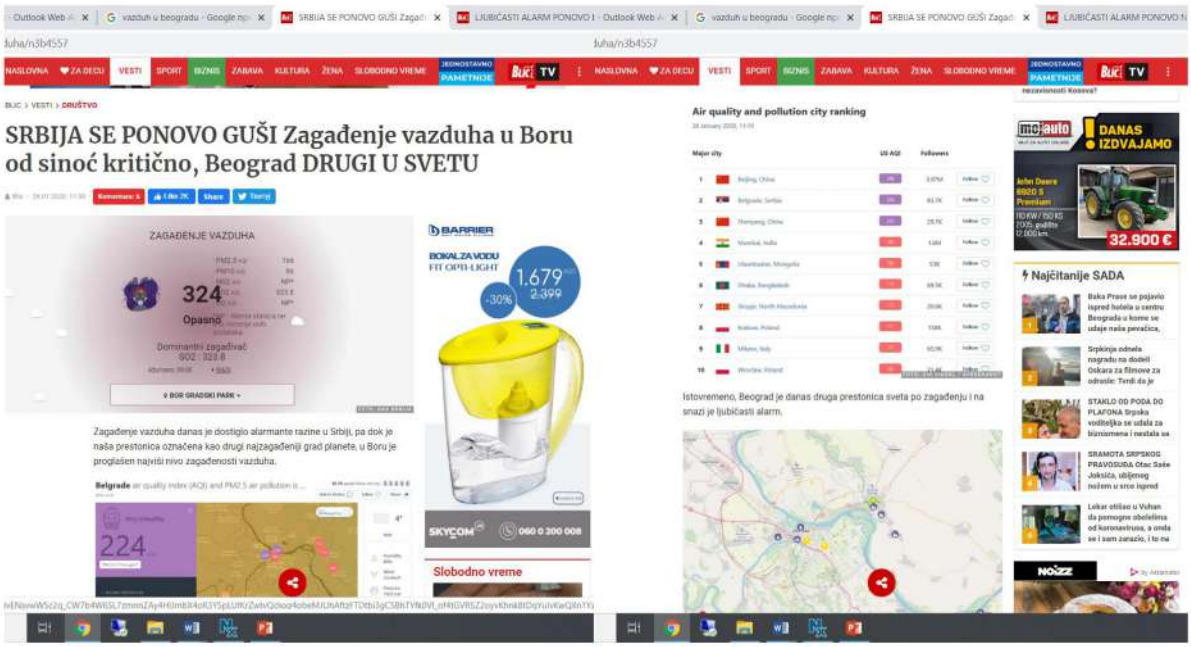
2.	**Амбијентални ваздух (наставак)** Аутоматска, континуална мерења (наставак)	Стандардна метода за одређивање концентрације бензена - Део 3: Аутоматско узорковање пумпом са гасном хроматографијом на лицу места	(3,3-1613)μg/m^3	SRPS EN 14662-3:2008
		Мерење масе суспендованих честица на филтру „Beta-ray" апсорпциони метод	(1-1000)μg/m^3	ISO 10473:2000

Obezbeđivanje kvaliteta podataka-ILC

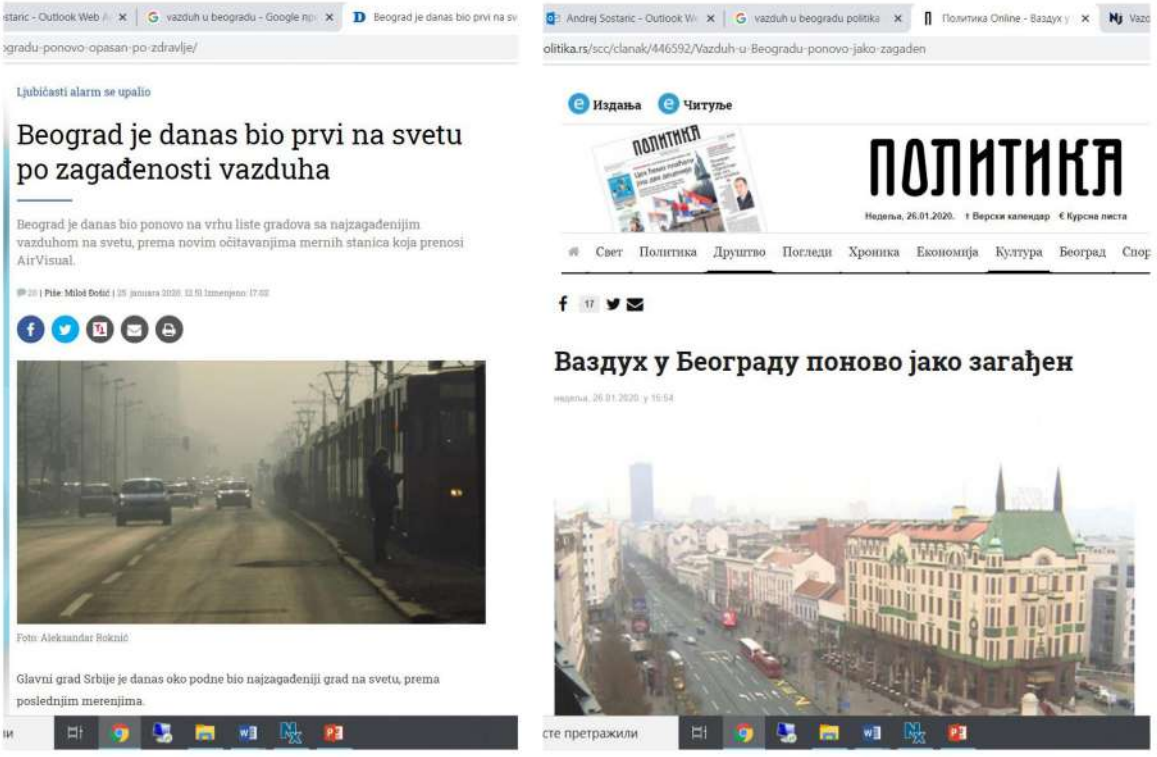
- WHO/EC-JRC EUROPEAN INTERCOMPARISON WORKSHOP ON AIR QUALITY MONITORING – NO, NO2, SO2 , CO and O3
- INTER-LABORATORY COMPARISON EXERCISE AUTOMATIC BTEX ANALYSERS, EC, JRC,EUROPEAN REFERENCE LABORATORY FOR AIR POLLUTION
- OC EC INTERCOMPARISON, EC, JRC,

MEDIJSKA SLIKA

Medijska slika



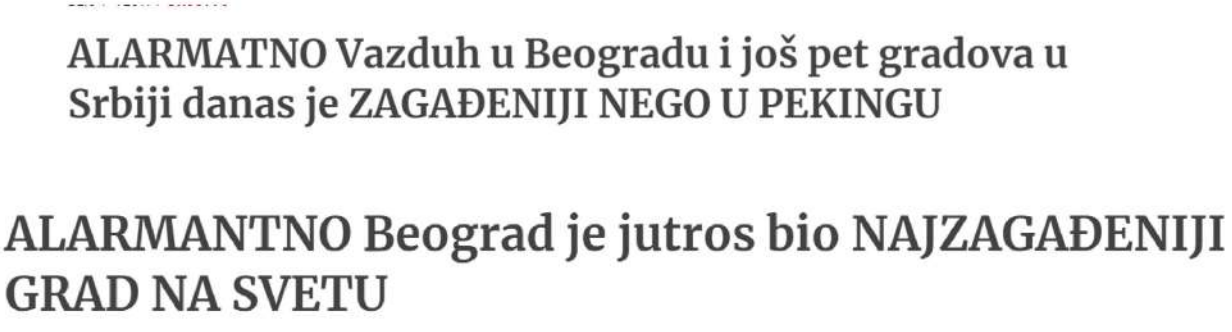
Medijska slika



Medijska slika



Medijska slika

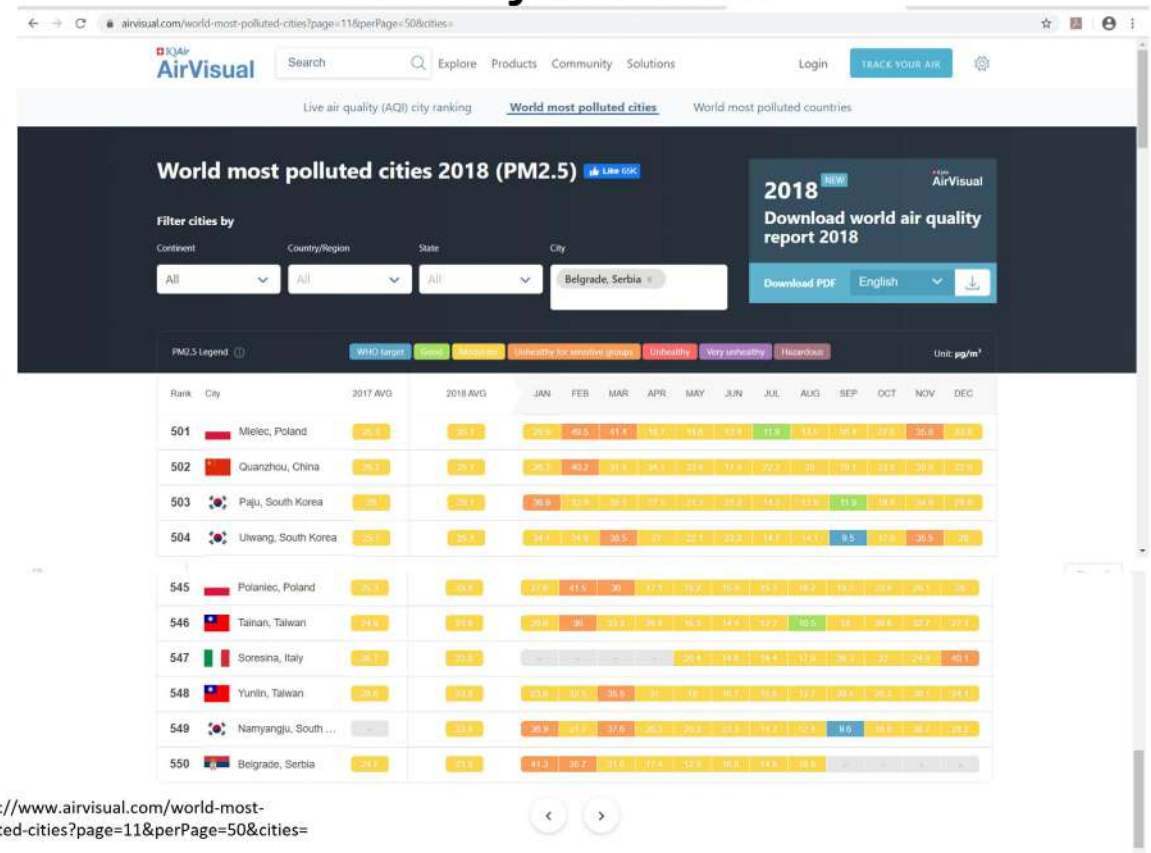


Medijska slika



https://waqi.info/

Medijska slika



https://www.airvisual.com/world-most-polluted-cities?page=11&perPage=50&cities=

Prikaz rezultata merenja u realnom vremenu...

Prikaz rezultata merenja u realnom vremenu...



http://www.beoeko.com/

Indeks kvaliteta vazduha

- Osnovni cilj izračunavanja indeksa kvaliteta vazduha jeste da se od **velikog broja podataka** u realnom vremenu stvori **jedna informacija**
- Indeks kvaliteta vazduha na osnovu podataka iz mreže GZJZ Beograd formira se na osnovu kriterijuma *the Common Air Quality Index*

CAQI

- *(*http://airqualitynow.eu/about_indices_definition.php#parag1*)*

Zašto CAQI

Common air quality index calculation grid

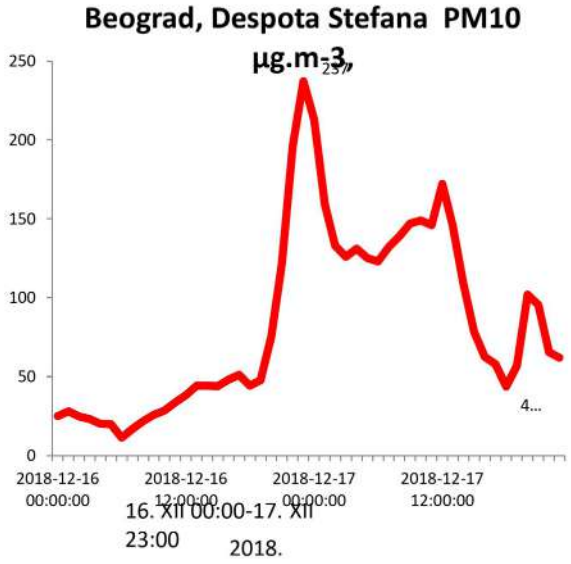
Index Class	Grid	ROADSIDE INDEX						BACKGROUND INDEX							
		Mandatory pollutant			Auxiliary pollutant			Mandatory pollutant				Auxiliary pollutant			
			PM10		PM2.5				PM10			PM2.5			
		NO2	1 hour	24 hours	1 hour	24 hours	CO	NO2	1 hour	24 hours	O3	1 hour	24 hours	CO	SO2
Very High	>100	>400	>180	>100	>110	>60	>20000	>400	>180	>100	>240	>110	>60	>20000	>500
High	100	400	180	100	110	60	20000	400	180	100	240	110	60	20000	500
	75	200	90	50	55	30	10000	200	90	50	180	55	30	10000	350
Medium	75	200	90	50	55	30	10000	200	90	50	180	55	30	10000	350
	50	100	50	30	30	20	7500	100	50	30	120	30	20	7500	100
Low	50	100	50	30	30	20	7500	100	50	30	120	30	20	7500	100
	25	50	25	15	15	10	5000	50	25	15	60	15	10	5000	50
Very Low	25	50	25	15	15	10	5000	50	25	15	60	15	10	5000	50
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

- NO2, O3, SO2: hourly value / maximum hourly value in µg/m3
- PM10, PM2.5: hourly value / maximum hourly value or adjusted daily average in µg/m3
- CO: 8 hours moving average / maximum 8 hours moving average in µg/m3

up

1. Klasifikacija na satnom nivou
2. Obavezujući polutanti

Klasifikacija na satnom nivou



Date	Time	PM10 1h	PM10 24h	AQI 1h	AQI 24h
16.12.	24:00	237	49	Jako zagađen	Prihvatljiv
17.12.	18:00	44	128	dobar	Jako zagađen

	PM10 1 hour	PM10 24 hours
Jako zagađen	>180	>100
Zagađen	180	100
	90	50
Prihvatljiv	90	50
	50	30
Dobar	50	30
	25	15
Odličan	25	15
	0	0

29

Klasifikacija na satnom nivou



Izračunavanje indeksa kvaliteta vazduha na osnovu prosečne vrednosti u poslednja **24 sata (24h)**



Izračunavanje indeksa kvaliteta vazduha na osnovu prosečne vrednosti u **prethodnom satu (1h)**

30

Obavezujući polutanti



PM10, 2018
58 sati jako zagađen
388 sati zagađen

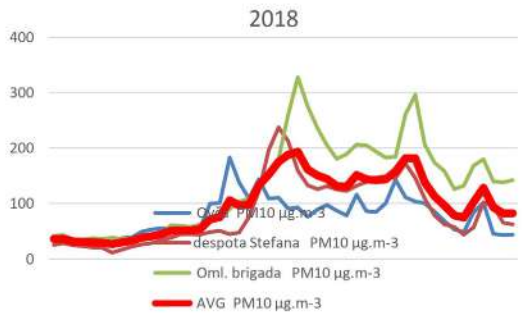


NO2, 2018
18 sati jako zagađen
56 sati zagađen

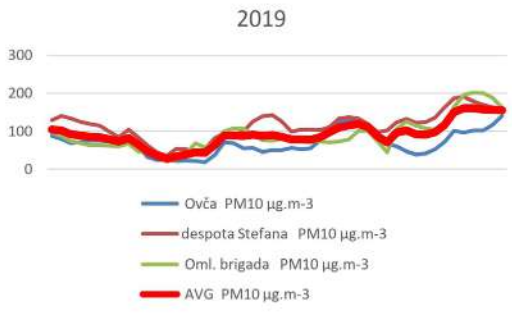
Index Class	Grid	ROADSI Mandatory pollutant		
		NO2	PM10 1 hour	PM10 24 hours
Very High	>100	>400	>180	>100
High	100	400	180	100
	75	200	90	50
Medium	75	200	90	50
	50	100	50	30
Low	50	100	50	30
	25	50	25	15
Very Low	25	50	25	15
	0	0	0	0

365 dana = 8760 sati

Izračunavanje indeksa



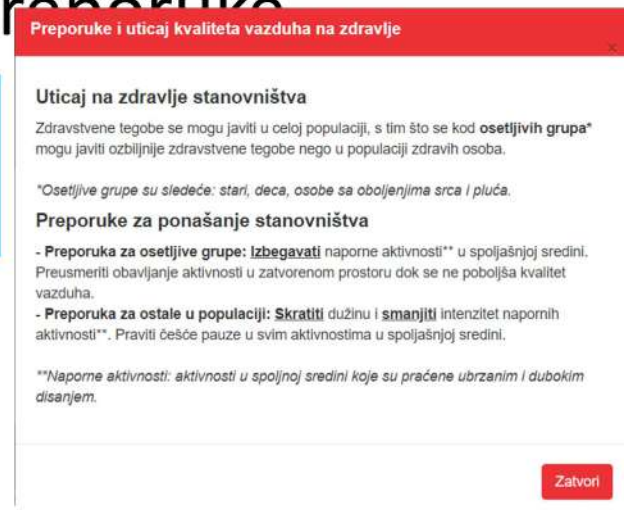
16. XII 00:00-17. XII 23:00



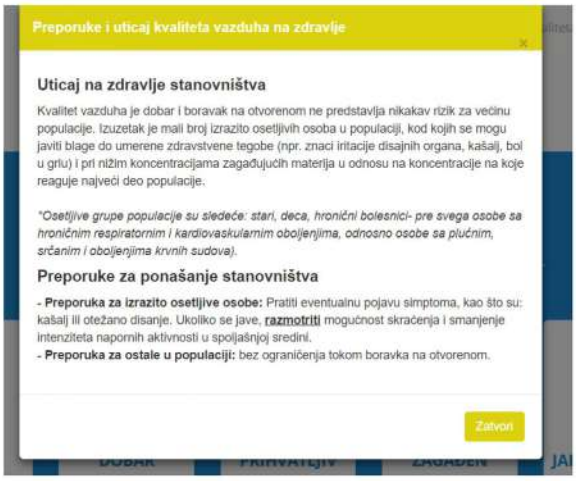
21. X 00:00-22. X 23:00

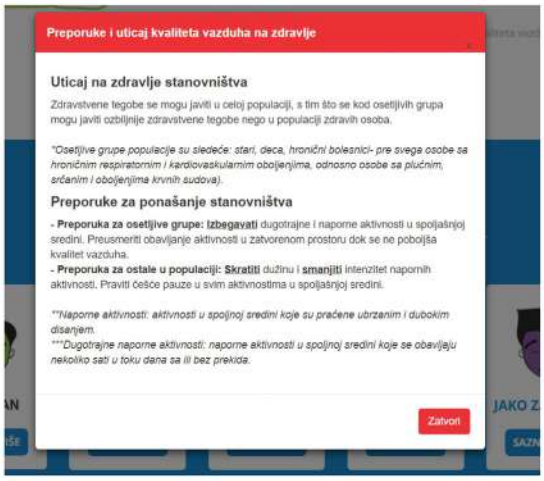
Zdravstvene preporuke



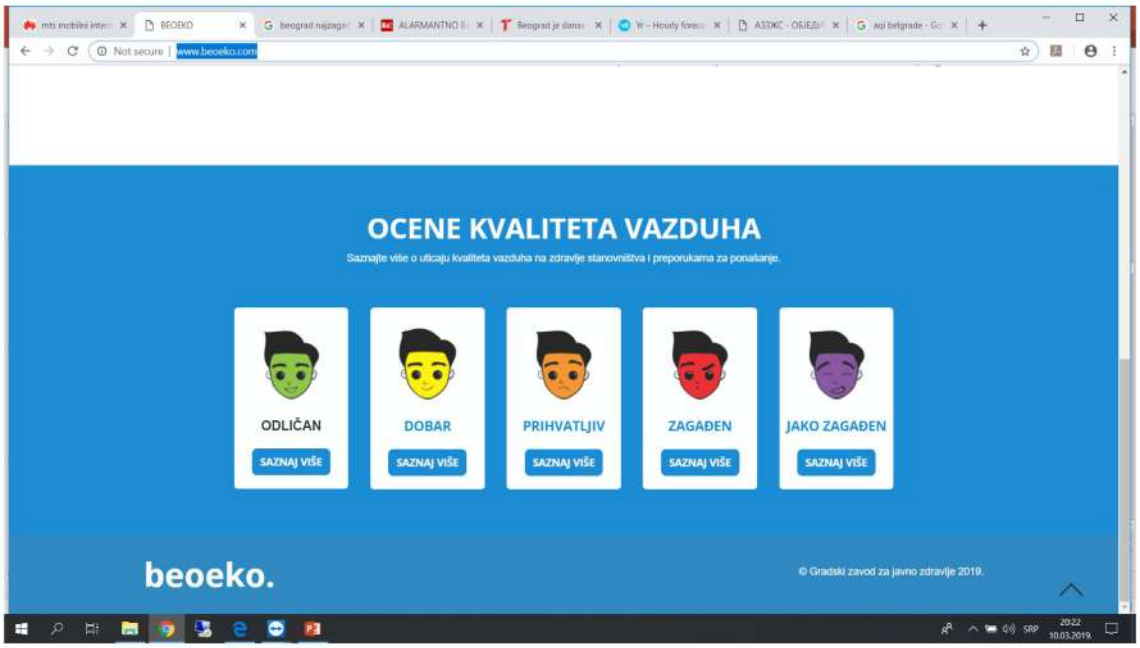


Prikaz rezultata merenja u realnom vremenu....





Prikaz rezultata merenja u realnom vremenu....



http://www.beoeko.com/

HVALA NA PAŽNJI!



Dr Andrej Šoštarić, PhD Chem.
Gradski zavod za javno zdravlje, Beogrda



26

Branislava Matić, PhD
Institute of Public Health of Serbia "Dr Milan Jovanović Batut"
Dr Subotića 5, 11000 Serbia
brankicam@batut.org.rs

Snežana Dejanović, M.D.
Institute of Public Health of Serbia "Dr Milan Jovanović Batut"
Dr Subotića 5, 11000 Serbia
snezana_dejanovic@batut.org.rs

Visa Tasc, PhD
Mining and Metallurgy Institute,
Zeleni bulevar 35, Bor 19210, Serbia
e-mail: visa.tasic@irmbor.co.rs

Zagađenost urbanog vazduha na teritoriji Republike Srbije mjerena u mreži Institucija javnog zdravstva

Urban air pollution in Republic of Serbia measured within the network of Public health institutes

Abstract: Coal burning power plants, household solid fuel combustion, industrial contamination, traffic, and topographic positions of urban settings are key reasons for labeling air pollution as a serious public health threat for urban population in Republic of Serbia, where air quality (AQ) is monitored by both National and Local networks of measuring stations.
The research tool used in this cross-sectional study is a database formed by the Institute of Public Health of Serbia (IPHS) as a part of a continuous AQ monitoring process for the Ministry of Health, and through regular reporting of local IPHs, from the Network of Public Health Institutes (Network). Depending on the Local AQ monitoring Program (responsibility of local self-government), source of continuous air pollution and type of pollutants' chemical nature, local IPH monitors among the following pollutants: SO2, black carbon (BC), NO2, total atmospheric deposited matter, BeToXy and PM10 or PM2.5, as contracted with the local self-government.
SO2 and BC are measured daily. In 2018, 18 out of 25 IPHs from the Network monitors AQ for any of the given parameters: SO2 measurements covered 76 measuring points in 33 urban settlements; BS 70 measuring points in 31 urban settlements; as traffic-induced pollutant NO2, measured also in 31 urban environments at 70 measuring points. The pollutants most needed to be monitored are PM10 and PM2.5 particles, but are still monitored with the least frequency within the Network of IPHs. Only 8 out of 25 IPHs monitors PM10, in 15 urban settlements at 28 measuring points.
Local programs of AQ monitoring in Serbia, conducted by the Network of IPHs give an incomplete coverage of potential public health threats for quantifying the burden of disease originating from urban air pollution.

Key words: *air quality, Public Health Network, Serbia*

1. Introduction

Air pollution from both outdoor and indoor sources represents the single largest environmental risk to health globally. WHO estimated that air pollution was responsible for more than 550 000 premature deaths in the WHO European Region in 2016, almost 6 600 of which were attributed to air pollution in Serbia. This disease burden is preventable, if air quality improves (1).

Coal burning power plants, household solid fuel combustion, industrial contamination, traffic, and topographic position of urban settings are key reason for labeling air pollution as a serious public health threat for urban population in Republic of Serbia (2). AQ is monitored by both National and Local network of measuring stations. National network of automatic measuring stations (AMSs) consists of 40 stations, being distributed and maintained by the Serbian Environment Protection Agency (SEPA) (3).



Figure 1.SEPA network of AMSs

Besides the broad terrestrial distribution of SEPA's AMSs (Figure 1), their number is still accounted as insufficient. In order to increase the density of AQ monitoring, local self-government administration is contracting with other stakeholders able to carry out this task, which, in most of the cases is a local IPH, belonging jointly to the Network of IPHs, a constitutive part of the health sector of the Republic of Serbia (4, 5, 6). Official administrator for the Local Network is local self-government (7). In total, 25 institutions comprise the Network of Public Health Institutes (PHIs) in Serbia (Figure 1), lead by the National PHI (1+24), of which AQ laboratories are operational in 20 of them (6).



Figure 2. IPHs Network

Our aim was to present the scope of urban AQ quality monitoring undertaken by the above-mentioned

laboratories, as part of a mix of stations belonging to both the State Network of AMS and the network of local measuring stations. Also, we aimed to present a decreasing trend in monitoring, in general, when these legal entities are the case.

2. Methodology

The research tool used in this cross-sectional study is a data base formed by the Institute of Public Health of Serbia (IPHS), as a segment of a continuous AQ monitoring process implemented for the Ministry of Health, through regular reporting of local IPHs from the Network. Sampling, measuring and analyzing level of defined indicators are done by environmental health departments of local / regional IPHs. Data collation, processing and analysis are undertaken by the IPHS, whose assignment is to forward its remarks on possible public health risks to decision-makers. Due to the clear market conditions established in the field of operation of accredited laboratories, the data collected at the IPHS may vary from year to year (4).

Indicators that are monitored are grouped according to the nature of pollution sources, population coverage, traffic density and potential public health risks: SO_2, black carbon (BC), NO_2 and other specific pollutants, such as NH_3, PM10, heavy metals, and traffic-originated organic chemicals). Together with the key stakeholders at the local level (local self-government, local IPH), each municipality/town produces a Local Action Plan for AQ monitoring, defining the time schedule of monitoring activities and spatial distribution of sampling points, sources of air pollution and choice of pollutants in need of monitoring. Sulfur dioxide and BC are measured daily due to the strong correlation among their ambient air concentrations and fossil fuel combustion, as Serbia‘s key energy source is lignite coal (8). NO_2 is the most frequently measured specific pollutant, on daily basis.

Presence of particulate pollution in ambient air is monitored through sampling of coarse particles of total atmospheric deposition (mg/m2/day), PM10 and PM2.5, with different measurement frequency, according to local AQ monitoring plans and specific indication, depending on pollution sources and financial resources of the local administration and the polluter, per se (9).

3. Results and discussion

SO_2 and BC are measured daily. In 2018, 18 out of 25 IPHs from the Network has monitored AQ for any of the given parameters, with the following distribution: SO_2 measurements covered 76 measuring points in 33 urban settlements; BC 70 measuring points in 31 urban settlements; as traffic-induced pollutant NO_2, measured also in 31 urban environments at 70 measuring points. Table 1 presents the overall picture of monitoring dynamics for the period 2009 - 2018, performed for SO_2, BS and specific pollutants (SPs) by the local IPHs.

Year	Towns			Sampling sites		
	SO_2	BC	SPs	SO_2	BC	SPs
2009.	32	32	23	91	91	62
2010.	32	32	29	95	95	78
2011.	31	31	27	75	75	63
2012.	34	34	34	93	93	85
2013.	32	32	33	83	83	81
2014.	27	27	26	60	60	45
2015.	32	32	29	61	62	61
2016.	27	26	27	52	56	47
2017.	32	30	29	62	59	60
2018.	33	31	31	76	70	71

Table 1. AQ monitoring dynamics by the IPH Network

If we analyze the data trend line, we clearly note that a decrease in the dynamics occurred steadily, throughout the last decade, for both general pollutants (SO_2, BC), and the heterogeneous group of "specific pollutants", strictly speaking of the IPHs Network activities (Figure 3 - 4).

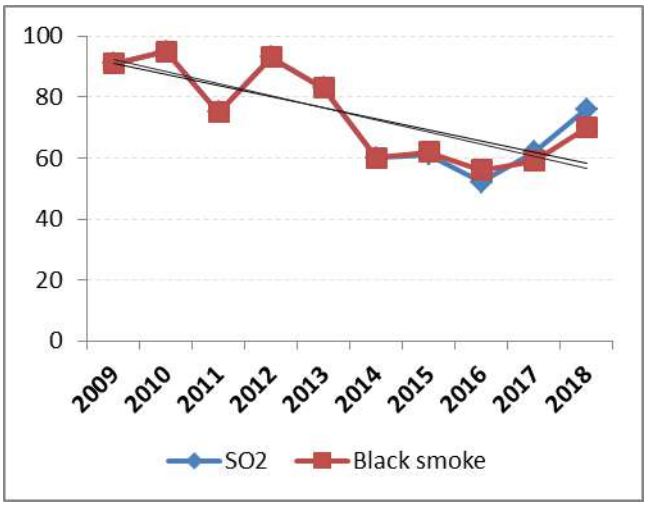


Figure 3. Trend line of SO2, BS measuring dynamics

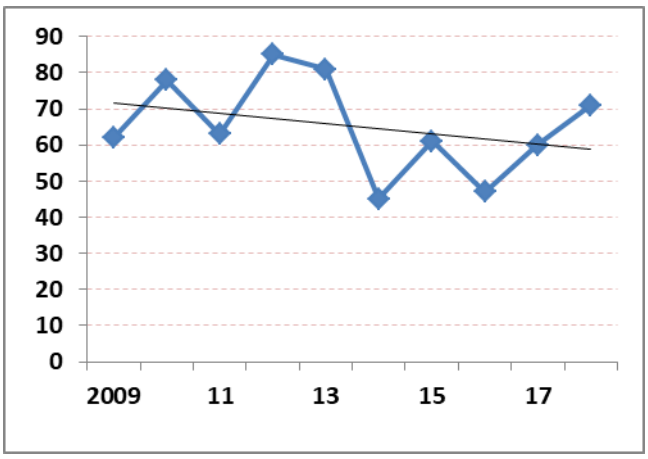


Figure 4. Trend line of SPs measuring dynamics

Further on, in analyzing the frequency of NO_2 measuring, together with other specific indicators of urban ambient air pollution in 2018, the distribution of frequencies for 31 urban settings is as follows: pollutants are sampled at 1 sampling site in 18 urban settings/towns; at 2 sites in 6 towns; at 3 sites in 2 towns; at 4 sites in 3 towns; at 6 sites in 1 town, and at 17 sites in only 1 urban setting (capital city of Belgrade).

Among all of the SPs, the pollutants most needed to be monitored are PM10 and PM2.5 particles, but are still monitored with the least frequency within the Network of IPHs. Only 8 out of 25 IPHs monitors PM10, in 15 urban settlements at 20 measuring points (Table 2). The other public health mischief is that among them, only in 5 settlements (Veliki Crljeni, Obrenovac, Kraljevo, Sremska Mitrovica, Užice), the parameter is measured continuously, while in other 10 it is performed only once in a week, which is insufficient for any serious EHIA analysis. Regular air sampling for the PM10 contents is of essential importance, as those two municipalities are hosting two lignit-burning thermal power plants, of which, the one in Obrenovac is the largest in the Western Balkans Region, marking it as a source of substantial public health concern (12).

Town	sampling sites	sampling episodes	above ALV	%
Bor	3	315	141	44.76
V. Crljeni	1	365	126	34.52
Elemir	1	35	0	0
Zrenjanin	2	147	5	3.40
Ivanjica	1	55	15	27.27
Kraljevo	1	356	105	29.49
Lazarevac	1	365	67	18.36
Niš	1	47	16	34.0
Obrenovac	1	365	46	12.6
Pančevo	2	380	176	46.3
S.Mitrovica	1	354	58	16.38
Ćuprija	1	48	33	68.75
Užice	1	328	95	29.14
Čačak	1	56	25	44.64
Šabac	2	204	0	0
	20			**27.31**

Table 2. Scope of PM10 monitoring in 2018

The same disproportion is met in the capital city of Belgrade (agglomeration), having only 2 sampling sites with continuous PM10 monitoring, while the other 7 are engaged only once in a week.

measuring points		days	above ALV	%
AMS Ovča	daily	365	70	19,18
Zemun, J.Kopitara		365	118	32,33
KBC "Dr D.Mišović"	1/ week	52	14	26,92
BAS, Železnička 4		52	14	26,92
Rakovica, O.Š.		52	6	11,54
Krnjača 1		52	14	26,92
Krnjača 2		52	12	23,08
B.Oslobođenja 18		52	13	25,0
Zemun,		52	15	28,85
	9			**24,53**

Table 3. Scope of PM10 monitoring in Belgrade city (2018)

Besides pure technical AQ measuring practice, local IPHs pursue their expertise with the local administrative bodies established for the cause of environmental pollution prevention, which is, also, a legally-defined activity (6, 10). One of the most substantial improvements in local ambient AQ was implemented in the town of Užice (West Serbia), known for its historical high levels of BS, generating from household fossil fuel combustion, in combination for its specific terrain topography. These, long-lasting mix of environmental conditions was recognized by the expert community as a cause of different, mostly respiratory, health problems (11). Due to locally adopted by-laws and financial subsidies for switching to other energy and pollution sustainableheating modes, Užice is experiencing a steep drop in the BS pollution trend line (Figure 5).

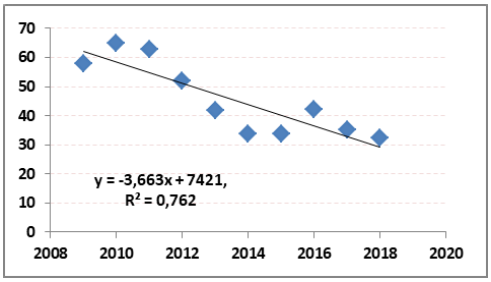


Figure 5. Užice - decrease of BS mean values

Last but not least, local IPHs are filling-in the data to the IPHS database for admissions to primary health care units on cases of exacerbation of *asthma bronchiale* and COPD (chronic obstructive pulmonary disease), which is, then, used to distribute them spatially using GIS in comparison to high mean annual concentration of PM10 and BC (13).

4. Conclusions

Local programs of AQ monitoring in Serbia, conducted by the Network of IPHs give an incomplete coverage of potential public health threats for quantifying the burden of disease originating from urban air pollution. One of the main reasons for such a situation is the constant non-compliance with the provisions of the legislation of those stakeholders (any accredited laboratory, be it private or public) who are obliged to forward all data on pollution monitoring in any environmental medium to the public health authority in charge of a specific territory, as well as to the IPHS, responsible for the country level (14).

References

1. Health impact of ambient air pollution in Serbia - A call to action;World Health Organization 2019. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0020/412742/Health-impact-pollution-Serbia.pdf?ua=1

2. B.Matić, U.Rakić, O.Janjić, V.Tasić. Scope of ambient air PM10 monitoring within the network of local public health institutions in Serbia; The Sixth International WeBIOPATR Workshop &Conference Particulate Matter: Research and Management WeBIOPATR 2017, Belgrade, September 6th-8th, 2017; Proceedings: p 144; ISBN: 978-86-7306-152-8.

3. Regulation establishing The Program of Air Quality Control in the State Network ("Off. gazette RS", No.58/2011)

4.Rulebook on Conditions for Issuance of a Permit for Measuring Air Quality and a Permit for Measuring Emissions from Stationary Pollution Sources ("Off. gazette RS", No.1/2012)

5. Regulation on the plan of the network of healthcare institutions ("Off. gazette RS", No. 68/2019)

6. Law on Public Health ("Off. gazette RS", No.15/2016)

7. Rulebook on the content of air quality plans ("Off. gazette RS", No. 21/2010)

8. Jovanović V.V., Komatina M.S; NOx and SO2 emission factors for Serbian Lignite Kolubara, THERMAL SCIENCE, 2016, Vol.16. No.4, pp. 1213-1228

9. Regulation on monitoring conditions and air quality requirements ("Off. gazette RS", No. 11/2010, 75/2010, 63/2013)

10.Rulebook on closer conditions for implementing public health in the field of environmental health of the population ("Off. gazette RS", No. 34/2019)

11.Tomić-Špirić V, Kovačević G, Marinković J, Janković J et al. Evaluation of the Impact of Black Carbon on the Worsening of Allergic Respiratory Diseases in the Region of Western Serbia: A Time-Stratified Case Crossover Study. Medicina (Kaunas), 2019; 55 (6):261 http://dx.doi.org/10.3390/medicina55060261

12.Matić B., Rakić D., Dejanović S., Jovanović V., Jevtić M., Đonović N.; Industrially Contaminated Areas in Serbia as a Potential Public Health Threat to the Exposed Population. Tehnika, kvalitet IMS, standardizacija i metrologija 17 (2017) 3: 441- 447.

DOI: 10.5937/tehnika1703441M

13. Institut za javno zdravlje Srbije "Dr Milan Jovanović Batut" Zdravstveni indikatori životne sredine u Republici Srbiji u 2015.godini (ENHIS), 2016: 52-53 http://www.batut.org.rs/download/izvestaji/higijena/Zdravstveni%20indikatori%20zivotne%20sredine%202015.pdf

14.Law on Health Documentation and Records in the Field of Health, “Official Gazette of RS”, No. 123/2014, 106/2015.

27

Cleo Kosanović
Državni hidrometeorološki zavod
Grič 3, Zagreb, Hrvatska

AIRQ- proširenje i modernizacija državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka

AIRQ- expansion and modernisation of the national network for continious air quality monitoring

Sažetak: Projekt „AIRQ – Proširenje i modernizacija državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka“ ima cilj unapređenje sustava upravljanja i praćenja kvalitete zraka kako bi se postigla učinkovita kontrola i upravljanje kvalitetom zraka u urbanim sredinama, zonama i aglomeracijama. Namjera je pružiti potporu implementaciji zakonodavnog okvira u području zaštite kvalitete zraka i okoliša (Direktiva 2008/50 EZ, Zakon o zaštiti zraka NN 130/11, NN 47/14, NN 118/18) uključujući razvoj održivih integriranih strategija i projekata koji stvaraju preduvjete za adekvatnu ocjenu, planiranje i provođenje odgovarajućih mjera radi provođenja kontrole kvalitete zraka mjerenjem relevantnih parametara kako bi se poboljšao program za nadzor klimatskih onečišćujućih tvari kratkog vijeka (SLCF-short livedclimate forcers) i uvele klimatski osjetljive mjere protiv onečišćenja zraka.

Ključne riječi: *klimatske promjene, obuhvat podataka, upravljanje, praćenje i procjena kvalitete zraka*

Abstract: The purpose of the project “AIRQ – Expansion and Modernisation of the National Network for Continuous Air Quality Monitoring” is to improve and optimize the system for managing and monitoring air quality in urban areas, zones and agglomerations. The project aims to support the implementation of the legislative framework for air quality and environmental protection (Directive 2008/50/EC, Air Protection Act (Official Gazette 130/11, 47/14)). This entails developing integrated strategies and projects which enable the evaluation, planning and implementation of adequate procedures for controlling air quality by means of measuring relevant parameters. In the end, the project thus aims to improve the monitoring programme for short-lived climate forcers (SLCF) and introduce climate-sensitive measures against air pollution.

Key words: *air quality management, monitoring and assessment, climate changes, data capture*

1. Uvod

Projekt AIRQ je financiran u sklopu Operativnog programa Konkurentnost i kohezija 2014-2020, Specifičan cilj 6e1 - Poboljšanje sustava upravljanja i praćenja kvalitete zraka sukladno Uredbi 2008/50/EZ. Trajanje projekta je 4 godine tj. završava 2021. Ukupan budžet je 125.123.500,00kn od kojih 106.354.975,00kn financira Europski fond za regionalni razvoj, a 18.768.525,00kn financira Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost.

Glavni korisnik je Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ), a partner na projektu je Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada (IMI).

Sukladno Zakonu o zaštiti zraka (NN 130/11, 47/14, 61/17) DHMZ upravlja radom državne mreže, osigurava izgradnju novih postaja u državnoj mreži, osigurava praćenje kvalitete zraka i odgovoran je za provođenje programa mjerenja kvalitete zraka na tim postajama. Sukladno čl.28(2) DHMZ u svojstvu referentnog laboratorija provodi mjerenja plinovitih onečišćujućih tvari. IMI sukladno čl.28(3) obavlja praćenje kvalitete zraka u postajama iz državne mreže u dijelu koji se odnosi na uzorkovanje i fizikalno-kemijske analize lebdećih čestica PM10 i PM2,5 te ekvivalenciju nereferentnih metoda za određivanje masenih koncentracija lebdećih čestica PM10 i PM2,5

Upravljačko tijelo je Ministarstvo regionalnog razvoja i fondova Europske unije (MRRFEU) a posrednička tijela su: PT1: Ministarstvo zaštite okoliša i energetike (MZOE) i PT2: Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost (FZOEU).

2. Svrha projekta

Projektom „AIRQ – Proširenje i modernizacija državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka“ će se unaprijediti sustav upravljanja i praćenja kvalitete zraka kako bi se postigla učinkovita kontrola i upravljanje kvalitetom zraka u urbanim sredinama, zonama i aglomeracijama. Namjera je pružiti potporu implementaciji zakonodavnog okvira u području zaštite kvalitete zraka i okoliša (Direktiva 2008/50 EZ, Zakon o zaštiti zraka (NN 130/11, 47/14, 61/17)) uključujući razvoj održivih integriranih strategija i projekata koji stvaraju preduvjete za adekvatnu ocjenu, planiranje i provođenje odgovarajućih mjera radi provođenja kontrole kvalitete zraka mjerenjem relevantnih parametara kako bi se poboljšao program za nadzor klimatskih onečišćujućih tvari kratkog vijeka (SLCF-short lived climate forcers) i uvele klimatski osjetljive mjere protiv onečišćenja zraka.

3. Struktura projekta

Kako bi se osiguralo kvalitetno vođenje i provedba projekta, Korisnik je uspostavio 22-članu **Jedinicu za provedbu projekta (JPP)** sačinjenu od djelatnika DHMZ-a i IMI-a. Dodatni članovi JPP su vanjski stručnjaci (konzultanati). JPP ima jednog voditelja i jednog zamjenika voditelja. Članovi JPP-a za svoj rad odgovorni su Voditelju i zamjeniku JPP-a. Voditeljca JPP-a je ujedno i voditelj projekta na razini Korisnika (DHMZ) dok je zamjenik voditelja JPP ujedno i zamjenik voditeljice projekta na razini Korisnika (DHMZ). Na razini partnera (IMI) imenovana je koordinatorica projekta te zamjenica koordinatorice projekta na razini partnera (IMI) koje su ujedno i članovi JPP-a.

U projektu AIRQ su imenovani:

Voditeljica projekta (DHMZ): dr.sc. Cleo Kosanović, dipl.ing.

Zamjenica voditeljice projekta (DHMZ): Jadranka Škevin Sović, dipl.ing.

Koordinatorica projekta (IMI): dr.sc. Gordana Pehnec

Zamjenica koordinatorice projekta (IMI): dr.sc. Ranka Godec

Voditelj i zamjenik voditelja JPP-a posjeduju stručno iskustvo u upravljanju projektnim ciklusom i administriranju projektnih aktivnosti te su upoznati s pravilima povezanim s provedbom EU projekata. U slučaju privremene spriječenosti voditeljica JPP-a u sudjelovanju u radu JPP-a njene dužnosti i obveze preuzima zamjenik voditelja JPP-a. Projektni koordinatori odgovorni su za uspješnu provedbu projektnih aktivnosti na razini pojedinih komponenti projekta te posjeduju stručno iskustvo na području projektne komponente za čiju su realizaciju odgovorni.

Zadaća JPP-a je neposredna provedba projekta kroz praćenje izvršenja financijskog plana projekta, provedbu postupaka javne nabave, odgovornost za pripremu potrebnih tehničkih podloga, studija i elaborata za provedbu projekta (npr. izvedbeni i prilagodni projekt), pregled i ocjenu ugovora kojima se osigurava financiranje projekata, izradu nacrta ugovora kojima se osigurava tehnička provedba projekta, usmjeravanje izvršenja projekta, kontrole računa i situacija prije njihovog plaćanja, praćenje dinamike građenja i izvješćivanja o problematici građenja, praćenje tehničkih i financijskih pokazatelja izvršenja sukladno obvezujućim aktima projekata te izvješćivanje o prethodnim stadijima provedbe projekta.

Za uspješnu provedbu ovako velikog i kompleksnog projekta angažirani su vanjski stručnjaci (konzultanti) s obzirom na to da je procijenjeno kako korisnik i partner ne raspolažu dovoljnim brojem stručnih djelatnika u smislu administrativnog praćenja projekta i provođenja javnih nabava. Angažman konzultanata odnosi se na pružanje usluga podrške DHMZ-u i IMI-ju u provedbi projekta, pružanje podrške pri provedbi postupaka javne nabave, izradi natječajne dokumentacije i odabiru dobavljača opreme i izvršitelja usluga predviđenih projektom. Pružanje podrške od strane Konzultanta pri provedbi projekta podrazumijeva podršku JPP-u u praćenju realizacije Ugovora pojašnjenjem procedura i uputa za provedbu projekta; podršku u upravljanju aktivnostima vođenja projekta; podršku u upravljanju rizicima; podršku u financijskom upravljanju i planiranju novčanog tijeka; provedbu postupaka naknadnih izmjena u proračunu projekta; podršku pri podnošenju svih potrebnih izvješća i zahtjeva za nadoknadu sredstava prema Posredničkim tijelima tijekom provedbe projekta, uključujući završno izvješće; te u davanju detaljnih uputa za održivost projekta nakon provedbe i izvještavanje ugovornih tijela i osiguranju vidljivosti projekta sukladno mjerama o informiranju i vidljivosti projekata financiranih iz EFRR-a. Angažman Konzultanta pri izradi dokumentacije za nadmetanje i provedbi postupaka javne nabave uključuje cjelovitu stručnu i administrativnu podršku kako bi se postupci nabave robe, usluga i radova proveli sukladno Zakonu o javnoj nabavi i Ugovoru o bespovratnim sredstvima.

4. Razlozi potrebe modernizacije državne mreže

Razlozi potrebe modernizacije su ispunjenje obveze zadovoljavanja minimalnog broja mjernih mjesta po zonama i aglomeracijama, ispunjenje obveze uspostave EMEP razina 1 i 2 mjernih mjesta, ispunjenje uvjeta kvalitete podataka – zamjena opreme bez tipskog odobrenja opremom koja je tipski odobrena (za one onečišćujuće tvari za koje postoji tipski odobrena oprema) te osiguranje minimalnog obuhvata podataka.

5. Komponente projekta

Projekt se sastoji od 5 projektnih komponenti:

1) Modernizacija mjernih postaja za praćenje kvalitete zraka;

2) Uspostava sustava za modeliranje kvalitete zraka i izrada modela za procjenu prizemnih koncentracija onečišćujućih tvari;

3) Opremanje laboratorija DHMZ-a za analizu oborine i zraka i opremanje laboratorija IMI-ja za analizu lebdećih čestica;

4) Opremanje umjernog laboratorija DHMZ-a za osiguranje sljedivosti i kvalitete mjerenja kvalitete zraka;

5) Nadogradnja računalne infrastrukture DHMZ-a.

Cilj projekta je povećanje udjela stanovništva obuhvaćenog podatcima o kvaliteti zraka u urbanim područjima.

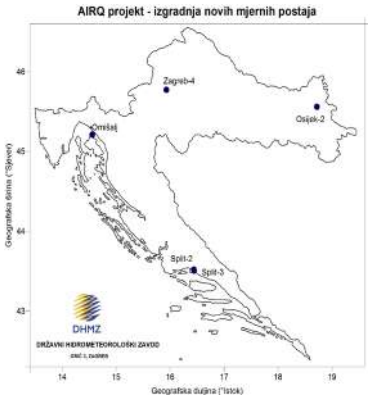


Slika 1: Kvaliteta zraka u urbanim sredinama

5.1 Modernizacija mjernih postaja za praćenje kvalitete zraka;

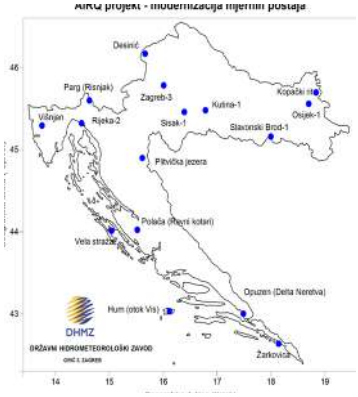
5.1.1 Postizanje zadanog cilja omogućit će:

I. izgradnja 5 novih postaja za mjerenje kvalitete zraka



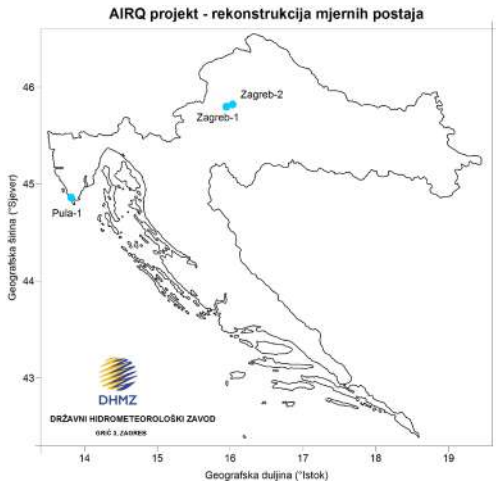
Slika 2: Nove postaje

II. Nadogradnja i modernizacija 16 postaja za mjerenje kvalitete zraka



Slika 3: Modernizirane i nadograđivane postaje

III. Modernizacija i premještanje 3 postaje za mjerenje kvalitete zraka



Slika 4. Modernizirane i premještene postaje

5.1.2 Opremanje referentnog laboratorija za praćenje kvalitete zraka DHMZ-a

U sklopu projekta nabavit će se:

- kontejneri za mjernu postaju sa svom popratnom opremom prema tipskom projektu,
- analizatori: CO, NOx, SO_2, O_3, BTEX, HOS, H_2S, NH_3, CO/CO_2/CH_4/H_2O, PM10+PM2,5, žive, elementarnog ugljika
- pomoćna oprema - uređaji za prikupljanje podataka,
- kalibracijski sustavi, laboratorijski i na postajama,
- generatori čistog zraka, laboratorijski i na postajama,
- osjetnici vlage smjera i brzine vjetra itd.



Slika 5: Postaja za trajno praćenje kv. zraka

- Nabavlja se i intalirat će se 117 kom različitih vrsta automatskih analizatora, 180 kom različite pomoćne opreme, 36 kom različitih vrsta uzorkivača za potrebe opremanja 24 mjerne postaje

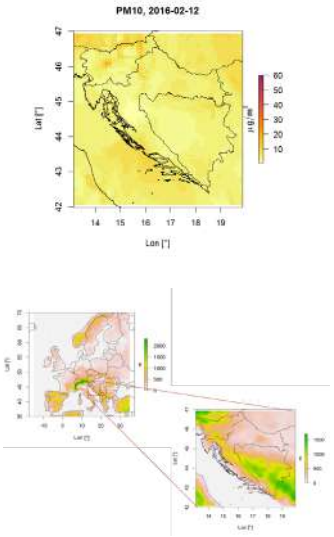
- Razvijen, implementiran i funkcionalan sustav za upravljanje mjernim podacima

- Nabavlja se 3 terenska vozila za potrebe obilazaka mjernih postaja

5.2 Uspostava sustava za modeliranje kvalitete zraka i izrada modela za procjenu prizemnih koncentracija onečišćujućih tvari

Ovom komponentom će se razviti različiti tipovi modela numeričke analize i prognoze kemijskog sastava atmosfere na različitim razinama i za različite namjene te uključuje:

- nabavu i implementaciju potrebnih softverskih alata za modeliranje te GIS softvera za procesuiranje prostorno povezanih i međusobno ovisnih informacija;



Slika 6: Numeričko modeliranje

- zapošljavanje 5 stručnjaka za rad na modeliranju prizemnih koncentracija onečišćujućih tvari te njihova edukacija za korištenje softverskih alata;

Dodatno, radi stjecanja odgovarajuće razine kompetencija za uspješno izvršavanje predviđenih aktivnosti, zaposleni stručnjaci educirat će se u području modeliranja, računalnog programiranja, primjene i validacije modela. Edukacija će se obavljati na području Republike Hrvatske i EU. Nastavno tome, u okviru predmetne komponente angažirat će se i vanjski stručnjaci za pružanje konzultantskih usluga prilagodbe i primjene metodologija razvijenih u okviru EU LIFE+ projekta ATMOSYS, Radne skupine modelara i korisnika modela za praćenje kvalitete zraka na razini EU (FAIRMODE) te EMEP programa LRTAP konvencije pri razvoju sustava za modeliranje kvalitete.

5.3 Opremanje kemijskih laboratorija

5.3.1 Opremanje laboratorija DHMZ-a za analizu oborine i zraka

Opremanjem Kemijskog laboratorija novim analitičkim instrumentima, laboratorijskom opremom i uzorkivačima za uzorkovanje oborine i zraka osigurava se ispunjenja obveze koje proizlaze iz EMEP protokola LRTAP konvencije tj. Konvencije o dalekosežnom prekograničnom prijenosu onečišćenja zraka. Zbog tog cilja će se nadograditi još jedna postaja drž. mreže (Ravni Kotari za program razine 2).

Opremanje akreditiranog kemijskog laboratorija DHMZ-a uključuje nabavu instrumenata i opreme prikazanih na sljedećim slikama:





Slika 7: ionski i plinski kromatografi



Slika 8: Uređaj za automatiziranu ekstrakciju uzoraka oborine



Slika 9: Uređaj za automatiziranu ekstrakciju krutih uzoraka



Slika 10: Vakuum sušionik

te drugo laboratorijsko suđe i kemikalije.

5.3.2 Opremanje laboratorija IMI-ja za mjerenje koncentracije i analizu kemijskog sastava lebdećih čestica

Za tu svrhu nabavlja se:



Slika 11: ICP-MS (Maseni spektrometar induktivne spregnute plazme)



Slika 12: EC/OC analizator



Slika 13: LC-MS (Tekućinski kromatograf visoke djelotvornosti)



Slika 14: XRF (Rendgenski spektrometar)

IC (Ionski kromatografi) kao i DHMZ.

Pomoćna laboratorijska oprema:



Slika 15: Robot za vaganje

5.4 Opremanje umjernog laboratorija DHMZ-a za umjeravanje mjerila kvalitete zraka i vezanih mjernih veličina u svrhu osiguranja sljedivosti navedenih mjerenja do međunarodnih etalona

Umjerni laboratorij je akreditiran prema HRN EN ISO/IEC 17025 za umjeravanje mjerila temperature, tlaka, relativne vlažnosti, analizatora za mjerenje onečišćujućih tvari u zraku i plinskih mješavina

Nabavit će se:



Slika 15: Referentni analizatori onečišćujućih tvari u zraku, umjerne jedinice i generatori čistog zraka, referentne plinske mješavine



Slika 16: Etalonski sustav za umjeravanje mjerila masenog protoka

-Sustav za prikupljanje podataka i precizni multimetri



Slika 17: Ručni i električni alat

-Programska podrška

-Klima komora

-Ventilacijski sustav i sustav za razvod plinova

5.5 Nadogradnja računalne infrastrukture DHMZ-a

Modernizacija računalnog sustava ima za cilj razvoj i operativno korištenje lanca numeričkih prognostičkih modela (meteoroloških i klimatskih modela, disperzijskih modela za potrebe praćenja kvalitete zraka, hidroloških i oceanografskih modela) i drugih aplikacija radi dobivanja što kvalitetnije i točne informacije.



Slika 18: IT sustav

6. Realizacija projekta

Da bi se projekt realizirao napisan je Plan nabave koji se u hodu revidira.

Počel0 se sa 43 postupka javnih nabava, pa se zbog ponovljenih postupaka broj popeo na 48.

Do sada je završeno 35 postupaka što je rezultiralo sa 64 potpisana ugovora, a 4 postupka nabave realizirana su putem narudžbenice.

Način plaćanje je metodom nadoknade ili avansom.

DHMZ koristi metodu nadoknade dok IMI za neke nabave se služi avansom.

Kako se nacionalni dio sredstava (18%) vrati Zavodu metodom nadoknade, potrebno je poslati jednom mjesečno ili prema dogovoru nakon 2 mjeseca ZNS u PT2 koji ga odobrava ukoliko je sve rađeno po propisima i ne podliježe korekciji. Korekcija može bti minimalna 5% a maksimalna 100%.

Uz to se obavezno jednom mjesečno šalje CFF izvještaj.

7. Promidžba i vidljivost projekta

Sastavni dio projekta koji se provodi uz pomoć sredstava Europske Unije jesu mjere informiranja i vidljivosti projekta. Sve mjere moraju sadržavati elemente vidljivosti propisane Uputama za korisnike vezane uz mjere informiranja i komunikaciju o projektima (operacijama) sufinanciranih u okviru europskih strukturnih i investicijskih (ESI) fondova u razdoblju 2014.-2020., koje su od 01. lipnja 2015. obvezujuće za sve korisnike sredstava čiji su projekti (operacije) sufinancirani iz Europskog fonda za regionalni razvoj (EFRR), Europskog socijalnog fonda (ESF) i Kohezijskog fonda (KF) u razdoblju 2014.-2020.

Dokumenti koji definiraju mjere vezane uz informiranje i komunikaciju o projektima (operacijama) sufinanciranim u okviru (operativnih) programa za razdoblje 2014. – 2020. u zemlji članici su kako slijedi:

- Uredba (EU) br. 1303/2013 Europskog parlamenta i Vijeća

- Provedbena uredba Komisije (EU) br. 821/20143

- Opći i posebni uvjeti ugovora o dodjeli bespovratnih sredstava

Sve aktivnosti informiranja i komunikacije vezane uz projekt moraju sadržavati sljedeće elemente:

- Amblem (zastavicu) Unije i tekst „Europska unija“

Napomena o fondu koji podupire projekt (operaciju): „*Projekt je sufinancirala Europska unija iz*... (naziv fonda):

- Europski fond za regionalni razvoj
- Kohezijski fond
- Europski socijalni fond

- Izjavu/slogan: „Zajedno do fondova EU“

- Logotip europski strukturni i investicijski fondovi

- Isključenje odgovornosti: „Sadržaj publikacije/emitiranog materijala isključiva je odgovornost (ime korisnika).“

Tijekom provedbe projekta, DHMZ informira javnost o potpori dobivenoj iz fondova putem svoje **internetske stranice**, te putem plakata. Dodatno, u svrhu promidžbe i vidljivosti vezano za ovaj projekt korišteni su sljedeći komunikacijski alati:

- Plakati s informacijama o projektu koji su postavljeni na jasno vidljivim mjestima (na frekventnim mjestima u prostorima DHMZ-a i IMI-ja);

- Priopćenja medijima na početku projekta, te tijekom značajnih pomaka i provedbi projekta;

- Dva informativna događaja (na početku i kraju provedbe projekta);

- Publikacije (brošure, priručnici, letci, itd.);

- Naljepnice za opremu i vozila, koje su istaknute na svim mjernim postajama koje su izgrađene ili opremeljene ovim projektom, te na svim vozilima nabavljenim kroz ovaj projekt. Prostorije koje su opremljene i/ili prilagođene iz sredstava projekta (npr. laboratoriji i IT soba) također će biti adekvatno označene, pomoću naljepnice ili ploče/panoa na kojima će se nalaziti osnovni

- elementi vidljivosti.

8. Zaključak

Provedbom projektnih aktivnosti realizirat će se doprinos pokazatelju rezultata specifičnog cilja 6e1 pri čemu će u 2023. godini **udio stanovništva obuhvaćen podacima o kvaliteti zraka u urbanim područjima porasti za 50 p.p. u odnosu na 2014. godinu**.

Provedba projekta rezultirat će i sa: 5 novih i 19 rekonstruiranih mjernih postaja u punoj funkcionalnosti; razvijenim i funkcionalnim modelom za procjenu prizemnih koncentracija onečišćujućih tvari; uspostavljenim i funkcionalnim kemijskim laboratorijima DHMZ-a i IMI-ja za potrebe provođenja mjerenja u skladu s Programom mjerenja razine onečišćenosti u državnoj mreži za trajno praćenje kvalitete zraka (NN 73/2016); uspostavljenim i funkcionalnim umjernim laboratorijem za umjeravanje mjerila kvalitete zraka i vezanih mjernih veličina te za osiguranje sljedivosti navedenih mjerenja do međunarodnih etalona.

Širi društveni doprinos projekta ogleda se u ekonomskim i društvenim koristima koje će se ostvariti ovim projektom. Poboljšana kontrola kvalitete zraka koju će projekt omogućiti doprinijet će lakšem donošenju odluka o mjerama zaštite zraka koje će rezultirati smanjenjem broja smrtnosti, broja oboljenja, troškova liječenja te popratnih troškova čime koristi projekta značajno nadilaze troškove ulaganja. Navedeno potkrjepljuju sljedeći pokazatelji socio-ekonomske analize:

a) ekonomski povrat na investiciju mjeren ekonomskom neto sadašnjom vrijednošću (ENPV) je pozitivan i iznosi 262.871.271kuna;

b) ekonomska stopa povrata (ERR) je značajno viša od realne diskontne stope primijenjene u financijskoj analizi (5%) te iznosi 24,4%; c) omjer troškova i koristi (B/C) je veći od 1 i iznosi 2,77.

Ekonomska korist od sačuvanih života u 2023. godini procjenjuje se na 90.650.000 kn. Dodatno, na razini prijavitelja i partnera projekt će rezultirati koristima za istraživački rad i razvoj. Dodatna novostvorena vrijednost od znanstveno-istraživačkih projekata, publiciranih znanstvenih radova te stručnih analiza i elaborata IMI-ja i DHMZ-a proizašlih iz ovoga projekta na godišnjoj se razini procjenjuje na 10% ukupne investicije obuhvaćene komponentom 3.

Prvi pozitivni socio-ekonomski učinci počet će se manifestirati godinu dana nakon investicije u komponentu 3, odnosno 2019. godine, a procijenjeni su na 2.337.000 kuna godišnje.

28

Doc.dr.sc. Katja Džepina
Multiphase Chemistry Department
Max Planck Institute for Chemistry
Mainz, Germany

Laboratory of Atmospheric Chemistry
Paul Scherrer Institute
Villigen-PSI, Switzerland

Karakterizacija atmosferskih lebdećih čestica u Kantonu Sarajevo: rezultati kampanje mjerenja Sarajevo Canton Winter Field Campaign 2018 (SAFICA)

Characterization of atmospheric aerosols in the Sarajevo Canton: results of Sarajevo Canton Winter Field Campaign 2018 (SAFICA)

Sažetak: Lebdeće čestice (eng. Particulate Matter, PM) suspendirane u atmosferi, ili aerosoli, imaju dokumentirane štetne utjecaje na ljudsko zdravlje, prirodu i kvalitetu zraka. Danas u Zapadnom Balkanu postoje neke od najnižih kvaliteta zraka u Europi, posebno tijekom hladnog, zimskog perioda, radi raširene upotrebe neobnovljivih izvora energije i starih vozila. Unatoč visokom zagađenju zraka i poziciji unutar granica EU, zemljama zapadnog Balkana nedostaju suvremena istraživanja atmosferskih znanosti. Stoga je neophodno razumjeti mehanizme zagađenja atmosferskih čestica na zapadnom Balkanu.

SAFICA projekt u Kantonu Sarajevo, Bosna i Hercegovina (BiH) odvio se tijekom zime 2017-2018 i bio je prva detaljna karakterizacija kemijskog sastava aerosola uključujući i organske aerosole (OA) sa ciljem razumijevanja izvora emisija i atmosferskih reakcija aerosola. SAFICA terenska mjerenja sastojala su se od prikupljanja dnevnih, kontinuiranih uzoraka PM10 (lebdeće čestice aerodinamičnog promjera manjeg od 10 μm) za laboratorijske analize na tri urbane i jednoj pozadinskoj lokaciji, te od mjerenja aerosola sa visokom vremenskom rezolucijom. SAFICA projekt vodi grupa suradnika iz nacionalnih BiH (Federalni hidrometeorološki zavod BiH, Univerzitet u Sarajevu i Zavod za javno zdravstvo Kantona Sarajeva) i međunarodnih institucija (Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Institut Ruđer Bošković, Hrvatska; Tehničko Sveučilište Beč , Austrija; Sveučilište u Novoj Gorici, Slovenija; i Institut Paul Scherrer, Švicarska).

SAFICA terenska mjerenja sa visokom vremenskom rezolucijom uključivala su čađ i brojčanu koncentraciju čestica. Najvažnija laboratorijska analiza SAFICA PM10 uzoraka bila je aerosolna masena spektrometrija, koja je dala kemijski sastav ukupnih anorganskih i organskih spojeva u česticama. Dobiveni maseni spektri organskih spojeva mogu se dalje analizirati tehnikama odvajanja izvora i razdvojiti u klase spojeva karakteristične za izvore emisija. Uzorci aerosola dodatno su analizirani u laboratoriju na brojne sastojke kako bi se dobila potpuna slika o aerosolima u Kantonu Sarajevo i njihovom štetnom utjecaju na zdravlje: 1) količina metala u česticama određena sa dvije metode (atomska apsorpciona spektrometrija i masena spektrometrija uz induktivno spregnutu plazmu); 2) organski i elementarni ugljik, policiklički aromatski ugljikovodici i levoglukozan; 3) anorganski anioni (nitrat, sulfat, i klorid) i kationi (amonij, natrij, kalij, kalcij i magnezij); 4) organski ugljik topiv u vodi; i 5) 14C analiza za odvajanje fosilnog i modernog sadržaja u ukupnom ugljiku. U ovom predavanju, predstavit će se preliminarni rezultati kampanje i usporedit sa rezultatima iz drugih urbanih područja.

Ključne riječi: *atmosferske aerosoli, zima*

Abstract: Particulate matter (PM) suspended in the atmosphere, or aerosol, has well documented detrimental effects on human health, ecosystems and air quality. Nowadays, Western Balkan region is experiencing some of the poorest European air quality, especially during the cold, winter season due to the extensive use of non-renewable energy sources and old vehicle fleet. Countries of the Western Balkan lack state-of-the-art atmospheric sciences research despite high levels of ambient pollution and position within the EU borders, which makes it imperative to understand the mechanism of their atmospheric aerosol pollution.

First detailed characterization of aerosol chemical composition including its organic component (organic aerosol, OA) to elucidate their emission sources and atmospheric processing in the Sarajevo Canton of Bosnia and Herzegovina (B&H) was SAFICA project conducted during winter 2017-2018. SAFICA field measurements included collection of daily, continuous PM10 (PM with an aerodynamic diameter smaller than 10 μm) samples for subsequent off-line laboratory analyses at three urban and one remote site, and on-line state-of-the-art aerosol measurements. SAFICA field and subsequent laboratory measurements are led by a collaborative network of national B&H institutions (Federal Hydrometeorological Institute of B&H, University of Sarajevo and Institute of Public Health of the Sarajevo Canton) and international ones (Institute for Medicinal Research and Occupational Health, Ruđer Bošković Institute, Croatia; Technical University Wien, Austria; University of Nova Gorica, Slovenia; and Paul Scherrer Institute, Switzerland).

SAFICA on-line field measurements included black carbon and the particle number concentration. The most important off-line analysis SAFICA aerosol samples underwent was the aerosol mass spectrometry, which yielded the chemical composition of the total filter-collected inorganic and organic aerosol mass. Measured OA spectra can be further analyzed by source apportionment techniques and separated into classes of compounds indicative of OA emission sources. Aerosol samples underwent numerous additional laboratory analyses for a complete picture of the Sarajevo Canton aerosol and their adverse health effects: 1) the aerosol metal content determined by two analytical techniques (atomic absorption spectrometry (AAS) and inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS)); 2) organic and elemental carbon (OC/EC), polycyclic aromatic hydrocarbons and levoglucosan; 3) inorganic anions (nitrate, sulfate, and chloride) and cations (ammonium, sodium, potassium, calcium, and magnesium); 4) Water-soluble organic carbon (WSOC); and 5) 14C analysis to elucidate fossil vs. non-fossil content of total carbon (TC). In this presentation, preliminary results of SAFICA project will be presented and compared with those from other urban centers.

Key words: *atmospheric aerosols, winter*

29

Gayle S.W. Hagler
United States
Environmental Protection Agency
Office of Research and Development
Research Triangle Park, North Carolina
United States

Beth Hassett-Sipple
United States
Environmental Protection Agency
Office of Research and Development
Research Triangle Park, North Carolina
United States

Robert Vanderpool
United States Environmental
Protection Agency
Office of Air and Radiation
Research Triangle Park, North Carolina
United States

Tim Hanley
United States Environmental
Protection Agency
Office of Air and Radiation
Research Triangle Park, North Carolina
United States

John Wilbur
J.J. Wilbur Company, Mont Vernon
New Hampshire and Raleigh
North Carolina

Thomas Wilbur
J.J. Wilbur Company, Mont Vernon
New Hampshire and Raleigh
North Carolina

Marissa Smith
United States Embassy
in Bosnia and Herzegovina

Tim Oliver
United States Embassy
in Bosnia and Herzegovina

Dina Shand
United States Embassy
in Bosnia and Herzegovina

Vedran Vidacek
United States Embassy
in Bosnia and Herzegovina

Richard Allen
United States Embassy
in Bosnia and Herzegovina

Caroline D'Angelo
United States Department of State
Washington, D.C.

Beth M. Hassett-Sipple
U.S. EPA, 109 TW Alexander Drive
D305-01, Research Triangle Park, NC
27711 USA
hassett-sipple.beth@epa.gov

PM2.5 temporal trends and instrument performance assessment over 2018-2019 in Sarajevo, BiH

Abstract: Exposure to air pollutants is linked to a wide range of health effects. Of the common air pollutants, fine particulate matter (PM2.5 or particles smaller than 2.5 micrometers aerodynamic diameter), is a pollutant of public health concern because of strong evidence linking PM2.5 exposures to premature mortality and a broad range of morbidity effects. Measurement technology for PM2.5 is constantly evolving, with new instrumentation incorporating PM2.5 detection approaches that enable higher time-resolution measurement while maintaining accuracy. This research study collected continuous ambient air PM2.5 data in Sarajevo, Bosnia and Herzegovina over the time span of May, 2018 to August, 2019. Over the sampling period, PM2.5 measurements exhibited significant seasonal variation, with fall/winter average concentrations (58.4 micrograms per cubic meter, µg m-3) more than three times higher than the spring/summer average concentrations (17.7 micrograms per cubic meter, µg m-3). Several very high pollution episodes were observed, with a maximum observed daily average of 388 µg m-3. PM2.5 day-of-week and hour-of-day trends had similar patterns during both the high (fall/winter) and low (spring/summer) seasons. Saturdays were, on average, the day of the week with the highest concentrations; Mondays were, on average, the lowest concentrations. The data had a bimodal diurnal pattern, with morning and early evening high concentration periods. During high pollution episodes, it was a challenge to maintain proper operation of the MetOne BAM-1020; more frequent maintenance resolved operational issues. Overall, this study indicated highly dynamic temporal and seasonal trends for PM2.5 in Sarajevo, with a high frequency of days at concentrations of public health concern during the fall and winter months.

Key words: *PM2.5, Air Quality Index, pollution variability*

1. Introduction

Fine particulate matter (PM2.5) is an air pollutant of concern worldwide known for its impact on public health and ecosystems, and for causing visibility degradation. The World Health Organization has established air quality guidelines [1] and many countries worldwide regulate PM2.5 and other key air pollutants that pose health and welfare risks. Atmospheric PM2.5 is a complex pollutant to manage, as it is a mixture of (i) primary particles directly emitted by a myriad of source types and (ii) secondary particles formed in the atmosphere through multiple physicochemical processes. Additionally, its atmospheric residence time can last from days to weeks, enabling long-distance transport of hundreds to thousands of kilometers after being emitted. In an urban setting, therefore, PM2.5 concentrations can be affected by both local emissions and transported pollution.

Valley areas are often prone to more severe PM2.5 episodes, particularly in the winter months, when inversions limit the advection and vertical dispersion of air pollutants [2]. The geographic focus of this study – Sarajevo, Bosnia and Herzegovina [BiH] – is a city located in a river valley area surrounded by mountainous terrain. Past research has discussed wintertime temperature inversions associated with pollution episodes in Sarajevo [3-4]. Measurements of snowbound solid particles (soot) at different altitudes showed elevated pollution concentrations up to approximately 700 m in altitude, followed by decreased concentrations associated with rising above the inversion layer in the atmosphere [4]. There is a lack of past publications on atmospheric measurements of PM2.5 in Sarajevo. However, PM10 is routinely measured in a government-run monitoring network (Federal Hydrometeorological Institute). In addition, there is a research sensor network measuring PM2.5 in Sarajevo, operated by the Mechanical Engineering program at University of Sarajevo (www.maqs.info).

The World Bank recently conducted a study which estimated PM2.5 concentrations throughout BiH and evaluated source contributions. Sarajevo was estimated to have an annual average PM2.5 concentration of 30 µg m-3, however the report noted no ground-level monitoring data were available and therefore this annual average is an estimated value. Primary sources of PM2.5 throughout BiH are estimated to be residential combustion, followed in decreasing order by power plants, industry, waste, agriculture and transport [5].

A variety of technological methods and instrumention can measure PM2.5 in the atmosphere. Reliable measurement of PM2.5 typically requires precise isolation and removal of particles larger than 2.5 µm, equilibration of the aerosol stream to minimize any condensed moisure, and then detection of the remaining mass concentration. The United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA) Federal Reference Method (FRM) for PM2.5 is a gravimetric measurement that involves conditioning and pre-weighing a Teflon filter, collecting aerosol for 24 hours in an approved sampler, followed by storage at controlled cold temperatures and then post-conditioning and post-weighing of the filter. Due to the relatively low-throughput of this measurement and lag in availability of results due to the need for post-sampling laboratory analysis, it is not suitable for informing the public about the immediate state of air quality or looking at changes in air pollution over temporal scales less than 8-24 hours.

Throughout the United States and worldwide, other measurement methods with established equivalency to the FRM – Federal Equivalent Methods (FEMs) – are utilized to provide higher time resolution data. These FEMs are utilizing automated technology that can provide near real-time data on time scales ranging from one minute to less than an hour. These methods generally have an

identical particle separator as the FRM which removes particles greater than 2.5 µm, however, they use a mass concentration detection approach that measures PM2.5 concentrations immediately on the instrument. This study employed an FEM monitor used commonly worldwide (MetOne BAM-1020, Grants Pass, OR, USA) which uses a beta-attenuation detection approach to measure PM2.5 mass concentrations on an hourly basis. Additionally, the monitoring study operated a secondary FEM monitor for evaluation purposes (Teledyne T640), however this monitor comparison is not the focus of the paper and all data presented are derived from the BAM-1020.

2. Methods

PM2.5 was measured in ambient air from May 2018 through August 2019 using MetOne BAM-1020 and Teledyne T640 monitors that were installed on the rooftop of a U.S. embassy building in Sarajevo, BiH. Sampling inlets were approximately 10 m above ground, in an area with open air flow and without proximate emission sources. The area that the monitor represents would generally be considered representative of a neighborhood location as described in the U. S. Code of Federal Regulations (40 CFR Part 58 Appendix D). The location of the monitor on the campus of the US Embassy meets U. S. Code of Federal Regulations (40 CFR Part 58 Appendix E) for probe and siting criteria, which provide requirements on the vertical height of sampling, avoidance of obstructions to air flow, and distance to local sources.

The monitoring equipment were initially maintained monthly according to manufacturer recommendations. For the MetOne BAM-1020, the monthly checks included conducting a zero check, observing the state of the internal filter tape media, performing a self-test, and assessing the flow rate, temperature and pressure measurements against an external reference (BGI TetraCal, Mesa Labs, Butler, BJ, USA). From initial installation until the fall of 2018, the instrument operated without any operational interruptions or other issues. However, when PM2.5 concentrations increased substantially in the late fall and into the winter, the instrument's nozzle failed to descend and create an adequate seal on the internal filter paper due to the high particle loading. Periods with a poor nozzle seal to the filter were clearly evident by uneven and expanded areas of particle deposition to the filter media (Fig 1). Once this issue was detected, the nozzle was cleaned more frequently (i.e., at least every two weeks instead of once a month) and the filter media was inspected daily. A manual record was kept of days with uneven particle deposit to the filter. Based upon this information, 29 days were flagged and removed from the data set. The original data set had 96.1% completeness, with data loss due to maintenance time. With the removal of the 29 flagged days, the completeness was 92.3% with a total number of 10,511 hourly data points (~437 days) available for analysis.

The MetOne BAM-1020 data were logged through an on-site data logging system operating Envidas (DR DAS LTD, Granville, Ohio, USA), as well as with data stored on internal instrument memory. Due to issues with an external laptop, the data logging system experienced two interruptions during sampling in the spring and summer of 2019. To have a complete data set, data from the internal instrument memory were combined with the externally logged data, with periods of overlapping data utilized to verify the timestamp alignment. All data were imported, processed, and analyzed using R version 3.5.1 and using the packages 'gdata' [6] and 'openair' [7].

3. Results

Daily average concentrations of PM2.5 varied substantially throughout the project period and exhibited distinct seasonality (Fig 2), with low concentrations observed during the spring to early fall and high concentrations observed during wintertime. The overall study daily mean concentration

was 31.9 μg m^{-3}, ranging from a daily average minium of 4.1 μg m^{-3} to 387.9 μg m^{-3}. Seasonally, the spring and summer months (April to September) had an average concentration of 17.7 μg m^{-3}, while the fall to winter months (October to March) had a daily concentration average of 58.4 μg m^{-3}, which is at least 3 times greater than the spring/summer measurements. These averages may be underestimating the annual and winter month concentrations; recall that the data was removed due to poor nozzle seal being attributed to instrument performance challenges under high pollution conditions.

Translating the daily PM2.5 concentrations into Air Quality Index (AQI) values on the U. S. scale [Fig 3], most days in the spring to summer months were within the Moderate category, with a few days falling within the Good or Unhealthy For Sensitive Groups categories. During the fall and winter, increasing PM2.5 concentrations and daily variability indicated AQI values spanning the entire range of AQI categories from Good to Hazardous, with the highest frequency reported as Unhealthy for Sensitive Groups and Unhealthy conditions.

Hourly average PM2.5 concentrations were also organized into hour-of-day and day-of-week, separated into the low and high seasons, to observe temporal variations (Fig 4). During both spring/summer and fall/winter timeframes, Saturdays had the highest concentrations, with lowest concentrations observed on Mondays. A bimodal diurnal pattern was evident in both seasons, with a morning and an early evening peak.

To investigate whether there is a relationship between PM2.5 concentrations and temperature, hourly values were compared (Fig 5). All hours with very high concentrations, exceeding 200 μg m^{-3}, occurred at temperatures below 10 degrees Celsius. However, at low temperatures, concentrations ranged from very low to very high values. Likely, the low temperature corresponds with several phenomena producing high hourly values, including increased local and transported emissions from heating, higher degree of particle-phase presence of semivolatile compounds, and a higher frequency of temperature inversions causing poor dispersion conditions.

4. Conclusions

As part of a broader program to support the health of overseas staff and their families, the U.S. Embassy in Sarajevo through the U. S. Department of State initiated monitoring of PM2.5 at their embassy in May 2018 using a regulatory-grade air monitor. This common air pollutant is regulated in the United States under the National Ambient Air Quality Standards, as well as by many other countries worldwide, based upon scientific evidence connecting exposure to PM2.5 with adverse health endpoints. The U.S. EPA partnered with the U.S. Embassy in Sarajevo to support a research effort during the first 15 months of monitoring, to understand the trends of PM2.5 and also evaluate the performance of the monitoring instrumentation. The placement of the PM2.5 instrumentation would be considered representative of urban-scale air quality. Overall, PM2.5 was observed to have significant seasonal variability, with low to moderate levels during the spring to early fall and very high daily averages often occurring during late-fall to winter months. Greater than average pollution levels compromised the MetOne BAM-1020 air monitoring instrument, with increased maintenance necessary to ensure it functioned properly. Although the flagged time periods caused by instrument malfunction only reduced the study's data completeness by a few percentage points, these days corresponded to relatively high concentration periods and therefore the overall study average and fall/winter season average are likely underestimates. Further research is recommended to better understand the drivers of PM2.5 variability in the area and inform effective strategies to lower concentrations.

Tables and Figures:



Figure 1. Comparison of hourly filter spots for two different days showing the contrast between evenly deposited fine particles, PM2.5, (top) and uneven deposition when the nozzle failed to fully seal (bottom).

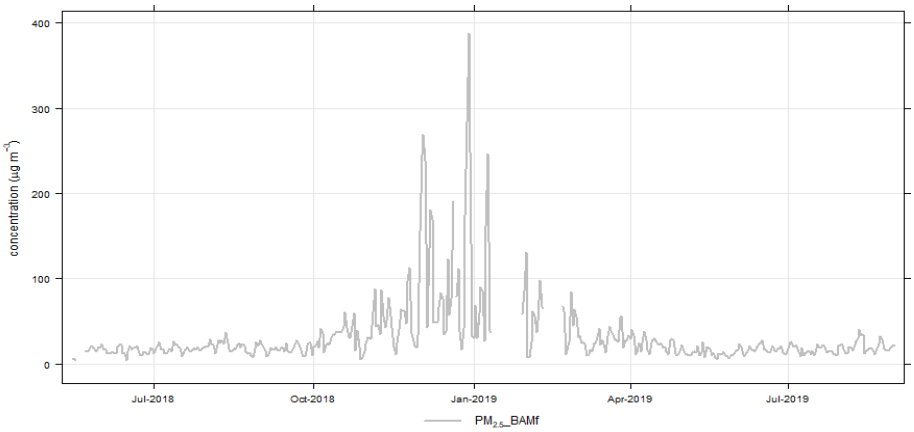


Figure 2. Daily average PM2.5 concentrations in Sarajevo.

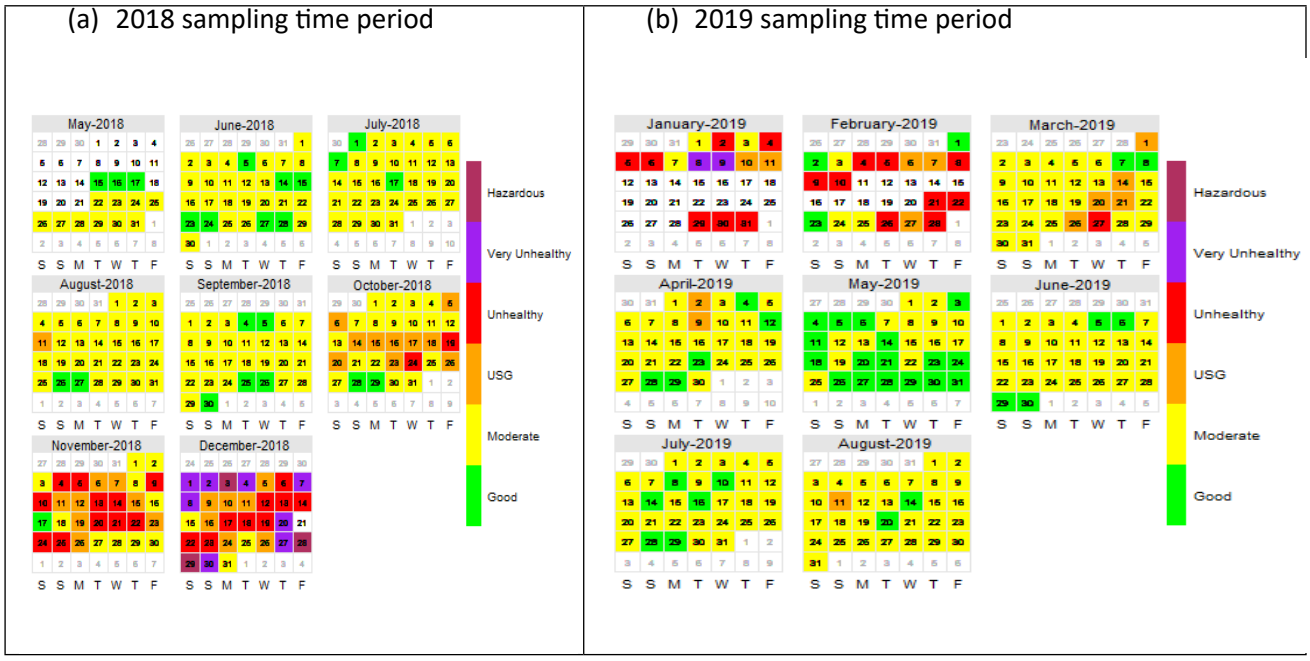


Figure 3. U.S. EPA Air Quality Index categories as they relate to the daily average PM2.5 measured concentrations in

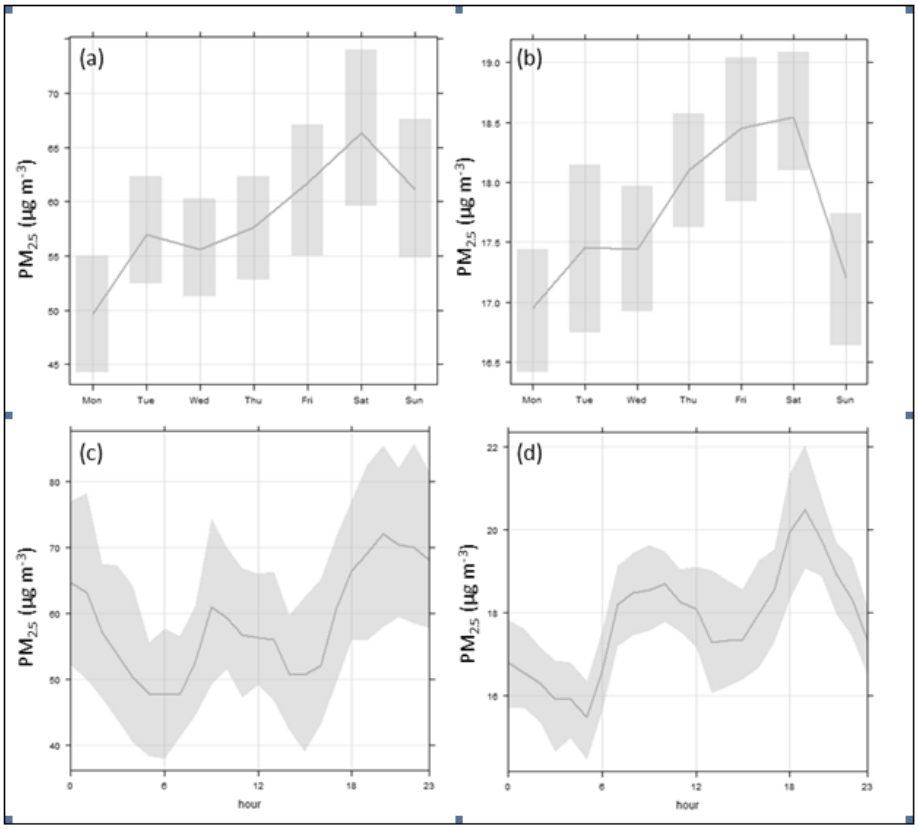


Figure 4. Average PM2.5 (line) and standard deviation (shaded area) by day of week and hour of day for fall/winter months (a, c) and spring/summer months (b, d) in Sarajevo.

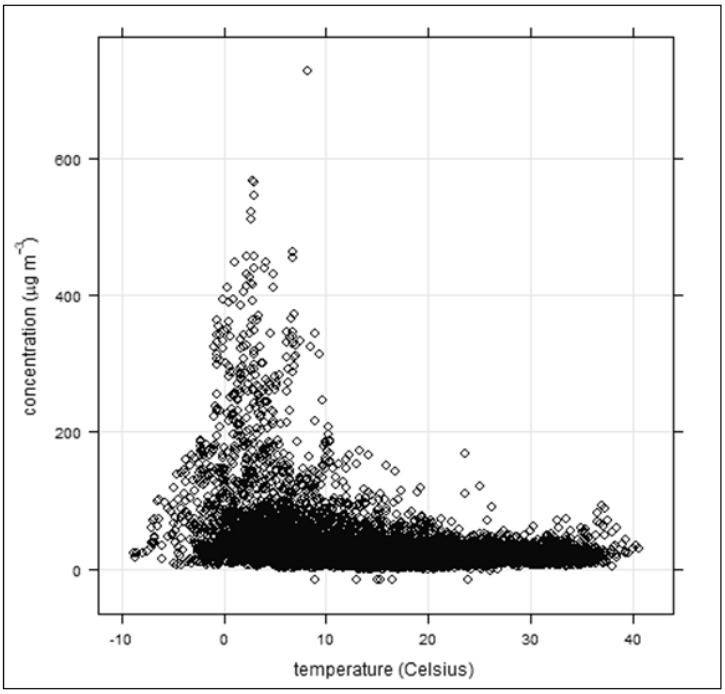


Figure 5. Hourly PM2.5 concentrations versus hourly ambient temperature recorded at the U.S. Embassy Sarajevo monitoring site.

References

[1] World Health Organization. Regional Office for Europe. (2006). Air quality guidelines global update 2005 : particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Copenhagen : WHO Regional Office for Europe. https://apps.who.int/iris/handle/10665/107823

[2] Simon Wang, S., L.E. Hipps, O. Chung, R.R. Gillies, and R. Martin, 2015: Long-Term Winter Inversion Properties in a Mountain Valley of the Western United States and Implications on Air Quality. J. Appl. Meteor. Climatol., 54, 2339–2352, https://doi.org/10.1175/JAMC-D-15-0172.1

[3] Mašić, A., Musemić R., and E. Džaferović-Mašić, 2016: Temperature Inversion Measurements in Sarajevo Valley Using Unmanned Aerial Vehicles. Proceedings from the 27th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation, DOI: 10.2507/27th.daaam.proceedings.062

[4] Spathic, M., and S. Ahmetbegović. Acta geographica Bosniae et Herzegovinae 2016, 6, (39-46). Vertical Distribution of Solid Pollutants in Sarajevo. Accessed: https://www.geoubih.ba/publications/Actavol3no6/6.%20Spahic-%20Pollutants%20English.pdf

[5] The World Bank, 2019. Air Pollution Management in Bosnia and Herzegovina.

[6] Warnes, G., Bolker, B., Gorjanc, G., Grothendieck, G., Korosec, A., Lumley, T., MacQueen, D., Magnusson, A., and J. Rogers, 2017. Package 'gdata': Various R Programming Tools for Data Manipulation. Accessed on 11/7/2019 at https://cran.r-project.org/web/packages/gdata/gdata.pdf.

[7] Carslaw DC, Ropkins K (2012). “openair — An R package for air quality data analysis.” Environmental Modelling & Software, 27–28(0), 52–61. ISSN 1364-8152, doi: 10.1016/j.envsoft.2011.09.008.



30

Dr. Adnan Mašić, dipl.ing. maš.
Faculty of Mechanical Engineering
University of Sarajevo
Vilsonovo šetalište 9, 71000 Sarajevo
masic.adnan@mf.unsa.ba

Dr. Dževad Bibić, dipl.ing. maš.
Faculty of Mechanical Engineering
University of Sarajevo
Vilsonovo šetalište 9, 71000 Sarajevo
bibic.dzevad@mf.unsa.ba

Dr. Boran Pikula, dipl.ing. maš.
Faculty of Mechanical Engineering
University of Sarajevo
Vilsonovo šetalište 9, 71000 Sarajevo
boran.pikula@mf.unsa.ba

Kulo Aida, MD, PhD
Medical Faculty University of Sarajevo
Čekalusa 90, 71000 Sarajevo
aida.kulo@mf.unsa.ba

Dr. Sanela Klarić, dipl.ing.
International BURCH University
Francuske revolucije bb, 71000 Sarajevo
sanela.klaric@ibu.edu.ba

Procjena senzora za mjerenje karbon dioksida kod praćenja kvalitete unutrašnjeg zraka

Evaluation of carbon dioxide sensors for indoor air quality monitoring

Sažetak: Karbon dioksid (CO2) je veoma važan faktor kvaliteta unutrašnjeg zraka (IAQ). Nepostojanje ventilacije ili neadekvatna ventilacija, štetne emisije konstruktivnih materijala kao i neadekvatna orijentacija mogu negativno uticati na kvalitet unutrašnjeg zraka i koncentraciju CO2 u istom. Izloženost CO2 tokom disanja u koncentraciji 500–5000 ppm štetno utiče na zdravlje i psihomotorne performance kod ljudi. Cilj ove studije je da se procijeni rad nekoliko nedisperzivnih infracrvenih (NDIR) CO2 senzora nove generacije. Procjena je rađena na Laboratorij za inženjersku fiziku Mašinskog fakulteta u Sarajevu, kroz serije mjerenja u različitim uslovima u trajanju od 6 sedmica. Unatoč različitim konstrukcijama, tvorničkim kalibracijama i cijenama, uočeno je dobro podudaranje rezultata među senzorima. Na kraju je predložena jeftina metoda za kontinuirano mjerenje koncentracija CO2 u zatvorenom prostoru.

Ključne riječi: *Karbon dioksid, senzori, NDIR, kvaliteta unutrašnjeg zraka*

Abstract: Carbon dioxide (CO2) is important factor of indoor air quality IAQ). No or an inappropriate ventilation, hazardous emissions from construction materials as well as inappropriate orientation can negatively affect indoor CO2 concentration and IAQ. Inhalation exposure to CO2 at concentrations 500–5000 ppm adversely affects human health and psychomotor performance. The aim of this study was to evaluate several nondispersive infrared (NDIR) CO2 sensors of latest generation. The sensors were evaluated in the Engineering Physics Laboratory, Faculty of Mechanical Engineering, with series of measurements under different conditions that lasted for 6 weeks. Good agreement among sensors was observed, despite different construction, factory calibration and price. Finally, inexpensive method is proposed for continuous measurement of indoor concentrations of CO2.

Key words: *Carbon dioxide, Sensors, NDIR, Indoor air quality*

1. Introduction

Measurement of concentration of carbon dioxide (CO_2) in the air is important in many areas: from food production to the indoor air quality (IAQ) assessment and control [1], [2]. No or an inappropriate ventilation, poor maintenance, hazardous emissions from construction materials as well as inappropriate orientation can negatively affect indoor CO_2 concentration and IAQ. Energy efficiency upgrades can improve the IQA and the comfort of building occupants if IAQ concerns are appropriately addressed in proper planning, installing and maintaining of the recuperation systems.

Inhalation exposure to CO_2 at concentrations 500–5000 ppm adversely affects human circulatory, cardiovascular, autonomic systems including both psychomotor performance and cognitive performances i.e. decision making and problem resolution [3], As children and young adults are the most vulnerable groups, many studies conducted in school settings showed both the poor classroom ventilation and increased CO_2 indoor concentrations to be associated with increased absenteeism [4], [5], bacterial infestation [6], [7].

In the era of massive automatization and Internet of Things (IoT), having a good technique for CO_2 determination is a necessity [8]. Historically, CO_2 sensors first appeared in the 1950's [1]. There are several principles of work of CO_2 sensors: some measure pH-value (indirect and possibly inaccurate), some use gas chromatography and mass spectrometers (very expensive), etc.

Since CO_2 has resonant frequencies in infrared (IR) part of the spectrum, construction of the nondispersive infrared (NDIR) type of CO_2 sensors can be based on low-cost IR diode as source and some type of optical detector. Figure 1 shows the principle of work of NDIR CO_2 sensor [2]. Together with electronics and gas inlet or diffusion membrane, entire sensor is usually small, few cm in size, and very affordable. Although calibration of CO_2 sensors usually performed by factory may be good enough for some applications, professional and potentially expensive individual sensor calibration is required in many cases [9], [10]. Namely, dual channel NDIR CO_2 sensors where one channel contains reference gas, usually nitrogen, should be more accurate in the long run.

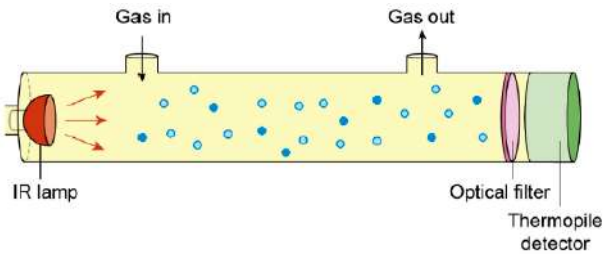


Figure 1. Principle of work of NDIR sensor [2]

The aim of this paper is to evaluate performance of several commercial NDIR CO_2 sensors, with focus on one question: are they good enough for indoor air quality assessment?

2. Materials and methods

Three NDIR sensors of latest generation, as described in Table 1, were acquired for measurements in the Laboratory. Amphenol Telaire is a single channel sensor with patented factory calibration algorithm which requires its periodical exposure to the outdoor levels of CO_2 (about 400 ppm). Plantower is dual channel sensor for similar price, while Alphasense offers cell of the sensor and transmitter board separately. Alphasense board doesn't provide digital signal (except USB), which means that additional circuitry is necessary to translate direct current into digital signal, if the sensor

is connected to a microcontroller such as Raspberry Pi or Arduino. Price of the Alphasense sensor and the board is much higher than Amphenol and Plantower sensors.

For data acquisition, all sensors, without any external calibration, were successfully integrated into in-house developed ecosystem, primarily developed for use in drones and later adapted for other applications [11], [12], [13]. The sensors were collocated in the Physics laboratory without forsed ventilation at the Faculty of Mechanical Engineering University of Sarajevo for 6 weeks, during the summer semester 2019. The room has area of about 80 m^2 and height 4 m, giving total volume of 320 m^3. It was periodically occupied with groups of 25 students (and 2 staff members), according to the regular timetable of the Faculty (aiming at simulation of typical conditions that we have in the teaching process).

Sensor	Amphenol Telaire 6703	Plantower DS-CO2-20	Alphasense IRC-A1 (with board)
			
Type	Single channel NDIR	Dual Channel NDIR	Dual Channel NDIR
Range	0–2000 ppm	0–5000 ppm	0–5000 ppm
Interface	Digital: UART and PWM	Digital: UART and PWM	Analog: 4-20 mA and USB

Table 1. Description of sensors

3. Results and discussion

Figure 2 shows readings from two Amphenol, one Alphasense and one Plantower sensor for a period of few days where the laboratory was occupied with students and staff members three times, corresponding to the three peaks on the graph. Good agreement among sensors was observed. Although Alphasense was giving the lowest CO_2 values, and Plantower was giving the highest ones, the difference was acceptable. Second and third peak values of CO2 concentration exceeded 2000 ppm which is sufficient to cause adverse health effects in room occupants.

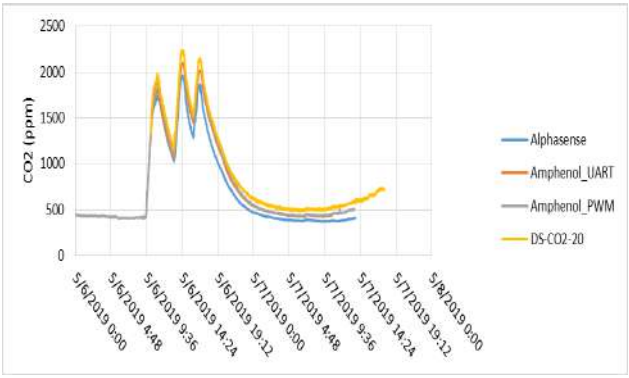


Figure 2. CO2 concentrations in case of periodic occupation of the room

In the room a fast build up and slow decay were observed some days later (Figure 3). Concentration of CO_2 exceeded 3000 ppm, suggesting great potential for adverse health effects. The noise (spikes) recorded in the Figure 3 is a consequence of direct sunlight reaching the sensors and must be prevented for valid measurement. Again, agreement among sensors was good, with Alphasense giving the lowest values.

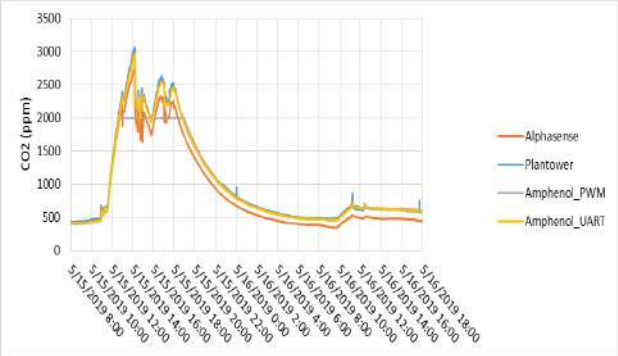


Figure 3. Fast build up and slow decay of CO_2 concentration in the setting without forsed ventilation

4. Conclusion

As measurements of CO_2 levels in this study were successful with surprisingly good agreement among sensors (without any external calibration), we can conclude that the latest generation of low-cost CO_2 sensors is good enough to be used for indoor air quality assessment. However, as the upper level of 2000 ppm (default value for many commercial CO_2 sensors) is not sufficient for all indoor applications, and based on CO_2 levels measured in our study, we recommend dual-channel CO_2 sensors with upper level of at least 5000 ppm and with digital interface (UART or PWM). The other reason for our recommendation is the fact that Alphasense CO_2 sensor and transmitter board for IoT applications are expensive, bulky, and analog-interfaced. Proper enclosure for sensors is required, since the direct sunlight affects the measurements. In perspective, we recommend assessment of measurement of CO_2 concentrations outdoors with NDIR sensors, as well as setting of the network of multi-point CO_2 sensors connected over the internet.

5. References

[1] Neethirajan, S., Jayas, D. S. & Sadistap, S. Carbon dioxide (CO2) sensors for the agri-food industry – a review. Food and Bioprocess Technology. 2:115–121. 2009. DOI: 10.1007/s11947-008-0154-y

[2] Mendes, L. B. et al. NDIR Gas Sensor for Spatial Monitoring of Carbon Dioxide Concentrations in Naturally Ventilated Livestock Buildings. Sensors. 15:11239–11257. 2015. DOI: 10.3390/s150511239

[3] Azuma, K., Kagi, N., Yanagi, U. & Osawa, H. Effects of low-level inhalation exposure to carbon dioxide in indoor environments: A short review on human health and psychomotor performance. Environ Int.121(Pt1):51–56. 2018. DOI:10.1016/j.envint.2018.08.059

[4] Shendell, D.G., Prill, R., Fisk, W.J., Apte, M.G., Blake, D., Faulkner, D. Associations between classroom CO2 concentrations and student attendance in Washington and Idaho. Indoor Air. 14(5):333–341. 2004. DOI: 10.1111/j.1600-0668.2004.00251.x

[5] Simons, E., Hwang, S.A., Fitzgerald, E.F., Kielb, C. & Lin, S. The impact of school building conditions on student absenteeism in upstate New York. Am J Public Health. 100(9):1679–1686. 2010. DOI:

10.2105/AJPH.2009.165324

[6] Liu, L.J.S., Krahmer, M., Fox, A., Feigley, C.E., Featherstone, A., Saraf, A. & Larsson, L. Investigation of the concentration of bacteria and their cell envelope components in indoor air in two elementary schools. J. Air Waste Manag. Assoc. 50:1957–1967. 2000. DOI: 10.1080/10473289.2000.10464225

[7] Fox, A., Harley, W., Feigley, C., Salzberg, D., Sebastian, A. & Larsson, L. Increased levels of bacterial markers and CO2 in occupied school rooms. J. Environ. Monit. 5:246–252. 2003. DOI: 10.1039/b212341j

[8] Yasuda, T., Yonemura, S. & Tani A. Comparison of the Characteristics of Small Commercial NDIR CO2 Sensor Models and Development of a Portable CO2 Measurement Device. Sensors. 12:3641–3655. 2012. DOI: 10.3390/s120303641

[9] Cho, H. C. & Yi, S. H. NDIR CO2 gas sensor with improved temperature compensation. Procedia Engineering. 5:303–306. 2010. DOI: 10.1016/j.proeng.2010.09.108

[10] Kim, J.H., Park H. G. & Yi S. H. IR Absorbance as a Criterion for Temperature Compensation in Nondispersive Infrared Gas Sensor. Proceedings. 2018. DOI: 10.3390/proceedings2130775

[11] Masic, A. Unmanned Aerial Vehicle as Data Acquisition System. Journal of Trends in the Development of Machinery and Associated Technology. 19(1):181–184. 2015. ISSN 2303–4009 (online)

[12] Masic, A., Musemic, R. & Dzaferovic-Masic, E. Temperature Inversion Measurements in Sarajevo Valley Using Unmanned Aerial Vehicles. Proceedings of the 27th DAAAM International Symposium, pp.0423–0427, B. Katalinic (Ed.), Published by DAAAM International, 2016. ISBN 978-3-902734-08-2, ISSN 1726–9679, Vienna, Austria, DOI: 10.2507/27th.daaam.proceedings.062

[13] Masic, A., Bibic, Dz., Pikula, B., Dzaferovic-Masic, E. & Musemic, R. Experimental study of temperature inversions above urban area using unmanned aerial vehicle. Thermal Science. 2018. DOI: 10.2298/TSCI180227250M

[14] Sanela Klarić, (2015), ODRŽIVO STANOVANJE, drvo, ovčja vuna, slama izazovi i potencijali tradicionalnih materijala, Internacionalni BURCH Univerzitet, ISBN 978-9958-834-46-2; COBISS BH-ID 22439174

[15] S. Klarić; D. Šamić, J. Katica; A. Kurtović, M, Duerod; M. Roso Popovac; (2016) VODIČ ENERGETSKA EFIKASNOST U ZGRADARSTVU KAO POLAZNICA ZA OSTVARIVANJE ODRŽIVOG DRUŠTVENO-EKONOMSKOG RAZVOJA U BOSNI I HERCEGOVINI; Green Council, www.green-council.org; ISBN 978-9926-8106-1-0

[16] S. Klarić; D. Šamić, J. Katica; A. Kurtović, M, Duerod; M. Roso Popovac; (2016) “GUIDELINES ENERGY EFFICIENCY IN BUILDINGS AS A BASIS FOR SUSTAINABLE SOCIAL AND ECONOMIC DEVELOPMENT IN BOSNIA AND HERZEGOVINA”; Green Council, www.green-council.org, ISBN 978-9926-8106-3-4



31

Srđan Kukolj
Health and Environment Alliance
28 Boulevard Charlemagne
1000 Brussels, Belgium
srdjan@env-health.org

Vlatka Matković Puljić
Health and Environment Alliance
28 Boulevard Charlemagne
1000 Brussels, Belgium
vlatka@env-health.org

Hronično zagađenje ugljem
Chronic coal pollution

Sažetak: Na Zapadnom Balkanu 16 zastarijelih termoelektrana na ugalj ugrožava javno zdravlje ogromnim zagađenjem vazduha, koje utiče na ljude u regionu, u EU i šire. Ovo zagađenje svake godine izazove 3 000 preuranjenih smrti, 8 000 slučajeva bronhitisa kod djece i druge hronične bolesti koje ukupno koštaju zdravstvene sisteme i privredu od 6,1-11,5 milijardi EUR. Najveći teret zdravstvenih troškova podnosi EU, u iznosu od 3,1-5,8 milijardi EUR. Istovremeno, ekonomski teret za zemlje Zapadnog Balkana procjenjuje se na 1,9-3,6 milijardi EUR godišnje. Zagađenje vazduha iz termoelektrana na fosilna goriva ili drugih emitera ne poznaje granice. Termolektrane na ugalj u zemljama Zapadnog Balkana - Bosni i Hercegovini, Sjevernoj Makedoniji, Crnoj Gori, Kosovu i Srbiji - iako nisu članice Evropske unije, zagađuju vazduh u zemljama Unije emitujući zabrinjavajuće visoke nivoe zagađujućih materija. Najveći uticaj primjećen je na Rumuniju, Italiju, Mađarsku, Bugarsku, Grčku i Hrvatsku.

Ključne riječi: *javno zdravlje, termolelektrane, kvalitet vazduha, hronične bolesti, fosilna goriva, ugalj*

Abstract: In the Western Balkans there are 16 outdated coal power plants that threaten public health by producing enormous amounts of air pollution, impacting people in the region, the EU and beyond. Every year they cause 3,000 premature deaths, 8,000 cases of bronchitis in children, and other chronic illnesses costing both health systems and economies a total of EUR 6.1-11.5 billion. The EU bears the majority of the health costs amounting to EUR 3.1-5.8 billion, while the economic burden on the Western Balkan countries is estimated to be EUR 1.9-3.6 billion every year. Air pollution, from fossil fuelled power plants or other emitters, knows no borders. Coal power plants in the Western Balkan countries - Bosnia and Herzegovina, North Macedonia, Montenegro, Kosovo and Serbia - whilst not members of the European Union, add to its air pollution by emitting alarmingly high levels of pollutants that travel long distances. The biggest impacts are found in neighbouring Romania, Italy, Hungary, Bulgaria, Greece and Croatia.

Key words: *public health, power plants, air quality, chronic diseases, fossil fuels, coal*

1. Uvod

Činjenica je da su termoelektrane na ugalj Zapadnog Balkana stare, neefikasne i funkcionišu ispod standarda zaštite životne sredine. U 2016. godini 16 termoelektrana sa ukupno 8 GW emitovalo je više zagađenja sumpor dioksidom nego sve evropske termoelektrane na ugalj (250 sa ukupno 156 GW), kao i podjednako zabrinjavajuće nivoe čestica i azotnih oksida.

Još 2005. godine, zemlje Zapadnog Balkana potpisale su Sporazum o Energetskoj zajednici, čiji je cilj integracija energetskog tržišta Evropske unije sa tržištima svojih susjeda. Sporazum je odredio rok do 2018. godine da se zemlje Zapadnog Balkana usklade sa zakonodavstvom Evropske unije (EU) o kontroli zagađenja. Međutim, potrebni koraci ka zdravim izvorima energije, investicijama i modernizacijama u proizvodnji energije širom Zapadnog Balkana u velikoj mjeri su kasnili.

Jedan od ključnih razloga za nedostatak napretka je odlučnost kreatora politike u regionu da stara postrojenja na ugalj zamjene novim termoelektranama. U interesu ljudi širom Evrope - građana EU i zemalja Zapadnog Balkana - je da se bore protiv ove prijetnje javnom zdravlju. To znači da kreatori politika u EU i u zemljama Zapadnog Balkana moraju dati prioritet zdravoj energiji i ambicijama u pogledu klime. Ovo podrazumijeva neizbežno i opravdano postepeno smanjenje upotrebe uglja. Energetska zajednica mora da se ojača kako bi se na vreme sprovele postojeće mjere o kontroli zagađenja i usvojilo dodatno zakonodavstvo u Sporazumu o Energetskoj zajednici. Evropska komisija mora dati prioritet kontroli zagađenja i kvaliteta vazduha u okviru procesa pristupanja EU, posebno kroz isključivanje iz EU fondova kompanija koje planiraju nove industrijske kapacitete na ugalj.

Takođe, zdravstveni radnici moraju biti više angažovani u dijalogu o uticaju zagađenog vazduha na zdravlje i troškove proizvodnje energije na ugalj. Zdravstveni argumenti moraju se uključiti u planove za čist vazduh i energetsku politiku u cjelini.

2. Metodologija

Metodologija uticaja na zdravlje korištena u izradi izveštaja ''Hronično zagađenje ugljem'' vođena je preporukama Svjetske zdravstvene organizacije (WHO) iz projekta "Zdravstveni rizici od zagađenja vazduha u Evropi" (HRAPIE) o procjeni uticaja zagađenja vazduha na zdravlje. On uključuje modeliranje atmosfere sa kompjuterskim modelom Evropskog programa za monitoring i evaluaciju Meteorološkog centra za sintezu - Zapad (EMEP MSC-W), koga takođe koristi Evropska agencija za životnu sredinu Evropske komisije za procjene uticaja zagađenja vazduha na zdravlje u Evropi.

3. Područje interesa i problematika

Modeliranje pokazuje da se više od polovine broja preuranjenih smrtnih slučajeva u 2016. godini prouzrokovanih emisijama iz termoelektrana na ugalj sa Zapadnog Balkana dogodi u EU: 2 013 od ukupno 3 906 preuranjenih smrtnih slučajeva pogodilo je stanovništvo EU, dok se 1 239 smrtnih slučajeva dogodilo na Zapadnom Balkanu, a 654 na drugim lokacijama.

Na Zapadnom Balkanu, Srbija trpi najviše uticaja na zdravlje zbog zagađenja od uglja iz regiona: 570 preuranjenih smrti. U Rumuniji, članici EU, 380 ljudi je prerano umrlo, a zatim slijedi Italija sa 370 preuranjenih smrtnih slučajeva.

Termoelektrane na ugalj u pet balkanskih zemalja takođe doprinose pojavi bolesti i lošem zdravlju: njihove emisije prouzrokovale su ukupno 8 516 slučajeva bronhitisa kod djece i 2 023 slučaja bronhitisa kod odraslih, od čega 38% slučajeva bronhitisa kod djece (3 272) i 50% slučajeva kod odraslih u zemljama EU.

Astmatična djeca koja žive u EU patila su od simptoma astme ukupno više od 36 400 dana u 2016, (ukupan broj dana je 86 200) prouzrokovanih zagađenjem koje dolazi iz balkanskih termoelektrana

na ugalj.

Hronično zagađenje ugljem na Zapadnom Balkanu šteti i produktivnosti Evropljana sa procjenjenim ukupnim brojem od 3 047 hospitalizacija i preko 1,16 miliona izgubljenih radnih dana u zemljama EU i zemljama Zapadnog Balkana u 2016. godini. Samo u EU bilo je 1 418 hospitalizacija i preko 600 000 izgubljenih radnih dana.

4. Dodatni zdravstveni troškovi koji se mogu izbjeći

Uticaji na zdravlje nastali u EU zbog emisija uslijed sagorijevanja uglja u termoelektranama Zapadnog Balkana predstavljaju ogroman teret za zdravstvene sisteme, da ne spominjemo opterećenje kod ugroženih lica i onih koji brinu o njima.

Rezultati modelirani na emisijama iz termoelektrana na ugalj iz Zapadnog Balkana u 2016. pokazuju da je ukupna šteta po zdravlje procjenjena u rasponu od 6,1 do 11,5 milijardi EUR. Više od polovine ovih zdravstvenih troškova odnosi se na ljude i zemlje EU (3,1 do 5,8 milijardi EUR), trećina (32%) na zemlje Zapadnog Balkana (1,9 do 3,6 milijardi EUR), a oko 17% ukupnih troškova zbog štetnog djelovanja na zdravlje, javlja se u drugim zemljama kao što su Ukrajina, Turska, Egipat, i Rusija.

Ove ogromne troškove plaćaju građani i zemlje u vidu povećanih nacionalnih zdravstvenih budžeta i ličnih troškova za individualno liječenje. Oni takođe stvaraju ekonomske gubitke kroz smanjenu produktivnost.

Zemlje EU koje se graniče sa zemljama Zapadnog Balkana, kao što su Italija, Rumunija, Mađarska i Bugarska, snose najveći teret ovih zdravstvenih troškova. Navedene zemlje su među najsiromašnijim zemljama EU sa nižim ukupnim budžetom za zdravlje i manjom sposobnošću plaćanja troškova prekograničnog zagađenja vazduha od uglja, što pogoršava zdravstvene, društvene i ekonomske nejednakosti.

Zdravstveni budžeti Bugarske i Hrvatske najviše su pogođeni. Troškovi uticaja zagađenja od uglja Zapadnog Balkana na zdravlje iznose 0,3 - 0,7 milijardi EUR. Za Bugarsku je to 10% - 18% ukupnih izdataka zemlje za zdravstvo za 2016. Za Hrvatsku troškovi od 0,2 - 0,4 milijarde EUR iznose 8% -14% ukupnih izdataka zemlje za zdravstvo u 2016. U Rumuniji, dodatni zdravstveni troškovi prouzrokovani zagađenjem od uglja Zapadnog Balkana iznose 0,5 - 1,1 milijarde EUR godišnje. To je jednako 7% -13% ukupnih izdataka za zdravstvo u 2016.

Svjetska zdravstvena organizacija navodi da se nijedan nivo zagađenja vazduha ne može smatrati ‘bezbjednim’ i da je veza između zagađenja vazduha i respiratornih i kardiovaskularnih bolesti nesporna. Udisanje čestica, čak i na niskom nivou, može dovesti do fizioloških promena u tijelu koje šteti zdravlju. Loš kvalitet vazduha takođe je povezan sa hroničnim i akutnim respiratornim bolestima, koje značajno degradiraju kvalitet života.

Naučnici nastavljaju da identifikuju nove načine kojima zagađenje vazduha može da naškodi našem zdravlju, npr. postoji sve veći broj dokaza koji povezuju zagađenje vazduha sa demencijom, a novi dokazi pokazuju da čestice zagađenog vazduha putuju kroz pluća trudnica i nastanjuju se u njihove placente, škodeći bebama prenatalno.

Prilikom sagorijevanja uglja radi proizvodnje struje, u vazduh se ispuštaju tri glavna zagađivača koja štete zdravlju: čestice (PM), sumpor dioksid (SO2) i azotni oksidi (NOx).

Naziv države	Ukupan trošak Srednja vrijednost	Ukupan trošak Visoka vrijednost
Srbija	1 682 648 627	890 007 062
Italija	1 095 395 710	582 341 360
Rumunija	1 107 492 473	579 444 102
BiH	985 388 752	522 794 194
Mađarska	770 417 823	401 580 843
Bugarska	728 856 412	377 489 289
Grčka	504 415 742	267 553 433
Hrvatska	478 974 523	251 299 359
Poljska	313 639 231	166 804 994
S. Makedonija	302 709 554	158 402 008

Tabela I: Top 10 zemalja u kojima nastaju najveći zdravstvenih troškovi u EU i Zapadnom Balkanu, modeliranje za emisije iz 2016. za termolelektrane na ugalj na Zapadnom Balkanu (trošak prikazan u EUR).

5. Termoelektrane zagađivači

Osam od deset najvećih zagađivača među termoelektranama na ugalj u EU i zemljama kandidatima za članstvo u EU nalazi se na Zapadnom Balkanu. Godine 2016, srpska termoelektrana Kostolac B nadmašila je Ugljevik iz Bosne i Hercegovine, postajući najozloglašeniji zagađivač sumpor dioksidom. Kostolac B i Ugljevik čine polovinu ukupnog zagađenja SO2 iz termoelektrana na ugalj u regionu Zapadnog Balkana. Samo ove dijve termoelektrane odgovorne su za oko 25% ukupnih emisija SO2 iz uglja u EU i na Balkanu zajedno.

Ime države	Naziv termoelektrane	Tona
Kosovo	Kosovo B	6 324
BiH	Gacko	4 125
Srbija	Kolubara A	3 255
Srbija	Nikola Tesla A	2 680
BiH	Ugljevik	2 549
S. Makedonija	Bitola	2 491
Srbija	Kostolac B	2 340
Poljska	Adamow	2 282
Rumunija	Mintia	2 105
Srbija	Kostolac A	1 030

Tabela II: Glavnih 10 termoelektrana zagađivača u Evropi po emisijama čestica (PM10) u 2016.

Ime države	Naziv termoelektrane	Tona
Srbija	Kostolac B	128 000
BiH	Ugljevik	127 524
Srbija	Nikola Tesla A	109 000
BiH	Kakanj	75 410
Srbija	Kostolac A	74 900
Srbija	Nikola Tesla B	57 100
BiH	Tuzla	53 156
S. Makedonija	Bitola	31 775
Poljska	Belchatow	30 061
Bugarska	Marica Istok 2	29 947

Tabela III: Glavnih 10 termoelektrana zagađivača u Evropi po emisijama SO2 u 2016.



Slika 1. Termoelektrane Zapadnog Balkana ispuštaju 20 puta više SO2 i 16 puta PM zagađenja od EU termoelektrana.

6. 16 Termoelektrana zapadnog balkana zagađuje kao čak 250 termoelektrana u Evropskoj Uniji

U 2016. godini, ukupne emisije SO2 i PM 2.5 iz 16 termoelektrana na ugalj (ukupne snage 8,7 GW) na Zapadnom Balkanu bile su gotovo podjednako visoke kao u 250 postojećih termoelektrana na ugalj (ukupne snage 156 GW) u EU.

Emisija sumpor dioksida (SO2) iz termoelektrana na ugalj na Zapadnom Balkanu predstavlja značajan izazov za javno zdravlje. Većina uticaja na zdravlje i ekonomski teret za zdravstvo dolazi od ovog zagađenja, zaslužnog za 88% ukupnih troškova za zdravstvo iz ovih termoelektrana. Istovremeno, u EU, gdje su termoelektrane često opremljene tehnologijama za uklanjanje SO2 iz isparenja iz dimnjaka, emisije SO2 doprinose manje od polovine (46%) ukupne štete iz termoelektrana.

Prosječna termoelektrana na ugalj na Zapadnom Balkanu emituje 20 puta više sumpor dioksida (SO2) i 16 puta više čestica (PM) od prosječne evropske termoelektrane.

7. Bosna i Hercegovina

Naziv termoelektrane	Evropska unija	Zapadni Balkan	Ostale zemlje
Gacko	53%	32%	16%
Kakanj			
Stanari			
Tuzla			
Ugljevik			

Tabela IV: Matrica uticaja od ukupnih godišnjih uticaja na zdravlje i ukupnih troškova zdravlja za svaku termoelektranu na ugalj u Bosni i Hercegovini, godišnje emisije.

7.1 Direktive

7.1.1 Pravna tekovina u Energetskoj zajednici: Direktiva 2001/80/EZ o ograničavanju emisija određenih zagađivača u vazduh iz velikih termoelektrana za sagorijevanje (SO2, NOx, PM10).

Rokovi sprovođenja: 31. decembar 2017.

Napomena: Države potpisnice Sporazuma do 31. decembra 2027. mogu da koriste mogućnost nacionalnih planova za smanjenje emisije (NERP). NERP predstavlja alternativu sprovođenju graničnih vrijednosti emisija predviđenih u Direktivi, gdje usklađenost nije provjerena na pojedinačnom nivou termoelektrana. Umesto toga, zemlja može da odredi ukupan gornji limit emisije na nacionalnom nivou. Zemlje takođe imaju mogućnost “povlačenja” (ograničeno doživotno ukidanje). Ovo se primjenjuje između 1. januara 2018. i 31. decembra 2023. godine, za ukupan broj od 20 000 radnih sati.

7.1.2 Poglavlje III, Prilog V i Član 72(3)-(4) Direktive 2010/75/EU o industrijskim emisijama (integrisana kontrola spriječavanja zagađenja)

Rokovi sprovođenja: 1. januar 2018.

Napomena:

rok za sprovođenje važi za:

- potpuno nove termoelektrane izgrađene poslije 1. januara 2018.
- termoelektrane odobrene prije 31. decembra 2017. s početkom proizvodnje prije 1. januara 2019.
- postojeće termoelektrane u kojima se kompletna rekonstrukcija izvodi između 2018. i 2028. godine. Sve ostale postojeće termoelektrane moraju da se usklade sa Prilogom V dio 1, najkasnije do 1. januara 2028.

7.1.3 Direktiva (EU) 2016/802 koja se odnosi na smanjenje sadržaja sumpora u određenim tečnim gorivima.

Rokovi sprovođenja: 30. jun 2018.

Napomena: Direktiva pokriva dvije vrste loživog ulja, tj. rafinisanog ulja koje se koristi za sagorijevanje u svrhu proizvodnje toplote ili energije. Ona određuje maksimalan sadržaj sumpora za teška lož ulja i gasno ulje.

8. Preporuke

8.1 Evropska unija

- Podržati Energetsku zajednicu da pravovremeno sprovodi postojeće propise o kontroli zagađenja: Direktivu o velikim postrojenjima za sagorijevanje i Poglavlje III i Prilog V Direktive o industrijskim emisijama za nove termoelektrane.
- Učvrstiti mandat Energetske zajednice da rješava zagađenja vazduha kroz hitno predlaganje dodatne regulative u Sporazumu i jačanje mehanizma za rešavanje sporova. Takva regulativa obuhvata: Poglavlje II Direktive o industrijskim emisijama, Direktivu o kvalitetu vazduha, i/ili Direktivu o granicama nacionalnih emisija kao i Paket mjera čiste energije za sve Evropljane.
- Dati prioritet sprovođenju kontrole zagađenja i regulative o kvalitetu vazduha u procesu pristupanja EU, uključujući primjenu Poglavlja II Direktive o industrijskim emisijama na postojeće i nove termoelektrane. Zemlje koje nisu uspjele da preduzmu mjere od 2006. radi sprovođenja Direktive o velikim postrojenjima za sagorijevanje sada imaju priliku da pređu na više standarde i EU treba da izvrši pritisak na njih, jer će u suprotnom imati dodatne troškove većih ulaganja u roku od nekoliko godina.

8.2 Zemlje Zapadnog Balkana

- Hitno sprovesti Direktivu o velikim postrojenjima za sagorijevanje za postojeće termoelektrane. Obezbjediti da sva ulaganja za smanjenje zagađenja u termoelektranima na ugalj budu u skladu sa regulativom iz 2017. godine (Referentni dokument o najboljim dostupnim tehnikama (BREFs) u Direktivi o velikim postrojenjima za sagorjevanje), kako bi se bolje zaštitilo javno zdravlje i izbjegla potreba za još većim ulaganjima za nekoliko godina.
- Zatvoriti sve postojeće i zastarjele termoelektrane na ugalj što je prije moguće i ne graditi nove.
- Napraviti informisane energetske izbore zasnovane na procjeni uticaja na zdravlje i životnu okolinu i na ekonomskoj analizi isplativosti koja uključuje kratkoročne i dugoročne troškove i

lokalne i prekogranične uticaje.

- U potpunosti sprovesti standarde dogovorene u Pariskom sporazumu iz 2015. godine. Jačati doprinos na nacionalnom nivou i razvijati do 2020. ambicioznije dugoročne razvojne strategije za nisku emisiju gasova s efektom staklene bašte, što će takođe dovesti do smanjenja zagađenja vazduha. Ovo će donijeti koristi po javno zdravlje kao i uštedu zdravstvenih troškova.
- Regionalna saradnja je od suštinskog značaja za dekarbonizaciju na Zapadnom Balkanu jer je to jeftiniji i jednostavniji način postizanja željene sigurnosti snabdjevanja električnom energijom. Zemlje treba da teže poboljšanju međusobne saradnje i da rade na integraciji tržišta električne energije.
- Odlučiti se za održive oblike obnovljive energije i uštedu energije. Iskoristiti niske troškove solarne energije i vjetroenergije. Ukloniti carinske i necarinske barijere (regulatorne, administrativne, itd.) radi uvođenja obnovljivih izvora energije.

8.3 Zdravstvena zajednica Evrope

- Povećati zdravstvene i medicinske organizacione i individualne kapacitete radi uključivanja u dijalog o uticaju na zdravlje i troškove od proizvodnje uglja i energije kroz komunikaciju i pružanje dokaza, npr. u javnim konsultacijama.
- Istaći dokaze i materijale Svjetske zdravstvene organizacije, uključujući revolucionarnu mapu puta ''Zdravlje, životna sredina i klimatske promjene'' i rezoluciju ''Rješavanje zdravstvenog uticaja zagađenja vazduha'', kao i ''Ministarsku deklaraciju Svjetske zdravstvene organizacije iz Ostrave o životnoj sredini i zdravstvu'', kako bi se omogućili bolji kvalitet vazduha i akcije za ublažavanje klimatskih promjena u korist po javno zdravlje i bržu energetsku tranziciju.
- Istaći stvarne troškove proizvodnje električne energije iz uglja u dijalogu i tokom procesa donošenja odluka vezanim za ekonomiju i javno zdravstvo, i raditi na povećanju javne svijesti o tome kakvu će korist imati javno zdravstvo od smanjenja neplaćenih zdravstvenih računa zbog uglja.
- Ministarstva zdravlja, učestvovati i dati doprinos u razvijanju i sprovođenju aktivnosti i planova za čist vazduh, kao i politika za energiju i klimu, podržavajući mjere za smanjenje zagađenja ugljem i ambiciozne planove za postepeno ukidanje istog, kao i da proces prilagođavanja bude ugrađen u svaku vrstu planiranja i donošenja strateških odluka u mnogim oblastima.

Literatura

[1] Matković – Puljić, V.; Jones, D.; Moore, C.; Myllyvirta, L.; Gierens, R.; Kalaba, I.; Ciuta, I.; Gallop, P.; Risteska, S. Hronično zagađenje ugljem - Akcija EU na Zapadnom Balkanu će unaprijediti zdravlje i ekonomije širom Evrope, Health and Environment Alliance (HEAL), Climate Action Network Europe (CAN Europe), Sandbag, CEE Bankwatch Network i Europe Beyond Coal, Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 IGO (CC BY-NCSA 3.0 IGO), Brisel, 2019.

[2] Energetska zajednica, zvanična internet stranica, poglavlje - Strateški dokumenti.



32

Prof.dr. Dinko Tuhtar, dipl.ing.
BOMA Environmental & Safety Inc.
Winnipeg, Manitoba, Canada
info@bomaes.ca

Epizode pojačane zagađenosti zraka- nastanak i vrednovanje
Episodes of increased air pollution- formation and evaluation

Sažetak: Epizode pojačane zagađenosti zraka u Sarajevu i mnogim drugim gradovima u svijetu smještenim u kotlinama dešavaju se u zimskom periodu u specifičnim vremenskim situacijama koje ograničavaju disperziju emisija zagađujućih materija. Obično traju od dva do sedam dana pri čemu nivoi zagađenosti zraka postepeno rastu i mogu višestruko premašiti referentne nivoe (granične vrijednosti). Efekti epizoda pojačane zagađenosti zraka se ogledaju u stvarnim i potencijalnim efektima na čovjekovo zdravlje i na okolinu. Epizode pojačane zagađenosti zraka prestaju sa početkom prirodnog procesa samoprečišćavanja donjih slojeva atmosfere.
Vremenske situacije koje dovode do epizoda pojačane zagađenosti zraka se mogu karakterizirati meteorološkim parametrima kao što su dugotrajno prisustvo polja visokog tlaka zraka (stabilna anticiklona), inverzija temperature zraka sa visinom, radijacija toplote sa površine Zemlje, sunčeva insolacija, magla i odsustvo oborina i vjetra. Zagađujuće materije sa najvećim potencijalnim efektima na čovjekovo zdravlje nastaju tokom sagorijevanja goriva u stacionarnim i mobilnim izvorima emisije u naseljenim mjestima. U Kantonu Sarajeva i drugim gradovima Bosne i Hercegovine su doneseni propisi koji ograničavaju koncentracije krutih tvari malog promjera, tzv. lebdeće čestice, sumpornog dioksida, oksida dušika, karbon monoksida, olova, benzena i volatilnih organskih spojeva. Epizode pojačane zagađenosti zraka vrednuju se mjerenjem koncentracija zagađujućih materija. Ovisno o nivoima mjerenih koncentracija Kanton Sarajevo proglasava administrativne mjere zaštite stanovništva, kao što su ''pripravnost'', ''upozorenje'' ili ''uzbuna''. Prikazan je jednostavni način procjene emisije zagađujućih materija na osnovu poznavanja njihove koncentracije tokom epizoda. Iako su epizode pojačane zagađenosti izazvane prirodnim uvjetima njihov efekat se može smanjiti koristeći sistemski pristup zaštiti zdravlja i okoline. Prikazane su osnovne komponente takvog sistema i njegove primjene.

Ključne riječi: *pojačana zagađenost zraka*

Abstract: Episodes of increased air pollution in Sarajevo and many other urban centers in the world situated in valleys occur in the winter during specific weather patterns which limit the dispersion of air pollutants. Usually they last from two to seven days during which time the pollution levels gradually increase and may exceed many times the referent levels ((limiting values). Effects of air pollution episodes on human health and the environment can be actual and/or potential. Episodes of increased air pollution disappear with the begining of the natural self-cleansing of the lower atmosphere.
Weather conditions that cause epizodes of increased air pollution can be charaterized by meteorological parameters such as persistent presence of a stable anticyclone system, inversion of air temperature with height, heat radition from the Earth surface, solar insulation, fog and absence of precipitation and wind. Air pollutants with the greatest potential and actual impacts on human healths are released from fuel burning in stationary and mobile sources of air emissions in urban centers. The Sarajevo Canton and many other municipalities in Bosnia and Hercegovina have promulgated a number of laws and regulations that limit the concentration of a number of air pollutants including fine particulate matter, sulfur dioxide, oxides of nitrogen, carbon monoxide, lead, benzene and volatile organic compounds. Episodes of increased air pollution are evaluated and assessed by measuring the meteorological parameters and concentration of air pollutants. Depending on the concentration levels during an episode the Sarajevo Canton issues various administrative protection measures, such as ''preparedness“, ''warning'' or „alarm“. A simple mean of an estimate of emission of pollutants during an episode from data on their concentration is presented. While the episodes of increased air pollution are caused by natural conditions, their impact can be decreased by using a system approach to the protection of human health and the environment. Main components of such a system and their application are summarized.

Key words: *public health, power plants, air quality, chronic diseases, fossil fuels, coal*

1. Uvod

Dobro je poznato i odavno dokazano da zagađeni zrak utiče na okolinu i čovjekovo zdravlje. (1,2) U zemljama sjeverne hemisfere taj uticaj je znatno veći zimi nego ljeti i u kotlinama nego u ravnicama. Sarajevo, glavni grad Bosne i Hercegovine, je smješten u centralnoj Bosni u jugoistočnom djelu kotline u dolini rijeke Bosne. Dok je prosjecna nadmorska visina baze kotline 518 m, okolne planine (Trebević, Jahorina, Treskavica Bjelašnica i Igman) dostižu visinu i do preko 2.000 metara. (3)

U specifičnim vremenskim uvjetima karakterisanim poljem visokog tlaka zraka (anticiklona), pojavom magle, odsustvom vjetra i oborina i inverzijom temperature zraka disperzija emisije zagađujućih tvari i turbulencija donjih slojeva atmosfere su ograničeni.(4,5) To dovodi da koncenracija pojedinih štetnih materija može višestruko preći nivoe koji mogu izazvati akutne uticaje na čovjekovo zdravlje. Epizode pojačanog zagađivanja zraka u Sarajevu se dešavaju i najintezivnije su u decembru i januaru. Ove zime (2019/2020) desilo se nekoliko epizoda pojačanog zagađivanja zraka koje su uznemirile stanovnike grada zbog proglašenja „upozorenja“ i „uzbune“ o lošem kvalitetu zraka izdatim od nadležnih organa. Slične epizode pojačanog zagađivanja zraka su se dešavale u Sarajevu i ranije, a veća pažnja im se počela pridavati od kako se počelo sa kvantitativnom procjenom emisije zagađujućih tvari i monitoringom kvaliteta zraka u 1970-tim godinama.(6-8) Jedna od epizoda sa najlošijim kvalitetom zraka desila u periodu od 10 do 15 decembera 1980 kad su koncentracije zagađujućih tvari višestruko prešle tadašnje granične vrijednosti. Ta je episoda detaljnije opisana u stručnoj literaturi. (9)

U ovom radu je prikazan sumarni pregled vremenskih situacija i meteoroloških pojava i elemenata koji dovode do pojačanog zagađivanja zraka. Razmatrani su nivoi mjerenih koncentracija zagađujućih materija koji dovode do rizika po čovjekovo zdravlje. Predložen je jedan sistematski pristup zaštiti zraka od zagađivanja koji može da kontroliše u izvjesnoj mjeri epizode pojačanog zagađivanja zraka.

2. Vremenske situacije i meteorološke pojave i elementi za vrijeme epizoda pojačanog zagađivanja zraka

Vremenske situacije i meteorološke pojave i elementi koji dovode do ograničenja turbulencije atmosfere i disperzije emisije štetnih materija koje se ispuštaju u donje slojeve atmosfere uključuju:

2.1 Anticiklona (10)

Anticiklonom se naziva područje visokog tlaka zraka (P > 1.013 hPa) iznad neke oblasti. Anticiklonu u zimskom periodu karakteriše stabilno, sunčano, hladno i suho vrijeme sa prizemnom maglom .

2.2 Promjena temperature zraka sa visinom (11)

Promjena temperature zraka sa visinom normalno ima pozitivnu vrijednost (temperatura zraka opada sa visinom, prosječno 0.5 oC na 100 m), ali može imati i nultu vrijednost (temperatura zraka se ne mijenja sa visinom) ili negativnu vrijednost (temperatura zraka raste sa visinom). Negativna vrijednost promjene temperature zraka sa visinom se naziva temperaturna inverzija. Postoji više tipova inverzije temperature zraka. Za Sarajevo je karakteristična tzv. prizemna inverzija pri kojoj se temperatura zraka na tlu spušta tokom noći na niske vrijednosti a topliji zraka se diže u visinu. Za vrijeme anticiklona u Sarajevu temperaturna inverzija može dostići i do 10 oC, tj. temperatura zraka u gradu može biti i do 10 oC manja nego na okolnim planinama. Topliji zraka na visini djeluje kao poklopac koji onemogućava uspješnu disperziju emisije zagađujućih tvari što dovodi do rasta njihovih koncentracija.

2.3 Magla (12)

Magla predstavlja kondenziranu vodenu paru u zraku i po tome se ne razlikuje od oblaka. Kondenzacija vodene pare u maglu nastaje kad je temperatura rosišta vodene pare bliska temperaturi okolnog zraka. Magla se pojavljuje pri relativno niskoj temperaturi zraka i kad je zrak skoro zasićen sa

vlagom (relativna vlažnost otprilike 100%). Može se pojavljivati i pri nižoj ralativnoj vlažnosti ako su u zraku prisutne krute čestice koje djeluju kao jezgra kondenzacije. Zbog magle je ograničena sunčeva insolacija pa Zemljina površina postaje hladnija. Debljina sloja magle je proporcionalna atmosferskom tlaku. Stoga je magla najgušća i najduže traje zimi za vrijeme anticiklona.

2.4 Snijeg (12)

Snijeg nastaje kad se vodena para (kiša) smrzne i pada na Zemlju u obliku kristalnih pahuljica. Stoga oborine i snijeg prečišćavaju donje slojeve atmosfere i tako popravljaju kvalitet zraka. Snijeg na tlu za vrijeme epizoda pojačanog zagađivanja zraka dovodi do porasta vlage u zraku, magle a time i porasta zagađenosti zraka.

2.5 Vjetar (12)

Vjetar predstavlja horizontalno strujanje zraka u odnosu na Zemljinu površinu. Karakteriše se smjerom iz kojeg duva (ruža vjetra) i brzinom. Zajedno sa temperaturnom inverzijom i oborinama vjetar je ključni meteorološki element koji određuje stanje kvaliteta zraka. Za vrijeme epizoda pojačanog zagađivanja vjetar je često odsutan, ili neznatan (< 1 m/s).

Vremenska situacija i vrijednosti meteoroloških elemenata i pojava za vrijeme jedne od epizoda pojačanog zagađivanja zraka koja se dogodila u Sarajevu od 10 do 15 decembra 1980, (9) su sumarizirane u sledećoj tabeli:

Vremenski parametar	Vrijednost
Anticiklona	Zahvatila veći dio srednje i južne Evrope, sa centrima iznad Alpa u Austriji i iznad centralne Bosne u Bosni i Hercegovini. Vrijednosti tlaka zraka iznosile 1 016 do 1 036 hPa.
Vrijeme	Stabilno, hladno i suho
Snježni pokrivač	Prisutan, 18 do 20 cm visine
Oborine (kiša, snjeg)	Odsutne
Vjetar	Odsutan (tišina)
Inverzija temperature zraka	Do 10 °C
Koncentracija štetnih materija	Sumpor dioksid: 0,267 mg/m^3/24-h do 1.559 mg/m^3/24h Dim: 0.071 mg/m^3/24-h do 0.529 mg/m^3/24-h

3. Vrednovanje epizoda pojačanog zagađivanja zraka

Epizode pojačanog zagađivanja zraka se mogu vrednovati kvalitativno (tj. visualno) ili kvantitativno (mjerenjem meteoroloških elemenata i koncentracija zagađućih materija).

Epizode pojačanog zagađivanja zraka vizualno se pojavljuju kao gusta magla koja postepeno mjenja boju od bijele ka sivkastoj i/ili svjetlo smedjoj. U isto vrijeme dolazi do porasta efekata zagađenog zraka na respiratorni sistem, kardiovaskularni sistem i na oči, osobito kod osoba sa nedovoljno

razvijenim ili oslabljenim imunitetom (djeca i starije osobe).

Kvantitativno vrednovanje epizoda pojačanog zagađivanja zraka se može odrediti mjerenjem meteoroloških pojava i elemenata i koncentracije zagađujućih materija. Što je veći tlak zraka za vrijeme anticiklone i veća temperaturna inverzija epizoda pojačanog zagađivanja zraka će trajati duže. Takođe će i odsustvo vjetra, oborina i dužina trajanja magle (samo jutarnja ili vecernja, ili tokom cijelog dana) činiti epizodu stabilnom i dugotrajnijom. Iskustvo je pokazalo da promjena vremenske situacije (prestanak anticiklone i jačanje ciklone), pojava oborina i porast brzine vjetra dovode do prestanka epizode i bitnog poboljšanja kvaliteta zraka pri istim novoima emisije.

Drugi način vrednovanja epizoda pojačanog zagađivanja zraka se zasniva na mjerenju koncentracija zagađujućih materija tokom epizode i uporedbi sa zakonski određenim nivoima. U Federaciji Bosni i Hercegovini se ti nivoi nazivaju granične vrijednosti i uključuju tolerantne vrijednosti kvaliteta zraka i pragove upozorenja i uzbune. (13) Granične vrijednosti se takođe jos nazivaju standardi kvaliteta zraka, smjernice, ili kriteriji ovisno o jurisdikciji koja ih je donijela.

Zagađujuće materije mogu dospjeti u zrak iz različitih izvora. U Sarajevu su individualna ložišta na kruto gorivo, centralno grijanje, saobraćaj i pojedine industrije glavni zagađivaći zraka. (14) Dok je broj zagađućih materija često veoma velik za sada se kontinuirano mjere samo sljedeće zagađujuće materije, u skladu sa važećim pravilnicima, preporukama različitih strukovnih evropskih i/ili svjetskih organizacija: lebdeće čestice prosječnog aerodinamičkog promjera od 2.5 μm i 10 μm (PM2.5 i PM10), ozon (O_3), ugljen monoksid (CO), sumpor dioksid (SO_2), dušikovi oksidi (kao NO2) i sumpor vodonik, H2S. (15)

Kontinuirana mjerenja koncentracija ovih zagadjujucih materija (monitoring kvaliteta zraka) provode se u devet gradova u Federaciji BiH. Trajanje uzimanja uzoraka zraka ovisi o zagađujućoj materiji i njenoj graničnoj vrijednosti i može iznositi 24 sata (PM2.5 i PM10), 8 sati sa CO, i jedan sat za SO_2. (15)

Iako zakonski nije obavezan, kvalitet zraka se javnosti objavljuje u vidu numeričkog indeksa izračunavanog od strane Federalnog hidromeorološkog zavoda (FHMZ). (16)

FHMZ koristi metodologiju izračunavanja indeksa kvaliteta zraka razradjenu od strane Američke agencije za zaštitu okoline (U.S. EPA), uz male modifikacije. (16) Indeks se izračunava u rasponu od 0 do 500 sa sljedećim katergorijama kvaliteta zraka: Dobar (0-50), Umjereno zagadjen (51-100), Nezdrav [za osjetljive grupe stanovništva(101-150) i ukupno stanovništvo (151-200), Vrlo nezdrav (201-300) i Opasan (> 300) . Važno je napomenuti da Indeks kvaliteta zraka ne predstavlja jednostavnu sumu koncentracija mjerenih zagađujućih materija. Indeks se javnosti objavljuje svakog sata, zajedno sa zdravstvenim rizikom (mogućim efektima na zdravlje) kojem su izložene pojedine kategorije stanovništva i preporukama za osnovne mjere zaštite (smanjenje izlaganju zagađenom zraku).

4. Kontrola epizoda pojačanog zagađivanja zraka

Kvalitet zraka, a time i efekti na čovjekovo zdravlje i okolinu, za vrijeme epizoda pojačanog zagađivanja zraka se mogu kontrolisati smanjenjem emisije štetnih materija u okolni zrak. Smanjenje emisije se može postići primjenjujući jedan sistemski pristup zaštiti zraka od zagađivanja grafički prikazan na Slici 1. (17)

Slika 1 pokazuje da zagađivanje zraka nastaje emisijom zagadjujućih materija iz izvora emisije u okolni zrak. Izvori emisije su različiti i mogu se podjeliti na stacionarne i mobilne, te tačkaste, linijske i površinske kao i kontrolirane (izlaze kroz dimnjak ili ventilaciju ili nekontrolirane (fugitivne). Evidentiraju se kroz registar (katastar) emisija. Dugogodišnjim radom na registraciji izvora zagađenosti je nađeno da su u Sarajevu glavni izvori emisije individualna ložišta iz padinskih naselja,

emisije iz različitih tehnoloških i industrijskih postrojenja, te saobračaj. (18) Svi ovi izvori su bazirani na sagorijevanju goriva (krutog, tekućeg ili plinovitog).

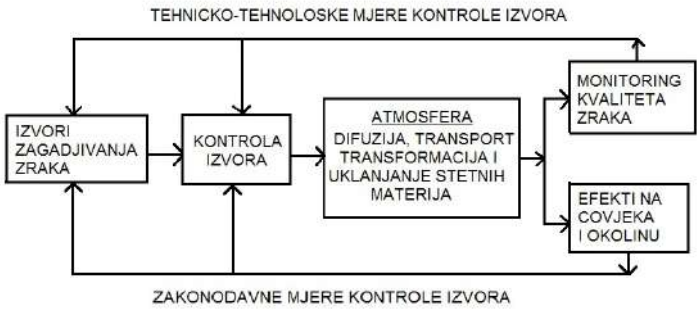
Da bi se smanjio uticaj emisija na kvalitet zraka neophodno je uvesti različite vrste kontrole izvora emisija, uključujući zamjenu goriva i ugradnju različitih tehnologija za kontrolu emisije. Za sada ne postoje komercijalno isplative mjere kompletne (100%) kontrole emisija pa jedan dio emisija ipak završava u okolnom zraku.

Zavisno od niza faktora, uključujući i kemijski sastav zagađujućih materija, emisije iz izvora u zraku su podložne različitim fizikalnim i kemijskim procesima i meteorološkim pojavama i elementima, kao sto su difuzija, disperzija, transport, transformacija i uklanjanje iz zraka. Koncentracije zagađujućih materija u okolnom zraku se prate primjenom monitoringa kvaliteta zraka, koji može biti kontinuirani ili nekontinuirani (povremeni). Pri specifičnim vremenskim uvjetima, ukratko opisanim u ovom radu, pojavljuju se epizode pojačanog zagađivanja zraka koje mogu uticati na čovjekovo zdravlje i okolinu.

Kad resultati monitoringa koncentracije zagađujućih materija u zraku pokažu da su pređene limitirajuće vrijednosti (granične vrijednosti) pojavljuju se određeni negativni efekti na čovjeka i okolinu koji mogu biti akutni ili kronični. Stoga je neophodno uvesti i primjeniti mjere kontrole izvora emisije do nivoa da emisije u okolnom zraku više ne prelaze granične vrijednosti, a time i ne utiču na čovjeka i okolinu.

Mjere kojima se može uticati na izvore emisije i njihovu kontrolu mogu biti pravne (administrativne mjere, zakonska regulativa, inspekcija, izdavanje okolinske dozvole, prostorno planiranje, i sl.) i tehničko-tehnološke (ugradnja tehničko-tehnoloških uređaja i postrojenja koje ograničavaju ispuštanje emisije štetnih materija u okolinu. Proizilazi da bi se epizode pojačanog zagađivanja zraka mogle kontrolisati pojačanom kontrolom izvora emisije tokom njihovog trajanja. Jedna od mjera kontrole efekata epizoda na zdravlje je izdavanje preporuka stanovništvu od strane nadležnih zdravstvenih organa. U Sarajevu i u drugim mjestima sa pojačanim pogoršanjem kvaliteta zraka se preporučuje osjetljivim, a često i svim osobama ovisno o indeksu kvaliteta zraka, da smanje nepotreban boravak vani na minimum. Kontrola emisije se može postići takođe i ograničavanjem upotrebe motornih vozila, djeljenjem vožnji automobilom, stimuliranjem javnog saobračaja da se smanje cijene javnog prevoza, smanjenjem upotrebe krutih goriva i paljenjem vatri na otvorenom, smanjenjem upotrebe toplote i druge energije.

Dok sistemski pristup zaštiti zraka od zagađivanja izgleda logičan i relativno jednostavan iskustvo je pokazalo da je on uspješan samo kad se sve komponente sistema simultano primjenjuju. Dodatna poteškoća u njegovoj primjeni leži u činjenici da zahtjeva znatnu multidisciplinarnost koja se u praksi često teško realizira.



SLIKA 1: SISTEMSKI PRISTUP ZASTITI KVALITETA ZRAKA

Literatura

1. How air pollution is destroying our Health, World Health Organization, https://www.who.int/airpollution/news-and-events/how-air-pollution-is-destroying-our-health
2. Health & Environmental Effects of Air Pollution, Massachusetts Department of Environmental Protection,https://www.mass.gov/files/documents/2016/08/vl/health-and-env-effects-air-pollutions.pdf

3. Sarajevo, https://en.wikipedia.org/wiki/Sarajevo

4. R.A. McCormick and G.C. Holzworth, Air Pollution Climatology, in Air Pollution, (ed. by A.C. Stern), Vol. 1, 3rd ed., pp.655-678, Academic Press, New York, 1976

5. Zawar-Reza P., Spronken-Smith R. (2005) Air Pollution Climatology. In: Oliver J.E. (eds) Encyclopedia of World Climatology. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Dordrecht.

6. M. Krstic, N. Barbalic, Z. Mujdinović,Prikazivanje i vrednovanje kvaliteta vazduha naselja u svrhu upoređenja sa normom i ocjene preduzetih mjera sanacije, Zaštita atmosfere br. 9, str. 3, (1977)

7. Emisije zagađujućih materija na području grada Sarajeva (1970, 1980.), Prof. Dr. Aleksandar Knezević, https://ba.boell.org/bs/2017/10/30/izvjestavati-o-rezultatima-menadzmenta-kvaliteta-zraka

8. Upravljanje životnom sredinom u gradu Sarajevu – segment C: Upravljanje čistoćom vazduha u gradu Sarajevu; Mašinski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Institut za procesnu tehniku, energetiku i tehniku sredine; Sarajevo, 1982-1986.

9. D. Tuhtar: Epizoda pojačanog aerozagađenja u Sarajevu, Zašt. Atm., 9(1) 29-33 (1981)

10. https://hr.wikipedia.org/wiki/Anticiklona

11. https://www.pmfias.com/temperature-inversion-types-economic-implications-temperature-inversion/

12. https://hr.wikipedia.org/wiki/Meteorologija

13. Zakon o zaštiti zraka, Službene novine Federacije BiH, br. 33/03

14. Registar emisija u zrak za područje kantona Sarajevo za 2010 godinu, CETEOR, Sarajevo, 2011-2012

15. http://www.fhmzbih.gov.ba/latinica/ZRAK/regulativa.php

16. http://www.fhmzbih.gov.ba/latinica/ZRAK/AQI-metodologija.php

17. D. Tuhtar: Zagađenje zraka i vode, treće izdanje, Svjetlost, Sarajevo, 1990

18. Ismar Jamaković: Katastar emisija zagađujućih materija u zrak, CETEOR, Sarajevo, 2018

33

Spec Nataša Petrušić, dipl.ing.polj.
Grad Beograd
Sekretarijat za zaštitu životne sredine
natasa.petrusic@beograd.gov.rs

Andrej Šoštarić, doktor hemijskih nauka
Gradski zavod za javno zdravlje Beograd
andrej.sostaric@zdravlje.org.rs

Plan kvaliteta vazduha u aglomeraciji za period 2015-2020. godina (sprovedene mere i aktivnosti)

Air quality plan in Belgrade agglomeration for period 2015-2020. (implemented meassures and activities)

Sažetak: Plan kvaliteta vazduha je instrument politike planiranja i zaštite kvaliteta vazduha, koji se donosi u cilju sprečavanja ili smanjenja štetnih posledica aerozagađenja po zdravlje ljudi i/ili životnu sredinu.
Plan kvaliteta vazduha se donosi na osnovu ocene stanja kvaliteta vazduha i obuhvata sve glavne zagađujuće materije i izvore zagađivanja vazduha, kao i mere koje će se preduzeti u cilju sprečavanja ili smanjenja zagađenja i poboljšanja kvaliteta vazduha.
Plan kvaliteta vazduha u aglomeraciji Beograd predstavlja dokumentacionu osnovu za upravljanje kvalitetom vazduha.
Plan kvaliteta vazduha za teritoriju Beograda sačinjen je u skladu sa Pravilnikom o sadržaju planova kvaliteta vazduha i u potpunosti je uvažio sve propisane zahteve. Sačinjen je i Akcioni plan sa predlogom aktivnosti, vremenskim okvirima, indikatorima i rezultatima koji se očekuju.

Ključne riječi: *vazduh, plan kvaliteta*

Abstract: Air quality plan represents a policy instrument for air quality planning and protection, which is introducedin order to maintain and improve air quality and to prevent or reduce harmful effects of air pollution on human health and / or the environment.
Air quality plan is basedon air quality assessments and covers all major pollutants sources of air pollution, and defines measures to be taken to prevent or reduce pollution and improve air quality.
The aim of this workwas to present the air quality plan for the city of Belgrade which represents a data basis for air quality management.
Air quality plan for the city of Belgrade has been made in accordance with the regulations on air quality. Based on the results presented in this paper, an action plan has been made with proposed actions, time frames, indicators and expected results.

Key words: *air, quality plan*

1. Uvod

Plan kvaliteta vazduha je instrument politike planiranja i zaštite vazduha, koji se donosi u cilju očuvanja i poboljšanja kvaliteta vazduha i izbegavanja, sprečavanja ili smanjenja štetnih posledica po zdravlje ljudi i/ili životnu sredinu.

Plan kvaliteta vazduha se donosi na osnovu ocene stanja kvaliteta vazduha i obuhvata sve glavne zagađujuće materije i glavne izvore zagađivanja vazduha, kao i mere koje će se preduzeti u cilju sprečavanja ili smanjenja zagađenja i poboljšanja kvaliteta vazduha.

Izradom plana omogućava se praktično rešavanje problema kvaliteta ambijentalnog vazduha u zonama, aglomeracijama gde mere koje su donete na nacionalnom nivou (strategije), često ne mogu doprineti realizaciji postavljenih ciljeva i dostizanju odgovarajućeg kvaliteta ambijentalnog vazduha.

U slučaju prekoračenja onih graničnih vrednosti za koje je rok za postizanje već istekao, planovima kvaliteta vazduha utvrđuju se odgovarajuće mere kako bi se period prekoračenja skratio najviše što može.

Planovima kvaliteta vazduha utvrđuju se specifične mere namenjene zaštiti osetljivih grupa stanovništva, posebno dece.

Plan kvaliteta vazduha obezbeđuje donosiocima odluka na lokalnom nivou da postupaju u skladu sa predloženim merama uzimajući u obzir sledeće:

- Dokaz da su sve opcije koje su predložene donete na osnovu finansijske opravdanosti i da su izvodljive;
- Način na koji će organi lokalne vlasti koristiti svoju poziciju zajedno sa ostalima da se postignu zadati ciljevi;
- Vremenski okvir sa jasnim rokovima u kojima će lokalna vlast i druge organizacije sprovesti mere predložene u Akcionom planu;
- Kvantifikaciju očekivanih uticaja u skladu sa predloženim merama i tamo gde je moguće indikatore koji će pokazati da su mere dovoljne da se postignu postavljeni ciljevi;
- Način na koji će lokalna vlast pratiti efikasnost sprovedenih mera.

U skladu sa Zakonom o zaštiti vazduha (1) u zoni i/ili aglomeraciji u kojoj je utvrđeno da je kvalitet vazduha treće kategorije sprovode se mere za smanjenje zagađivanja vazduha, radi kratkoročnog postizanja tolerantnih vrednosti i dugoročnog obezbeđivanja graničnih vrednosti.

Planove kvaliteta vazduha donose nadležni organ autonomne pokrajine i nadležni organ jedinice lokalne samouprave u zonama i aglomeracijama u kojima je vazduh treće kategorije, odnosno kada zagađenje vazduha prevazilazi efekte mera koje se preduzimaju, odnosno kada je ugrožen kapacitet životne sredine i/ili postoji stalno zagađenje vazduha na određenom prostoru, sa ciljem da se postignu utvrđene granične ili ciljne vrednosti u rokovima predviđenim Uredbom o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha (2).

U skladu sa Uredbom o utvrđivanju liste kategorija kvaliteta vazduha po zonama i aglomeracijama na teritoriji Republike Srbije za 2011. godinu (3) i Uredbom o utvrđivanju liste kategorija kvaliteta vazduha po zonama i aglomeracijama na teritoriji Republike Srbije za 2012. godinu (4), aglomeracija Beograd je svrstana u treću kategoriju kvaliteta vazduha, što je ukazalo na potrebu izrade Plana kvaliteta vazduha.

Sadržaj planova kvaliteta vazduha je utvrđen Pravilnikom o sadržaju planova kvaliteta vazduha (5) i podrazumeva:

- podatke o lokaciji (području) povećanog zagađenja;

- osnovne informacije o zoni i aglomeraciji;
- podatke o vrsti i stepenu zagađenja;
- podatke o izvoru zagađenja;
- analizu situacije i faktora koji su uticali na pojavu prekoračenja;
- detalje o merama ili projektima poboljšanja koji su postojali pre stupanja na snagu ovog zakona;
- detalje o merama ili projektima koji su primenjeni sa ciljem smanjenja zagađenja nakon stupanja na snagu ovog zakona;
- detalje o merama ili projektima koji se planiraju u dugoročnom periodu;
- organe nadležne za razvoj i sprovođenje plana;
- listu dokumenata, publikacija i slično kojima se potkrepljuju podaci navedeni u planu.

2. Cilj rada

Cilj rada je da prezentuje Plan kvaliteta vazduha u aglomeraciji Beograd, koji predstavlja dokumentacionu osnovu za upravljanje kvalitetom vazduha, a objavljen je u Službenom listu grada Beograda, broj 5-17/2016 (6), kao I realizovane aktivnosti iz Akcionog plana.

3. Metodologija

3.1 Zakonska osnova

Zakonski osnov za izradu Plana kvaliteta vazduha sadržan je u sledećim propisima:

- Zakon o zaštiti životne sredine (7)
- Zakon o zaštiti vazduha (1)
- Uredba o određivanju zona i aglomeracija na teritoriji Republike Srbije (8)
- Pravilnik o sadržaju planova kvaliteta vazduha (5)
- Pravilnik o metodologiji za izradu nacionalnog i lokalnog registra izvora zagađivanja, kao i metodologije za vrste, načine i rokove prikupljanja podataka (9)

Zakonska regulativa u oblasti kvaliteta vazduha, do sada doneta, u potpunosti je usklađena sa regulativom Evropske unije u ovoj oblasti.

3.2 Strategije, studije, analize i druga dokumenta korišćena za izradu Plana

Poštujući zahteve definisane Pravilnikom o sadržaju planova kvaliteta vazduha (5), a u cilju sveobuhvatnog sagledavanja kvaliteta vazduha na teritoriji administrativnog područja grada Beograda, kao podloge na izradi korišćena su i sledeća dokumenta:

- Izveštaj o stanju kvaliteta vazduha na teritoriji Beograda, 2000-2019. godina, Gradski zavod za javno zdravlje Beograd (10);
- Izveštaj o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu generalnog urbanističkog plana Beograda 2021 (11);
- Program zaštite životne (12);
- Projekat: Merenje emisije dimnih gasova iz individualnih toplotnih izvora na te
- Akcionarsko društvo za održavanje dimovodnih i ložišnih uređaja „Dimničar” Beograd, 2012/2013. godina (13);

- The European Union`s IPA Programme Twinning Project SR07IBEB01 Strengthening Administrative Capacities for Implementation of AIR Quality Management System, Component 3.4 report Guidance on how to develop AIR QUALITY Plans, How to draft Air Quality Plans in Serbia following the EU framework; 2011-2012 (14);
- Strategija razvoja grada Beograda (15);
- Lokalni ekološki akcioni planovi opština Savski venac, Palilula, Stari grad 2008-2010 (16);
- Plan akcije za zaštitu zdravlja dece i zaštitu životne sredine, Donacija norveške vlade, Ministarstvo zdravlja Republike Srbije, izrada multidisciplinarne radne grupe u koordinaciji Ministarstva zdravlja, 2010. (17)

3.3 Stručni tim

Stručni tim su činili stručnjaci različitih profilakako bi svi segmenti bili obrađeni u skladu sa zahtevima Pravilnika o sadržaju PKV-a iz:

- Gradskog zavoda za javno zdravlje Beograd (Centar za higijenu i humanu ekologiju, Centar za kontrolu i prevenciju bolesti, Centar za promociju zdravlja, Centar za informatiku i biostatistiku u zdravstvu, Jedinica za ispitivanje stanja životne sredine, Laboratorija za humanu ekologiju i ekotoksikologiju),
- Instituta za fiziku,
- Saobraćajnog fakulteta Univerziteta u Beogradu,
- JKP „Beogradske elektrane,"
- Direkcije za javni prevoz – GSP,
- Sekretarijata za zaštitu životne sredine,
- Sekretarijata za urbanizam,
- Sekretarijata za saobraćaj,
- Agencije za životnu sredinu Republike Srbije i dr.

3.4 Područje na koje se odnosi PKV

Plan kvaliteta vazduha u Beogradu je donet za područje grada Beograda, koje obuhvata 17 opština.

Teritorija grada Beograda zauzima površinu od 3.222 km^2, od čega 276,6 km2 pokrivaju reke i priobalno zemljište. Prema popisu iz 2011. godine na teritoriji grada Beograda živi 1.659,440 stanovnika, što je 515 stanovnika/km^2.

Prostorni obuhvat grada Beograda čine tri teritorijalna obuhvata:

- PRVI: 17 gradskih opština: Čukarica, Novi Beograd, Palilula, Rakovica, Savski venac, Stari grad, Voždovac, Vračar, Zemun, Zvezdara, Barajevo, Grocka, Lazarevac, Mladenovac, Obrenovac, Sopot, Surčin;
- DRUGI: 7 opština u neposrednom okruženju koje se nalaze u intenzivnim funkcionalnim vezama sa gradom Beogradom: Ruma, Pećinci, Stara Pazova, Pančevo, Smederevo, Smederevska Palanka, Ub
- TREĆI: veći broj opština u širem okruženju koje imaju određene funkcionalne veze sa Gradom Beogradom (saobraćaj, energetika, industrija, turizam i dr) i koje se smatraju funkcionalnim makroregionalnim područjem grada Beograda

3.5 Izvori zagađivanja vazduha – emisija

Područje Beograda sa neposrednim okruženjem predstavlja u sadašnjim okvirima industrijski najrazvijeniju zonu u zemlji. U ovoj zoni locirana su najveći kompleksi hemijske industrije (Pančevo, Šabac), intenzivna površinska eksploatacija lignita (Lazarevac), proizvodnja električne energije (Obrenovac, Veliki Crljeni). Ovi kompleksi istovremeno predstavljaju i ekološki najugroženija područja.

Proces rangiranja značajnih izvora zagađivanja vazduha karakteristični za grad Beograd (linijski, tačkasti i površinski) mogu se svrstati na sledeći način:

I. Saobraćaj
II. TE/TO postrojenja
III. Individualna ložišta
IV. Komunalne građevinske delatnosti
V. Specifično zagađenje iz industrije
VI. Transmisija polutanata iz okruženja
VII. Transport i odlaganje otpada
VIII. Reemisija

3.6 Prikaz mernih stanica i mernih mesta

Kontrola kvaliteta vazduha u Beogradu se prati u okviru državne i lokalne mreže mernih stanica i mernih mesta. Tokom izrade Plana kvaliteta vazduha, za analizu korišćeni su podaci za period 2003-2013. godina, kada je Gradski zavod za javno zdravlje Beograd upravljao lokalnom mrežom (18 mernih stanica i mernih mesta) i delom državne mreže (4 automatske merne stanice). Na slici 1. prikazana je mapa sa rasporedom automatskih mernih stanica u užem i širem području Beograda, u navedenom periodu.



Slika 1. Mapa sa rasporedom automatskih mernih stanica u užem i širem području Beograda

3.7 Analiza izvora emisije zagađenja vazduha (*Source Analysis*)

Osnov za predlaganje i preduzimanje mera u cilju poboljšanja kvaliteta vazduha, odnosno dovođenje koncentracija prisutnih zagađujućih materija na nivo koji ne predstavlja rizik po zdravlje stanovništva, jeste utvrđivanje dinamike izmerenih koncentracija zagađujućih materija i njihova zavisnost od meteoroloških prilika i godišnjeg doba, analiza izvora emisije, njihova karakterizacija, kao i procena udela svakog od izvora u doprinosu pojedinačnim zagađujućim materijama. Na osnovu te analize moguće je predložiti potrebne redukcije emisije u zonama u kojima su registrovana prekoračenja graničnih vrednosti ispitivanih parametara.

4. Rezultati

4.1 Rezultati analize izvora

Analizom baze podataka generisanih mrežom za monitoring kvaliteta vazduha dobijena je polazna osnova za izradu Akcionog plana, a u tu svrhu odabrano je 12 mernih stanica i/ili mernih mesta, i to:

- Gradski zavod za javno zdravlje, Bulevar despota Stefana 54a
- Trg Slavija
- Novi Beograd, Omladinskih Brigada 104
- Obrenovac, M. Milanovića 3
- Zemun,Trg JNA
- KBC „Dr Dragiša Mišović", Heroja Milana Tepića 1
- Obrenovac, Grabovav, O.Š. Grabovac
- Stanica BAS Železnička 4
- Veterinarski fakultet, Bulevar oslobođenja 18
- Zemun, Jerneja Kopitara bb
- Vračar, Bojanska 16
- Lazarevac, Slobodana Kozareva 1

Na osnovu analize desetogodišnje baze masenih koncentracija PM10 (2003-13.godina) na mernom mestu Gradski zavod za javno zdravlje, Beograd, Bulevar despota Stefana 54a, primećen je njihov pad do 2010. godine. Od 2011. godine dolazi do značajnog povećanja koncentracija, između ostalog i zbog povećanja broja svih vrsta vozila, a naročito drumskog saobraćaja.

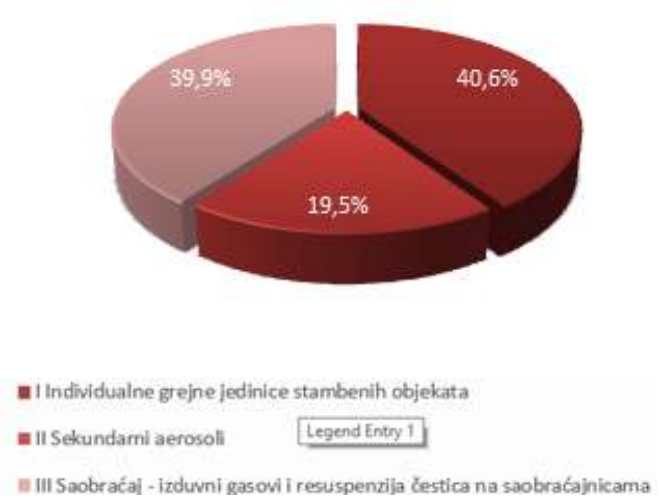
Rezultati merenja pokazuju i povećanje doprinosa prekograničnog transporta izmerenim koncentracijama od 2011. godine, naročito iz pravca istoka. Zbog položaja mernog mesta u ulici u kojoj je efekat kanjona izražen, a strujanje vazduha u velikoj meri onemogućeno, dominacija lokalnih izvora i akumuliranog aerozagađenja je izrazita.

4.2 Identifikacija i procena doprinosa izvora emisije

Na osnovu izmerenih koncentracija zagađujućih materija, pomoću modela Unmix (primenjenog na 191 uzorak) rekonstruisana su tri glavna tipa izvora: individualne grejne jedinice stambenih objekata (sagorevanje fosilnih goriva i biomase), sekundarni aerosoli i saobraćaj koji uključuje kako emisiju izduvnih gasova, tako i resuspenziju čestica na saobraćajnicama, (Tabela 1).

Parametri	Izvor I	Izvor II	Izvor III
SO_2	27,8	0	72,2
NO_2	34,7	3,5	61,8
CO	33,9	10,2	55,8
PM_{10}	40	17,4	42,6
As	67	9,3	23,7
Cd	74,5	0,5	25
Mn	13,7	1,4	84,9
Ni	18,6	10,7	70,7
Pb	50,4	11,7	37,9
Cl	26,9	7,6	65,4
NO_3	44,3	37,3	18,4
SO_4	17,4	66	16,6
NH_4	22,4	77,6	0
K	48,5	28,2	23,3
BaP	89,1	10,9	0

Tabela 1. Profili izvora emisije [%] rekonstruisanih modelom Unmix



Slika 2. Procenjeni srednji doprinosi izvora rekonstruisanih modelom Unmix

4.3 Predlog mera za smanjenje zagađenosti vazduha u Beogradu

Analizom stanja kvaliteta ambijentalnog vazdha na teritoriji Beograda, utvrđivanjem dinamike kretanja koncentracija zagađujućih materija i određivanjem dominantnih izvora zagađenja izrađen je predlog mera za smanjenje zagađenosti vazduha, koje se mogu svrstati u sledeće grupe:

- Mere za unapređenje kvaliteta vazduha u sektoru saobarćaja i javnog prevoza
- Mere za smanjenje emisije iz toplotnih izvora
- Mere za poboljšanje kontrole kvaliteta vazduha
- Mere za unapređenje kvaliteta vazduha i
- Mere za smanjenje resuspendovanih čestica i emisije zbog komunalnih aktivnosti.

5. Diskusija

Plan kvaliteta vazduha u aglomeraciji Beograd sadrži Akcioni plan. Prilikom izrade Akcionog plana, stručni tim je postavio realne specifične ciljeve, odnosno mere I aktivnosti, a sve u skladu sa realno projektovanim budžetom. Važno je napomenuti da je Akcioni plan ispunjen skoro u celosti I da se mere I aktivnosti sprovode kontinuirano.

Pored ostvarenih mera i aktivnosti iz Akcionog plana koje su realizovale organizacione jedinice grada Beograda, na poboljšanje kvaliteta vazduha uticale su i aktivnosti I mere koje su sproveli Republički organi na teritoriji grada Beograda.

Specifičan cilj	Mere/Aktivnosti	Nosioci aktivnosti
Smanjiti emisije štetnih materija u vazduh iz toplotnih postrojenja i ložišta	Program gašenja kotlarnica u objektima javne namene priključenjem na sistem daljinskog grejanja i distributivni sistem prirodnog gasa, od 2016 do sada ugašene su kotlarnice u 20 škola	Sekretarijat za zaštitu životne sredine
	Projekti iz oblasti energetske efikasnosti: • Investiciono održavanje 2 objekta JP „Hipodrom Beograd -zamene spoljne stolarije i ugradnja PVC prozora i vrata • Energetska sanacija zgrade JP Gradsko stambeno, ulica Danijelova br.33, Beograd	Sekretarijat za zaštitu životne sredine
	Izrađen Priručnik o energetskoj efikasnosti u stambenim zgradama i kućama	Grad Beograd Program UN za životnu sredinu Svetskim institutom za resurse
	Uveden standard ISO 14001:2004 u JKP Beogradske elektrane	JKP Beogradske elektrane
	Uređenje zelenog krova na objektu JP Gradsko stambeno	Sekretarijat za zaštitu životne sredine
Smanjiti emisije iz termoenergetskog kompleksa na nivo ispod granične vrednosti emisija	Stalnim poboljšanjem procesa rada, smanjena je emisije zagađujućih materija u vazduh iz TENT A i B, što je vidljivo kroz redovne godišnje izveštaje koje TENT dostavlja Sekretarijatu za zaštitu životne sredine.	JP Elektroprivreda Srbije TENT
Smanjiti emisije štetnih materija poreklom od saobraćaja	Projekat smanjenja izduvne emisije vozila javnog prevoza na teritoriji Beograda uvođenjem sistema ECO-Driving	Sekretarijat za zaštitu životne sredine
	Nabavka 5 električnih autobusa	Sekretarijat za zaštitu životne sredine
	• Do novembra 2019. godine nabavljeno je 90 autobusa za javni gradski prevoz koji ispunjavaju Euro5/EEV s standard emisije, kao i 12 midi buseva za prevoz školske dece • Krajem 2019. godine nabavljeno je 244 solo autobusa koji ispunjavaju Euro6 standard	Grad Beograd

	Nabavke vozila koja ispunjavaju Euro 5 i Euro 6 standard, za koje je javne nabavke sprovelo JKP „Gradska čistoća“, u periodu od 2016. godine do 2019. godine, i to: dva specijalna komunalna vozila sa bočnim utovarom; 10 abrol kipera sa pratećom opremom (raonici, posipači); kamioni za pražnjenje podzemnih kontejnera – 2 komada; kamion za bočni utovar – 1 komad; kamioni za sakupljanje reciklabilnog otpada nosivosti do 12 m3 – 3 komada; grajferi sa sajlom za pražnjenje zvona – 2 komada; vozila za sakupljanje reciklabilnog otpada – 2 komada	Sekretarijat za zaštitu životne sredine JKP Gradska čistoća
	Izgradnja biciklističkih staza	Grad Beograd Sekretarijat za saobraćaj
	Proširene pešačke zone Knez Mihajlove ulice (Ivan Begova, Topličin venac, Srebrenička i Zadarska) i Skadarske ulice (Strahinića Bana, Zetska, Simina i Gospodar Jevremova, sve u delu od Skadarske do Francuske ulice)	Grad Beograd Sekretarijat za saobraćaj
	Nabavljena tri ekološka traktora sa Euro 4 motorima i malom emisijom štetnih gasova za zaštićena prirodna dobra	Sekretarijat za zaštitu životne sredine
	Aktivnosti na podizanju svesti ljudi o zdravim stilovima života: • Evropska nedelja mobilnosti • Samo ne autom • Pešačka subota	Grad Beograd Sekretarijat za saobraćaj Sekretarijat za zaštitu životne sredine
	Upostavljen novi servis gradskog prevoza „VRABAC“, 4 vozila na električni pogon, prevoze putnike po centralnom gradskom jezgru	Sekretarijat za saobraćaj Sekretarija za javni prevoz NIS
Uspostaviti efikasan sistem monitoringa i izveštavanja o kvalitetu vazduha u aglomeraciji Beograd	Izrada GIS-a kvaliteta vazduha	Sekretarijat za zaštitu životne sredine
	Realizacija Programa kontrole kvaliteta vazduha na teritoriji Beograda – usvojen Programa kontrole kvaliteta vazduha na teritoriji Beograda za 2020/21 godinu kojim je reorganizovana mreža mernih mesta	Sekretarijat za zaštitu životne sredine
	Redovno objavljivanje podataka o kvalitetu vazduha na internet stranici grada Beograda	Sekretarijat za zaštitu životne sredine
	Izrada godišnjih publikacija o kvalitetu životne sredine na teritoriji Beograda	Sekretarijat za zaštitu životne sredine
	Izrada GIS-a kvaliteta činilaca životne sredine	Sekretarijat za zaštitu životne sredine
	Izrađena aplikacija „Kvalitet vazduha u Beogradu“ kojom je omogućeno informisanje građana o stanju kvaliteta vazduha, odnosno stepenu zagađenosti u realnom vremenu, sa preporukama za postupanje u slučaju povećanja zagađenosti vazduha	Sekretarijat za zaštitu životne sredine Gradski zavod za javno zdravlje Beograd

Uspostaviti efikasan sistem poštovanja principa zaštite životne sredine na teritoriji aglomeracije Beograd	• Za realizaciju Strategije pošumljavanja teritorije grada Beograda - u periodu 2016. godine do sada, Sekretarijat za zaštitu životne sredine je izdvojio sredstva kojima je pošumljeno 500 ha šumskog zemljišta sa preko 250.000 šumskih sadnica i posađeno je preko 1000 drvorednih sadnica. • JP Srbijašume je od 2016. godine iz sopstvenih sredstava pošumio 615 ha šumskog zemljišta • JKP Zelenilo Beograd je od 2016. godine iz sopstvenih sredstava posadio 13 095 drvorednih sadnica	Sekretarijat za zaštitu životne sredine JP Srbijašume JKP Zelenilo Beograd
	Izrađeno je 10 projekata za uređenje zelenih dvorišta u školama koje se nalaze na teritoriji grada Beograda	Sekretarijat za zaštitu životne sredine
	Izrađen projekat Uticaj novih drvoreda na kvalitet životne sredine u Beogradu	Sekretarijat za zaštitu životne sredine
	U avgustu 2019. godine usvojen Plan generalne regulacije sistema zelenih površina Beograda	Sekretarijat za zaštitu životne sredine
	Tokom 2018. i 2019. godine sprovedeno je dva Javna konkursa za finansiranje i sufinansiranje projekata od javnog interesa u oblasti zaštite životne sredine na teritoriji grada Beograda. Ukupno je finansirano 61 projekata.	Sekretarijat za zaštitu životne sredine
Smanjiti uticaj reemisije suspendovanih čestica na zagađenje vazduha	Redovno održavanje komunalne higijene	JKP Gradska čistoća
	Povećan nadzor nad obezbeđenjem gradilišta	Sekretarijat za inspekcijske poslove

Tabela 2. Prikaz ostvarenih mera/aktivnosti u okviru Plana kvaliteta vazduha do kraja 2019.godine

6. Zaključak

Plan kvaliteta vazduha za teritoriju grada Beograda sačinjen je u skladu sa Pravilnikom o sadržaju planova kvaliteta vazduha (5). U cilju što boljeg i detaljnijeg sagledavanja kvaliteta vazduha korišćena su I druga strateška dokumenta, studije, analize, izveštaji, planovi, naučni i stručni radovi. Na osnovu sagledanih izvora zagađenja vazduha u Beogradu, sačinjen je i Akcioni plan sa predlogom aktivnosti, vremenskim okvirima, indikatorima i rezultatima koji se očekuju.

Kako je Akcioni plan donet za period 2015-2020. godina, predložene mere I aktivnosti su u velikoj meri sprovedene, odnosno sprovode se kontinuirano.

Sekretarijat za zaštitu životne sredine će tokom 2020. godine izraditi Plan kvaliteta vazduha za aglomeraciju Beograd sa Akcionim planom za period 2021-2031. godina.

Literatura

1. Zakon o zaštiti vazduha, Službeni glasnik RS br. 36/09 i 10/13.
2. Uredba o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha, Službeni glasnik RS, br. 11/10, 75/10 i 63/13.
3. Uredba o utvrđivanju liste kategorija kvaliteta vazduha po zonama i aglomeracijama na teritoriji

Republike Srbije za 2011. godinu, Službeni glasnik RS, broj 124/12

4. Uredba o utvrđivanju liste kategorija kvaliteta vazduha po zonama i aglomeracijama na teritoriji Republike Srbije za 2012. godinu, Službeni glasnik RS, broj 17/14
5. Pravilnik o sadržaju planova kvaliteta vazduha, Službeni glasnik RS, broj 21/10
6. Plan kvaliteta vazduha u aglomeraciji Beograd, Službeni list grada Beograda broj 5/16.
7. Zakon o zaštiti životne sredine, Službeni glasnik RS, broj 135/04, 36/09, 36/09-dr. zakon, 72/09, 43/11-odluka US, 14/16, 76/18, 95/18-dr. zakon
8. Uredba o određivanju zona i aglomeracija na teritoriji Republike Srbije, Službeni glasnik RS, 58/11 i 98/12
9. Pravilnik o metodologiji za izradu nacionalnog i lokalnog registra izvora zagađivanja, kao i metodologije za vrste, načine i rokove prikupljanja podataka, Službeni glasnik RS, br. 91/10 i 10/13
10. Izveštaj o stanju kvaliteta vazduha na teritoriji Beograda, 2000-2019. godina, Gradski zavod za javno zdravlje Beograd
11. Izveštaj o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu generalnog urbanističkog plana Beograda 2021
12. Program zaštite životne sredine, Službeni list grada Beograda broj 72/15
13. Merenje emisije dimnih gasova iz individualnih toplotnih izvora na teritoriji Beograda, Akcionarsko društvo za održavanje dimovodnih i ložišnih uređaja „Dimničar" Beograd, 2012/2013. godina
14. The European Union`s IPA Programme Twinning Project SR07IBEB01 Strengthening Administrative Capacities for Implementation of AIR Quality Management System, Component 3.4 report Guidance on how to develop AIR QUALITY Plans, How to draft Air Quality Plans in Serbia following the EU framework; 2011-2012
15. Strategija razvoja grada Beograda, Urbanistički zavod Beograda i PALGO centar, mart 2011.
16. Lokalni ekološki akcioni planovi opština Savski venac, Palilula, Stari grad 2008-2010;
17. Plan akcije za zaštitu zdravlja dece i zaštitu životne sredine, Ministarstvo zdravlja Republike Srbije, 2010.



34

Dr. sc. Zdenko Franić, dipl. ing.
Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada
Ksaverska cesta 2, HR-10000 Zagreb
zdenko.franic@imi.hr

Akreditacija labaratorija iz područja zaštite zraka u Republici Hrvatskoj

Experiences in accreditation of labaratories in the field of air protection in Croatia

Sažetak: Učinkovita infrastruktura kvalitete (tehničko zakonodavstvo, mjeriteljstvo, normizacija, akreditacija i certifikacija) je preduvjet za osiguravanje sigurnosti roba i usluga kao i za zaštitu ljudi i okoliša. Središnji dio infrastrukture kvalitete jest akreditacija. Hrvatsko akreditacijsko tijelo je Hrvatska akreditacijska agencija (HAA). Republika Hrvatska je Zakonom o zaštiti zraka (NN 130/2011, 47/2014, 61/2017 i 118/2018) uvjetovala akreditaciju laboratorija sukladno zahtjevima norme HRN EN ISO/IEC 17025 (Opći zahtjevi za osposobljenost ispitnih i umjernih laboratorija) kao uvjet za obavljanje djelatnosti praćenja kvalitete zraka, praćenja emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora i/ili djelatnosti provjere ispravnosti mjernog sustava za kontinuirano mjerenje emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora. Hrvatska akreditacijska agencija vezano uz problematiku zaštite zraka između ostaloga provodi i ocjenu sukladnosti sa zahtjevima međunarodne norme HRN EN ISO 14065 (Staklenički plinovi - Zahtjevi za tijela koja provode validaciju i verifikaciju stakleničkih plinova za potrebe akreditacije ili drugih oblika odobrenja). U radu su prezentirana višegodišnja iskustva vezana za područje ispitivanja i osiguravanja kvalitete zraka.

Ključne riječi: *infrastruktura kvalitete, akreditacija, ispitivanje kvalitete zraka, staklenički plinovi*

Abstract: An effective quality infrastructure (technical legislation, metrology, standardization, accreditation, and certification) is a prerequisite for ensuring the safety of goods and services as well as for the protection of people and the environment. A central part of quality infrastructure is accreditation. The Croatian accreditation body is the Croatian Accreditation Agency (HAA). The Republic of Croatia has, by the Law on Air Protection (NN 130/2011, 47/2014, 61/2017 and 118/2018), stipulated the accreditation of laboratories in accordance with the requirements of standard HRN EN ISO/IEC 17025 (General requirements for the competence of testing and calibration laboratories) as a condition for performing air quality monitoring, monitoring of pollutant emissions into the air from stationary sources and/or the activity of verifying the correctness of the measuring system for continuous measurement of pollutant emissions into the air from stationary sources. Regarding air protection, the Croatian Accreditation Agency, among other activities, conducts an assessment of compliance with the requirements of international standard HRN EN ISO 14065 (Greenhouse gases -- Requirements for greenhouse gas validation and verification bodies for use in accreditation or other forms of recognition). The paper presents long-term experiences of quality control and quality assurance in the field of air protection.

Key words: *quality infrastructure, accreditation, air quality testing, greenhouse gasses*

1. Uvod

Suvremeni globalizacijski procesi svjetskog gospodarstva gotovo se isključivo zasnivaju na infrastrukturi kvalitete. Dobra infrastruktura kvalitete uvjet je napretka gospodarstva te otvaranja novih radnih mjesta, a onda i ostvarivanja većeg društvenog blagostanja. Pokazalo se da društvene zajednice, odnosno države, s učinkovitim javnim strukturama, posebice onim koje se odnose na infrastrukturu kvalitete, u međunarodnim odnosima bolje artikuliraju i promiču svoje interese. Posljedično, uspostavljanje uvjeta za što bolju interakciju tehničkog zakonodavstva (tehnički propisi), mjeriteljstva, standardizacije i akreditacije unutar sustava infrastrukture kvalitete jest osnovni zadatak svake učinkovite zakonodavne i izvršne vlasti s ciljem osiguravanja sigurnosti proizvoda i usluga, zaštite okoliša te, što je najvažnije, zaštite zdravlja ljudi.

2. Rasprava

2.1 Infrastruktura kvalitete

Učinkovita infrastruktura kvalitete (tehničko zakonodavstvo, mjeriteljstvo, normizacija, akreditacija, certifikacija) je preduvjet za osiguravanje sigurnosti roba i usluga kao i za zaštitu ljudi i okoliša. Središnji dio infrastrukture kvalitete jest akreditacija. Hrvatsko akreditacijsko tijelo je Hrvatska akreditacijska agencija (HAA) [1].

Republika Hrvatska je Zakonom o zaštiti zraka [2] uvjetovala akreditaciju laboratorija sukladno zahtjevima međunarodne norme HRN EN ISO/IEC 17025 [3] kao uvjet za obavljanje djelatnosti praćenja kvalitete zraka, praćenja emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora i/ili djelatnosti provjere ispravnosti mjernog sustava za kontinuirano mjerenje emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora.

U Republici Hrvatskoj, na području zaštite zraka ciljevi kvalitete proizlaze iz nekoliko ključnih dokumenta: Nacionalna strategija zaštite okoliša [4], Zakon o zaštiti zraka [2] i Plan zaštite zraka, ozonskog sloja i ublažavanja klimatskih promjena u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2013. do 2017. godine [5]

Okvirni ciljevi jesu zaštita i poboljšanje kvalitete zraka, smanjenje emisija onečišćujućih tvari u zrak, smanjenje emisija stakleničkih plinova i tvari koje oštećuju ozonski sloj, osiguranje dostupnosti informacija javnosti vezano uz kvalitetu zraka te kontrola i osiguravanje kvalitete ispitnih metoda i podataka.

2.2 Akreditacija laboratorija

U infrastrukturi kvalitete ključnu ulogu ima akreditacija, kao formalno priznavanje određenih kompetencija, npr. osposobljenosti laboratorija da obavlja neka ispitivanja. Akreditaciju dodjeljuje nezavisno akreditacijsko tijelo, koje i samo mora svoju osposobljenost dokazati vlastitom akreditacijom. U Republici Hrvatskoj takvo akreditacijsko tijelo jest Hrvatska akreditacijska agencija – HAA.

Glavne karakteristike akreditacije jesu:

- priznavanje tehničke kompetencije,
- specifično područje akreditacije,
- ocjenjuje se osoblje, vještine i znanje, oprema i provedba postupaka ispitivanja,
- ocjenu vode tehnički visokokompetentni ocjenitelji,
- ocjenjuje se i sustav upravljanja kvalitetom,

≈ akreditacija može uključivati i provedbu specifičnih testova npr. interkomparacije, međulaboratorijska ispitivanja, mjeriteljske audite i sl.

Valja napomenuti da je sustav akreditacije u pravilu dobrovoljno područje i svaki subjekt sam procjenjuje hoće li mu to donijeti neku tržišnu prednost.

Sve je raširenija praksa da zahtjev za akreditacijom uđe u neki zakonski akt (dakle u zakonima uređeno područje) kao dokaz stručne i tehničke osposobljenosti ispitnih ili umjernih laboratorija. Posljedično, akreditacijska tijela surađuju s tijelima državne uprave ocjenjujući osposobljenost različitih laboratorija, certifikacijskih i inspekcijskih tijela za potrebe provedbe različitih propisa. To se ocjenjivanje odnosi na propise kojima su preuzete direktive tzv. novoga pristupa za sigurnost industrijskih proizvoda kao i na propise iz područja sigurnosti hrane, zaštite od buke, praćenja kakvoće zraka i sl.

2.3 Akreditacijske sheme

Vezano uz problematiku zaštite zraka, najvažnije akreditacijske sheme jesu akreditacija ispitnih laboratorija sukladno zahtjevima norme HRN EN ISO/IEC 17025 (Opći zahtjevi za osposobljenost ispitnih i umjernih laboratorija) [3] te akreditacija verifikacijskih tijela za verifikaciju ispuštanja stakleničkih plinova sukladno zahtjevima norme HRN EN ISO 14065 (Staklenički plinovi - Zahtjevi za tijela koja provode validaciju i verifikaciju stakleničkih plinova za potrebe akreditacije ili drugih oblika odobrenja) [6]. Štoviše, zakonodavni okvir u Republici Hrvatskoj [2] zahtijeva obaveznu akreditaciju ispitnih laboratorija ukoliko oni žele tržišno obavljati djelatnosti praćenja kvalitete zraka, praćenja emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora i/ili djelatnosti provjere ispravnosti mjernog sustava za kontinuirano mjerenje emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora. Hrvatska akreditacijska agencija ima uvedene obje sheme koje su putem sklopljenih multilateralnih ugovora međunarodno priznate od strane Europske suradnje za akreditaciju (EA).

2.4 Ciljevi kvalitete na području zaštite zraka

Na području zaštite zraka ciljevi kvalitete proizlaze iz dva ključna dokumenta:

≈ Nacionalne strategije zaštite okoliša koju je usvojio Hrvatski sabor dana 2002-01-25 [4] i

≈ Zakona o zaštiti zraka [2]

U Nacionalnoj strategiji zaštite okoliša stoji da Republika Hrvatska mora:

≈ uskladiti postojeću legislativu s EU i prema preuzetim međunarodnim obvezama,

≈ smanjiti emisije štetnih tvari u skladu s postojećom legislativom (osobito smanjenje emisije iz prometa) i

≈ revidirati i nadograditi sustav praćenja (motrenja) emisija i kakvoće zraka.

U skladu s Nacionalnom strategijom zaštite okoliša, a kako stoji u Zakonu o zaštiti zraka, u cilju zaštite i poboljšanja kvalitete zraka nužno je:

≈ utvrđivanje i ostvarivanje mjera u području zaštite i poboljšanja kvalitete zraka kako bi se izbjegle, spriječile ili smanjile štetne posljedice po ljudsko zdravlje, Kvalitetu življenja i okoliš u cjelini,

≈ očuvanje kvalitete zraka ako je zrak čist ili neznatno onečišćen te njezino poboljšavanje u slučajevima onečišćenosti,

≈ sprječavanje i smanjivanje onečišćivanja koja utječu na oštećivanje ozonskog sloja i promjenu klime,

≈ uspostaviti, održavati i unaprjeđivati cjeloviti sustav upravljanja kakvoćom zraka na teritoriju Države,

- procjenjivanje i pribavljanje odgovarajućih podataka o kvaliteti zraka na temelju standardiziranih metoda i mjerila i osiguravanje njihove dostupnosti javnosti,
- izvršenje obveza preuzetih međunarodnim ugovorima i sporazumima kojih je Država strankom te sudjelovanje u međunarodnoj suradnji u području zaštite i poboljšanja kvalitete zraka.

2.5 Osiguravanje kvalitete

Važan zahtjev norme HRN EN ISO/IEC 17025 jest osiguravanje kvalitete ispitivanja odnosno ispitnih rezultata. Osiguravanje kvalitete u djelatnostima vezanim uz praćenja kvalitete zraka i upravljanje kvalitetom zraka kroz program nacionalnog monitoringa najuže je povezano s kvalitetom i sljedivosti pripadnih mjerenja. S tim su ciljem na nacionalnoj, odnosno europskoj, razini razvijeni određeni alati kao što su: definicije prioritetnih polutanata za koje treba uspostaviti monitoring, definirane granične vrijednosti i dokumentirani standardi.

Osiguranje kvalitete mjerenja pojedinih polutanata postiže se i dokazuje sudjelovanjem u tzv. MQA (Measurement Quality Assurance) interkomparacijskim programima i mjerenjima (Intercomparisons), kružnim ispitivanjima (Round Robin Tests) i ispitivanjima osposobljenosti (Proficiency Testing). Takvi programi procjenjuju pogodnost određene procedure, prostorije i opremu, kao i periodičke akcije provjere cjelokupne osposobljenosti. Naročita se pažnja posvećuje sudjelovanju laboratorija u interkomparacijskim programima i testovima. Vezano uz područje kvalitete zraka njih, primjerice, organiziraju Međunarodna zdravstvena organizacija (World Health Organization - WHO), Zajednički istraživački centar (Joint Research Centre – JRC) Europske unije, Međunarodna agencija za atomsku energiju (International Atomic Energy Agency - IAEA) i dr.

Također, pri tome je važno dostatnu pažnju posvetiti izražavanju mjerne nesigurnosti provedenih mjerenja odnosno ispitivanja.

2.6 Mjerna sljedivost

Koncept mjerne sljedivosti odnosi se na zahtjev da se rezultati mjerenja, odnosno ispitivanja, moraju kroz neprekinuti lanac umjeravanja slijediti do međunarodnih standarda (etalona). Pri tome, svako umjeravanje doprinosi mjernoj nesigurnosti.

U Republici Hrvatskoj je **Pravilnikom o praćenju kvalitete zraka** [7] propisano da postojeći mjerni instrumenti i druga oprema koji ne posjeduju prihvaćeno izvješće o ispitivanju opreme (tipsko odobrenje) i koji se koriste na teritoriju Republike Hrvatske za praćenje koncentracija onečišćujućih tvari u zraku moraju biti ugađani, održavani i servisirani s dokazanom mjernom sljedivosti u skladu s referentnim metodama propisanim u Prilogu 7., dio I. tablica A ovoga Pravilnika.

2.7 Upravljanje rizicima

Sukladno novom izdanju norme (HRN EN ISO/IEC 17025:2017) svako akreditirano tijelo mora planirati i provoditi aktivnosti za rješavanje rizika i prilika. Upravljanje rizicima i prilikama predstavlja osnovu za povećanje učinkovitosti sustava upravljanja, postizanje boljih rezultata i sprečavanje negativnih događaja. Sukladno normi, akreditirano tijelo je odgovorno za odlučivanje koje rizike i mogućnosti treba obuhvatiti i riješiti. To mora uključivati one rizike koji proizlaze iz njegovih aktivnosti ili iz njegovih odnosa ili iz među-odnosa laboratorijskog osoblja.

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada identificirao je na razini Instituta identificirao sljedeće rizike:

1. Rizici na nepristranost,
2. Rizici inherentni metodama ispitivanja,
3. Rizici vezano uz okolišne uvjete.

U prvu grupu rizika spadaju utjecaj uprave i kupaca na osoblje, odnos osoblja s dobavljačima i srodnim

laboratorijima te utjecaj zakonskih zahtjeva na objavljivanje informacija. Mjere za otklanjanje ili barem ublažavanje rizika iz ove grupe jesu: obvezivanje najviše Uprave i osoblja na nepristranost te izvršavanje zakonskih propisa.

Rizici iz druge grupe prvenstveno se odnose na kvar opreme, nepridržavanja propisanih postupaka te na rizike od nesukladnog rada. Mjere za ublažavanje jesu: redovna kontrola, održavanje i servisiranje opreme, širenje i održavanje svijesti o kvaliteti i o važnosti postupanja u skladu s propisanim postupcima i, na koncu, striktno pridržavanje propisanih postupaka sustava upravljanja.

Rizici iz treće grupe umanjuju se striktnim pridržavanjem postupaka i radnih uputa ispitivanja, redovnom kontrolom, održavanjem i servisiranjem opreme, sigurnosnim kopiranjem dokumentacije, korištenjem UPS sustava za neprekinuto napajanje (Uninterruptible Power Supply – UPS).

2.8 Iskustva Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada

Primjer akreditiranog laboratorija čiji opseg akreditacije obuhvaća ispitivanja kvalitete zraka jest Jedinica za higijenu okoline Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada. Institut ima višedesetljetno iskustvo na području zaštite zraka, a Jedinica za higijenu okoline Instituta je od 2010-12-21 akreditirana prema normi HRN EN ISO/IEC 17025 za područje Ispitivanja kvalitete (vanjskog) zraka. Danas Jedinica ima akreditiranih 13 metoda koje su kako slijedi:

1. Određivanje masene koncentracije PM10 i PM2,5 frakcije lebdećih čestica
2. Određivanje koncentracije sumporova dioksida u vanjskom zraku
3. Određivanje koncentracije ozona u vanjskom zraku
4. Određivanje koncentracije dušikovih oksida u vanjskom zraku
5. Određivanje koncentracije ugljikova monoksida u vanjskom zraku
6. Određivanje koncentracije Pb, Cd, As i Ni u PM10 frakciji lebdećih čestica
7. Određivanje masenih koncentracija elementnog i organskog ugljika u lebdećim česticama u vanjskom zraku
8. Određivanje koncentracije benzo(a)pirena u vanjskom zraku
9. Određivanje masenih koncentracija aniona i kationa u lebdećim česticama
10. Određivanje ukupne taložne tvari Bergerhoffovom metodom
11. Određivanje koncentracija benzo(a)antracena, benzo(b)fluorantena, benzo(j)fluorantena, benzo(k)fluorantena, dibenzo(a,h)antracena, indeno(1,2,3-cd)pirena i benzo(ghi)perilena u vanjskom zraku
12. Određivanje arsena, kadmija, olova i nikla u ukupnoj taložnoj tvari
13. Određivanje talija u ukupnoj taložnoj tvari

Sve metode su normirane te, kako bi se provjerila prikladnost za uporabu u laboratoriju, validirane.

Valja napomenuti da Jedinica za higijenu okoline još od godine 2003. provodi mjerenja lebdećih čestica na nekim od postaja državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka, a od 2014. godine Zakonom o zaštiti zraka [2] Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada je imenovan kao subjekt za provođenje mjerenja na državnoj mreži u dijelu koji se odnosi na određivanje fizikalno-kemijskog sastava lebdećih čestica i izradu studija ekvivalencije nereferentnih metoda mjerenja lebdećih čestica.

Akreditacija Instituta je imala pozitivne učinke na unapređivanje kvalitete ispitivanja u svim akreditiranim područjima i znatno smanjivanje troškova poslovanja. Uz navedeno, akreditacija je donijela i određenu bodove pri vrednovanju ukupnog rada Instituta kao i prednost pri dobivanju

poslova na tržištu.

2.9 Verifikacija ispuštanja stakleničkih plinova

Vezano uz zaštitu zraka i umanjivanje negativnih učinaka klimatskih promjena valja svakako se osvrnuti na akreditacijsku shemu zasnovanu na normi HRN EN ISO 14065:2013 [6].

Europska komisija (EK) je u svom klimatskom i energetskom paketu zakona iz 2009. godine obradila problematiku CO_2 koji različiti operateri oslobađaju u okoliš [8]. Popratni normativni dokumenti jesu Provedbena Uredba komisije (EU) 2018/2067 od 19. prosinca 2018. [9], Delegirana Uredba Komisije (EU) 2019/331 od 19. prosinca 2018. [10] te norma HRN EN ISO 14064-3:2019 [11].

Dokumenti obrađuju opći okvir za akreditaciju, pouzdanost verifikacije, opće obveze verifikatora, predugovorne obveze povezane s verifikacijom, vremenski raspored verifikacijskog angažmana, informacije koje osigurava operator ili operator zrakoplova, stratešku analizu, analizu rizika, plan verifikacije, verifikacijske aktivnosti, analitičke postupke, verifikaciju podataka, verifikaciju pravilne primjene metodologije praćenja, verifikaciju metoda koje se primjenjuju kod nedostatka podataka, procjenu nesigurnosti, uzorkovanje, obilaske lokacija, uklanjanje pogrešaka, nesukladnosti i neusklađenosti, razinu materijalnosti, način izdavanja zaključaka o nalazima verifikacije. također, propisani su način provedbe neovisnog pregleda, vođenje interne verifikacijske dokumentacije, izdavanje verifikacijskog izvješća, eventualno ograničavanje opsega verifikacije, ispravljanje preostalih nesukladnosti koje nisu materijalne, način provedbe poboljšanja postupka praćenja i izvješćivanja, zahtjevi na kompetencije verifikacijskih timova, postupci za verifikacijske aktivnosti, vođenje evidencija i komunikacija te osiguravanje nepristranost i neovisnosti.

U Republici Hrvatskoj su prema ovoj shemi akreditirana dva verifikacijska tijela (Metroalfa d.o.o. i Ecoina d.o.o.)

Odnedavna, klimatski paket mjera uključuje i pomorski promet prometu putem EU MRV (Monitoring, Reporting, Verification) regulative koja se efektivno primjenjuju od 1. siječnja 2018. godine. Ti propisi zahtijevaju da vlasnici i operateri brodova na godišnjoj razini tijekom svake plovidbe izvještavaju i verificiraju CO_2 emisije za sva plovila veća od 5.000 bruto tonaže (BT) koja pristaju u bilo kojoj EU i EFTA (Norveška i Island) luci. MRV propisi dizajnirani su tako da progresivno integriraju emisije u pomorskom prometu u EU politiku reduciranja domaćih emisija stakleničkih plinova sukladno (EU uredba 2015/757 Europskog parlamenta i Vijeća od 29. travnja 2015. [12].

Brodarske kompanije za svaki od brodova koji potpadaju pod MRV propise moraju pripremiti plan praćenja emisija CO_2. Propisano je da se prati i prijavi količina CO_2 koju emitiraju njihovi brodovi na putovanjima do, iz i između luka u EU, a također se moraju dati informacije o parametrima energetske učinkovitosti. Prikupljanje podataka za svaku plovidbu pokriva period od 1. siječnja do 31. prosinca svake godine.

Akreditirana certifikacijska (verifikacijska) tijela, kao nezavisna treća strana, verificiraju podatke o emisijama CO_2 i ostalim zahtijevanim relevantnim informacijama, a koje za svaki brod vodi Europska agencija za pomorsku sigurnost (EMSA) putem Web aplikacije THETIS-MRV.

Prilikom verifikacijskog postupka, verifikacijska tijela verificiraju sljedeće parametre:

- Polaznu i dolaznu luku, uključujući datum i sat isplovljavanja i uplovljavanja
- Ukupnu količinu i emisijski faktor za svaku vrstu upotrijebljenog goriva,
- Emisiju CO_2,
- Prevaljenu udaljenost,
- Vrijeme provedeno u plovidbi,
- Teret koji se prevozi i

≈ Transportni rad kao produkt prevaljene udaljenosti i mase prevezenog tereta.

Norma prema kojoj se provodi akreditacija verifikacijskih tijela za područje „Ocjena planova praćenja“ i „Verifikacija emisija CO_2 u pomorskom prometu“ također je već spomenuta norma HRN EN ISO 14065:2013 (Stakleнički plinovi - zahtjevi za tijela koja provode validaciju i verifikaciju stakleničkih plinova za potrebe akreditacije ili drugih oblika odobrenja), dok EU uredbe br. 2015/757 [12], br. 2016/2071 [13] i br.2016/2072 [14] predstavljaju EU pravni okvir.

Akreditacijski postupak uključuje ocjenu dokumentacije, znanja, i vještina osoblja verifikacijskog tijela (verifikatori) u njihovom sjedištu te ocjenu na licu mjesta (tzv. witness audit) kod brodara.

U Republici Hrvatskoj je prema ovoj pod-shemi akreditiran jedan verifikator (Hrvatski registar brodova).

3. Zaključci

Zaštita zraka nerazdvojivo je povezana s međunarodnim naporima za ublažavanje negativnih učinaka klimatskih promjena na okoliš i ljude. Prilikom osiguravanja kvalitete rezultata ispitivanja zraka, što je pak preduvjet za donošenje odgovarajućih radnji za otklanjanje ili barem smanjivanje onečišćenja, ključan je organizirani sustav za upravljanje kvalitetom.

U postupku dodjele ovlaštenja za rad različitih laboratorija u zakonima propisanim područjima, uključujući i onim koji se bave praćenjem emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora kao i praćenjem kakvoće zraka, Vlada Republike Hrvatske u pravilu koristi postojeću akreditacijsku infrastrukturu, odnosno usluge Hrvatske akreditacijske agencije, koja je uspostavila te dalje razvija na međunarodnoj razini prepoznatljiv sustav akreditacije laboratorija.

U Republici Hrvatskoj sve više laboratorija koji se bave problematikom zaštite imaju formalnu akreditaciju što je dovelo do unapređivanja djelatnosti.

Vezano uz prilagodbu tehničkih propisa koji su na snazi u Republici Hrvatskoj odgovarajućim propisima Europske Unije intenziviran je rad tehničkih odbora Hrvatskog zavoda za norme, uključujući i one koji se odnose na zaštitu zraka.

Literatura

[1] Hrvatska akreditacijska agencija (HAA)

Web: http://www.akreditacija.hr

[2] Zakon o zaštiti zraka. NN 13/2011, 47/2014, 61/2017 i 118/2018)

[3] Norma HRN EN ISO/IEC 17025:2017. Opći zahtjevi za osposobljenost ispitnih i umjernih laboratorija

[4] Nacionalna strategija zaštite okoliša. NN 46/2002

[5] Plan zaštite zraka, ozonskog sloja i ublažavanja klimatskih promjena u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2013. do 2017. Godine. NN 139/2013.

[6] Norma HRN EN ISO 14065:2013. Stakleнički plinovi - Zahtjevi za tijela koja provode validaciju i verifikaciju stakleničkih plinova za potrebe akreditacije ili drugih oblika odobrenja.

[7] Pravilnik o praćenju kvalitete zraka (NN 79/2017.

[8] European Commission - Energy, Climate change, Environment

Web: https://ec.europa.eu/clima/index_en

[9] Provedbena Uredba komisije (EU) 2018/2067 od 19. prosinca 2018. o Verifikaciji podataka i

akreditaciji verifikatora u skladu s Direktivom 2003/87/EZ Europskog parlamenta i Vijeća

[10] Delegirana Uredba Komisije (EU) 2019/331 od 19. prosinca 2018. o utvrđivanju prijelaznih pravila na razini Unije za usklađenu besplatnu dodjelu emisijskih jedinica na temelju članka 10.a Direktive 2003/87/EZ Europskog parlamenta i Vijeća

[11] Norma HRN EN ISO 14064-3:2019. Stakleнički plinovi -- 3. dio: Specifikacija sa smjernicama za verifikaciju i validaciju izjava o stakleničkim plinovima (ISO 14064-3:2019; EN ISO 14064-3:2019)

[12] EU Uredba 2015/757 Europskog parlamenta i Vijeća od 29. travnja 2015. o praćenju emisija ugljikova dioksida iz pomorskog prometa, izvješćivanju o njima i njihovoj verifikaciji te o izmjeni Direktive 2009/16/EZ

[13] Delegirana Uredba Komisije (EU) 2016/2071 od 22. rujna 2016. o izmjeni Uredbe (EU) 2015/757 Europskog parlamenta i Vijeća u pogledu metoda praćenja emisija ugljikova dioksida i pravila za praćenje drugih relevantnih informacija.

[14] Delegirana Uredba Komisije (EU) 2016/2072 od 22. rujna 2016. o aktivnostima verifikacije i akreditaciji verifikatora u skladu s Uredbom (EU) 2015/757 Europskog parlamenta i Vijeća o praćenju emisija ugljikova dioksida iz pomorskog prometa, izvješćivanju o njima i njihovoj verifikaciji

35

Mr Sc Jasmina Čomić dipl.ing.
CETEOR d.o.o. Sarajevo
comic@ceteor.ba

Modeli za procjenu izloženosti populacije zagađujućim materijama iz zraka
Air pollutants exposure assessment models

Sažetak: Procjena izloženosti stanovništva zagađenom zraku sve je važnija a brojne studije ističu štetne učinke zagađenosti zraka na zdravlje ljudi. Monitoring kvaliteta zraka omogućava direktno mjerenje koncentracija zagađujućih materija u okolini. Za procjenu izloženosti stanovništva određenom kvalitetu zraka potrebno je uzeti u obzir dodatne parametre. Razvijeni su različiti modeli procjene izloženosti koji uzimaju u obzir blizinu stanovništva izvoru zagađivanja, meteorološlke uslove, modele disanja, podatke o monitoringu kvaliteta zraka, podatke i monitoringu izloženosti pojedinca.

Ključne riječi: *modeliranje izloženosti, kvalitet zraka, procjene izloženosti*

Abstract: Exposure assessment of population to air pollution is becoming increasingly important as numerous studies highlight the adverse effects of air pollution on human health. Monitoring air quality allows the direct measurement of concentrations of pollutants in the environment. Additional parameters should be considered to estimate the exposure of the population to air quality. Various exposure assessment models have been developed and take into account proximity to pollution sources, meteorological conditions, respiratory models, air quality monitoring data, data of individual exposure monitoring.

Key words: *exposure modeling, air quality, exposure assessment*

Uvod

Procjena izloženosti stanovništva zagađenom zraku sve je važnija jer brojne studije ističu štetne učinke zagađenosti zraka na zdravlje ljudi. Korištenje uređaja za monitoring zagađenosti zraka omogućava direktno mjerenje koncentracija zagađujućih materija u okolini, a stalni razvoj prenosnih uređaja u stvarnom vremenu pruža poboljšanja u vremenskim procjenama koncentracije zagađujućih materija. Praćenje zagađenosti zraka daje samo procjene koncentracije zagađujućih materija na određenim lokacijama, dok je uočeno da se koncentracije zagađujućih materija mogu značajno mijenjati ukoliko se radi o lokalitetima sa manjom površinom. Procjena izloženosti zagađenom zraku trenutno je podijeljena na metode modeliranja izloženosti za velike populacije u odnosu na mjerenje izloženosti za manje populacije.

1. Koncentracija, izloženost i doza

Koncentracija određenih zagađujućih materija u zraku je količina zagađujućih materija u zraku po jedinici zapremine zraka. Koncentracije se izražavaju kao količina tvari po jedinici zapremine (mol po po metru kubnom). Međutim za potrebe analize koncentracija zagađujućih materija u zraku koncentracije se mogu izraziti i kao masa po jedinici zapremine (na primjer, mikrograma po metru kubnom), kao zapremina po jedinici zapremine (na primjer, zapreminski dijelovi na milion) ili određeni broj čestica kao broj čestica po jedinici zapremine (na primjer, broj vlakana po centimetru kubnom).

Izloženost se odnosi na bilo koji kontakt između zagađujućih mateija iz zraka i površine ljudskog tijela, bilo vanjske (na primjer, koža) ili unutarnje (na primjer, epitel respiratornog trakta). Izlaganje zahtijeva istovremeno dešavanje dva događaja: postojanje određene koncentracije zagađujućih materija na određenom mjestu i u određenom vremenu i prisutnost osobe na tom mjestu i u tom vremenu. Izloženost se izražava kvantitativno i to opisom vrste i trajanja kontakta sa tačno određenom koncentracijom zagađujuće materije.

Važna je razlika između koncentracije i izloženosti. Koncentacija je fizička karakteristika okoliša na određenom mjestu i u određenom vremenu (vremenskom intervalu), dok, izlaganje opisuje interakciju između okoliša i živog subjekta. Na osnovu navedenog, mjerenje odnosno određivanje koncentracija zagađujućih materija npr. u sobi s prisutnim ljudima, ne predstavlja mjerenje izloženosti ljudi u sobi, ali se može smatrati da su ljudi u sobi izloženi koncentracijama koje zapravo doživljava svaki pojedinac u sobi. Razlika između izloženosti i doze također je važna. Izlaganje je koncentracija zagađujućih materija u zraku na mjestu dodira tijela i vanjskog okoliša. **Doza** je količina zagađujućih materija koja zapravo prelazi jednu tjelesnu granicu i dopire do ciljanog tkiva. Razlika između izloženosti i doze ilustrira se ako se razmatraju dvije osobe, jedna osoba koja sjedi i jedna osoba koja je jako aktivna u sobi u kojoj je koncentracija zagađujućih materija konstantna. Obje osobe imaju istu nominalnu izloženost, ali zbog bržeg i dubljeg disanja, stvarna doza zagađujućih materija zraka dopremljena u plućna tkiva veća je kod aktivne osobe nego kod osobe koji sjedi.

2. Modeliranje izloženosti

Danas se razvijaju modeli izloženosti stanovništva zagađujućim materijama iz zraka koji se koriste za procjenu izloženosti i doze pojedinaca, određene podskupine stanovništva ili čitave populacije.

Cilj ovih modela je prikazivanje "stvarnog" ljudskog izlaganja zagađujućim materijama iz zrak au određenom vremenu i prostoru i posljedična procijena zdravstvenih posljedica izloženosti tim zagađujućim materijama iz zraka. Prednosti modeliranja izloženosti su sljedeće: Modeli izloženosti se obično koriste za nadopunu podataka o praćenju tamo gdje direktna mjerenja nisu dostupna ili kada tehnike mjerenja nisu prikladne za mjerenje koncentracija zagađujućih materija; mogu se predvidjeti buduće izloženosti, kao i rekonstruirati istorijsko izlaganje korištenjem postojećih podataka iz

različitih vrsta i izvora zagađujućih materija; doprinosi različitih kemikalija mogu se jasno odvojiti u procjeni izloženosti; i programi praćenja emisija i kvaliteta zraka mogu se realizovati ekonomičnije a da procjene budu bolje.

Razvoj modela za procjenu izloženosti zagađujućim materijama zadnjih decenija je uznapredovao. Od 90-tih godina razvijaju se različiti modeli za procjenu izloženosti zagađujućim materijama u zraku. Općenito možemo ih razvrstati u tri grupe: (i) statističke, (ii) matematičke (determinističke) i (iii) matematičko-stohastički modeli. [1]

Modeli se mogu kategorizirati kao: modeli blizine, disperzioni modeli, regresijski modeli vezani za upotrebu zemljišta, interpolacijski modeli, integrirani meteorološki-emisijski modeli i hibridni modeli [2]. Modeli blizine su grubi modeli a zadnjih decenija preporučuje se korištenje hibridnih modela koji imaju i najveći potencijal i pouzdanost.

Rezultati modeliranja izloženosti nisu uvijek pouzdani, posebno zato što na izlaganje zagađujućim materijama iz zraka često utiču mnogi faktori koje je teško precizno odrediti. Uz to su i ključna pitanja o dostupnosti podataka, validnosti modela, varijabilnost i nesigurnost koje je potrebno riješiti u modeliranju izloženosti.

2.1 Modeli blizine

Model blizine je osnovni pristup za procjenu izloženosti stanovništva zagađujućim materija. Model blizine uzima u obzir blizinu receptora (stanovništva) izvoru zagađivanja i često se primjenjuje u epidemiološkim sudijama koje se rade u svijetu.

Ovi modeli se zasnivaju na pretpostavci da je izloženost veća na lokacijama koja su bliža izvoru emisija u odnosu na lokacije dalje od izvora emisija. Iako je dostupno mnogo studija o povezanosti zagađenosti zraka i zdravstvenih posljedica koje su koristile modele blizine kao vezu za izlaganje, podaci sistema praćenja (monitoringa) nisu uvijek dostupni i/ili uzroci bolesti i veza sa zagađujućim materijama nisu uvijek jasni i povezani. Primjeri za studije blizine odnose se na povezanost između tačkastih, linijskih i površinskih izvora emisija i blizine rezidencijalnom stanovništvu.

Modeli blizine se često koriste u slučaju blizine površinskog i linijskog izvora zagađujućih materija kao npr. deponije raznih vrsta otpada, sobraćajnice. Za ostale procjene izložnosti ovi modeli ne daju dobre rezultate. Modeli blizine su jednostavni modeli i ne uzimaju faktore koji utiču na izloženost kao ni uslove kretanja zagađujućih materija.

Na primjer, ukoliko se koristi model blizine za uticaj zagađujućih materija iz saobraćaja na izloženosti određene skupine stanovništva koja živi ili radi uz saobraćajnicu treba se napraviti veza sa mjerenjem osobne izloženosti za koncentracije zagađujućih materija koje nastaju u saobraćaju i potvrditi da se blizina osobe i cesta može koristiti kao procjena izloženosti u epidemiološkim studijama o uticaju zagađujućih materijama iz zraka u saobraćaju. Međutim, veza sa zdravstvenim posljedicama treba uzeti u obzir puno više faktora (starost, spol, nasljeđivanje, navike, prethodna izlaganja, izlaganja u radnoj sredini ...) da bi imali vezu između doze i zdravstvenih posljedica.

Modeli blizine se koriste u procjeni izloženosti stanovništva zagađujućim materijama u slučaju linijskih izvora zagađivanja (saobraćajnice) ali samo za stvarne zagađujuće materije koje potiču iz saobraćaja zanemerujući materije iz indusrijskih izvora koji se nalaze u blizini kao i ostale namjene, odnosno korištenja zemljišta.

U najnovijim studijama, sa modelom blizine kombiniraju se i drugi faktori kao što su vrsta ceste, prometni tok i upotreba zemljišta. Na ovaj način se razvija regresijski model korištenja zemljišta, uključujući varijable poput gustoće prometa, korištenje industrijskog zemljište, veličine otvorenog prostora, uzvišenja ceste i sl. Ovi modeli, osim saobraćajnica, uzimaju u obzir i ostala korištenja zemljišta, imajući u vidu da se industrijske emisije sada prate u većoj mjeri.

Rezultati su potvrdili da regresijski model korištenja zemljišta može pružiti preciznije procjene

zagađivanja iz saobraćaja na područjima s velikim industrijskim izvorima i složenijim meteorološkim i orografskim uslovima od modela blizine koji se bazira samo na proračunu udaljenosti od ceste.

Pored toga, geografski informacioni sistem (GIS) se sve više koristi u procjeni izloženosti zagađujućim materijama iz zraka, i nedavno je prepoznat kao potencijalna metoda za smanjivanje pogrešnih klasifikacija izloženosti, što je od ključne važnosti za tačnost dobijene procjene izloženosti korištenjem modela blizine.

Postoji nekoliko ograničenja za modele blizine. Naime, ni jedan od parametara koji utiču na disperziju i procese zagađujućih materija u atmosferi, kao i obrasci ponašanja i kretanja stanovništva se ne uzimaju u obzir. Prema tome, pogrešno je klasificiranje izloženosti zbog pretpostavke blizine npr. boravište udaljeno manje od 2 km - stanovništvo je izloženo, boravište udaljenije od 2 km - stanovništva je izloženo određeni broj %.

Jasno je da blizina može biti koristan ali i jednostavan faktor za procjenu izloženosti i dodjeljivanje uticaja na zdravlje. Treba naglasiti, da su modeli blizine pogodni za područja proučavanja u kojima etiologija (uzroci određenih pojava) nije jasna, odnosno korišteni kao istraživačke analize prije sofisticiranijeg istraživanja.

2.2 Disperzioni modeli

Disperzioni modeli (modeli disperzije) zraka uključuju podatke o emisijama zagađujućih materija iz izvora zagađivanja, osnovne meteorološke podatke, te obradu doprinosa koncentracije zagađujućih materija u prostoru i vremenu. Za primjenu disperzionih modela neophodni se podaci o emisijama izvora zagađivanja i lokacijima tih izvora.

Podaci o emisijama se mogu klasificirati kao stacionarni (uključujući i površinske) i mobilni izvori emisija. Emisije iz ove dvije kategorije izvora obično rezultiraju složenim prostorno-vremenskim varijacijama koncentracije zagađujućih materija u zraku. Kao stacionarne izvore emisije modeli disperzije uključuju lokalne izvore zagađivanja, kao što su odlagališta otpada, industrijska postrojenja i zagrijavanje stambenih objekata. Osnovne informacije koje treba prikupiti za svaku tačku / područje su npr. vrsta objekta, lokacija i godišnja emisija pojedine zagađujuće materije iz izvora emisije. Mobilne emisije se uglavnom odnose na emisije iz saobraćaja, koje se obično procjenjuje prema vrsti ceste, saobraćajnom intenzitetu i vrsti vozila. Da bi se simulirali procesi fizičke disperzije potrebni su meteorološki parametri (npr. brzina i smjer vjetra), temperatura okolnog zraka i informacije o atmosferskim turbulencijama. Osim toga, ambijentalne pozadinske koncentracije zagađujućih materija treba uključiti u disperzioni model. Moguće je modeliranje i bez pozadinskih koncentarcijama ali se u rezutratima to treba naglasiti.

Zadnjih desetak godina, disperzioni modeli integriraju se sa GIS-om i na taj način omogučavaju razmatranje izloženost stanovništva zagađujućim materijama iz zraku kombinirajući prebivališta stanovništva sa zagađenosti zraka. Danas su dostupne epidemiološke studije koje su bazirane na modelima disperzije zraka, i povezuju zagađenost zraka sa nepovoljnim zdravstveni učincma.

Još jedno važno pitanje u modeliranju disperzije zagađujućih materija u zraku je analiza trajanja kemijskih reakcija i karakteristične udaljenosti na koju zagađujuće materije mogu biti transportovane u toku njihovog životnog vijeka. Ako emitovane zagađujuće materije imaju kratak životni vijek (minuti, sati - obično reaktivne čestice ili aerosoli), onda je njihova putanja kratkog dometa i njihovi efekti će biti koncentrisani na lokalnom nivou (npr. efekat PM čestica). Međutim, zagađujuće materije kao što su NOx, SO_2 imaju duži životni vijek (sati, dani) i prema tome imaju i šire zone uticaja. U takvim slučajevima potrebno je pristupiti regionalnom ili kontinentalnom modeliranju. Neki zagađujuće materije (npr, CO, NH_3) imaju znatno duži životni vijek (dani, sedmice) što rezultira transportom na velike udaljenosti, i u tom slučaju se koriste kontinentalni i globalni modeli transporta. [3]

Korištenje sistem praćenja izloženosti zasnovanog na sistemu praćenja kvalitete zraka uz korištenje disperzionig modeliranja, može poslužiti kao procjena za kratkoročnu ili dugoročnu izloženost

stanovništva zagađujućim materijama.

Postoji nekoliko nedostataka modela disperzije. Prvi, budući da su rezultati generirani iz modela disperzije zraka koncentracije zagađujućih materija, modeli disperzije zraka nisu u mogućnosti u potpunosti simulirati vezu izvora i puta do receptora koja je potrebna za sveobuhvatnu procjenu izloženosti da bi se koristila u epidemiološkim studijama. Modeli disperzije zraka zahtijevaju stvaranje pretpostavki o uzorcima disperzije zraka (npr. Gaussova disperzija). Podaci praćenja često nisu dostupni u dovoljnim prostorno-vremenskim intervalima. Nadalje, nedostatak disperzionih modela je jer razmatraju samo lokalnei izvore zagađivanja.

Međutim, modeli disperzije zraka mogu dati informacije o koncentracijama zagađujućih materija u prostoru i vremenu i na područjima bez dovoljno stanica za monitoring kvaliteta zraka. [4] Rezultati modeliranja se također mogu koristiti za unapređenje mjesta, odnosno lokaliteta za postavljanje stanica za monitoring [5]. Prednost modela disperzije zraka je uzimanje u obzir koncentracije, uključujući meteorološke faktore (npr. brzina i smjer vjetra), temperatura zraka, topografija/orografija, tip ceste, brzina vozila itd. Također, modeli uključuju i različite vrste izvora kao što su tačkasti, površinski i linijski izvori. Prema tome primijena modeli disperzije zraka dalje jasnije podatke od modela blizine.

2.3 Hibridni modeli

Iako ne postoji eksplicitna definicija hibridnih modela ovi modeli se sve više koriste u epidemiološkim studijama. Hibridni modeli uzimaju u obzir modeliranje zagađujućih materija, rezultate monitoringa kvaliteta zraka i rezultate praćenje osobne (lične) izloženosti čovjeka.

Studije koje analiziraju hibridne modele praćenja bazirane na personalnom, lokalnom i regionalnom nivou, usredočene su na validaciju i poređenje razlike u rezultatima zdravstvenih posljedica. Kako bi se osigurale što bolje procjene ukupne izloženosti populacije zagađujućim materijama iz zraka kombinirali su se rezultati regionalnog pračenja kvaliteta zraka (npr., kvaliteta zraka sa više lokacija u zajednici) i lokalno disperzijski modeli (AERMOD) [6]. Rezultati su pokazali da se praćenje kvaliteta zraka može koristiti za simuliranje koncentracije zagađujućih materija u zraku u većim mjerilima, dok je AERMOD bio dobar u procjeni lokalnih razmjera uključujući stacionarne i mobilne izvore emisija.

U usporedbi s drugim metodama procjene izloženosti (npr. osobni modeli praćenja i modeli blizine), prednost hibridnih modela je u tome što mogu pružiti tačnije procjene osobne izloženosti. [7][1] Ova karakteristika hibridnih modeli pripisuju se integraciji podataka osobnog praćenja i podataka regionalnog i lokalnog praćenja, kao i korištenju različiti modela simulacije izloženosti. S jedne strane, podaci osobnog praćenja izloženosti na maloj populaciji mogu se koristiti za uspostavljanje kvantitativne veze (npr. koeficijenti korelacije) između osobnog izlaganja i koncentracije na otvorenom. Veća "stvarna izloženost" stanovništva može se ispraviti na osnovu koncentracije na otvorenom, koje se prate ili simuliraju. S druge strane, sa podacima regionalnog praćenja, povezanim parametrima (npr. koeficijenti disperzije) modeli simulacije izloženosti mogu biti tačnije kalibrirani i zatim na odgovarajući način postavljeni za simulaciju koncentracije izloženosti okolini na velikom području. Alternativno, podaci regionalnog praćenja mogu se koristiti kao regionalne pozadinske koncentracije za simuliranje urbanim ili lokalnim modelima.

Međutim, postoji nekoliko poteškoća u provedbi i interpretaciji rezultata hibridnih modela. Prvo, osobni podaci o praćenju, kao i podatke monitoringa, često je teško prikupiti ili nisu raspoloživi, i stoga postavljanje korekcije procjene izloženosti predstavlja problem. Drugo, poteškoće u integriranju različitih modela izloženosti, kao što je integracija različitih procjena izloženosti disperziji zraka i ljudski modeli udisanja, trenutno je teško predvidjeti i procijeniti. [8]

1 G. Hoek, P. Fischer, B. P. Van Den, S. Goldbohm and B. Brunekreef, J. Exposure Anal. Environ. Epidemiol., 2001, 11, 459–469.

3. Zaključak

Kvantificiranje izloženosti stanovništva zagađujućim materijam iz zraka je izazovan zadatak. Pregled modela izloženosti daje sliku o specifičnosti procjene izloženosti stanovništa i o parametrima koji se treba uključiti ukoliko se podaci koriste za procjenu uticaja na zdravlje pojedinca. Imajući u vidu podatke i informacije sa kojim raspolažemo u Bosni i Hercegovini diperzioni model je prihvatljiv za korištenje u procjeni broja stanovnika koji je izložen zagađujućim materijama iz zraka, ali nije dovoljan za uspostavljanje direktne veze sa zdravstvenim posljedicama.

Literatura

[1] P. B. Ryan, J. Exposure Assess. Environ. Epidemiol., 1991, 1, 453–473

[2] B. Zou, J. G. Wilson, F. B. Zhan , Y. Zeng: Air pollution exposure assessment methods utilized in epidemiological Studies, Article in Journal of Environmental Monitoring · April 2009

[3] A. Leelossy, F. Molnar, F. Izsak, A. Havasi, I. Lagzi, R. Meszaros: Dispersion Modeling of Air Pollutants in the Atmosphere: a review. Central European Journal of Geosciences, 6(3) (2014), 257-278.

[4] J. Clench-Aas, A. Bartonova, T. Bohler, K. E. Gronskei, B. Sivertsen and S. Larssen, J. Environ. Monit., 1999, 1, 313–319.

[5] J. C. Chow, J. P. Engelbrecht, J. G. Watson, W. E. Wilson, N. H. Frank and T. Zhu, Chemosphere, 2002, 49, 961–978.

[6] V. Isakov, J. S. Irwin and J. Ching, J. Appl. Meteorol. Climatol.,2007, 46, 1354–1371.

[7] G. Hoek, P. Fischer, B. P. Van Den, S. Goldbohm and B. Brunekreef, J. Exposure Anal. Environ. Epidemiol., 2001, 11,459–469.

[8] Z. _O _ zkaynak, T. Palma, S. J. Touma and J. Thurman, J. Exposure Anal. Environ. Epidemiol., 2008, 18, 45–58.

36

Enis Omerčić, prof.geog.
Federalni hidrometeorološki zavod
Bardakčije 12 Sarajevo
enis.omercic@fhmzbih.gov.ba

Indeks kvaliteta zraka u Federaciji BiH
Air quality index in Federation of BiH

Sažetak: Rad pojašnjava ulogu i značaj indeksa kvaliteta zraka, njegove prednosti i nedostatke u odnosu na standarne načine informisanja javnosti o stanju kvaliteta zraka. Osim toga objašnjava način proračunavanja indeksa kvaliteta zraka koji je zakonski propisan u Federaciji Bosne i Hercegovine, a koji je razrađen od strane Federalnog hidrometeorološkog zavoda.

Ključne riječi: *Indeks kvaliteta zraka, kvalitet zraka, lebdeće čestice,sumpor dioksid, kategorije kvaliteta zraka, efekti na zdravlje*

Abstract: Paper clarifies the role and importance of the air quality index, its advantages and disadvantages in relation to standard ways of informing the public about the state of air quality. In addition, it explains the method of calculating the air quality index (which is legally prescribed by the Federation of Bosnia and Herzegovina), which has been elaborated by the Federal Hydro-Meteorological Institute of Bosnia nad Herzegovina.

Key words: *Air quality Index,air quality, particulate matter, sulphur dioxide, air quality categories, health impacts*

1. O indeksu kvaliteta zraka uopšteno

Indeks kvaliteta zraka predstavlja pojednostavljen opis kvaliteta zraka, odnosno učešća pojedinih zagađujućih materija u zraku na nekoj lokaciji, a sa zadatkom da na razumljiv način da ocjenu kvaliteta zraka u pogledu uticaja na zdravlje ljudi. Javnost očekuje informaciju sročenu u jednoj riječi ili slici, ali zbog kompleksnosti - kako mjerenja tako i uticaja pojedinih materija na zdravlje - nije uvijek moguće pravu informaciju toliko pojednostaviti.

Ukoliko pojedini uređaji nisu u funkciji ili ne rade ispravno na nekoj od stanica, automatski generisan proračun indeksa kvaliteta zraka može dati nepotpunu ili čak pogrešnu ocjenu stanja kvaliteta zraka. Treba imati u vidu da se podaci sa različitih lokacija automatski proslijeđuju na internet i da je nemoguće momentalno vršiti kontrolu i validaciju podataka. Iz tog razloga, obratite pažnju koje su zagađujuće materije ušle u proračun Indeksa i pogledajte stanje (ukoliko postoje) na drugim stanicama u okolini.

U našim gradovima na kvalitet zraka ponajviše utiču lebdeće čestice („prašina“, „PM10“, „PM2.5“) ili sumpordioksid (uglavnom u krajevima u kojima je intenzivna eksploatacija i sagorijevanje uglja), te je prisustvo podatka o koncentracijama ovih materija ključna za potpuniju informaciju o kategoriji indeksa kvaliteta zraka u vašoj okolini. Tokom ljeta vrlo je bitno i postojanje informacija o stanju koncentracije ozona. Druge mjerene materije rijetko su ključan faktor u indeksaciji kvaliteta zraka.

Inače, u struci je uobičajeno da se izmjereni podaci o koncentracijama zagađujućih materija izražavaju težinskim jedinicama (miligrami, mikrogrami) kako bi međusobno bili uporedivi. Osim toga, u svim državama svijeta upravo je takav način informisanja jedini koji je relevantan sa aspekta zakonskog djelovanja i upravljanja kvalitetom zraka.

U svijetu se koristi veći broj načina proračuna indeksa kvaliteta zraka i stoga se ne preporučuje međusobno upoređivati rezultate. Ukoliko je način monitoringa ispravan i zadovoljava minimalan broj mjerenih materija u zraku, između različitih indeksa ne bi trebalo biti značajnih suštinskih razlika. Osnova za izračun indeksa kvaliteta zraka, odnosno kategorije kvaliteta zraka na nekom mjestu su mjerenja koncentracija zagađujućih materija standardnim referentnim metodama čiji se rezultati obično izražavaju u mikrogramima ili miligramima.

Obzirom da je uloga Indeksa pojednostavljenje informacije o stanju zraka, nije potrebno obraćati pažnju na brojčane vrijednosti Indeksa nego na kategoriju kvaliteta zraka i preporuke za ponašanje stanovništva koje su obično date uz indeks.

Mnoge zemlje su razvile specifične indekse kvaliteta zraka u skladu sa svojim propisima i lokalnim specifičnostima: Sjedinjene Američke Države, Kanada, Kina, Evropska Unija (a unutar Unije i pojedine članice) itd. Iako slični, međusobno se razlikuju po broju kategorija zraka, brojčanim vrijednostima itd. FHMZ je takođe razvio metodologiju proračuna Indeksa koji je od ove jeseni i zakonski propisan način izrade Indeksa u Federaciji BiH.

Većina indeksa širom svijeta se bazira na jednu zagađujuću materiju – onu koja je dostigla najnezdraviju koncentraciju i na osnovu nje računa i pripadajuću kategoriju kvaliteta zraka. Obzirom da u našim gradovima često dolazi do vrlo visokih vrijednosti dvije ili više materije istovremeno, Indeks FHMZ-a pooštrava kategorizaciju kvalitete zraka u takvim slučajevima (jer nije isto kada u zraku imate npr. 350 mikrograma PM10 čestica i 50 mikrograma SO_2 ili 350 mikrograma i PM10 čestica i SO_2). U principu koristi gotovo isti način računa primjenjen u SAD-u, ali nešto strožiji.

Jedina bitna informacija dobijena sa nekog od indeksa kvaliteta zraka je da li je zrak čist, zdrav, nezdrav i eventualna preporuka o ponašanju. Brojčane vrijednosti su tu da bi to "bolje zvučalo", ("indeks je 880 nečega") i punilo novinske naslove.

Ti brojevi su međusobno neuporedivi zbog različitih načina računanja pojedinih indeksa (“ako nosim cipelu broj 45, ne znači da da mi je veće stopalo od amerikanca koji nosi broj 13”). Svuda u

svijetu, institucije koje se bave (ili bi trebalo da se bave) smanjenjem zagađenja koriste se podacima izraženim u težinskim mjernim jedinicama i po mogućnosti podacima o većem broju zagađujućih materija u zraku.

Indeksi se uglavnom fokusiraju na jednu zagađujuću materiju (PM čestice) i zanemaruju druge (kod nas vrlo bitan sumpor dioksid npr.) te mogu dati i nepotpunu informaciju. Indeks koji koristi FHMZ uračunava i ostale zagađujuće materija i opet je i on nesavršen jer je nekada nemoguće kompleksnu informaciju o stanju kvaliteta zraka sažeti u jedan podatak osim kako je navedeno u prvoj rečenici.

Ilustracija: liječnik vam na osnovu pregleda i analize krvne slike može reći da niste zdravi i šta bi ste trebali činiti, no nemoguće je nivo šećera u krvi, visinu krvnog pritiska i triglicerida izraziti kao jedan broj.

2. Opis i uputa za način vršenja proračuna indeksa kvaliteta zraka u federaciji bih:

Indeks kvaliteta zraka nije opisan kao obavezna forma za izvještavanje o stanju kvaliteta zraka po važećim zakonskim propisima u našoj zemlji. Sličan je status indeksa kvaliteta zraka i u većini drugih zemalja, međutim, zbog potrebe za jednostavnijim pristupom u opisu stanja kvaliteta zraka, njegovom uticaju na pojedine grupe stanovništva i preporuke za ponašanje stanovništva na način koji bi bio razumljiv većini stanovništva, sve veći broj institucija i organizacija koje prezentuju rezultate monitoringa kvaliteta zraka koriste indeks kvaliteta zraka.

Ne postoji univerzalna formula za prezentovanje i izračunavanje indeksa kvaliteta zraka i u mnogim zemljama su uvažene lokalne specifičnosti pri načinu računanja indeksa.

Prijedlog indeksa kvaliteta zraka je urađen od strane Federalnog hidrometeorološkog zavoda na osnovu stručnih iskustava iz oblasti monitoringa kvaliteta zraka u našoj zemlji, iskustava načina izrade i proračuna indeksa kvaliteta zraka drugih zemalja i institucija i na osnovu konsultacija obavljenih sa kolegama iz Hidrometeorološkog zavoda Republike Srpske te relevantnih zdravstvenih institucija u našoj zemlji.

Obzirom da je Bosna i Hercegovina zemlja u kojoj je problem zagađenja zraka izražen u mnogim gradovima i sredinama potreba za ovakvim načinom informisanja javnosti je opravdana. Informisanje o stanju kvaliteta zraka putem indeksa ne isključuje zakonski propisane načine informisanje javnosti o stanju kvaliteta zraka.

- Indeks kvaliteta zraka (u daljnjem tekstu Indeks, ili IKZ) predstavlja vrijednost stanja posmatranih zagađujućih materija izmjerenih na pojedinom mjernom mjestu predstavljen na jednostavan i većini osoba lako razumljiv način.
- Indeks uz izraženu brojčanu vrijednost sadrži i preporuku o prilagođavanju aktivnosti stanovništva zraka kao i napomenu o rizicima za pojedine grupe stanovništva u skladu sa stanjem kvaliteta zraka u određenom trenutku. Ova preporuka je izrađena ili potvrđena od strane nadležnih zdravstvenih institucija u Bosni i Hercegovini.
- Indeks se izražava brojčanom vrijednošću, bojom i imenom kvalitativne kategorije.

Brojčana vrijednost Indeksa se izražava u rasponu od 0-500 i podjeljena je u šest kvalitativnih kategorija:

1. **Dobar** (brojčana vrijednost od 0-50, označava se zelenom bojom);
2. **Umjeren** (brojčana vrijednost od 51-100, označava se žutom bojom);
3. **Nezdrav za osjetljive grupe** (brojčana vrijednost od 101-150, označava se narandžastom bojom);
4. **Nezdrav** (brojčana vrijednost od 151-200, označava se crvenom bojom);

5. **Vrlo nezdrav** (brojčana vrijednost od 201-300, označava se ljubičastom bojom);
6. **Opasan** (brojčana vrijednost viša od 301, označava se smeđom ili crvenosmeđom ili kestenjastom bojom).

≈ Brojčana vrijednost Indeksa ne predstavlja koncentraciju pojedine zagađujuće materije (polutanti) niti skupa zagađujućih materija (polutanata) izraženih u standardnoj mjernoj jedinici (mikrogram, miligram, ppb, ppm ...) Izražava se cijelim brojem.

≈ Brojčana vrijednost Indeksa je dobijena na osnovu matematičkih formula koje su primjenjene od strane većeg broja stranih institucija koje se bave prikupljanjem i prezentiranjem podataka i informacija o kvalitetu zraka. Prijedlog Indeksa za Bosnu i Hercegovinu je urađen po uzoru na Indeks kvaliteta zraka primjenjen od strane američke agencije za okoliš EPA, uz manje izmjene (*Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality – the Air Quality Index;U.S. Environmental Protection Agency;2016.*).

Te izmjene podrazumjevaju slijedeće: sve vrijednosti koncentracija u formulu za računja Indeksa se izražavaju u mikrogramima (lebdeće čestice, sumpordioksid, azotni oksidi i ozon), odnosno miligramima (ugljični monoksid). Granične vrijednosti koncentracija pojedinih zagađujućih materija su zaokruživane na cijeli broj i približene propisanim vrijednostima u važećim pravilnicima o vršenju monitoringa kvaliteta zraka u Bosni i Hercegovini.

Značajna izmjena u odnosu na američki model je ta što se u slučaju kada dvije ili više zagađujućih materija imaju izmjerene koncentracije koje odgovaraju kategorijama indeksa Nezdrav ili Vrlo nezdrav vrijednost indeksa mjernog mjesta automatski prebacuje u slijedeću kategoriju dodavanjem 50 indeksnih brojeva (u slučaju kada su dvije ili više zagađujućih materija u okviru kategorije „Nezdrav“), odnosno 100 indeksnih brojeva (u slučaju kada su dvije ili više zagađujućih materija u okviru kategorije „Vrlo nezdrav“). U slučaju kada su koncentracije dvije ili više zagađujućih materija u okviru kategorije „Opasan“, dodaje se vrijednost do 100 indeksnih poena s tim da maksimalni ukupni broj vrijednosti Indeksa ne prelazi 500. U ovom slučaju kategorija Indeksa ostaje ista („Opasan“).

Vrijednosti indeksa za svaki pojedini polutant ostaje ista u ovim slučajevima. U ovom slučaju lebdeće čestice različitih dimenzija (PM10 i PM2.5) ukoliko se uporedo mjere na istom mjernom mjestu – se ne tretiraju kao dva polutanta.

≈ Brojčana vrijednost Indeksa se proračunava za svaku zagađujuću materiju koja se mjeri na pojedinom mjernom mjestu (sumpordioksid, lebdeće čestice PM10 i PM2.5, ugljični monoksid, ozon, azotni dioksid).

≈ Vrijednost Indeksa se automatski proračunava na osnovu podatka prenešenih u stvarnom vremenu sa mjernih stanica na serverske jedinice za prikupljanje podataka. Tehnički nije izvodivo da se na ovaj način prenešeni podaci kontinuirano kontrolišu i validiraju prije nego se objave na internet stranicama. Stoga je neophodno na internetskom prikazu stranice koja prezentuje Indeks na uočljiv i jasan način postavi obavijest ili napomena koja pojašnjava da su podaci automatski prenešeni, nekontrolirani i nevalidirani. Napomena treba sadržavati i uputu o načinu dobijanja validiranih podataka o koncentracijama polutanata i vrijednostima Indeksa za pojedino mjerno mjesto i period.

≈ Proračun indeksa za polutante koji se računa na osnovu koncentracija u posljednjih 24 sata se vrši ukoliko je u proteklom periodu od 24 sata postojalo najmanje 18 satnih mjerenja, odnosno na server prenešenih rezultata mjerenja.

≈ Proračun indeksa za polutante koji se računa na osnovu koncentracija u posljednjih 8 sati se vrši ukoliko je u proteklom periodu od 8 sati postojalo najmanje 6 satnih mjerenja, odnosno na server prenešenih rezultata mjerenja.

- Proračun indeksa za polutante koji se računa na osnovu koncentracija u posljednjem satu se vrši ukoliko je uspješno prenešen podatak o posljednjoj satnoj koncentraciji.
- Indeks se izračunava i objavljuje svakih sat vremena iako se za pojedine zagađujuće materije vrijednost Indeksa izračunava na osnovu različitih perioda, odnosno broja satnih mjerenja:

  1. sumpordioksid (SO2) - vrijednost indeksa na osnovu podatka o koncentraciji za posljednji sat;
  2. lebdeće čestice PM10 - vrijednost indeksa na osnovu podatka o koncentraciji za posljednja 24 sata;
  3. lebdeće čestice PM2.5 - vrijednost indeksa na osnovu podatka o koncentraciji za posljednjih 24 sata;
  4. ugljični monoksid (CO) - vrijednost indeksa na osnovu podatka o koncentraciji za posljednjih osam sati;
  5. ozon (O_3) - vrijednost indeksa na osnovu podatka o koncentraciji za posljednjih osam sati;
  6. azotni dioksid (NO2) - vrijednost indeksa na osnovu podatka o koncentraciji za posljednji sat.

- Proračunavanje brojčane vrijednosti Indeksa za svaki polutant se vrši po matematičkoj formuli, kako slijedi:

$$I= (IKZ_{max} - IKZ_{min}) : (KONC_{maks} - KONC_{min})*(C_i - KONC_{min})+IKZ_{min}$$

Gdje su: IKZ_{max} - gornja granična brojčana vrijednost kategorije Indeksa kojoj pripada izmjerena koncentracija polutanta;

IKZ_{min} - donja granična brojčana vrijednost kategorije Indeksa kojoj pripada izmjerena koncentracija polutanta;

$KONC_{maks}$ - gornja granična vrijednost koncentracije polutanta unutar kategorije Indeksa kojoj pripada izmjerena koncentracija polutanta;

$KONC_{min}$ - donja granična vrijednost koncentracije polutanta unutar kategorije Indeksa kojoj pripada izmjerena koncentracija polutanta;

C_i - vrijednost koncentracije polutanta (mikrograma po metru kubnom za lebdeće čestice, sumpordioksid, azotne okside i ozon; miligrama za ugljični monoksid). Ovo je jedina promjenjiva vrijednost u formuli.

Vrijednosti IKZ_{max} , IKZ_{min} , $KONC_{maks}$ i $KONC_{min}$ su nepromjenjive.

Kategorija	O3 ug/m3	PM2.5 ug/m3	PM10 ug/m3	CO mg/m3	SO2 ug/m3	NO2 ug/m3	IKZ	Klasa
dobar	0-120	0-15	0-50	0-5	0-125	0-100	0-50	1
umjeren	121-140	16-35	51-150	5.1-10.0	126-200	101-200	51-100	2
nezdrav za osjetljive grupe	141-176	36-55	151-250	10.1-14.4	201-500	201-700	101-150	3
nezdrav	176-210	56-150	251-350	14.5-18	501-800	701-1250	151-200	4
veoma nezdrav	210-400	151-250	351-424	18.1-35	801-1600	1251-2385	201-300	5
opasan	401-	251-800	425-900	35-60	1601-3000	2386-4000	301-400	6

Tabela 1: Vrijednosti graničnih koncentracija pojedinih polutanata unutar pripadajućih kategorija Indeksa



37

Sabina Hodžić
Federalni Hidrometeorološki zavod
Bardakčije 12, 71000 Sarajevo, BiH
sabina.hodzic@fhmzbih.gov.ba

Dženan Zulum
Federalni Hidrometeorološki zavod
Bardakčije 12, 71000 Sarajevo, BiH
dzenan.zulum@fhmzbih.gov.ba

Nedžad Voljevica
Federalni Hidrometeorološki zavod
Bardakčije 12, 71000 Sarajevo, BiH
nedzad.voljevica@fhmzbih.gov.ba

Almir Bijedić
Federalni Hidrometeorološki zavod
Bardakčije 12, 71000 Sarajevo, BiH
almir.bijedic@fhmzbih.gov.ba

Primjećene promjene klime u FBiH u periodu 1961.-2018. i mogući uticaj na kvalitet zraka

Observed climate change in the FBiH in the period 1961-2018. and possible impact on air quality

Sažetak: Primijećene klimatske promjene u Bosni i Hercegovini tokom perioda 1961.-2018. određene su godišnjim i sezonskim trendovima temperatura zraka (srednjom, srednjom minimalnom i srednjom maksimalnom temperaturom; indeksima temperaturnih ekstrema; zatim godišnjim i sezonskim količinama padavina i indeksima padavinskih ekstrema. Analizirale su se dnevne vrijednosti padavina i temperatura sa 5 stanica (Sarajevo, Mostar, Sanski Most, Tuzla, Livno) u Federaciji BiH. Prema podacima zabilježeno je statistički značajno povećanje temperatura, posebno maksimalnih. Tokom 50-godišnjeg perioda (1961.-2018.) godišnje količine padavina pokazuju veliku međugodišnju varijabilnost i doživljavaju prevladavajuće nesignfikantne trendove koji su opadajući u južnom dijelu zemljea a rastući na ostalim posmatranim stanicama. U dokumentu su dati rezultati regionalizacije tri klimatska scenarija za teritoriju Bosne i Hercegovine. U drugom dijelu smo iznijeli potencijalni uticaj klimatskih promjena na kvalitetu zraka u Bosni i Hercegovini.

Ključne riječi: *klimatske promjene, temperature zraka i padavine, temperaturni i padavinski indeksi, kvalitet zraka*

Abstract: Observed climate change in Bosnia and Herzegovina over the period 1961-2018 has been determined by trends in annual and seasonal mean air temperature, mean minimum and mean maximum temperature; and in indices of temperature extremes; then in precipitation amounts and precipitation indices. Daily precipitation and temperatures data from the period 1961-2018 from 5 stations (Sarajevo, Mostar, Sanski Most, Tuzla, Livno) over Federation of B&H are analysed. According to the data, statistically significant increase in the temperatures specially their mean maximum values have been observed. During the 50-year period (1961-2018) the annual precipitation amounts show large inter-annual variability and experienced prevailing insignificant trends that are decreasing in the southern part and increasing elsewhere.The paper presented also the results of the regionalization of three climate scenarios for the territory of Bosnia and Herzegovina and the potential impact of climate change on air quality in Bosnia and Herzegovina.

Key words: *climate changes, air and precipitation temperatures, temperature and precipitation indices, air quality*

Uvod

Klima na Zemlji se oduvijek mijenjala, no klimatske promjene koje su se u posljednje vrijeme znatno intenzivirale, izazvale su globalnu zabrinutost. Podaci pokazuju da se u proteklih 150 godina naša planeta neprestano zagrijava. Najbolji pokazatelj globalnog zagrijavanja je porast prosječne globalne temperature zraka od početka mjerenja do danas. Prema posljednjem saopštenju Svjetske meteorološke organizacije globalne prosječne temperature u 2019. godini su bile za 1,1 °C iznad vrijednosti zabilježenih u predindustrijskom periodu. Petogodišnji period 2015.-2019. kao i dekada 2010.-2019. najtopliji su od početka službenih mjerenja. (WMO, 2019). U prilog ovoj tvrdnji ide činjenica da je deset najtoplijih godina u istoriji mjerenja, na globalnom nivou, zabilježeno poslije 2000. godine.

Klimatske promjene bez dvojbe predstavljaju jednu od najvećih prijetnji čitavom čovječanstvu u 21. stoljeću zbog čega je neophodno hitno djelovati (IPCC, 2014). U Petom izvještaju IPCC iz 2015. godine navodi se da su od 1950. godine već zabilježene brojne promjene u klimatskom sistemu. „Atmosfera i okeani se zagrijavaju, koncentracije gasova sa efektom staklene bašte dostižu nove rekorde; svaka od zadnje tri dekade je bila sukcesivno toplija na Zemljinoj površini od bilo koje prethodne dekade od 1850. godine, količina snijega i leda je u opadanju što dovodi do stalnog povećanja razine mora". Sve te promjene gotovo se sigurno mogu pripisati ljudskim aktivnostima, osobito kad je riječ o emisijama stakleničkih gasova, prije svega sagorijevanje fosilnih goriva, promjene u načinu korištenja zemljišta, krčenje šuma itd..

Bosna i Hercegovina je osjetljiva na klimatske promjene prije svega zbog svog geografskog položaja. Ograničeni kapaciteti za prilagođavanje dodatno pogoršavaju negativni uticaj klimatskih promjena, osobito na ekonomski najvažnije i najranjivije sektore poljoprivrede i šumarstva. To je posebno naglašeno u Nacionalnim izvještajima Bosne i Hercegovine o klimatskim promjenama prema Okvirnoj konvenciji o promjeni klime.

Kako bi se što bolje prilagodili nadolazećim promjenama, potrebno je razumjeti koliko se klima do sada promijenila, te šta su predviđanja klime koje će se dogoditi u bliskoj budućnosti, što će biti i tema ovoga rada.

1. Podaci i metod rada

Za analizu i procjenu trendova ponašanja klimatskih parametara u razmatranje su uzete dnevne vrijednosti temperature zraka i padavina za duži vremenski period 1961.-2018. godina na meteorološkim stanicama na području Federacije Bosne i Hercegovine (Sarajevo, Mostar, Sanski Most, Tuzla, Livno) koje reprezentuju odgovarajuće klimatske regione na prostoru BiH. Prije poduzimanja bilo kakvih dugoročnih analiza promjena u klimi izvršena je kontrola kvaliteta serija osnovnih podataka prema preporukama WMO-a, te je obezbjeđena potpunost i kontinuitet vremenske serije posmatranih podataka.

Sveobuhvatna analiza raspoloživih nizova pokazala je visok stepen homogenosti podataka za padavine, dok su podaci za temperature (srednje godišnje, srednje maksimalne i minimalne godišnje) nehomogeni. Testiranje nizova rađeno je uz pomoć alata XLSTAT na bazi Excel-a, a testovi koji su korišteni iz paketa Homogenity tests su Pettitt's test, SNHT, Buishand's test i von Neumann's test.

Analizirani su linearni trendovi godišnjih i sezonskih vrijednosti temperatura zraka i količine padavina za cijeli niz (1961-2018) koje definišemo po klimatološkim sezonama: proljeće (MAM), ljeto (JJA), jesen (SON) i zima (DJF). Analizirani su i indeksi temperaturnih i padavinskih ekstrema prema definicijama koju je dao Ekspertni tim za detekciju klimatskih promjena i indekse (ETCCDI), Komisija za klimatologiju (WMO/CCl) i Svjetski klimatski istraživački program, Klimatska varijabilnost i prognoze (WCRP/CLIVAR). (WCDMP-No 72 WMO-TD No 1500)

Prilikom računanja temperaturnih i padavinskih indeksa, vodilo se računa da vremenske serije podataka ne bi trebale sadržati više od 10% nedostajućih podataka tokom godine, ili sezone kao i to da serije sa više od 20% nedostajućih podataka budu isključene iz analize (Klein Tank and Konnen, 2003).

Indeksi su bazirani na apsolutnim pragovima i na percentilima. Ovi prvi referišu se na broj dana sa specifičnim apsolutnim pragovima dok je druga kategorija indeksa bazirana na percentilima.

Vremenske promjene (trendovi) ocijenjeni su prema raspoloživom dužem periodu, od 1961. do 2018. godine. Trend, po sezonama i za godinu je ocijenjen metodom linearne regresije, a statistička značajnost trenda (na razini od 5%) je ocijenjena pomoću Mann-Kendallovog rang testa.

U ovom radu korišteni su rezultati analiza i modeliranja koje su urađene za potrebe Trećeg nacionalnog izvještaja Bosne i Hercegovine. Analize su zasnovane na tri klimatska scenarija urađena sa dva različita regionalna modela, nehidrostatičkim regionalnim modelom NMMB i povezanim hidrostatičkim regionalnim modelom EBU-POM. Horizontalna rezolucija modela NMMB iznosila je 8 km, a rezolucija EBU-POM modela 25 km. Referentni period je 1970.-2000. dok su integracije buduće klime pokrivale period 2011.-2100. (TNC)

2. Osmotrene promjene klime

Osmotrene promjene temperatura zraka

Opažene promjene klime u Bosni i Hercegovini manifestiraju se prije svega u evidentnoj promjeni temperature zraka tj. porastu temperature zraka, srednje, srednje maksimalne i srednje minimalne temperature zraka, ali i promjenama u padavinskom režimu. Temperaturne prilike na području Federacije Bosne i Hercegovine prikazane su analizom sezonskih i godišnjih vrijednosti srednje (t-sred), srednje minimalne (t-min) i srednje maksimalne (t-max) temperature zraka te srednjim vrijednostima temperaturnih indeksa ekstrema, prema podacima iz referentnog perioda (1961.-1990.), a vremenske promjene ispitane su prema periodu (1961.-2018.).

U Tabeli 1. date su vrijednosti trenda temperature zraka po sezonama i za godinu, izraženi u °C na deset godina. Prema rezultatima, evidentno je zatopljavanje, kako na godišnjem tako i na sezonskom nivou. Trendovi godišnje temperature zraka su pozitivni i statistički značajni, a promjene su izraženije u dijelu sa kontinentalnom klimom nego na jugu sa mediteranskom klimom. (FNC 2003).

PERIOD 1961.-2018.						
Trend promjene °C na deset godina						
Stanica	**ZIMA**	**PROLJEĆE**	**LJETO**	**JESEN**	**VEGETACIJA**	**GODINA**
SARAJEVO	0,3	0,3	0,5	0,2	0,4	0,3
MOSTAR	0,2	0,3	0,5	0,1	0,4	0,3
TUZLA	0,4	0,3	0,5	0,2	0,4	0,3
SANSKI MOST	0,4	0,3	0,5	0,1	0,4	0,3
LIVNO	0,3	0,3	0,6	0,2	0,4	0,3

Tabela 1: Vrijednosti trenda temperature zraka po sezonama i za godinu, izraženi u °C na deset godina

Kada govorimo o sezonskim trendovima, trendovi za ljeto (0,4°C do 0,6°C) su dali najveći doprinos ukupnom pozitivnom trendu temperature zraka. Trend za zimu je od 0,1°C do 0,4°C, a za proljeće od 0,2°C do 0,3°C na deset godina.

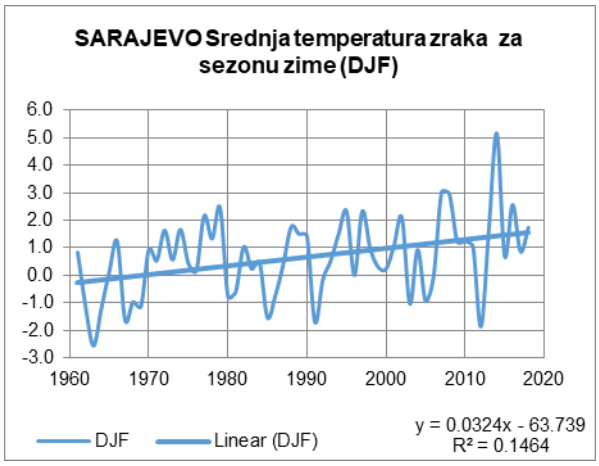
PERIOD 1961.-2018.										
Trend promjene °C na deset godina										
	Srednja godišnja maksimalna temperatura zraka					Srednja godišnja minimalna temperatura zraka				
Stanica	**DJF**	**MAM**	**JJA**	**SON**	**GOD**	**DJF**	**MAM**	**JJA**	**SON**	**GOD**
SARAJEVO	0,4	0,4	0,7	0,2	0,4	0,4	0,3	0,5	0,2	0,3
MOSTAR	0,3	0,4	0,6	0,1	0,4	0,2	0,3	0,5	0,2	0,3
TUZLA	0,5	0,5	0,6	0,3	0,5	0,3	0,2	0,4	0,2	0,3
SANSKI MOST	0,5	0,4	0,6	0,1	0,4	0,4	0,3	0,5	0,2	0,3
LIVNO	0,4	0,5	0,8	0,3	0,5	0,2	0,2	0,4	0,2	0,3

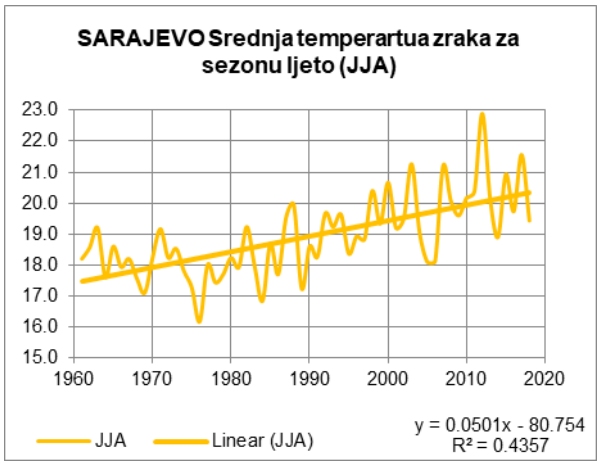
Tabela 2: Vrijednosti trenda srednje godišnje maksimalne i minimalne temperature zraka po sezonama i za godinu, izraženi u °C na deset godina

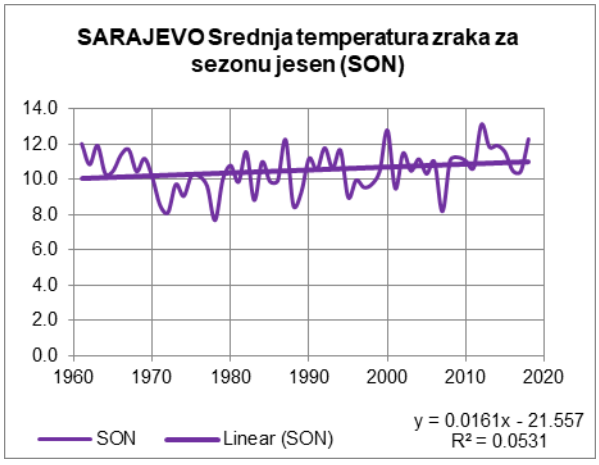
Srednja godišnja maksimalna temperatura zraka bilježi najveći porast vrijednosti za period 1961.-2018. uz trend od 0,4°C do 0,6°C po dekadi. Porastu temperature su najviše doprinijeli sezona ljeta uz trend od 0,4°C do 0,8°, kao i proljeće i zima sa trendom od 0,5°C, dok je najmanji trend za sezonu jesen 0,3°C.

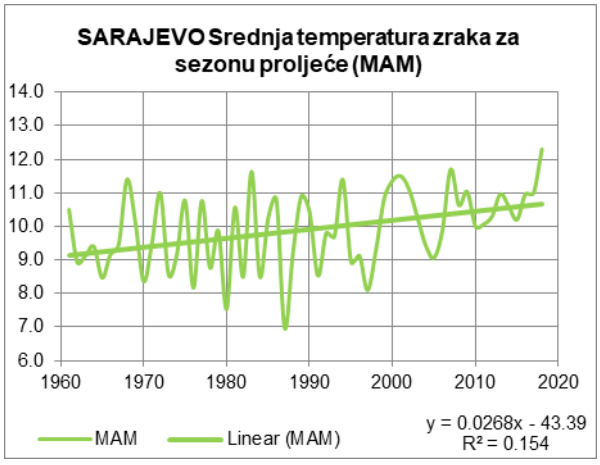
Srednja godišnja minimalna temperatura zraka za period 1961.-2018. ima trend porasta od 0,3°C na 10 godina. Gledajući sezonski, najveći porast minimalnih temperature je u sezoni ljeto i zima koje najviše doprinose porastu godišnjeg trenda sa vrijednostima od 0,2°C do 0,5°C na 10 godina.

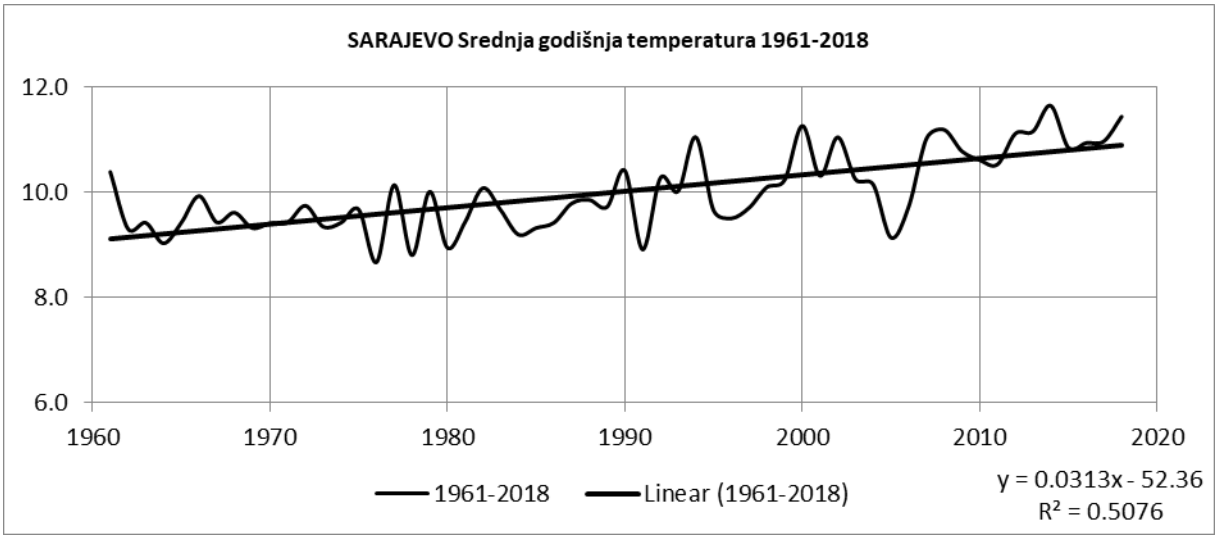
U nastavku je dan grafički prikaz niza srednje temperature zraka po sezonama i za godinu za meteorološku stanicu Sarajevo-Bjelave, za period 1961. –2018. uz pripadajući linearni trend.



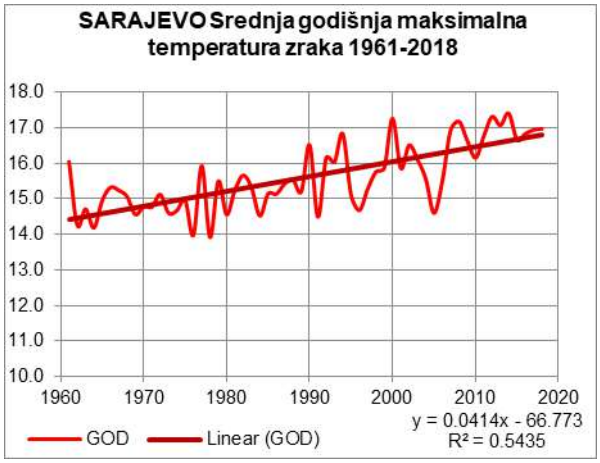


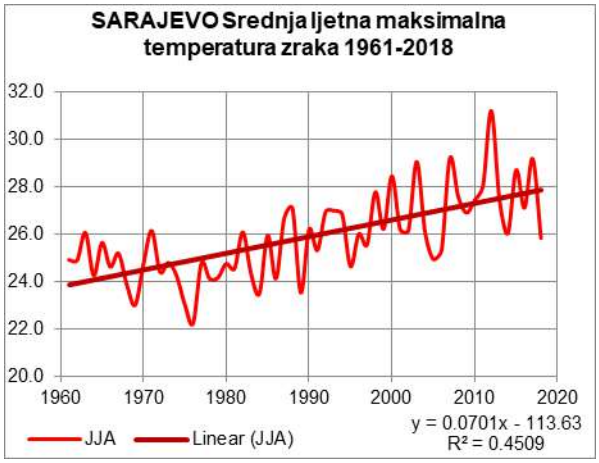




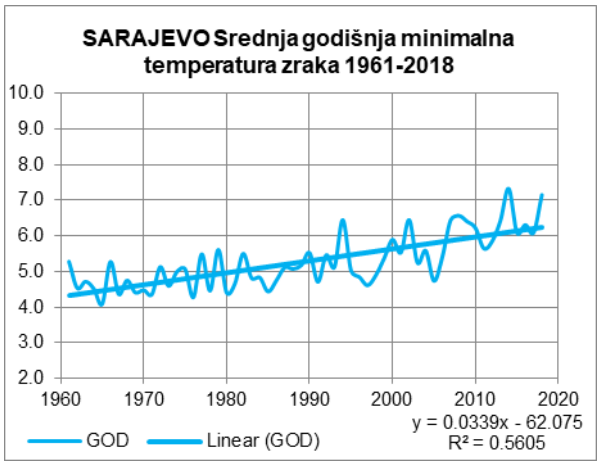


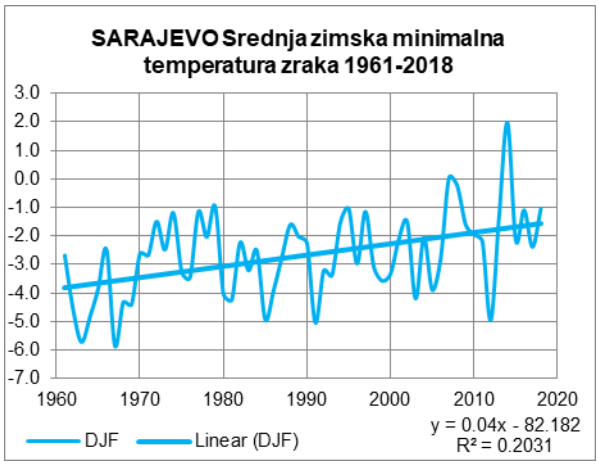
Slika 1. Niz srednje sezonske (DJF - zima, MAM -proljeće, JJA-ljeto, SON-jesen) i godišnje (God) srednje temperature zraka za Sarajevo, period 1961-2018. uz pripadajući trend.





Slika 2. Niz srednje sezonske (JJA - ljeto) i godišnje (GOD) maksimalne temperature zraka za stanicu Sarajevo, za period 1961. – 2018. uz pripadajući trend





Slika 3. Niz srednje sezonske (DJF - zima) i godišnje (GOD) minimalne temperature zraka za stanicu Sarajevo, za period 1961. – 2018. uz pripadajući trend

Osmotrene promjene padavina

Globalne analize klimatskih promjena vezano za padavine u Evropi pokazuju trend smanjenja količina padavina na jugu, odnosno na području Mediterana i povećanje suma padavina na području sjeverne Evrope. (Giorgi 2005, Milly et al. 2005, IPCC 2007).

Vrijednosti godišnjih količina padavina pokazuju veliku međugodišnju varijabilnost, pa su za izravnavanje krive korišteni 10-godišnji klizni srednjaci. Sa grafikona se može vidjeti da se na svim analiziranim stanicama mogu izdvojiti manje ili više izraženi periodi sa višom i periodi sa nešto nižom godišnjom količinom padavina. Naročito se ističe period sa padom količina padavina od 1980.–2000. godine sa minimumom početkom 90-ih godina.

Kada govorimo o količinama padavina u periodu 1961.–2018., možemo konstatovati da prosječne godišnje sume padavina nisu pretrpjele značajnije izmjene u poređenju sa referentnim nizom 1961.–1990. godina. Primjetno je blago povećanje godišnjih suma padavina u periodu 1991.–2018. godina, uz nepovoljan unutar godišnji raspored padavina.

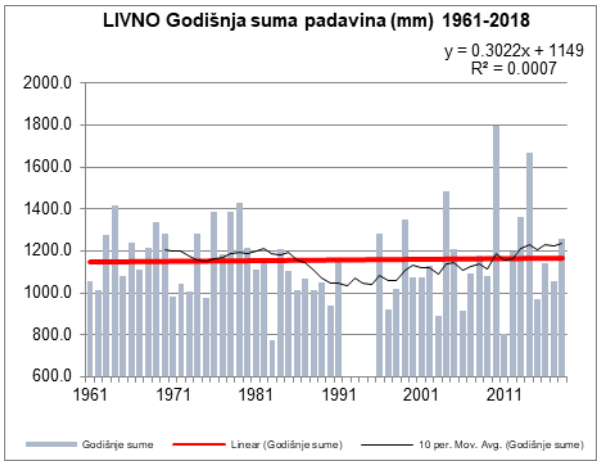
Rezultati analize trenda padavina nam govore da period 1961.–2018. godina izuzev na MS Mostar, karakteriše neznatno povećanje količine padavina na godišnjem nivou na većem dijelu teritorije Federacije Bosne i Hercegovine. Nesignifikantni pozitivni linearni trendovi za višegodišnji period 1961.–2018. upućuju na stagnaciju ili neznatan porast količine padavina dok je u Mostaru godišnji trend padavina negativan, pri čemu je količina padavina smanjena za 25 mm na 10 godina, što bi se moglo tumačiti blizinom, odnosno uticajem, Mediterana gdje je smanjenje količine padavina dosta izraženo (Filipčić i ostali, 2013.).

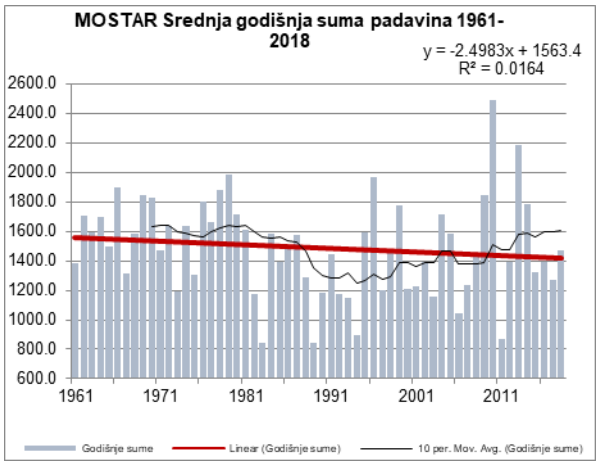
PERIOD	Sarajevo	Livno	Mostar	Sanski Most	Tuzla
DJF	-2,4	5,6	-14,2	2,5	-3,9
MAM	6,1	8,1	-4,0	1,8	9,0
JJA	-3,5	-9,5	-6,4	-5,5	-4,7
SON	3,7	-1,7	-0,4	3,8	5,2
GODINA	3,8	3,0	-25,0	8,0	8,5

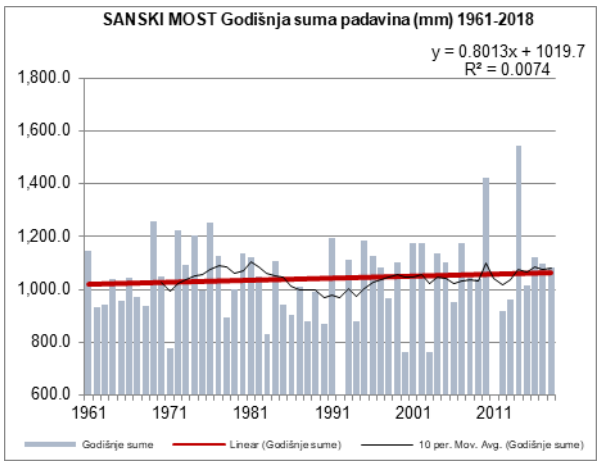
Tabela 3: Sezonski i godišnji promjena padavina (mm) za 1961.-2018. godinu

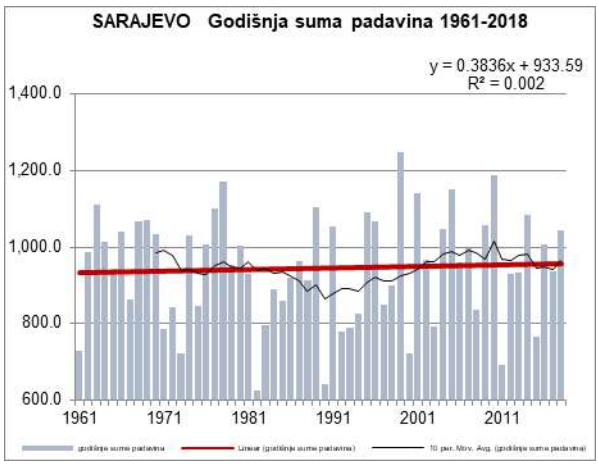
Promjene u količini padavina izraženije su po sezonama nego na godišnjem nivou. Tokom ljeta trend je negativan, što je naročito izraženo na jugu zemlje. U sezoni proljeća trend je različit, negativan u planinskim dijelovima Bosne i u Hecegovini, a u ostatku zemlje pozitivan. Tokom zime imamo trend porasta padavina na sjeverozapadu i jugozapadu, dok je u Mostaru uočeno izraženije smanjenje padavina (14,2mm /10 godina). U centralnim dijelovima trend se kreće od -2,4 do 0,5. U jesen, je uočen trend povećanja količine padavina u svim dijelovima FBIH, izuzev juga i jugozapada zemlje.

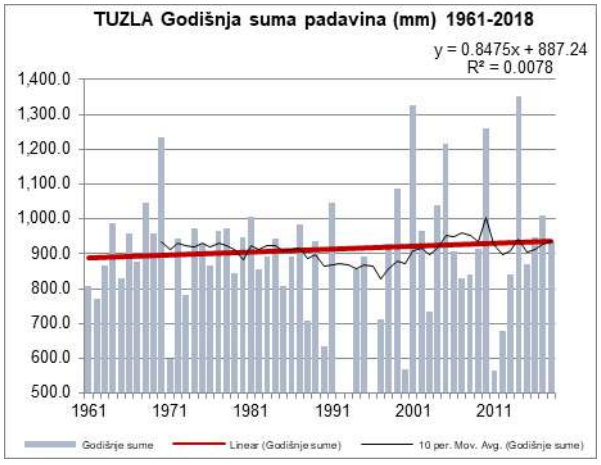
Izražena promjena godišnjeg rasporeda padavina uz povećanje temperature jedan je od ključnih faktora koji uvjetuju češće i intenzivnije pojave suše i poplava na teritoriji Bosne i Hercegovine.

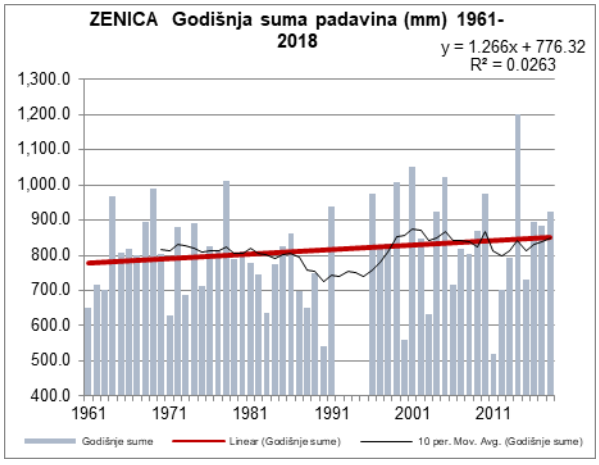












Indeksi temperaturnih ekstrema

Što se tiče indeksa temperaturnih ekstrema također je uočeno zatopljavanje.

Rezultati indeksa temperaturnih ekstrema (definisanih u Tabeli 2.) ukazuju na statistički značajan pozitivan trend toplih indeksa temperaturnih ekstrema na godišnjem nivou, tj. porast broja toplih dana (SU25, TX90P) te toplih (TN90P) i tropskih (TR20) noći kao i produžavanje toplih perioda (WSDI). Najveći doprinos rezultatima značajnog trenda na godišnjem nivou dolazi od proljeća (MAM) i ljeta (JJA), kada je uočen značajan porast toplih indeksa. Porast broja toplih dana se kreće od 7 dana na 10 godina u Livnu i Tuzli do 4 dana na 10 godina u Mostaru.

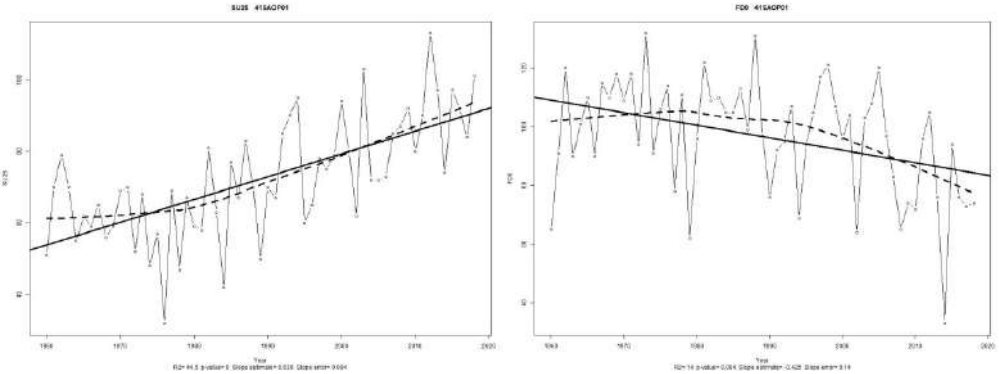
Indeks (kratica; jedinica)	Definicija indeksa	Mostar	Sarajevo	Sanski Most	Tuzla	Livno
SU25 (dani)	Broj dana s maksimalnom dnevnom temperaturom zraka > 25°C	0.4	0.6	0.6	0.7	0.7
FD0 (dani)	Broj dana s minimalnom dnevnom temperaturom zraka < 0°C	-0.2	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3
TN10P (%)	Postotak dana s minimalnom dnevnom temperaturom zraka < 10-tog percentila za kalendarski dan u referentnom razdoblju	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
TN90P (%)	Postotak dana s minimalnom dnevnom temperaturom zraka > 90-tog percentila minimalne temperature zraka za kalendarski dan u referentnom razdoblju	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2
TX10P (%)	Postotak dana s maksimalnom dnevnom temperaturom zraka < 10-tog percentila maksimalne temperature zraka za kalendarski dan u referentnom razdoblju	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
TX90P (%)	Postotak dana s maksimalnom dnevnom temperaturom zraka > 90-tog percentila maksimalne temperature zraka za kalendarski dan u referentnom razdoblju	0.3	0,3	0,2	0,3	0,4
WSDI (dani)	Broj dana u razdobljima od najmanje 6 uzastopnih dana s maksimalnom temperaturom zraka > 90-tog percentila maksimalne temperature zraka za kalendarski dan u referentnom razdoblju	0.7	0.6	0.4	0.5	0.8
TR20 (dani)	Broj dana s minimalnom temperaturom zraka > 20°C	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabela 3: Vrijednosti trenda (po dekadi) u periodu 1961.-2018., za stanice u FBiH

Što se tiče hladnih temperaturnih ekstrema prisutan je značajan negativan trend odnosno smanjenje broja hladnih dana (FD0 i TX10P) i hladnih noći (TN10P). Smanjenje broja hladnih noći uočava se i u zimskim mjesecima (DJF). U centralnim planinskim područjima broj hladnih dana smanjen je za 5 dana na 10 godina, dok je na jugu zemlje smanjenje nešto manje i kreće se 2 dana na 10 godina.

Broj hladnih noći (Tn10%) i hladnih dana (Tx10%) ima negativan trend, ali ne značajan i na svim stanicama se smanjuje za 1 do 2 dana na 10 godina. Broj toplih noći (Tn90%) i toplih dana (Tx90%) imaju statistički značajan pozitivan trend i rastu od 2 do 4 dana na 10 godina.

Analiza indeksa temperaturnih ekstrema potvrđuje sve veću učestalost ekstremnih maksimalnih temperatura dok je učestalost ekstrema minimalnih temperatura manja. To svakako doprinosi pomenutom pozitivnom trendu srednjih temperatura zraka kako na godišnjem nivou tako i po sezonama.



Graf.1. grafički prikaz temperaturnih indeksa a.) SU25- (broj dana s maksimalnom dnevnom temperaturom zraka > 25° b.) FD-broj dana s minimalnom dnevnom temperaturom zraka < 0°C

Indeksi padavinskih ekstrema

Indeks (kratica; jedinica)	Definicija indeksa	Mostar		Livno	Sanski Most	Tuzla
DD (dani)	Suhi dani (Broj dana sa dnevnom količinom padavina Rd<1,0 mm)	0,2043	0,0566	0,0604	0,1862	0,0482
SDII (mm/dan)	Standardni dnevni intenzitet padavina (godišnja količina padavina/godišnji broj padavinskih dana (Rd≥1,0 mm)	0,011	0,008	0,013	0,019	0,012
Rx1d (mm)	Najveća 1-dnevna količina padavina (Najveća količina padavina u 1-dnevnim intervalima)	0,243	0,088	0,222	-0,047	0,118
Rx5d (mm)	Najveća 5-dnevna količina padavina (Najveća količina padavina u 5-dnevnim intervalima)	0,108	0,096	0,121	0,06	0,449
R10mm (dani)	Godišnji broj dana sa dnevnim padavinama ≥10,0	-0,069	0,034	-0,007	0,029	0,012
R20 mm (dani)	Godišnji broj dana sa dnevnim padavinama ≥20,0	-0,075	0,023	0,005	-0,016	0,04
R95p (mm)	Ukupne godišnje padavine kada su veće od 95‰	0,476	-0,295	0,655	0,973	1,172
R99P (mm)	Ukupne godišnje padavine kada su veće od 99‰	1,727	0,364	0,81	0,376	0,943

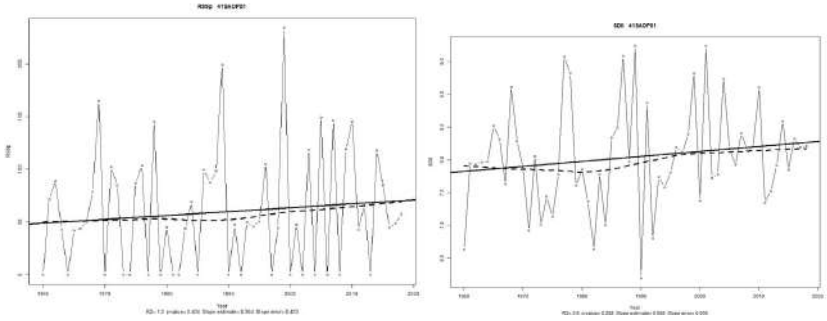
Tabela 4: Vrijednosti trenda (po dekadi) u periodu 1961.-2018., za stanice u FBiH.

Godišnji broj suhih dana (broj dana sa dnevnom količinom padavina Rd<1,0 mm) za referentni period 1961.-1990. varira u rasponu od 227 dana u Sanskom Mostu do 291 u Mostaru. U periodu 1961.- 2018. godine uočena je tendencija porasta godišnjeg broja suhih dana (1 do 2 dana) na svim analiziranim stanicama u FBiH. U ljetnoj sezoni (JJA), primjećen je porast broja suhih dana, također, na svim analiziranim stanicama. U proljeće (MAM) trend je pozitivan na svim stanicama izuzev Sarajeva, dok u jesen (SON) rastući trend suhih dana nije uočen samo na MS Tuzla i Livno.

Odnos godišnje količine padavina i godišnjeg broja padavinskih dana Rd>1,0 mm koji je dat indeksom SDII, pokazuje pozitivan trend na svim analiziranim stanicama, što ide u prilog tvrdnji da je narušen padavinski režim i da je intezitet padavina pojačan.

Promjene godišnjih ekstrema padavina prikazane su sa vrijednostima maksimalnih 1-dnevnih količina (Rx1d) i maksimalnih 5-dnevnih količina (Rx5d). Godišnji trend za indekse Rx1d i Rx5d je slab i pozitivan na svim analiziranim stanicama izuzev Sanskog Mosta gdje je Rx1d negativan (Rx1d=-0,047).

Indeksi R95p i R99p imaju pozitivan trend na svim posmatranim stanicama, izuzev Sarajeva gdje je vrijednost indeksa R95p negativna i iznosi -0,295. Ovo ukazuje na porast vrlo vlažnih i ekstremno vlažnih dana, potvrđujući tezu da je povećan intenzitet i učestalost ekstremnih padavina.



Graf.2. grafički prikaz padavinskih indeksa a.) R99p- (Ukupne godišnje padavine kada su veće od 99‰ b.) SDII - Standardni dnevni intenzitet padavina (godišnja količina padavina/godišnji broj padavinskih dana (Rd≥1,0 mm)

Predviđene klimatske promjene

Za izradu ovog izvještaja korišteni su rezultati regionalizacije tri klimatska scenarija za teritoriju Bosne i Hercegovine, urađena sa dva različita regionalna modela, nehidrostatičkim regionalnim modelom NMMB i povezanim hidrostatičkim regionalnim modelom EBU-POM. U razmatranje je uzet porast srednjih godišnjih temperatura, količina padavina za tri vremenska perioda, 2011-2040, 2041-2070. i 2071-2100. i tri razmatrana scenarija RCP8.5, A2 i A1B. (TNC 2016).

Horizontalna rezolucija modela NMMB iznosila je 8 km, a rezolucija EBU-POM modela 25 km. Za referentni period izabrano je razdoblje 1970-2000. dok su integracije buduće klime pokrivale period 2011-2100.

Kako je navedeno u III Nacionalnom izvještaju Bosne i Hercegovine prema UNFCCC, prema scenariju RCP8.5 za period 2011-2040 na godišnjem nivou, očekuje se dominantna promjena ili povećanje padavina od +5%, za period 2041-2070. najveći dio ima smanjenje do -10%, a period 2071-2100 dominantna je promjena od -10% do -20%. Kada je riječ o promjeni srednjih godišnjih temperatura, scenarij RCP8.5 za period 2011-2040 pokazuje promjenu ili povećanje od 1,8 -2,0°C. Isti scenarij za period 2041-2070 godina pokazuje povećanje od 3,2 - 3,4°C, dok ovo povećanje u periodu 2071-2100 iznosi 5,6-5,8°C.

Prema scenariju A2 za period 2011-2040 na godišnjem nivou, uočava se uglavnom pozitivna promjena +5%. U scenariju za 2041-2070 godinu, smanjenje padavina kreće se do -10%, dok u scenariju za period 2071-2100 iznosi između -10% i -20%.

Prema ovom scenariju, temperatura se u periodu 2011-2040 godina povećava za 0,8-1,0°C, u periodu 2041-2070 za 2,0-2,2°C, a u periodu 2071-2100 4,0-4,2°C.

Prema scenariju A1B za period 2011-2040 na godišnjem nivou, promjena padavina kreće se od -5% do -10%. U području visokih Dinarida dominira promjena od -5% do -10%, a u dijelu koji gravitira jugu promjena od -10% do -20%. Slična situacija je i u scenariju za 2041-2070 godinu. U scenariju 2071-2100 na cijelom području BiH promjena padavina je negativna i kreće se od -5% do -10%.

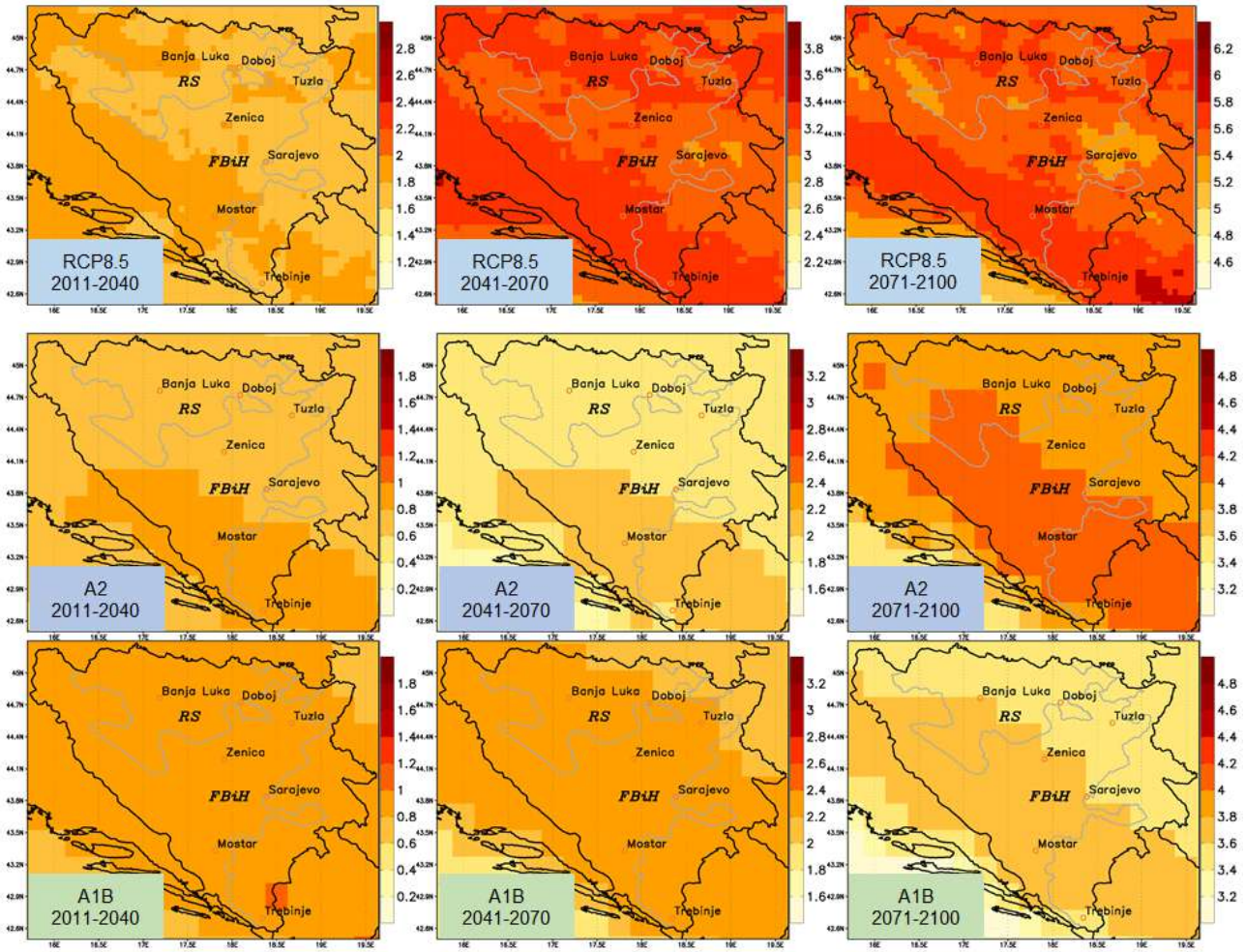
Temperatura se u periodu 2011-2040 godina, prema scenariju A1B povećava za 0,8-1°C, u periodu 2041-2070 godina za 2,2-2,4°C, a u periodu 2071-2100 za 3,6-3,8°C. (TNC 2016).

Kao što se vidi iz budućih klimatskih scenarija, na prostoru Bosne i Hercegovine u skorijoj budućnosti (2011. – 2040.) možemo očekivati nastavak trenda zatopljenja. Padavine ne pokazuju drastične promjene (do + /- 5%). Prema sredini stoljeća (2041.2070), porast temperatura će biti izraženiji, dok se kod padavina očekuje izraženija promjena u smislu smanjenja padavina, naročito u sezoni ljeta (-10 do -20%). Ovo će usloviti i promjene u pojavljivanju ekstrema, njihove učestalosti i intenziteta.

Klimatski scenariji do kraja 21. stoljeća predviđaju da će zagrijavanje biti povezano sa sve češćim i intenzivnijim sušnim periodima, dugotrajnim toplotnim valovima, izraženijim u južnoj i jugoistočnoj Europi. Veći intenzitet kišnih događaja povećati će vjerojatnoću za pojavu poplava, pojavu munja, dok će se sa pojavom toplotnih valova i suša povećati rizik od požara i dezertifikacije, posebno u području Mediterana.

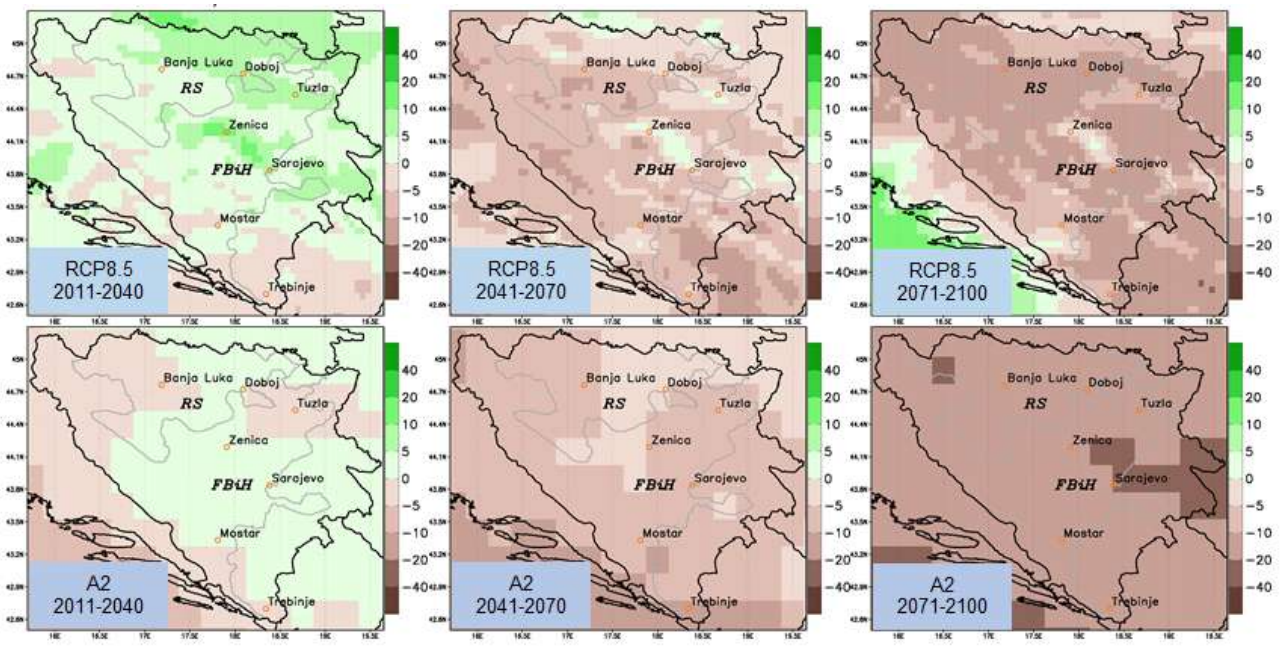
Buduće promjene temperature na nivou Bosne i Hercegovine

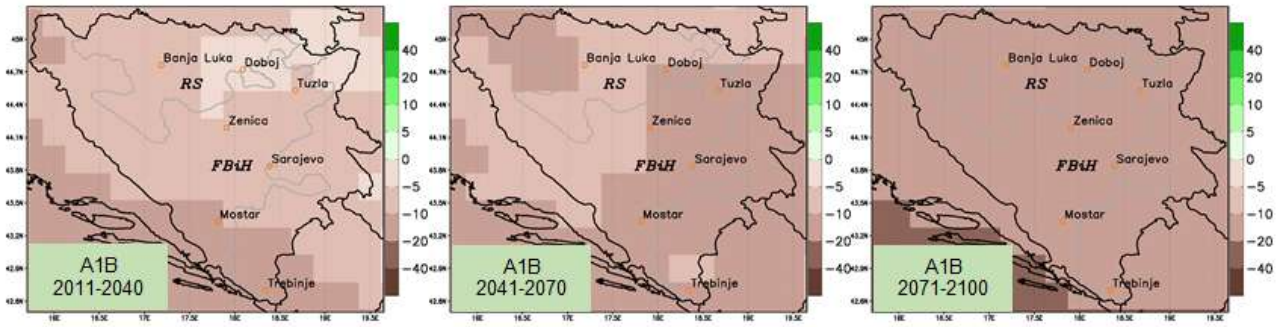
Promjena godišnjih temperatura za scenarije RCP8.5, A2 i A1B, za buduće periode 2011-2040, 2041-2070 i 2071-2100 u odnosu na referentni period 1971-2000.



Buduće promjene padavina na nivou Bosne i Hercegovine

Promjena srednjih godišnjih akumuliranih padavina u %, za periode 2011.-2040., 2041.-2070. i 2071.-2100. u odnosu na period 1971.-2000., prema scenariju buduće klime RCP8.5, A2 i A1B.





Mogući uticaji klimatskih promjena na kvalitet zraka

Klimatske promjene utiču na sva područja Europe te imaju širok spektar uticaja na društvo, ekosisteme i ljudsko zdravlje. U urbanim područjima, klimatske promjene vrlo vjerojatno će uticati na stepen zagađenja zraka jer raspršivanje zagađujućih tvari u zraku, poput ozona i lebdećih čestica, dijelom ovisi i o lokalnim obrascima temperatura, strujanja vjetra, sunčevog zračenja i padavina. Primjetno je povećanje prosječne temperature, učestaliji toplotni udari, pojave munja, oluja, dužih perioda mirovanja zraka, promjene režima i količine padavina.

Povećanje prosječne temperature zraka i sve učestaliji toplinski udari za posljedicu imaju:

- topljenje lednika i povećanje razine mora;
- povećanje broja munja;
- povećan intenzitet i učestalost oluja;
- moguće povećanje perioda mirovanja zraka;
- povećan broj i intenzitet šumskih požara;
- devastaciju tla;

Topljenjem leda usljed povećanja prosječne temperature zraka i mora dolazi do oslobađanja jednog od najsnažnijih stakleničkih plinova metana (CH_4), koji se emitira iz otpoljenog dijela kopnene mase morskog dna. Takođe, u toplijim uslovima, ugljik se oslobađa truljenjem biomase i to u obliku ugljičnog dioksida ili metana.

Obzirom na životni vijek metana od 12 godina, dovoljno je dug period da se plin prenese u druga područja. Dalje, metan doprinosi stvaranju prizemnog ozona koji pogađa ljudsko zdravlje i okoliš u Europi. Imajući u vidu životni vijek metana i njegov uticaj na stvaranje prizemnog ozona, opravdano se postavlja pitanja koliki je mogući uticaj na kvalitetu zraka, odnosno da li se radi o lokalnom ili globalnom problemu.

Klimatske promjene, odnosno povećanje prosječne temperature zraka, vruće, suho i vjetrovito vrijeme, direktno utiču na povećan broj, intenzitet, brzinu širenja i dužinu trajanja sezone požara. Ne smijemo zanemariti ni uticaj povećanja temperature na „zdravlje“ šuma, pojavu bolesti i sušenje šuma.

Što je toplije, to je više munja koje uzrokuju nastajanje požara. S promjenom režima padavina, drveća i grmovi, kojima nedostaje vode, puštaju korijenje dublje u tlo kako bi hranile svoje lišće i iglice, a što smanjuje vlažnost tla koja bi mogla usporiti širenje šumskih požara.

Izgaranjem drveta dolazi do direktnih emisija zagađujućih materija u zrak i porasta koncentracije CO_2 i lebdećih čestica u atmosferu. Primjer zadnjih požara u Brazilu i Australiji dovoljno govore o razmjerama i mogućim uticajima požara. Posljedice po Australiju su ogromne, ali dim iz Australije je

stigao do Brazila. Zasigurno trebat ćemo mnogo vremena da procjenimo štete samo ova dva požara na kvalitetu zraka.

Indirektno, poslije požara veoma često na opožarenim područjima usljed promjene „lokalnih" uslova dolazi i do promjne vrste vegetacije. Kako su šume praktično skladišta CO_2, sadrže 45% ugljika na Zemlji i upijaju 25% emisija stakleničkinh plinova, procjeniti uticaj na klimatske promjene je veoma teško, ali značajno.

Kada sve navedeno gledamo u svjetlu promjene režima i intenziteta padavina i sve učestalijom pojavom jakih i orkanskih vjetrova postoji realna opasnost od degradacije tla.

Međutim, nisu požari jedini razlozi degradacije tla. Usljed dugotrajnih toplinskih valova, suša i nedostatka vode dolazi do isušivanja tla koji uz aktivnosti vjetrovima pospješuju degradaciju tla.

Poplave, nastale usljed jakih padavina, pogotovo u kratkom periodu i nakon dužih toplinskih valova ili suša imaju sličan efekat. Vrše eroziju tla u gornjim tokovma i taloženje u donjim tokovima potoka i rijeka. Uz očekivano opadanje nivoa rijeka i pojačano dejstvo vjetra imamo dodatnu degradaciju tla i raznošenje čestica tla u zraku.

Povećanjem koncentracija čestica tla u zraku direkno se narušava kvaliteta zraka, međutim postavlja se opravdano pitanje da li taj problem lokalni ili će prerasti u globalni. Dokaz daljinskog transporta čestica tla su i kiše sa saharskim pjeskom.

Uz degradaciju tla ide i gubitak biološke raznolikosti i narušavanje ekosistema čije su posljedice nesagledive i teško procjenjive.

Više sunčeve svjetlosti i više temperature zraka mogli bi produžiti vremenska razdoblja povišenog ozona ili pogoršati koncentracije visokog ozona. Ovo zasigurno nisu dobre vijesti za južnu Europu koja se već bori s epizodama povišenog prizemnog ozona.

Kao jedna od mogućih posljedica klimatskih promjena je povećan period stabilnih meteoroloških prilika koji uzrokuju duže vremenske periode mirovanja zraka, što za posljedicu ima smanjenu provjetrenost urbanih područja i pogoršanje kvalitete zraka uključujući uništavanje ozona i stvaranje oblaka. Ne postoji dokaz ovoj tvrdnji, međutim ovakve pojave se već događaju. Januar ove godine je primjer. Indikativno je da to nije ni lokalni problem BiH, već mnogo širi. Povećane koncentracije zagađujućih materija u zraku su registrirane na cijelom području Balkana i dijela Italije. Zasigurno učestalije i dugotrajnije pojave stabilnog vremena u zimskom periodu dovešće do pogoršanja stanja kvalitete zraka kako u BiH, tako i u regiji.

Uz puno uvažavanje gore navedenih direktnih uticaja klimatskih promjena na stanje kvalitete zraka, kao najveći indirektni uticaj nameću se migracije stanovništva uzrokovane klimatskim promjenama.

Primarni problem klimatskih promjena su kako obezbjediti pitku vodu, hranu i kako očuvati zdravlje ljudi (spriječiti pojavu zaraznih i drugih bolesti). Svi klimatski scnariji govore da će se smanjiti prostor snošljiv za život ljudi. Štete na infrastrukturnim objektima će biti nadoknadive i u drugom planu.

Ono sa čime ćemo se morati suočiti je migracija stanovništva u potrazi za boljim uslovima za život, vodom i hranom. Koncentracija stanovništva na malom prostoru, dovešće do značajnog pogoršanja kvalitete zraka. Kao prvi zahtjev javiće se povećane potrebe za proizvodnjom energije za povećanu industriju i poljoprivredu i zagrijavanja prostora. Povećan broj stanovnika zahtjeva i povećanje transporta globalno (stanovništva, roba, otpada...). Ne smijemo zamenariti ni povećanje količine otpada, povećanje postojećih i izgradnja novih deponija.

Rezultat svih aktivnosti je povećanje emisija i koncentracije zagađujućih materija u zraku koje su u ovom trenutku ne možemo procjeniti.

Međutim, uticaj klimatskih promjena na zrak ne možemo i ne smijemo pomatrati jednosmjerno. Veoma je značajan i uticaj kvalitete zraka na klimatske promjene. Mnogi plinovi koji utiču na klimatske

promjene su ujedno i svakodnevni zagađivači zraka.

O uticaju emisija uzrokovanih ljudskim faktorom neće biti govora. Međutim, emisije stakleničkih plinova nastalih topljenjem lednika utiču na klimatske promjene i od brzine topljenja lednika zavisiće i njihov uticaj.

Ako posmatramo lebdeće čestice u zraku, u zavisnosti od svog hemijskog sastava, mogu imati uticaja na količinu Sunčeve energije koju Zemlja zadržava, odnosno na količinu koju Zemlja emitira. Praktično, zavisi o boji čestice: „bijele" čestice teže reflektirati Sunčevu svjetlost, dok „crne" i „smeđe" čestice teže upijanju iste. Ako u lebdećim česticama preovladava „crni ugljen" koji nastaje nepotpunim sagorjevanjem goriva, upija sunčevo i infracrveno zračenje u atmosferi i doprinosi zagrijavanju. Lebdeće čestice koje sadrže spojeve sumpora ili azota imaju suprotan učinak, reflektirajući Sunčevu energiju, što dovodi do hlađenja. Nešto slično se događa i na tlu. Čestice se zajedno s kišom i snijegom talože na Zemljinom tlu.

Crni ugljen „daljinskim transportom" može putovati daleko od mjesta nastanka i taložiti se na snijegu ili ledenom pokrovu. Rezultat toga je potamnjenje bijele površinu i zadržavanje toplote, odnosno zagrijavanje, usljed smanjene mogućosti refleksije. S druge strane promjena količine plinova koji se nalaze u tragovima mogu značajno djelovati na klimu u mijenjati je.

Kada govorimo o uticaju klimatsklih promjena na kvalitetu zraka ne postoje naučni dokazi i saznanja o tome kako i koliko klimatske promjene mogu uticati na kvalitetu zraka i obrnuto, ali istraživanja pokazuju da je ta povezanost mnogo veća nego li je procijenjeno. Bolji naslov bi bio povezanost klimatskih promjena s kvalitetom zraka, jer uticaj kilmatskih promjena na kvalitetu zraka nije jednosmjeran proces, već uzajamno zavisan proces. Prema procjenama iz 2007. Međuvladino tijelo za klimatske promjene, međunarodno tijelo sastavljeno da ocjenjuje tok klimatskih promjena, predviđa da će kvaliteta zraka u gradovima u budućnosti opasti i to zahvaljujući klimatskim promjenama.

Utjecaj klimatskih promjena na pojedine djelove Zemlje, zavisiće od stepena pripremljenosti ili prilagođenosti različitih područja klimatskim promjenama. Australija je primjer da visokorazvijene zemlje nemaju rješenja za ekstremne požare.

Zato svi moramo dati doprinos u cilju smanjenja emisija štetnih materija u zrak i njihovo štetno djelovanje po zdravlje.

Neke od aktivnosti koje mogu poboljšati kvalitetu zraka:

- podizanje svijesti ljudi
- bolje urbanističko planiranje infrastrukture i naselja;
- poboljšanje javnog prijevoza; ozelenjevanje površina;
- korištenje čiste industrije, odnosno razvoj privrede sa manjim udjelom korištenja fosilnih goriva;
- efikasnije korištenje energergiju;
- korištenje obnovljivih izvora energije (sunca, vjetra i vode);
- razvoj novih tehnologija;
- sadnja šuma;

Zaključak

Analizom temperatura zraka i padavina u periodu 1961.-2018. godina sa reprezentativnih meteoroloških stanica u FBiH uočen je evidentan porast temperatura zraka tj. (srednje, srednje maksimalne i srednje minimalne temperature zraka), kao i promjene u padavinskom režimu. Vrijednost promjene temperature zraka na godišnjem nivou na prostoru FBiH iznosi 0,3 °C na 10 godina, dok je u Sarajevu za 100 godina u periodu od 1901. do 2018. godina temperatura porasla za

1,1 °C. Promjene su izraženije kod ekstremnih vrijednosti izrazito tokom ljeta i zime.

Zatopljenje se očituje i kod toplih i hladnih temperaturnih indeksa kako na godišnjem nivou tako i po sezonama, izraženije tokom proljeća i ljeta. Analiza indeksa temperaturnih ekstrema potvrđuje sve veću učestalost ekstremnih maksimalnih temperatura dok je učestalost ekstrema minimalnih temperatura manja.

Količina padavina stagnira ili se blago povećala na godišnjem nivou tokom perioda 1961.-2018. godina, pri čemu je unutar godišnja raspodjela značajno izmijenjena, tokom ljeta trend je negativan, a tokom jeseni pozitivan (u septembru su naročito porasle količine padavina). U prelaznim godišnjim dobima, proljeće i jesen, trend je mješovitog signala i prostorno neujednačen. Navedeno je potvrđeno analizom padavinskih indeksa, pri čemu je evidentan porast broja suhih dana i signifikantan porast veoma vlažnih i ekstremno vlažnih dana.

Klimatski scenariji do kraja 21. stoljeća predviđaju da će zagrijavanje biti povezano sa sve češćim i intenzivnijim sušnim periodima, dužim toplotnim valovima, izraženijim u južnoj i jugoistočnoj Europi. Povećan intenzitet kišnih događaja povećati će vjerojatnoću za pojavu poplava, pojavu munja, dok će se sa pojavom toplotnih valova i suša povećati rizik od požara i dezertifikacije na jugu zemlje (područje Mediterana).

Prema svim klimatskim scenarijima, procjenjuje se da će stanje kvaliteta zraka u gradovima će biti sve lošije. Veza između klimatskih promjena i kvaliteta zraka nije ograničena samo na uobičajene zagađujuće tvari koje u atmosferu ispuštaju isti izvori kao i oni koji ispuštaju stakleničke plinove. Klimatske promjene, mogu pogoršati probleme zagađenja zraka kroz učestalije epizode stagnacije zraka, češće i dugotrajnije toplinske valove itd.

Ne postoje potpuni naučni dokazi i saznanja o tome kako i koliko klimatske promjene mogu utjecati na kvalitetu zraka i obrnuto, ali veza postoji i neophodno je istražiti.

Moramo mobilizirati sve kapacitete i osigurati strategije kako bi imali „dobru“ klimu i čist zrak.

Literatura

1. Grupa autora: Strategija prilagođavanja na klimatske promjene i niskoemisionog razvoja za Bosnu i Hercegovinu, juni 2013. godine, Sarajevo
2. Grupa autora: IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)].
3. Grupa autora: WMO; 2019 concludes a decade of exceptional global heat and high-impact weather;https://public.wmo.int/en/media/press-release/2019-concludes-decade-of-exceptional-global-heat-and-high-impact-weather (08.01.2020.)
4. Grupa autora: WMO, Climate Data and Monitoring WCDMP-No. 72; Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation, juni 2009.
5. Grupa autora: (FNC) Prvi nacionalni izvještaj Bosne i Hercegovine u skladu sa Okvirnom konvencijom Ujedinjenih nacija o klimatskim promjenama, oktobar 2009. godine
6. Grupa autora: (SNC) Drugi nacionalni izvještaj Bosne i Hercegovine u skladu sa Okvirnom konvencijom Ujedinjenih nacija o klimatskim promjenama, juni 2013. godine
7. Grupa autora: (TNC) Treći nacionalni izvještaj i Drugi dvogodišnji izvještaj o emisji stakleničkih plinova Bosne i Hercegovine u skladu sa Okvirnom konvencijom Ujedinjenih nacija o klimatskim promjenama, juli 2016. godine.
8. Gajić-Čapka, M., Cindrić, K., Pasarić, Z.: Trendovi u padavinskim indeksima 1961-2010., Beč,

2014.

9. Pongraczr, R., Bartholy, J., Gelybo, G., Szabo, P.: Detected and expected trends of extreme climate indices for the Carpathian Basin. 2009.
10. Filipčić, A., Orešić, D., Maradin, M. Promjene količina padalina u Hrvatskoj od sredine 20. stoljeća do danas, 2013.
11. Vuković, A., Vujadinović Mandić, M.: Study on climate change in the Westrn Balkans region, Sarajevo, 2018.
12. Hughes, G., Beilstein M., Demont Y.: Climate Change in the West Balkans, 2012.
13. Scoccimarro E. i dr. 2011: Effects of Tropical Cyclones on Ocean Heat Transport in a High Resolution Coupled General Circulation Model. Journal of Climate, 24, 4368-4384.
14. Roeckner, E. i dr.(2003): The atmospheric general circulation model ECHAM5. Part II:Simulated climatology and comparison with observations. Report in preparation, Max-Planck-Institut f¨ur Meteorologie, Hamburg

38

Mr. Gojak Ema, dipl.san.ing.
Fakultet zdravstvenih studija
Stjepa Tomića br.1
emmagojak00@hotmail.com

Mr. Salihović Amela, dipl.med.sestra
Fakultet zdravstvenih studija
Stjepa Tomića br.1
amela.2901@hotmail.com

Utjecaj zagađenog zraka
The impact of air pollution

Sažetak: Zrak je jedan od faktora okoliša s najvećim utjecajem na ljudsko zdravlje. Među tvarima koje onečišćuju zrak najvažnije su: lebdeće čestice (PM 10 i PM 2.5), ozon (O3), azotni oksidi (NOx), sumpor dioksid (SO2), hlapljivi organski spojevi (VOC) amonijak (NH3) i ugljični monoksid (CO). Zagađenje zraka povezano je s cijelim nizom zdravstvenih problema od blagih do fatalnih, od akutnih do hroničnih. Među njima su najvažnije bolesti respiratornog sistema (astma, alergije, hronična opstruktivna plućna bolest), kardiovaskularne bolesti i rak (rak pluća, dojke). Također, zagađenje zraka povezano je i sa povećanim rizikom od nastanka dijabetesa i prijevremenog porođaja. Vulnerabilnu skupinu predstavljaju djeca i osobe koje već boluju od nekog hroničnog oboljenja. Zagađenje zraka jedan je od najvećih javno-zdravstvenih problema s dugoročnim utjecajem na zdravlje i kvalitet života.

Ključne riječi: *zrak, zagađenje, zdravlje*

Abstract: Air is one of the environmental factors with the greates impact on human health. Some of the most important substances that pollute the air are: suspended particles (PM10, PM2,5), ozone (O3), nitrogen oxides (NOX), sulfur dioxide (SO2),volatile organic compoundes (VOC), ammonia (NH3), carbon monoxide (CO). Air pollution is connected the whole series of respiratory diseases (asthma, allergies, chronic obstructive pulmonary disease), cardiovascular diseases and cancer (lung cancer, breast cancer). Air pollution is also connected with increased risk of diabetes and preterm birth. Especially vulnerable are children and patients with chronic diseases. Air pollution is one of the biggest public health problems with a long-term impact on humane health and quality of life.

Key words: *air, pollution, health*

Uvod

Zrak je jedan od faktora okoliša s najvećim utjecajem na ljudsko zdravlje. Zrak udišemo neprestano, a njegovo zagađenje se u većini slučajeva osjeti odmah te ga je nemoguće ignorisati. Zrak ima presudan utjecaj na kvalitetu života pa ne čudi velik interes javnosti za kvalitetu zraka, kao ni veliko nezadovoljstvo u situacijama kada je ta kvaliteta narušena. (1) Zdrav okoliš temeljna je pretpostavka za očuvanje zdravlja ljudi i kvalitete života.(2)

Pojmovi zrak i atmosfera nemaju isto značenje, atmosfera je omotač oko Zemljine površine koji se sastoji od plinova, čvrstih i aerosolnih čestica, dok se pojam zrak odnosi na prizemni sloj atmosfere to jest na troposferu. Troposfera je najgušći i najtopliji dio Zemljine atmosfere kojem je prosječna visina do 18 km u visini. (3)

Onečišćenje zraka podrazumijeva prisutnost jedne ili više tvari u zraku koje mu nisu svojstvene po prirodnom sastavu, a mogu poteći iz prirodnih ili antropogenih izvora. Prirodni izvori onečišćenja su: vulkanske erupcije, šumski požari, pješčane oluje, pelud, prisutni mikroorganizmi u zraku (virusi, bakterije, plijesni). Antropogeni izvori onečišćenja su tvornice, električne centrale, željeznice, farme, odlagališta otpada i transport koji koristi fosilna goriva. Iako postoji puno tipova onečišćivača zraka, ipak se onečišćivače klasificira u dvije osnovne kategorije: primarni i sekundarni. Općenito se onečišćenja zraka dijele na: onečišćenja u otvorenim prostorima i u unutarnjim prostorima. (3)

Onečišćivaći iz umjetnih izvora zbog svoje visoke mobilnosti najopasniji su od svih onečišćivaća jer mogu kontaminirati velike površine i gotovo sve elemente okoliša. Najčešći onečišćivaći u urbanim područjima su: čestice, aerosoli, suspendirane tvari (dim i čađa), azotni oksidi (NO i NO2 zajedno NOx), sumporov dioksid (SO2), ugljikov monoksid (CO), ugljikovodici (HC), ozon (O3) – takozvani loš ozon, olovo (Pb), ali i hlapljive organske tvari, dioksid, benzen, formaldehid, stiren, različiti teški metali, duhanski dim i druge tvari opasne po zdravlje i okoliš.

Najvažniji poltanti koji onečišćuju zrak su: lebdeće čestice (PM 10 i PM 2.5), ozon (O3), azotni oksidi (NOx), sumpor dioksid (SO2), hlapljivi organski spojevi (VOC), amonijak (NH3), i ugljični monoksid (CO). (1)

1. Uticaj onečišćenja zraka na zdravlje stanovništva

Koliko je zrak neophodan čovjeku, najbolje govori podatak da čovjek može živjeti bez hrane oko 40 dana, bez vode 5 dana, a bez zraka samo 5 minuta. U toku 24 sata čovjeku je potrebno oko 1 kg hrane, 2,5 kg vode i 12 kg zraka. Iz navedenih podataka može se zaključiti da cjelokupno čovjekovo biće, svi njegovi vitalni organi, neposredno ili posredno ovise o kvaliteti zraka.(4) Zagađenje zraka povezano je s cijelim nizom zdravstvenih problema – od blagih do fatalnih, od akutnih do hroničnih. Među njima su najvažnije bolesti respiratornog sistema (astma, alergije, hronična opstruktivna plućna bolest), kardiovaskularne bolesti i rak (rak pluća, dojke). Postoje pokazatelji koji svjedoče o vezi između zagađenja zraka te prijevremenog porođaja i dijabetesa. Čak i kada ne doprinosi direktno razvoju bolesti, onečišćeni zrak bitno narušava kvalitetu života. Posebno ranjivu grupu predstavljaju djeca i osobe koje već boluju od astme ili hronično opstruktivne plućne bolesti. Podaci svjetske zdravstvene organizacije (WHO) pokazuju da je astma najučestalija hronična bolest i najčešći razlog hospitalizacije djece mlađe od 15 godina. S druge strane, svako četvrto dijete u Europskoj uniji pati od alergija.

Danas je najprihvaćenija definicija zdravlja ona koja je formulisana u statutu Svjetske zdravstvene Oraganizacije –SZO (World Health Organization, WHO), koja zdravlje opisuje kao jedno psihičko, fizičko i socijalno blagostanje, a ne samo odsutnost bolesti ili slabosti. (2)

Čvrste tvari raspršene kao prašina i dimovi mogu se apsorbirati kroz pluća, ali se mogu i prenijeti s ruku na hranu i ući u probavni sistem. Sluznica respiratornog sistema s alveolarnom površinom

pluća, najizloženija je i najosjetljivija, tako da onečišćenje zraka djeluje najviše preko respiratornog sistema. (5)

1.1 Sumporov dioksid S02

Sumporov dioksid je nadražujući, otrovan plin, karakterističnog mirisa. Sumporov dioksid napada bronhije i respiratorne organe. Može izazivati kašalj, nadutost pluća i glasnica te paralizirati respiratorni sistem. Pri normalnom disanju, veća količina uglavnom se zadržava u nosu i u grlu, dok manja količina dospije u pluća. U slučaju udisanja visoke koncentracije sumporovog dioksida može doći do sakupljanja tekućine u plućima, smanjenja kisika u krvi i smrti za nekoliko minuta.

1.2 Lebdeće čestice PM 2,5 i PM 10

Lebdeće čestice su kompleksna smjesa čestica vode i hemijskih spojeva. Mogu biti dugoljastog, nitastog, sfernog i nepravilnog oblika. Onečišćenje zraka lebdećim česticama Svjetska zdravstvena organizacija smatra najznačajnijim problemom u većini zemalja. One na sebe mogu vezati vrlo opasne tvari kao što su policiklički aromatski ugljikovodici koji se smatraju vrlo toksičnim kancerogenim spojevima. Čestice promjera manjeg od 2.5 μm označene su PM 2,5 i nazivaju se „fine“ čestice, a možemo ih naći u dimu i magli. Lebdeće čestice uzrokuju čitav niz akutnih i hroničnih bolesti i zahvaćaju veliki broj ljudi. Opasne su jer udisanjem mogu dospijeti i do najmanjih alveola u plućima i sa sobom unose brojne opasne tvari. „Grubim“ četicama nazivaju se čestice veće od 2.5 μm i manje od 10 μm, a uglavnom se nalaze u blizini prometnica i industrije. Ove čestice mogu utjecati na rast i razvoj i uzrokovati oštećenje imunološkog sistema, moždani udar, oštećenje na bebama dok su još u majčinoj utrobi, bolesti organa za disanje, bolesti srca i rak pluća te preranu smrt. Zagađenje lebdećim česticama također može dovesti do pogoršavanja postojećih bolesti kao što su astma i hronični bronhitis. Prirodni izvori lebdećih čestica jesu šumski požari i vulkanske erupcije, dok izvori povezani s ljudskom djelatnošću su izgaranja fosilnih goriva, automobili, industrija, elektrane.

1.3 Azotni dioksid NO2

Azotni dioksid je plin jakog, oštrog mirisa crvenosmeđe boje. U zrak dolazi putem ispušnh plinova motornih vozila, spaljivanjem ugljena, nafte ili prirodnog plina ili tokom procesa zavarivanja. Niske razine u zraku mogu iritirati oči, nos, grlo i pluća, te izazivati kašalj i mučninu. Izloženost niskim razinama može dovesti do nakupljanja tekućine u plućima. Osoba izložena jako visokim koncentracijama azotnog dioksida, nakon 8 sati počinje teško disati, osjeća mučninu, ritam srca se ubrzava i ono se grči. Smrt nastupa nakon od 8 do 48 sati nakon udisanja smrtonosne doze.

1.4 Ozon O3

Ozon je nestabilna molekula koja se sastoji od 3 atoma kisika. Nalazi se u gornjoj Zemljinoj atmosferi, odnosno 15-50 km od površine Zemlje, gdje štiti planet od ultraljubičastog zračenja sunca. Umjetno proizvedene hemikalije zvane hlorofluorougljici (CFC) oštetili su ozonski omotač, a svako njegovo oštećenje omogućuje da štetno ultraljubičasto zračenje dopire do Zemljine površine. CFC-i se upotrebljavaju u limenkama spreja, plastičnim ambalažama, hladnjacima, rashladnim sustavima te kao tekućine za čišćenje. Tokom upotrebe tih strojeva, odnosno materijala, dolazi do ispuštanja plina CFC-a u zrak, gdje se zadržava i do 400 godina. U donjim slojevima atmosfere ozon nije poželjan jer se tu nalazi kao zagađivač i sastavni je dio gradskog smoga. Oštećuje površinsko tkivo biljaka i životinja te šteti i ljudskom zdravlju. Ozon je vrlo otrovan, iritantan plin koji može uzrokovati upalu respiratornih puteva, nadražiti očnu sluznicu, nos i grlo.(6)

1.5 Sumporovodik H2S

Sumporovodik je bezbojni plin s jakim mirisom. Nusprodukt je mnogih industrijskih procesa, uključujući preradu nafte, rudarstvo, asfaltiranje pločnika, preradu šećerne repe i slično. Sumporovodik je vrlo otrovan, zapaljiv i teži od zraka te tako istiskuje zrak iz zatvorenog prostora. U visokim koncentracijama od 600-800 ppm, samo nekoliko udisaja može dovesti do trenutnog gubitka svijesti, kome, paralize

dišnih puteva i smrti. Izlaganjem niskim koncentracijama dolazi do iritacije očiju i suhog grla, a pojavljuje se i kašalj. Ukoliko se dugoročno izlaže niskim koncentracijam dolazi do glavobolja, gubitka apetita, umora i sličnih simptoma.

1.6 Benzen C6H6

Benzen je najjednostavniji aromatski ugljikovodik. Koristi se da bi se proizvele neke vrste gume, boje, deterdženta, lijekova i pesticida. Prirodni izvori benzena uključuju emisije iz vulkana i šumskih požara. Benzen je sastavni dio sirove nafte i dima cigareta. Glavni izvori benzena u okolišu su industrijski procesi. Slabo je topiv u vodi i može proći kroz tlo do podzemnih voda. Kratko izlaganje visokim koncentracijama benzena u zraku može dovesti do pospanosti, vrtoglavice, glavobolje, ubrzanog rada srca, pada imuniteta, a izlaganje vrlo visokim koncentracijam može dovesti i do smrti. Dugotrajnim izlaganjem pare benzena mogu uzrokovati oštećenja koštane srži, anemiju i leukemiju. Agencija za zaštitu okoliša, EPA, u SAD-u, utvrdila je da je benzen kancerogen za ljude. (6)

1.7 Ugljen monoksid

Hronični učinci djelovanja ugljen-monoksida očituju se najviše na organima osjetljivim na nedostatak kisika – srcu i krvnim žilama. Na kardiovaskularni sistem djeluju i oksidansi, sumpor – dioksid i lebdeće čestice, te kadmij koji uzrokuje povišeni krvni pritisak. Najznacajniji otrovi kojima su ljudi izloženi u vanjskom zraku jesu olovo i ugljikmonoksid. Olovo je kumulativni otrov koji se taloži u kostima, ali i u drugim tkivima, izkojih izlazi i uzrokuje promjene koštane srži i smetnje probavnog i nervnog sistema.(5)

2. Uticaj zagađenja zraka na djecu

Zagađenje zraka je povezano sa oboljenjima i infekcijama zbog kojih godišnje umire oko 600.000 djece ispod 5.godina starosti. Od upale pluća smrtno strada i do 16 % sve djece ispod pet godina starosti, a više od polovine djece, smrtno strada od upale pluća, koje je povezano sa zagađenjem zraka. Na globalnom nivou u 2012. godini, prema podacima Svetske zdravstvene organizacije, unutrašnje zagađenje zraka je ubilo oko 4.3 miliona ljudi, a vanjsko zagađenje zraka je ubilo oko 3.7 miliona. Hronična izloženost majke teškom zagađenju zraka u toku trudnoće je povezana sa niskom porođajnom težinom novorođenčeta rođenom u terminu, kao i sa intrauterinim usporenjem rasta za taj period gestacije, malim embrijem. Zagađenje zraka može prouzrokovati infekcije respiratornih organa koje se mogu više puta ponoviti i/ili postati hronične. Kada su ljudi od djetinjstva izloženi visokim nivoima zagađenja zraka, kao odrasle osobe mogu biti više podložni hroničnim opstruktivnim plućnim oboljenjima, kardiovaskularnim oboljenjima i karcinomu pluća.

Inhalirane ultra-fine čestice, kao što je PM2,5 toliko su male da mogu ući u krvotok, a nedavna medicinska istraživanja pokazuju da to može uzrokovati degeneraciju krvno-motornih opni, što dovodi do oksidativnog stresa, neuroinflamacije i oštećenja nervnog tkiva. (7)

3. Stanje u Bosni i Hercegovini

Postoji historijski problem sa kvalitetom zraka u nekoliko urbanih područja Bosne i Hercegovine. Sarajevo je često pogođeno teškom maglom u zimskom periodu koja se pretvara u smog kad se pomiješa sa visokim stepenom zagađenja. U kombinaciji sa slabim vjetrom ili stabilnim anticiklonom, zagađivaći se duže vrijeme zadržavaju u zraku grada a to uzrokuje vrhunac koncentracije čestica (PM), što predstavlja značajan zdravstveni rizik stanovnicima. Glavni izvori zagađenja u Sarajevu su stambeno grijanje, promet i neki od industrijskih pogona. U industrijskom gradu Tuzli vrijednosti PM10 često su iznad granica dozvoljenih zakonom Federacije BiH s maksimuma iznad 300 μg / m^3. Prema bazama podataka WHO-a o godišnjim procjenama zagađenosti zraka (2017), Tuzla je bio drugi najzagađeniji grad u Evropi nakon Tetova.

Dva najveća zagađivača (Kakanjska termoelektrana i AcelorMittal čelična industrija) na području Zenice godišnje proizvedu 90.000 tona SO2, što čini preko 20% ukupne količine emisija SO2 u BiH. Izvori emisija u Zeničko-dobojskom kantonu predstavljaju 72% od ukupnih emisija PM čestica u Federaciji BiH. U Republici Srpskoj, prema službenoj statistici, broj dnevnih prekoračenja PM10 u 2015. godini evidentiran je u Brodu (142), Ugljeviku (26), Gacku (61) i Banja Luci – Centar (67). (8) Situacija u Bosni i Hercegovini je alarmantna kad je riječ o zagađenosti zraka. U studiji koju je radio CETEOR poredile su se koncentracije ugljen monoksida, azotnog oksida, čestične tvari i sumpor dioksida u posljednjih 30 godina. Ustanovljeno je da su se nivoi čestičnih tvari i azotnog oksida znatno povećali. 2004. godine urađena je serija mjerenja koja je pokazala da se koncentracije sumpor dioksida umanuju, ali koncentracije čađi su se povećale. Koncentracije čađi se povećavaju tokom zime zbog nekompletnog sagorjevanja goriva za grijanje. (9)

4. Monitoring kvaliteta zraka

Monitoring kvaliteta zraka u Federaciji Bosne i Hercegovine je u nadležnosti Federalnog hidrometeorološkog zavoda i nadležnih organa kantona i jedinica lokalne samuoprave koji treba da osiguraju mjerna mjesta i mjerne stanice za fiksna mjerenja u federalnoj i lokalnim mrežama za monitoring kvaliteta zraka, kontinuirana i povremena uzorkovanja zagađujućih matrija na fiksnim lokacijama, povremena mjerenja i uzorkovanja zagađujućih materija koja nisu obuhvaćena mrežom monitoringa kvaliteta zraka, prijenos, obradu, provjeru validnosti i analizu dobijenih rezultata, provjeru kvaliteta mjernih postupaka i održavanje mjernih mjesta, instrumenata i prateće opreme u cilju osiguranja zahtjeva kvaliteta podataka.

Zakonski okvir u Federaciji BiH iz oblasti monitoringa kvaliteta zraka je Zakon o zaštiti zraka („Službene novine FBiH“ broj 33/03; 04/10) sa pravilnicima, Zakon o zaštiti okoliša („Službene novine FBiH“ broj 33/03; 38/09), Pravilnik o načinu vršenja monitoringa kvaliteta zraka i definiranju vrsta zagađujućih materija, graničnih vrijednosti i drugih standarda kvaliteta zraka („Službene novine FBiH“ 01/12), Pravilnik o izmjenama i dopuni Prailnika o monitoringu kvaliteta zraka („Službene novine FBiH“ 09/16). U skladu sa zakonskim aktima kvalitet zraka se prati mjerenjem koncentracija za sumpordioksid, azotne okside, lebdeće čestice PM10 i PM2.5, olovo, benzen, ugljični monoksid, arsen, kadmij, živu, nikal, benzo-a-piren. Mjerenje se vrši instrumentima za automatsko mjerenje ili analizom uzoraka. Postojeći uslovi u Federaciji Bosne i Hercegovine ne omogućavaju redovan monitoring svih navedenih parametara, a pojedini parametri se ne mjere uopšte.

Pravilnik o načinu vršenja monitoringa kvaliteta zraka i definiranju vrsta zagađujućih materija, graničnih vrijednosti i drugih standarda kvaliteta zraka propisuje granične i tolerantne vrijednosti za ocjenu kvaliteta zraka, pragove upozorenja i uzbune za različite vremenske periode.

4.1 Mreža stanica za monitoring kvaliteta zraka u Federaciji BiH, raspored i stanje u 2018. godini

U Federaciji Bosne i Hercegovine monitoring kvaliteta zraka obavlja veći broj operatera u okviru Federalne mreže stanica (kojom upravlja Federalni hidrometeorološki zavod) i lokalnih mreža stanica na nivou kantona i općina. Federalni hidrometeorološki zavod (FHMZ) prikuplja podatke sa stanica Federalne mreže i stanica drugih mreža u Federaciji Bosne i Hercegovine. Podaci Federalne mreže, mreže Kantona Sarajevo i mreže Općine Zenica se direktno proslijeđuju sa stanica na serversku jedinicu u FHMZ-u. Podaci sa stanica Mreže tuzlanskog kantona se dostavljaju u FHMZ elektronskom poštom. Raspored mjernih mjesta u Federaciji Bosne i Heregovine je neravnomjeran i postoje područja koja nisu pokrivena monitoringom kvaliteta zraka, a u kojima postoje indicije da je kvalitet zraka ozbiljno narušen. Također, postoje i područja koja nisu pokrivena monitoringom za koja pretpostavljamo da kvalitet zraka nije ozbiljno narušen – uglavnom je riječ o slabo naseljenim planinskim područjima u Bosni i najvećem dijelu Hercegovine.

4.1.1 Rezultati mjerenja sumpordioksida

Sumpordioksid u zraku se mjeri na svih 19 stanica u FbiH. U toku 2018. g. na 14 mjernih mjesta je ostvareno 90% ili više validnih satnih mjerenja u toku godine dok su stanice Sarajevo Bjelave i Sarajevo Otoka ostvarile nešto manje validnih mjerenja (>88%). Granična vrijednost srednje godišnje koncentracije sumpordioksida (50 ug/m3) je prekoračena na mjernim mjestima: stanice na području Zeničko-dobojskog kantona, Lukavac i Živinice. Dozvoljeni broj prekoračenja (24 puta u toku godine) satne granične vrijednosti koncentracije sumpordioksida (350 ug/m3) je prekoračen na mjernim stanicama na području Tuzlanskog i Zeničko-dobojskog kantona i Ilijaša. Dozvoljeni broj prekoračenja (3 puta u toku godine) dnevne granične vrijednosti koncentracije sumpordioksida (125 ug/m3) prekoračen je na mjernim mjestima na području Ilidže, Ilijaša, Tuzlanskog i Zeničko-dobojskog kantona.

4.1.2 Rezultati mjerenja azotnog dioksida

Azotni dioksid u zraku se u 2018. godini mjerio na 16 stanica u FBiH. Na deset stanica je u toku 2018. godine ostvareno 90% ili više validnih mjerenja što je minimalna raspoloživost podataka za godišnju ocjenu. Tri stanice su ostvarile između 75 i 90% validnih mjerenja. Granična vrijednost srednje godišnje koncentracije azotnog dioksida (40 ug/m3) nije prekoračena niti na jednom mjernom mjestu. Dozvoljeni broj prekoračenja (18 puta u toku godine) satne granične vrijednosti koncentracije azotnog dioksida (200 ug/m3) nije prekoračen niti na jednom mjernom mjestu. Prekoračenja dnevnih graničnih vrijednosti (>85 ug/m3) su bila rijetka i zabilježena su na slijedećim mjernim mjestima: Sarajevo Otoka i Vijećnica (5 puta), Sarajevo Bjelave (4 puta), Ilidža (2 puta), Živinice (3 puta), Zenica Tetovo (jednom).

4.1.3 Rezultati mjerenja ozona

Prizemni ozon (O3) u zraku se mjeri na 17 stanica u FBiH. Na sedam stanica je u toku 2018. godine ostvareno 90% ili više validnih mjerenja što je minimalna raspoloživost podataka za godišnju ocjenu. Na 10 mjernih mjesta obuhvat validnih mjerenja je iznosio ispod 75%.

4.1.4 Rezultati mjerenja lebdećih čestica PM10 i PM2.5

Koncentracije lebdećih čestica se mjere na svim mjernim mjestima u FBiH. Na 14 stanica se mjeri PM10 (sve stanice izuzev stanica u Tuzlanskom kantonu i Sarajevo Ambasada SAD), a PM2.5 čestice na 7 stanica. Na stanicama Goražde Rasadnik i Zenica Vranduk mjere se istovremeno i PM10 i PM2.5. PM10: Na sedam stanica je u toku 2018. godine ostvareno 90% ili više validnih mjerenja što je minimalna raspoloživost podataka za godišnju ocjenu. Više od 75% validnih mjerenja u toku 2018. godine je ostvareno na tri stanice. Granična vrijednost srednje godišnje koncentracije lebdećih čestica PM10 (40 ug/m3) je prekoračena na svim stanicama osim Doboj Kakanj i Jajce. Na stanicama koje nisu ostvarile 90 % validnih mjerenja vrijednosti su takođe visoke i očekivano je prekoračenje godišnje granične vrijednosti na svim mjernim mjestima osim stanice Ivan Sedlo. Dozvoljeni broj prekoračenja (35 puta u toku godine) dnevne granične vrijednosti koncentracije lebdećih čestica PM10 (40 ug/m3) je prekoračen na svim stanicama osim stanice Ivan Sedlo.

U 2018. godini praćenje koncentracija lebdećih čestica promjera manjeg od 2,5 mikrometara vršeno je na ukupno 7 mjernih mjesta. Samo na dvije stanice (Tuzla Skver i Lukavac) je u toku 2018. godine ostvareno 90% ili više validnih mjerenja što je minimalna raspoloživost podataka za godišnju ocjenu. Na dvije stanice nije bilo ni mogućno ostvariti toliki obuhvat mjerenja jer su tek počele sa radom tokom godine (Sarajevo Ambasada SAD u junu, zenica Vranduk u oktobru). Niti jedna stanica nije ostvarila raspoloživost validnih mjerenja između 75-90%. Granična vrijednost srednje godišnje koncentracije lebdećih čestica PM2.5 (25 ug/m3) je prekoračena na obje stanice koje su ostvarile 90% validnih mjerenja. Prosjeci su visoki i na ostalim stanicama. Dozvoljeni broj prekoračenja (35 puta u toku godine) dnevne granične vrijednosti koncentracije lebdećih čestica PM10 (50 ug/m3) je prekoračen na svim stanicama na kojima je vršeno mjerenje izuzev stanice Zenica Vranduk koja je

ostvarila svega 7% validnih mjerenja i stanice Sarajevo Ambasada SAD (35 prekoračenja)

4.1.5 Rezultati mjerenja ugljičnog monoksida

Ugljični monoksid se mjeri na 12 stanica u Federaciji BiH. Na osam stanica je godišnji obuhvat validnih mjerenja iznosio iznad 90%, a na njih dvije - iznad 75%. Srednje godišnje vrijednosti su znatno ispod propisanih graničnih vrijednosti. Niti na jednoj stanici nije prekoračena osmosatna vrijednost više od 18 puta. Iako se u danima najvišeg zagađenja koncentracije CO na mjernim mjestima u Tuzli, Živinicama i Sarajevu mogu dostići veoma visoke vrijednosti smatra se da je zagađenje ovim polutantom u okviru propisanih vrijednosti i ograničeno na manje prostore. (10)

5. Zaključak

Zagađenje zraka jedan je od najvećih javno-zdravstvenih problema s velikim uticajem na zdravlje i kvalitet života. Saniranje zdravstvenih posljedica zagađenja zraka predstavlja veliko financijsko opterećenje za zdravstveni sistem.

Procjene su da od bolesti koje su nastale kao posljedica zagađenja zraka u Europskoj uniji svake godine umire 450.000 ljudi. U prosjeku zagađenje zraka skraćuje život Europljana za 8 mjeseci.

Procijenjeni troškovi za zdravstveni sistem iznose između 277 i 790 milijardi Eura . (1)

Literatura

[1] Zelena akcija. Friends of the earth croatia. Kvalietta zraka i zdravlje Što nam donosi pristupanje europskoj uniji? Zelena akcija/FoE Croatia. Str:2,3.

[2] Sofilić T. Zdravlje i okoliš. Sveučilište u Zagrebu Sisak 2015.str.6,7,8,13.

[3] Amon J. Učinci značajnih čimbenika okoliša na ljudsko zdravlje s obradom podataka za koprivničko-križevačku županiju. Završni rad Čakovec,2018.str:17,18.

[4] Brkić B. Uticaj onečišćenja zraka u Slavonskom Brodu na zdravlje ljudi i eko sustav. Zvaršni rad. Šibenik, 2018.Str: 1,4,5,8,9,10,15

[5] Škrinjarić M. Kvalitet zraka u funkciji zaštite okoliša. Završni rad. Karlovac,2015. Str: 18,19,20,21

[6] Zirdum Iva. Onečišćenje zraka u Slavonskom Brodu i Njegovo djelovanje na zdravlje. Završni rad. Veleučilište u Karlovcu, 2015. Str:6-13.

[7] UNICEF. Uticaj zagađenja zraka na djecu. 2017. Str: 2,4, 4, 8.

[8] UNITED NATIONS Bosna i Hercegovina, Informativni list o kvalitetu vazduha u Bosni i Hercegovini. Str:1.

[9] Krasny E. Klarić S., Kulo-Ćesić A., Ivković O'Reilley A. Priručnik za nastavnike/nastavnice u osnovnim školama u oblasti zagađenja I zaštite zraka. Sarajevo 2017. Str: 10,12.

[10] www.fhmzbih.gov.ba



39

Marko Emanović, mag.ing.traff.
Centar za vozila Hrvatske
Capraška ul. 6, 10 000, Zagreb
Marko.Emanovic@gmail.com

prof. dr.sc. Eduard Missoni
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10 000, Zagreb
eduard.missoni@fpz.hr

Utjecaj ispušnih plinova motornih vozila na okoliš i zdravlje zaposlenika stanica za tehnički pregled vozila u Republici Hrvatskoj

Impact of motor vehicles exhaust gases on environment and employees in the stations for technical inspection of vehicles in the Republic of Croatia

Sažetak: Cestovni prometni sustav u velikoj mjeri onečišćuje okoliš te ugrožava zdravlje ljudi. Nakon mnogobrojnih stručnih ispitivanja, znanstveno je dokazano da štetne tvari, koje nastaju kao posljedica korištenja cestovnih motornih vozila, uvelike utječu na sveukupno stanje okoliša. Ljudsko zdravlje je također vrlo ugroženo, određenom koncentracijom različitih otrovnih tvari. Naša je želja da izvršimo prikupljanje podataka u našoj okolini te u periodičkim ciklusima održavamo edukativne radionice. Cilj istih jest educiranje zaposlenika koji rade u stanicama za tehnički pregled vozila, a po potrebi i svih zainteresiranih. Stoga planiramo, u početku, održavati preventivno edukativne radionice na području grada Zagreba, a kasnije i na širem području.

Ključne riječi: *Cestovni promet, okoliš, ljudsko zdravlje*

Abstract: Road traffic system is highly polluting and endangering human health. After numerous expert tests, it has been scientifically proven that harmful substances, resulting from the use of road motor vehicles, have a major impact on the overall state of the environment. Human health is also highly threatened with certain concentration of various toxic substances. Our wish is to collect data in our area and in the educational cycles we hold educational workshops. Their aim is to educate employees who work in the stations for technical inspection of vehicles and all other interested people when needed. Therefore, in the beginning, we plan to preventively hold educational workshops in the close area of Zagreb city and later in the wider area.

Key words: *road traffic, environment, human health*

1. Uvod

Briga za okoliš i očuvanje zdrave sredine zadaća je svakog pojedinca ali i društva kao organizirane cjeline. Vozila kao takva nisu izuzeta iz ovog problema. Briga oko vozila za vrijeme proizvodnje, uporabe i završnog odlaganja ili reciklaže je vrlo velika. Postaje ne samo zakonska obveza proizvođača i rukovatelja vozilom već i predmet marketinškog nastupa proizvođača prema ekološki svjesnom kupcu. Sve brži gospodarski rast i razvoj u svijetu uzrokuje i nagli rast cestovnog prometa koji ostavlja nepoželjne i nepredvidive posljedice za čovjeka i okoliš. Poznato je da 40% štetnih tvari u atmosferi stvara promet, a od toga cestovni promet sudjeluje s oko 80-90%. Nepovoljan utjecaj prometa očituje se u onečišćenju zraka, vode i tla, pojavi buke i vibracija, u smanjenju zelenih površina, degradaciji gradskog prostora i povećanju opasnosti za život i zdravlje ljudi. Promet onečišćuje okoliš ispušnim plinovima, dimom, prašinom, otpadnim uljima i energentima. To posebice dolazi do izražaja u urbanim sredinama i gradovima. Prema provedenim istraživanjima, najveći i najotrovniji onečišćivač iz motornih vozila je ugljikov monoksid (CO) koji onečišćuje prizemne slojeve zraka više od 60%, zatim ugljikovodici (CH) 17%, sumporov (IV) oksid 14% i dušični oksidi 5-8%. Zakonskim propisima, donošenje pravilne prometne politike, svjesnost stanja vodećih ljudi u državama i svjesnost svih ljudi, postupcima za obradu ispušnih plinova i alternativnim gorivima teži se smanjenju emisije ispušnih plinova, a time i smanjenje opasnih utjecaja na zdravstveno stanje ljudi i okoliš. Čovječanstvo je tek u posljednje vrijeme postalo svjesno da se više ne može neograničeno i bez kontrole slati u atmosferu velike količine štetnih tvari koje prijete katastrofalnim posljedicama.

2. Izvori zagađenja ispušnim plinovima

Glavni izvori onečišćenja i zagađenja ispušnim plinovima su promet i industrija. Iako je razvoj prometa znatno pridonio napretku gospodarstva i društva u cijelosti, imao je negativne posljedice na okoliš. Takav prometni sustav nije održiv na dulje vrijeme jer bi došlo do uništavanja okoliša te samim time i gospodarstva, odnosno društva. Razmjer tog utjecaja je vidljiv po tome što je za čak 25% globalnih emisija CO2 odgovoran promet na fosilna goriva. Velika količina ispuštenog CO2 ima značajne posljedice na okoliš, dolazi do globalnog zagrijavanja koje uzrokuje daljnje probleme poput otapanja ledenjaka te promjene klime. Uz CO2 dolazi i do nastanka troposferskog ozona koji također utječe na globalne promjene klime. Osim utjecaja na klimu, postoji i velik štetan utjecaj na zdravlje ljudi, životinja i biljke. Ugroženi su cijeli ekosustavi jer izgaranjem fosilnih goriva dolazi do oslobađanja toksičnih spojeva kao što su CO, dušikovi oksidi, benzen, drugi hlapljivi organski spojevi te čestice olova i druge krute tvari koje iz zraka ulaze u tlo i vodu te tako i u sve aspekte okoliša. Od presudne je važnosti donijeti promjene u prometnoj politici i važna je svjesnost zaštite okoliša, a samim time i zdravlje ljudi [1].

2.1 Cestovni promet i industrija

Grana cestovnog prometa ima najveći utjecaj na okoliš i zdravlje ljudi. Razvojem automobilske industrije došlo je do naglog porasta broja vozila, a samim time i do većih problema vezanih uz zagađenje okoliša. Ispušni plinovi nastaju izgaranjem goriva u motorima s unutrašnjim izgaranjem. Koji će ispušni plinovi nastati ovisi o tome je li izgaranje potpuno ili nepotpuno. Kada bi izgaranje bilo potpuno nastali bi samo CO2 i vodena para, jer se gorivo sastoji od ugljika i vodika. Pri nepotpunom izgaranju nastaju spojevi koji su štetni za čovjeka i okoliš. Uzroci nepotpunog izgaranja mogu biti nedostatak kisika u smjesi goriva, loša izmiješanost smjese, hlađenje dijela smjese zbog čega ne dolazi do zapaljenja tog dijela, kut ubrizgavanja goriva i tako dalje. Današnja suvremena vozila su štedljivija te ekološki sigurnija. Smanjenje potrošnje goriva, smanjenje emisija štetnih tvari te uklanjanje kloroflorovodika iz klimatskih uređaja u vozilima doveli su do značajnog smanjenja utjecaja na efekt staklenika [1]. Osim prometa i industrija ispušta znatnu količinu ispušnih plinova. Industrijsko je zagađenje moguće podijeliti u dvije skupine. Prvu čine stacionarni izvori, a drugu

mobilni izvori emisije ispušnih plinova. U stacionarne se izvore ubrajaju zagađenja iz dimnjaka, dizelskih generatora i kotlova. Mobilnim se izvorima smatraju transport proizvoda i materijala tako da se mobilne izvore može svrstati u promet. Stacionarni izvori ispuštaju sumporov (IV) oksid, dušikove okside, ugljikov (II) oksid, ugljikov (IV) oksid i druge spojeve. Smanjenje ispušnih plinova u tvornicama nije jednostavno jer svaka vrsta tvornice ima različite probleme i potrebe. Općeniti načini za smanjenje emisija su korištenje prirodnog plina umjesto ugljena, unaprjeđenje strojeva i procesa izrade, održavanje strojeva, korištenje električnih motora veće učinkovitosti i praćenje kvalitete zraka u postrojenju [2].

2.2 Posljedice zagađenja ispušnim plinovima

Onečišćenje ispušnim plinovima može imati vrlo ozbiljne posljedice na ljude, životinje, vegetaciju i klimu [1].

- **Ljudsko zdravlje** - Ispušni plinovi općenito uzrokuju bolesti kardiovaskularnog, respiratornog i živčanog sustava kao i bolesti krvi i organa koji stvaraju krv, senzornih organa i mogu uzrokovati mentalne poremećaje [3],
- **Voda** - Voda u prirodi cijelo vrijeme kruži u hidrološkom ciklusu. Oborinama pada na tlo gdje dio isparava, dio odlazi u podzemne vode, a dio ulazi u sastav živih bića. Podzemne vode pak završavaju u jezerima, morima i rijekama. Kako je voda vrlo dobro otapalo u njoj se otapaju mnogi onečišćivači. Izvori onečišćivača vode su brojni. Industrija i promet - ispušnim plinovima koji odlaze u atmosferu i onečišćuju oborine koje zatim padaju na tlo i ulaze u kružni ciklus vode,
- **Tlo** - Najveći onečišćivač tla je industriji sa teškim metalima, dušikovim, ugljikovim i sumporovim oksidima i policikličkim aromatskim ugljikovodicima,
- **Klima** – efekt staklenika. Plinovi koji utječu na stvaranje efekta staklenika su CO2 koji čini čak 50% svih plinova koji uzrokuju efekt staklenika, metan 20%, fluor klorovodici čine 17%, ozon 8% te ostali plinovi.
- **Vegetacija** – dušikov (IV) oksid, ozon, etile, sumporov (IV) oksid, olovo, kisele kiše [1].

3. Prikaz i analiza statističkih podataka vezanih za ispitivanje ispušnih plinova motornih vozila u Republici Hrvatskoj

Kako je promet veliki zagađivač zraka i okoliša, te narušava zdravlje ljudi zajedno sa motornim vozilima kao transportnim entitetima u radu će biti prikazano stanje motornih vozila sa aspekta tehničkih pregleda vozila u RH. Analiza statističkih podataka voznog parka RH se odnosi na vremensko razdoblje od 2016 do 2018. godine, gdje će biti prikazani podatci vezani za ispitivanje ispušnih plinova vozila (EKO – TEST), utjecaja na okoliš i motora vozila. Nadalje će biti prikazani podatci o broju uočenih grešaka na promatranim sklopovima vozila. Putem tablice 1. su prikazani podatci o količinama grešaka koje su uočene na tehničkim pregledima vozila u promatranom razdoblju od 2016 do 2018. godine, a koje se odnose na sklopove: motora vozila, utjecaja na okoliš i ispitivanja ispušnih plinova motornih vozila (EKO – TEST). Vidljivo je kako je najveća količina grešaka uočena prilikom ispitivanja ispušnih plinova motornih vozila, te je kroz promatrano razdoblje u 2016. godini zabilježen podatak od 128 933 uočene greške. U 2017. godini je uočen porast od 249 grešaka, te je tada zabilježen podatak od 129 182 greške, dok je u 2018. godini uočen veliki pad u broju grešaka promatranog sklopa, te u odnosu na 2017. godinu je zabilježen pad od 54 250 grešaka, što znači da je ukupan broj iznosio 74 932. Nadalje najmanji broj grešaka je uočen na sklopu utjecaja na okoliš, dok je sklop motora vozila u 2018. godini zabilježio najveći porast i iznosio je 102 006 uočenih grešaka [4]. Sagledavajući cjelokupno stanje uočenih grešaka na promatranim sklopovima skreće se pažnja

na njihov utjecaj na zdravlje zaposlenika. Promatrani sklopovi koji se odnose na ispitivanje ispušnih plinova motornih vozila direktno utječu na zdravstveno stanje svih zaposlenika, te u odnosu na druge sklopove koji također predstavljaju potencijalne opasnosti, može se reći da je ispitivanje ispušnih plinova najopasnije, te su stoga potrebne određene mjere prevencije za zaštitu svih zaposlenika.

NAZIV SKLOPA	GODINA (2016)	GODINA (2017)	GODINA (2018)
MOTOR	82. 011	84.737	102.006
UTJECAJ NA OKOLIŠ	11.017	11.849	10.232
ISPITIVANJE ISPUŠNIH PLINOVA MOTORNIH VOZILA (EKO - TEST)	128.933	129.182	74.932
	139.950	**225.768**	**187.170**

Tablica 1. Prikaz statističkih podataka o količinama grešaka na promatranim sklopovima vozila u vremenu od 2016 do 2018. godine

Prikaz neispravnosti na vozilima prema sklopovima:

Prikaz neispravnosti na vozilima prema sklopovima su vezani za sljedeće sklopove: motor vozila, utjecaj na okoliš i ispitivanje ispušnih plinova motornih vozila (EKO – TEST) u vremenskom periodu od 2016 do 2018. godine. Prema podatcima tvrtke Centar za vozila Hrvatske prikazani su sljedeći podatci:

2016 GODINA:

Ukupan broj pregledanih vozila u RH iznosio je 2.010.172, te je njih 442.267 bilo neispravno, dok je prosječna starost vozila iznosila 13,76 [4]. Ukupan broj utvrđenih neispravnosti je iznosio 1.528.628. Za promatrane sklopove vozila u ovome radu udio u ukupnom broju utvrđenih neispravnosti vozila je iznosio 139.950 u 2016 godini [4].

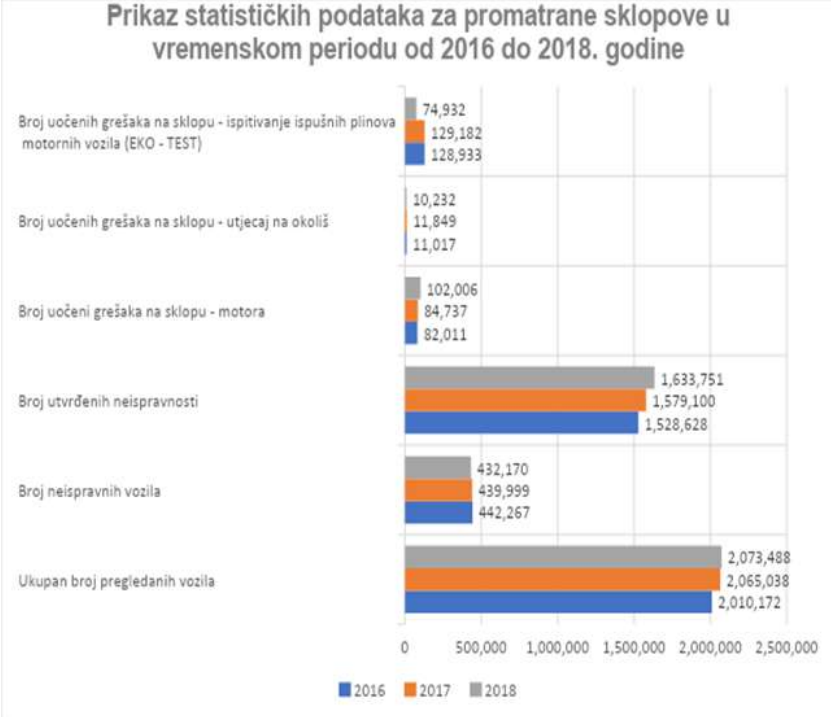
2017 GODINA:

U 2017. godini je ukupan broj pregledanih vozila iznosio 2.065.038, te je njih 439.999 bilo neispravno, dok je prosječna starost vozila iznosila 13,99 [4]. Ukupan broj utvrđenih neispravnosti je iznosio 1.579.100. Za promatrane sklopove vozila u ovome radu udio u ukupnom broju utvrđenih neispravnosti vozila je iznosio 225.768 u 2017 godini [4].

2018 GODINA:

U 2018. godini je ukupan broj pregledanih vozila iznosio 2.073.488, te je njih 432.170 bilo neispravno, dok je prosječna starost vozila iznosila 13,68 [4]. Ukupan broj utvrđenih neispravnosti je iznosio 1.633.751. Za promatrane sklopove vozila u ovome radu udio u ukupnom broju utvrđenih neispravnosti vozila je iznosio 187.170 u 2018 godini [4].

Svi prethodno navedeni i prikazani podaci su detaljnije i jasnije prikazani na histogramu 1.



Histogram 1. Prikaz statističkih podataka za promatrane sklopove vezane za ispitivanje ispušnih plinova motornih vozila u vremenskom periodu od 2016. do 2018. godine.

4. Opremljenost objekta stanica za tehnički pregled vozila za potrebe ispitivanja ispušnih plinova vozila – EKO – TEST

Za provedbu EKO – TESTA objekt stanice za redovni tehnički pregled vozila mora biti opremljen najmanje sa sljedećom opremom [5]:

1. Analizatorom ispušnih plinova benzinskih i dizelskih motora odobrenog tipa. Uređaj mora imati mogućnost analize volumnih udjela ovih plinova: ugljičnog monoksida (CO), ugljičnog dioksida (CO_2), ugljikovodika (HC) i kisika (O_2). Uređaj mora imati mogućnost izračunavanja faktora zraka (lambda faktor). Uređaj mora imati mogućnost mjerenja temperature motora (ulja u kućištu motora ili rashladne tekućine) i mogućnost mjerenja brzine vrtnje (broj okretaja) motora. Svi rezultati mjerenja i izračunavanja moraju se moći ispisati na pisaču analizatora,
2. Analizatorom za mjerenje zacrnjenosti ispušnih plinova dizelskih motora. Uređaj mora biti opremljen mjeračem temperature motora (ulja u kućištu motora ili rashladne tekućine) i mjeračem brzine vrtnje (broja okretaja) motora. Svi rezultati mjerenja i izračunavanja moraju se moći ispisati na pisaču analizatora,
3. Analizatori ispušnih plinova moraju biti postavljeni na lako pokretnim kolicima s kotačima kako bi se osiguralo lako rukovanje uređajem oko vozila. Pokretna kolica moraju biti opremljena dovoljnim brojem polica i kuka (vješalica) kako bi se na njih mogla uredno pospremiti sva obvezna oprema uređaja,
4. Sve linije (ili prostor između njih) na kojima se obavlja EKO – TEST moraju biti opremljene uređajem za odsis ispušnih plinova koji se može postaviti na pod tehnološke linije pokraj izlazne cijevi ispušnog sustava,
5. Uređajem za automatsku obradu podataka s pripadajućim pisačem za ispis zapisnika o EKO – TESTU i vođenje evidencije o obavljenim EKO testovima. Sustav za automatsku obradu podataka

mora biti opremljen uređajem za sigurnosnu pohranu podataka,

6. Programom za automatsku obradu podataka koji omogućuje unos svih mjernih i izračunatih parametara rada motora i ispušnih plinova, ispis službenih zapisnika za EKO test te pohranjivanje svih unesenih vrijednosti,
7. Sitnim automehaničarskim alatom ka što je komplet običnih i okastih ključeva, komplet odvijača, komplet kliješta, čekić, odvijač – sprej, baterijska svjetiljka i sl. Alat mora biti ispravan, čist i uredno spremljen u posebnoj kutiji za alat ili uredno složen na odgovarajući zid pokraj tehnoloških linija.
8. Katalozima podataka za EKO test u tiskanom i informatičkom obliku.

4.1 Upotreba zaštitnih sredstva pri izvođenju ispitivanja ispušnih plinova motornih vozila

Zdravlje nadzornika je pri svakodnevnom obavljanju EKO – TESTA na motornim vozilima ugroženo mogućnošću trovanja ispušnim plinovima, mogućnošću oštećenja sluha bukom motora, posebno kod ispitivanja dizelskih motora, mogućnost opeklina uslijed dodira s ugrijanim dijelovima motora ili mehaničkim ozljedama na pokretnim, rotirajućim dijelovima motora. Svatko treba voditi računa o vlastitom zdravlju, ali i o svojoj neposrednoj okolini. Stoga na svim tehnološkim linijama na kojima se obavlja EKO – TEST mora postojati mogućnost odvoda ispušnih plinova van prostora stanice pomoću uređaja za odsis ispušnih plinova. Pri tome se cijev za odsis ne može postaviti izravno na ispušnu cijev vozila, već se mora postaviti što bliže ispušnoj cijevi kako bi se još uvijek ostavila mogućnost umetanja sonde u ispuh. Odsis bi također trebao biti postojan unutar kanala za pregled donjeg postroja vozila iz razloga što se u kanalima nakupljaju velike količine otrovnih ispušnih plinova, te ukoliko odsisa nema potrebno je proći dosta vremena da se ispušni plinovi očiste putem zraka kako bi bilo što manje otrovnih čestica unutar kanala koji je sastavni dio tehnološke linije u stanicama za tehnički pregled vozila. Nadalje potrebno je imati adekvatnu i propisanu odjeću iz razloga što neprimjerena odjeća također predstavlja određene smetnje u radu. Kao primjer može se sagledati osoba koja provodi ispitivanje bude nagnuta nad motornim prostorom vozila, te kada je motor vozila upaljen, dijelovi odjeće mogu biti zahvaćeni za neki rotirajući dio na motoru, te iz tog razloga treba koristiti propisanu odjeću [4]. Osim s propisanom zaštitnom odjećom, pri ispitivanju treba koristiti i ostala uobičajene sredstva osobne zaštite kao što su rukavice, zaštitne naočale te druga sredstva. Nadzornici koji obavljaju ispitivanja u većini slučajeva prilikom nadzora motornih i drugih prostora vozila, fizički opipavaju pojedine dijelove, provjeravajući njihovu učvršćenost ili možebitnu za uljenosti, stoga je upotreba zaštitnih rukavica obavezna. Postoji mnogo druge opreme koja može biti učinkovita za očuvanje zdravlja i zaštite na radnom mjestu, kao i mnoge preventivne mjere koje je moguće provesti. Mjere prevencije za povećanje zaštite zdravlja zaposlenika će biti prikazane u sljedećim tezama rada.

4.2 Mjere prevencija za smanjenja emisija ispušnih plinova u cestovnom prometu

Nova politika EU-a vezana za infrastrukturu ističe promet kao jedan od ključnih čimbenika za europsko gospodarstvo budući da je dobra prometna povezanost osnovni preduvjet za rast i razvoj. Gotovo četvrtina emisija stakleničkih plinova na području EU nastaje u sektoru prometa. Također, dodatan problem predstavlja ovisnost europskog prometa o nafti (oko 94%) od koje veći dio dolazi iz uvoza (oko 84,3%). Budući da uvezena nafta uglavnom dolazi iz sve nestabilnijih područja u svijetu, to dodatno povećava nesigurnost opskrbe a time i ugrožava redovno funkcioniranje prometa [9]. Zbog toga proizlazi jasna nužnost za diversifikacijom izvora energije u prometu. U tom smislu nameće se rješenje u vidu uspostave i jačanja infrastrukture za alternativna goriva, koja se između ostaloga smatraju prihvatljivijima za okoliš u usporedbi sa konvencionalnim gorivima (benzin i dizel). Takva mogućnost prepoznata je na razini Europske unije te je donesena Direktiva 2014/94/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 22. listopada 2014. o uspostavi infrastrukture za alternativna goriva [6].

Alternativna goriva u smislu Direktive definiraju se kao goriva ili izvori energije koji služe, barem djelomično, kao nadomjestak za izvore fosilnih goriva u opskrbi prometa energijom i koji imaju potencijal doprinijeti dekarbonizaciji prometnog sustava te poboljšati okolišnu učinkovitost prometnog sektora, a između ostalog uključuju:

1. Električna energija - Prednosti su vrlo velike: eliminacija štetnih plinova, smanjenje buke i količine potrebne energije. Problemi su vezani sa skladištenjem energije, ali razvojem tehnologije i sve većim brojem stanica za punjenje električnih vozila i oni su sve manji. Alternativa između elektroautomobila i klasičnih automobila su automobili na hibridan pogon. Takvi automobili sadrže i motor s unutrašnjim izgaranjem i elektromotor pa vozač može odabrati u kojoj mu prilici bolje odgovara koji pogon. Potrebno je omogućavanje subvencioniranja kupnje električnih i hibridnih vozila, te razvijanje kvalitetne infrastrukture za takvu vrstu vozila, kako bi se korisnike privuklo pozitivnih odgovorima na zahtjeve koje takve vrste vozila i imaju [1],
2. Vodik - je plin bez boje, okusa i mirisa te najlakša poznata tvar. U smjesi sa zrakom je eksplozivan. Koristi se kao gorivo u svemirskom programu i potencijalno je gorivo budućnosti. Prednosti su što se na više načina može pretvoriti u korisne oblike energije i to s visokom učinkovitošću i nema značajnih štetnih posljedica za okoliš. U kombinaciji s obnovljivim izvorima energije može biti trajan i ekološki prihvatljiv jer se može proizvoditi iz vode na nekoliko načina. Problemi su opasnost od povratnog plamena i prijevremenog paljenja i što spremnici moraju biti pod tlakom što bi značilo da moraju imati jako veliku masu. Od štetnih ispušnih plinova izgaranjem vodika u smjesi sa zrakom bi nastajali dušikovi oksidi. Nedostatci su tehnički problemi, niska energetska gustoća, skupa proizvodnja, ukapljivanje i čuvanje [1],
3. Biogoriva - Biogorivo se dobiva iz životinjske masti, otpadnog jestivog ulja i biljnog ulja. Kada se koriste u dizelskim motorima dovode do smanjenja količine ispuštenog ugljikovog (IV) oksida, ugljikovog (II) oksida, čađe, sumporovih oksida i poliaromatskih ugljikovodika, ali povećavaju količinu ispuštenih dušikovih oksida [7],
4. Prirodni plin - sadrži između 80 i 98% metana, a ostatak čine viši ugljikovodici. Glavni produkti izgaranja su ugljikov (IV) oksid i vodena para, ali nastaju i dušikovi oksidi. Nedostatci korištenja prirodnog plina kao goriva su teško startanje pri niskim temperaturama, potrebna je viša temperatura izgaranja, otrovan je, nije značajno smanjena emisija dušikovih oksida, na razini je vozila koja koriste benzin ili čak i veća. Prednosti su ekonomska isplativost, velike zalihe plina, lakši je od zraka i smanjene su emisije CO, SO2, hlapljivih organskih tvari, kancerogenih tvari i dima [1],
5. Ukapljeni naftni plin (UNP) - u posljednje vrijeme kao pogonsko gorivo u motorima vozila ima brojne ekološke, ali i ekonomske prednosti nad uobičajenim benzinskim i dizelskim gorivima, te se pokazalo kao pozitivan iskorak kao alternativno gorivo. U vozilo može biti ugrađen tvornički ili se može naknadno ugraditi u vozilo, te se kao preinaka atestirati (postupak ispitivanja vozila), te nakon završetka ispitivanja i upisati u prometne dokumente kako bi vozilo bilo legalno u prometu [1].

5. Utjecaj zagađenog zraka i njegovih čestica na ljudsko zdravlje i mjere prevencije za povećanje i zaštitu zdravlja zaposlenika stanica za tehnički pregled vozila

Postoji veliki broj negativnih učinaka koje u sebi sadrži i uzrokuje zagađeni zrak zajedno sa česticama koje negativno djeluju na ljudsko zdravlje. Kao glavni na udaru zagađenog zraka su dišni organi ljudskoga tijela. U sljedećem dijelu rada će biti detaljnije opisan utjecaj zagađenog zraka na ljudsko zdravlje.

5.1 Utjecaj zagađenog zraka na ljudsko zdravlje

Najočigledniji utjecaj zagađenog zraka na ljudsko zdravlje su bolesti dišnih organa kao npr. bronhitis, astma, emfizem te rak pluća. Onečišćujuće tvari u ljudsko tijelo najlakše ulaze putem dišnih organa.

Učinak različitih zagađivača razlikuje se prema vremenu koje je potrebno da bi se otkrili prvi simptomi bolesti. Emisije ispušnih plinova vozila mogu iritirati oči i dišne putove, te su opasni za zdravlje kad se udahnu.

Na onečišćeni zrak su posebno osjetljiva djeca, te osobe s kroničnim bolestima pluća i srca. Ovisno o trajanju izlaganja štetnim tvarima razlikuju se akutni i kronični učinci zagađivača zraka [8]. Akutni učinci manifestiraju se već nakon kratkotrajnog izlaganja od nekoliko dana, dok kronični postaju vidljivi tek nakon duljeg vremenskog razdoblja. Upravo zbog toga, kronični učinci zagađenog zraka su mnogo opasniji jer je potrebno određeno vrijeme da bi bili otkriveni. Sumporov dioksid je bezbojan plin kisela okusa koji nadražuje dišne puteve te se otapa u sluznicama očiju, usta, nosa i bronhija. Ustanovljeno je da sumporovi oksidi povećavaju respiratorne bolesti kao npr. Rak pluća i bronhitis. U kombinaciji sa prašinom povećava se opasnost SO 2 zbog toga što se stvara kiseli aerosol koji lakše prodire do unutarnjih dišnih organa. Ugljični monoksid izaziva glavobolju, slabljenje kardiovaskularnog sustava i povraćanje. U većim količinama može izazvati čak i smrt. Njegova opasnost posebno leži u tome što ga se teško prepoznaje zbog činjenice da nema nikakvog mirisa. Kada uđe u krv zaustavlja prijenos kisika zbog toga što ima 200 do 300 puta veću sklonost vezivanja na hemoglobin. Dušični oksidi poput NO i NO2 su također opasni za ljudsko zdravlje. Dušični dioksid je nadražajni plin koji se otapa u sluznicama, dok dušični oksid djeluje vrlo otrovno te stvara meta hemoglobin u krvi. Ozon (O3) je bezbojan plin zagušljiva mirisa. Sastavni je dio fotokemijskog smoga. Takav plin stvara nadražaj kašlja te povećava osjetljivost na infekcije. Također, vrlo je bitno napomenuti da olovo (Pb) utječe na mozak kod male djece te, se taloži u ljudskim kostima [8].

5.2 Mjere prevencije za povećanje zaštite zdravlja zaposlenika u stanicama za tehnički pregled vozila

Kako su zaposlenici u stanicama za tehnički pregled vozila izloženi svojim svakodnevnim boravkom u prostorima gdje se talože različiti sastavi ispušnih plinova, preko potrebne su mjere za povećanjem zaštite zdravlja. Iako se mnogo mjera već i provodi nužno je naglašavati i ponavljati da su one od presudne važnosti za čovjekovo zdravlje u ovakvoj djelatnosti. Neke od mjera koje mogu pridonijeti boljitku i zaštiti čovjekova zdravlja su sljedeće:

- Upotreba medicinskih zaštitnih maska prilikom ispitivanja ispušnih plinova na vozilima [9]



Slika 1. Medicinska zaštitna maska

OPIS: Mogućnost korištenja jednostavnih medicinskih zaštitnih maski prilikom ispitivanja ispušnih plinova motornih vozila (M1) kategorije – osobna vozila i (N1) kategorije vozila – laka teretna vozila.

≈ Upotreba zaštitne maske koja može poslužiti za zaštitu dišnih puteva i očiju [10]



Slika 2. Zaštitna maska kod ispitivanja ispušnih plinova motornih vozila

OPIS: Mogućnost korištenja jednostavnih medicinskih zaštitnih maski prilikom ispitivanja ispušnih plinova motornih vozila (M2, M3, N2,N3) kategorije – teška teretna vozila, tegljači, kamioni različitih izvedbi i namjena, te autobusi.

≈ Upotreba čepića za uši kao mjere zaštite organa sluha od utjecaja buke vozila [11]



Slika 3. Čepići za uši

OPIS: Mogućnost korištenja čepića za uši prilikom ispitivanja ispušnih plinova motornih vozila, te mogućnost korištenja prilikom mjerenja buke i najveće brzine na mopedima i motociklima

≈ Upotreba zaštitnih slušalica kao sredstvo zaštite od velike buke [12]



Slika 4. Zaštitne slušalice

OPIS: Mogućnost korištenja zaštitnih slušalica prilikom ispitivanja ispušnih plinova motornih vozila, te mogućnost korištenja prilikom mjerenja buke i najveće brzine na mopedima i motociklima

≈ Upotreba uređaja za odsis ispušnih plinova [13], [14]



Slika 5. Uređaj za odsis ispušnih plinova

OPIS: Učestalije korištenje uređaja za odsis ispušnih plinova vozila. Iako je ova mjera prevencije već duže vrijeme primjenjiva, nužno je da se ona koristi svakodnevno, a posebno kod ispitivanja ispušnih plinova starijih motornih vozila. Važno je naglasiti da je potrebno postaviti dodatne sustave za ventilaciju i provjetravanja na dnu tehnoloških linija iz razloga jer se tamo sakupljaju najveće količine otrovnih ispušnih plinova, a gdje zaposlenici borave prilikom pregleda podvozja svakog vozila. U ovom slučaju najugroženiji je dišni sustav kod čovjeka, te dugotrajno zadržavanje u ovakvim okolnostima može ozbiljno narušiti zdravstveno stanje čovjeka, kao i prouzročiti opasne posljedice za život zaposlenika.

≈ Upotreba sustava za odsis ispušnih plinova motornih vozila [15]



Slika 6. Sustav za odsis ispušnih plinova motornih vozila

OPIS: Iako je ovakva mjera prevencije već postojana i provodi se duže vrijeme, važno je napomenuti njenu uporabu prilikom ispitivanja vozila koja imaju sklop ispušnog sustava izvedenih sa više izlaza, točnije i sa lijeve i desne strane. Kod takvih vozila je važno da se prilikom ispitivanja ispušnih plinova na oba otvora primjeni uređaj za odsis. Ukoliko se primjenjuje na samo jedna otvor, nema učinkovitosti jer je drugi otvor otvoren i kroz njega slobodno izlaze zagađeni plinovi i njihovi spojevi, te tako automatski dolaze u direktan doticaj sa čovjekom.

≈ Upotreba sustava za odvodnju ispušnih plinova motornih vozila u objektima - stanica za tehnički pregled vozila [16]



Slika 6. Sustav za odvod ispušnih plinova motornih vozila

OPIS: Ovakva mjera prevencije je kao i prethodna također postojana. Naglasak se stavlja na postavljanje kvalitetnih sustava za odvod ispušnih plinova van objekta stanica za tehnički pregled, te periodičnom provjerom njihove ispravnosti, loše pričvršćenosti i možebitne propusnosti ili oštećenosti. Ukoliko je sustav oštećen, on kao takav nema svoju ulogu, jer se ispušni plinovi tada ne odvode van objekta, već se zadržavaju u njemu, gdje opet dolaze u izravan kontakt sa čovjekom i narušavaju njegovo zdravlje.

6. Zaključak

Stručno-znanstvene studije u cijelom svijetu, nam pokazuju da 40% štetnih tvari u atmosferi stvara promet, a od toga cestovni promet sudjeluje s oko 80-90%. Nepovoljan utjecaj prometa očituje se u onečišćenju zraka, vode i tla, pojavi buke i vibracija, u smanjenju zelenih površina, degradaciji gradskog prostora i povećanju opasnosti za život i zdravlje ljudi. Promet onečišćuje okoliš ispušnim plinovima, dimom, prašinom, otpadnim uljima i energentima. To posebno dolazi do izražaja u urbanim sredinama i gradovima. Vrlo je važno da izvršimo prikupljanje relevantnih podataka u našoj okolini, te na taj način dobijemo stvarnu i kompletnu sliku zagađenja. U periodičkim ciklusima trebamo održavati edukativne radionice sa ciljem educiranja zaposlenika stanica za tehnički pregled vozila, a po potrebi i svih zainteresiranih, glede opasnosti za okoliš i ljudsko zdravlje. Stoga planiramo, u početku, održavati preventivno edukativne radionice na području grada Zagreba, a kasnije i na širem području. Nadalje je važno napomenuti po pitanju zdravstvenog stanja zaposlenika u stanicama za tehnički pregled vozila da se obavljaju sistematski pregledi jednom ili po potrebi više puta godišnje kako bi se dobio uvid u cjelokupnu sliku zdravstvenog stanja čovjeka. Ne smije se izostaviti dio vezan za opremu koja služi za ispitivanje ispušnih plinova motornih vozila da ista bude uredno održavana i pregledana od strane stručnih osoba ili tvrtki koje su za to zadužene. Od presudne je važnosti kada

je riječ o cestovnom prometu kao zagađivaču da se poduzmu adekvatne i preventivne mjere za sprječavanje gubitka ljudskih života, kao i uništavanja okoliša.

Literatura

[1] J. Golubić, Promet i okoliš, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1999,

[2] Perfect Pollucon Services, How to reduce air pollution from industries https://www.ppsthane.com/blog/reduce-air-pollution-industries, [Pristupljeno: ožujak 2019.],

[3] T. Germanova, A. Kernozhitskaya, Emissions of exhaust gases and health of the person, IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 90 (2017) 012036,

[4] Centar za vozila Hrvatske, Preuzeto sa: https://www.cvh.hr/tehnicki-pregled/statistika/, [Pristupljeno: prosinac 2019.],

[5] Kalauz Z.: Ispitivanje ispušnih plinova motornih vozila – Eko test, Stručni bilten broj 107, Centar za vozila hrvatske, Zagreb, 2004,

[6] Nacionalni portal energetske učinkovitosti, Preuzeto sa: https://www.enu.hr/, [Pristupljeno: listopad 2019.],

[7] N. Kanthavelkumaran, P. Seenikannan, E. Kumaresh, Exhaust Measurement and Emission Control – Biodiesel involvement in diesel engine, Automatika 57 (2016) 532-539,

[8] Missoni, E: Ljudski čimbenik u prometu , Sveučilišni udžbenik, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017

[9] Tianhong Medical: Preuzeto sa: http://ba.absorbentgauze.com/non-woven-fabric/medical-mask.html, [Pristupljeno: kolovoz, 2019],

[10] Enormis: Preuzeto sa: https://www.enormis.hr/proizvod/drager-x-plore-6300-puna-maska/ [Pristupljeno: kolovoz 2019.],

[11] Unikomerc: Preuzeto sa: http://unikomerc-uvoz.hr/proizvod/cepici-za-usi [Pristupljeno: kolovoz 2019.],

[12] Unikomerc: Preuzeto sa: http://unikomerc-uvoz.hr/index/zastita-sluha, [Pristupljeno: kolovoz 2019.],

[13 Forch: Preuzeto sa: https://ferh.ba/proizvod/uredaj-za-odsis-ispusnih-plinova/ [Pristupljeno: prosinac 2019],

[14] Alfa kov: Preuzeto sa: http://alfa-kov.hr/proizvodi/oprema-za-stanice-tehnicki-pregled/oprema-stanice-tehnickog-pregleda-13/ [Pristupljeno: prosinac 2019.],

[15] CLF Kwalt fluid equipment: Preuzeto sa: http://hu.kwalt-clf.com/exhaust-extraction/car-exhaust-extraction-system.html [Pristupljeno: prosinac 2019.],

[16] Drakon vatrogasna oprema: Preuzeto sa: http://drakon-vatrogasna-oprema.hr/s-tec/ [Pristupljeno: prosinac 2019.].

40

Dr. Sc.Jasmina Isabegović, dipl.inž.rud.
Rudarski institut d.d. Tuzla
Rudarska 72
jasmina.isabegovic@rudarskiinstituttuzla.ba

Mogućnosti korištenja metana iz rudnika sa podzemnom eksploatacijom uglja kao energentskog izvora u cilju smanjenja efekta staklenika

The possibility of using methane from underground coal mining as energy sources in order greenhouse effect

Sažetak: Metan (CH4) koji se oslobađa tokom eksploatacije uglja, stvara nesigurne uslove za rad u mnogim podzemnim rudnicima širom svijeta, sa ljudskim žrtvama i nedopustivim posljedicama mnogih nezgoda vezanih za metan. Efikasno upravljanje ovim plinom, nije ograničeno samo na brigu za bezbijednost rada, metan ispušten u atmosferu predstavlja zauvijek izgubljen izvor energije. Emisije metana koje se javljaju kao rezultat eksploatacije uglja jedan je od stakleničkih plinova koji utiću na klimatske promjene (globalno zagrijavanje). Korištenje metana kao izvora energije, može donijeti ne samo ekonomsku, nego i višestruku korist za okoliš. Samim tim rudarska industrija se može unaprijediti, a eksploatacija uglja u budućnosti učiniti sigurnijom, produktivnijom i profitabilnijom.
Postoji mnogo varijanti profitabilnog korištenja metana iz uglja, čije je optimalno korištenje na datoj lokaciji zavisno od faktora kao što su: koncentracija i čistoća metana, dostupnost krajnjeg korisnika korištene opcije, te ekonomska opravdanost realizacije ovakvog zahvata.

Ključne riječi: *metan, rudnik, staklenički efekat, okoliš, energija*

Abstract: Methane (CH4) released during coal exploitation creates uncertain conditions for work in many underground mines around the world, with human casualties and the unacceptable consequences of many methane-related disasters. Efficient management of this gas is not limited to safety alone, the methane emitted into the atmosphere is a permanently lost source of energy. Methane emissions that occur as a result of coal exploitation are one of the greenhouse gases that affect climate change (global warming). The use of methane as a source of energy can bring not only economic but also multiple benefits for the environment. Therefore, the mining industry can improve and exploit the coal in the future in a safer, more productive and profitable way.
There are many variants of profitable use of methane from coal, whose optimum utilization at a given location depends on factors such as: concentration and purity of methane, availability of the end-user of the option used, and economic justification of the realization of such a procedure.

Key words: *methane, mine, greenhouse effect, environment, energy*

1. Uvod

Stručnjacima iz oblasti rudarstva široko je dostupna brojna literatura o upravljanju metanom u rudnicima sa površinskom i podzemnom eksploatacijom, kao jedinstven izvor informacija, međutim konkretnih smjernica upravljanja metanom u rudnicima Federacije Bosne i Hercegovine (FBiH) dosada nije bilo.

Preporučeni principi i standardi za izdvajanje metana u rudnicima uglja i njegova upotreba, predstavljaju jasne smijernice donosiocima odluka u rudnicima koje će moći koristiti prilikom određivanja politike i donošenja sigurnih i komercijalno pozitivnih odluka. Takvo znanje od ključne je važnosti za postizanje nulte smrtnosti i rizika od eksplozije metana u rudnicima, a istovremeno se minimizira i uticaj ovog stakleničkog plina po okolinu.

Redukcija emisije metana u atmosferu ili prethodno spaljivanje, odnosno korištenje istog, ima višestruko veći pozitivan efekat na okoliš nego redukcija emisija ugljendioksida. U poređenju sa CO2 na 20 godina, metan je 72 puta snažniji staklenički plin, a na 100 godina je oko 25 puta jači.

1.1 Problem globalnog zatopljenja

U svoju geološkoj prošlosti Zemlja je prošla kroz nekoliko hladnijih i toplijih razdoblja.

Promjene klime događaju se zbog prirodnih procesa u unutrašnjosti Zemlje i zbog djelovanja vanjskih uticaja, koji mogu, ali ne nužno, biti posljedica ljudskog djelovanja (npr. Sunčeva aktivnost nije izravna posljedica ljudskog djelovanja). O uticaju vanjskih faktora, koji nisu posljedica ljudskog djelovanja, naročito oko uticaja Sunčevog zračenja, postoje podijeljena mišljena trenutne naučne javnosti.

Prema istraživanjima koje je provelo Međuvladino tijelo o klimatskim promjenama (International Panel on Climate Change, IPCC) prilikom izrade modela mogućih budućih klimatskih scenarija, Sunčeva aktivnost nije značajno uticala na globalne temperaturne promjene (povećanje globalne temperature) posljednjih 4 ili 5 desetljeća. Prema tim istraživanjima vulkanska aktivnost i Sunčevo zračenje odgovorni su za oko 50% temperaturnih varijacija prije 1950. g., dok je ukupan učinak tog prirodnog zračenja od tada gotovo zanemariv. Uz to, procijenjeno je da su klimatske promjene uzrokovane koncentracijom stakleničkih plinova u atmosferi, od 1750 do 2000 g. osam puta veće od istih uzrokovanih povećanom Sunčevom aktivnošću.

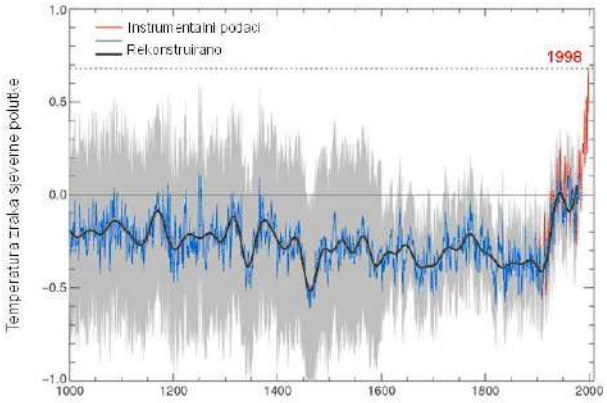
S druge strane, neki naučnici smatraju da je uticaj Sunčeva zračenja u navedenim modelskim studijama podcijenjen te da je ono uzrok od 16 – 36% sadašnjeg povećanja globalne temperature.

Prema do sada provedenim istraživanjima globalna temperatura je tokom hiljadu godina prije 1850. g. bila relativno stabilna, uz iznimke regionalnih fluktuacija, kao što su bili srednjovjekovno toplo razdoblje (Srednjovjekovni klimatski optimum), ili Malo ledeno doba (1550.- 1880.).

Instrumentalno mjerenje temperature započelo je 1860. g., a satelitsko mjerenje temperature troposfere datira iz 1979. g. Prema podacima dobivenim instrumentalnim mjerenjem, u razdoblju od 1860. – 1900. g., prosječna temperatura na Zemlji (kopno i more) je porasla za 0,75°C .

Od 1979. g., od kada je započelo satelitsko mjerenje temperature, povećanje temperature kopnenog dijela Zemlje je, u odnosu na morski dio, udvostručeno (0,25°C/10 g. u odnosu na 0,13°C/10 g. (Smith, 2005.).

Na slici 1. je prikazano kretanje temperature posljednjih 1000 godina.



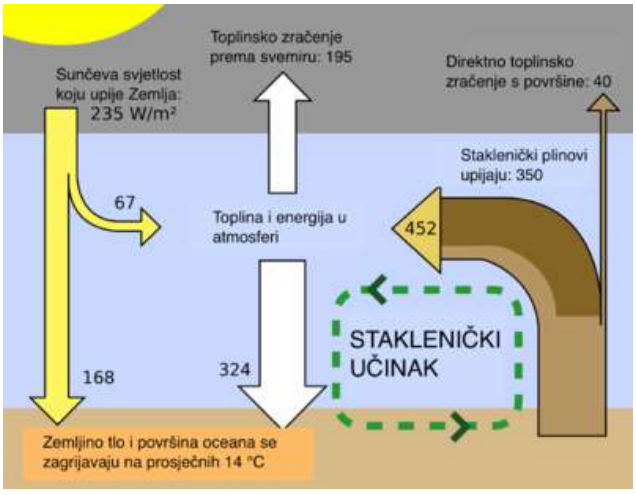
Slika 1. : Kretanje temperature tokom proteklih 1000 godina(.1.)

Značajnije povećanje globalne temperature u razdoblju od sredine XIX. vijeku do danas, a naročito posljednjih pedesetak godina, se najvećim dijelom pripisuje djelovanju čovjeka, te se općenito naziva terminom «globalno zatopljenje». Prema istraživanjima IPCC- a (Integrated Pollution, Prevention and Control) postoji 90%-tna vjerovatnoća da je ljudska aktivnost glavni uzrok navedenog globalnog povećanja temperature.

1.1.1 Efekat staklenika

Na promjene klime na Zemlji utiču brojne interakcije između Sunca, okeana, kopna, atmosfere i živih organizama. Pojavu povećanja temperature na Zemlji apsorpcijom infracrvenog Sunčevog zračenja u atmosferi prvi je otkrio Joseph Fourier 1824. g. Nešto kasnije, 1896. g. istu je pojavu po prvi puta kvantitativno istraživao Svante Arrhenius. Ta je pojava popularno nazvana tzv. *stakleničkim efektom* ili *efektom staklenika*.

Za život na Zemlji potrebna je Sunčeva energija koju Zemlja prima u obliku zračenja. Sunčevo zračenje djelomično prolaz kroz atmosferu (70%), a djelomično se od nje reflektuje (30%). Zračenje, koje prolazi kroz atmosferu, dolazi do površine Zemlje pri čemu se dio tog zračenja apsorbira (70%) te se na taj način zagrijavaju atmosfera (16%), kopno i okeani (51%), a dio se apsorbira u oblacima (3%). Preostali dio Sunčeva zračenja, koji je dospio do Zemljine površine (30%), se od nje reflektuje i odlazi u atmosferu. Na slici 2. je dat shematski prikaz izmjene energije između Svemira, Zemljine atmosfere i površine Zemlje.



Slika 2.: Prikaz izmjena energija i ravnoteže na Zemlji između izvora (Sunce), Zemljine površine, Zemljine atmosfere i neizbježnog gubitka u svemir(2.1.)

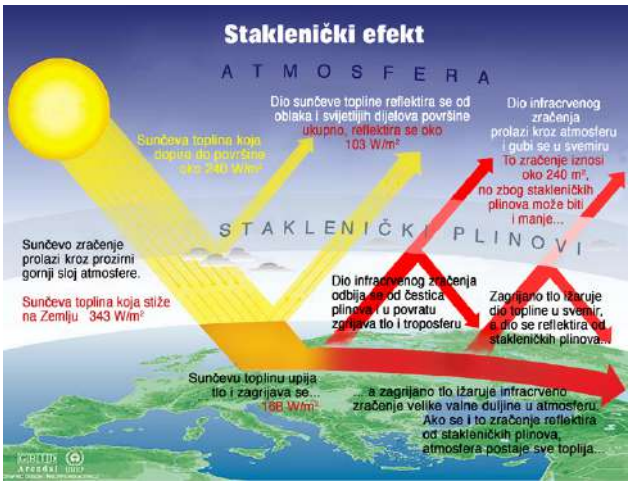
Mehanizam stakleničkog efekta leži u tome što atmosfera propušta vidljivi dio spektra Sunčevog zračenja, a apsorbira infracrveno termalno zračenje dugih talasnih dužina (IR zračenje) koje zrači površina Zemlje. Veći dio infracrvenog zračenja emitiranog s površine Zemlje se u atmosferi apsorbira tzv. stakleničkim plinovima, a samo jedan mali dio (6%) odlazi nazad u Svemir.

Efekat staklenika nema isključivo negativno značenje. To je značajan mehanizam održavanja temperature atmosfere. Efekt staklenika, odnosno staklenički plinovi (vodena para (H2O(g)), ugljen dioksid (CO2), metan (CH4), diazotni(I)oksid (N2O), ozon (O3), te sintetski organski spojevi kao freoni i haloni) čine temperaturu na Zemlji ugodnom za život. Bez stakleničkih plinova temperatura na površini Zemlje bi bila za oko 30°C niža od današnje, Zemlja bi bila u ledenom dobu, a postojeći život ne bi bio moguć.

Staklenički plinovi se dijele na prirodne i sintetičke.

Prirodni staklenički plinovi u atmosferi su ugljen-dioksid (CO2), metan (CH4), ozon (O3), vodena para (H2O) i azotni oksid (N2O). Od sintetičkih stakleničkih plinova, tj. plinova koji se ne pojavljuju u prirodi, ili se pojavljuju u zanemarivo malim količinama, najznačajniji su: hlorofluorougljici (CFC), hidrofluorougljici (HFC), perfluorougljici (PFC) i sumpor- heksafluorid (SF6).

Osim prirodnih stakleničkih plinova, razvojem industrije, povećanjem broja stanovnika i povećanjem potrošnje energije, posljednjih 70- tak godina u atmosferi je sve veća koncentracija antropogenih stakleničkih plinova (i sintetički i prirodni staklenički plinovi), tj. stakleničkih plinova koji se ispuštaju u atmosferu isključivo kao posljedica ljudskog djelovanja. Analizom udjela plinova utvrđeno je da CO2 čini 50% stakleničkih emisija, potom slijede CFC s 22%, CH4 s 13%, O3 s 7%, N2O s 5%, a na kraju i H2O(g) s 3%. Na slici 3. je prikazan efekat staklenika.



Slika 3.: Efekat staklenika

Globalna potrošnja fosilnih goriva (neobnovljivih izvora energije) je zapanjujuća i raste do alarmantantnih razmjera. Učinkovitije korištenje energije je glavni faktor koji pridonosi povećanju korištenja energije, koji su nastali kroz istoriju u gotovo svim zemljama OECD-a , a u novije vrijeme i u mnogim tranzicijskim zemljama, kao i u nekim od brzo rastućih zemalja u razvoju.

Inženjering stručnjaci i menadžeri trebaju znati odgovoriti na izazove integracije ekološki osviještene tehnologije, tehnike, strategije i ciljeve u svom svakodnevnom radu, te pronaći mogućnosti za smanjenje troškova i povećanje profita uz istovremeno ograničenje uticaja na okoliš.

Inženjering praktičari i menadžeri također su suočeni s izazovima u skladu s promjenom zakona o zaštiti okoliša. Smanjenje korištenja fosilnih goriva će znatno smanjiti količinu proizvodnje ugljen dioksida, kao i smanjenje razine onečišćujućih materija koje uzrokuju kisele kiše. To se može postići ili upotrebom manje fosilnih goriva ili zajedno korištenja alternativnih izvora energije. Velikim

smanjenjem kako emisija ugljen dioksida, tako i metana u atmosferi potrebno je kako bi se izbjegle klimatske promjene.

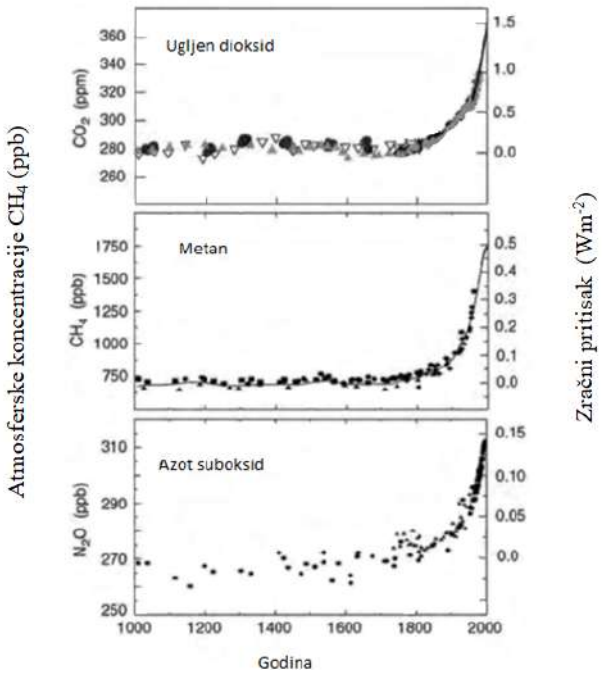
Kaptiranje i skladištenje ugljen dioksida i metana, u kombinaciji s drugim tehnikama za smanjenje emisija ovih plinova, mogla bi se postići smanjenja klimatskih promjena.

1.2 Prva identifikacija metana i njegovo korištenje u svijetu

Kad je talijanski fizičar Alessandro Volta pred kraj 18. vijeka identifikovao metan (CH4) kao zapaljiv plin u mjehurićima iz močvare u jezeru Maggiore u Italiji, on nije mogao pretpostaviti koliko će ovaj plin biti važan za ljudsko društvo u narednim vijekovima.

Danas se CH4 koristi u cijelom svijetu i kao industrijski i kao domaći izvor goriva. Njegovo iskorištavanje je pomoglo privredni razvoj, i to kao alternativni izvor energije do uglja i nafte. Ovaj izvor energije je i dalje vrlo atraktivan i tražen. Energija iz CH4 (u obliku prirodnog plina) je odigrala značajnu ulogu u Velikoj Britaniji u ispunjavanju odredbi iz Kyoto protokola za smanjenje emisije stakleničkih plinova, korištenjem ovog plina kao izvora energije za elektrane. CH4 se danas sve više smatra vodećim stakleničkim plinom. U vrijeme kad je Volta skupljao plin CH4 iz močvarnih mjehurića, njegova koncentracija u atmosferi iznosila je oko 750 dijelova na milijardu (ppb), a gotovo vijekovima potom John Tyndall je pokazao njegovu snažnu infracrvenu apsorpciju i njegovu ulogu kao stakleničkog plina.

Kao i druga dva glavna staklenička plina - ugljen dioksid (CO2) i azotsuboksid ili diazotoksid (N2O) - koncentracija CH4 u atmosferi se povećala ubrzano od predindustrijskog razdoblja. Temeljne evidencije, te u novije vrijeme atmosferski uzorci, pokazuju da se od početka industrijske ere koncentracija ovog plina više nego udvostručila na visine od preko 1750 ppb (Slika 4).



Slika 4.: Atmosferska koncentracije ugljen dioksida, metana i azot suboksid tokom posljednjih 1000 godina (Izvor: Reprodukovani su uz dozvolu iz Međudržavnog odbora o promjeni klime.)

Ova koncentracija daleko prelazi maksimalnu koncentraciju CH4 u atmosferi u bilo kojem trenutku u prethodnih 650.000 godina, te se procjenjuje kako je rezultiralo dodatnim uticajem zračenja od oko 0,5 (W/m2) , u odnosu na razinu 1750 ppb.

Metan je vrlo snažan staklenički plin. U atmosferi traje oko 10 godina, a nakon toga se razlaže na

CO2 i vodu. Metan takođe utiče na razlaganje ozonskog omotača.

Koncentracija metana u Zemljinoj atmosferi je 1998. godine bila 0,0001745 % (1745 ppb), a 1750. godine 0,000700 % (7000 ppb). 2008. je koncentracija bila 0,0001800 % (1800 ppb), dok je 2010. iznad Arktika izmjereno 0,0001850 % (1850 ppb).

Naučnici su utvrdili da je to najveća koncentracija u zadnjih 400 000 godina. Istorijski gledano, u vrijeme ledenih doba ta koncentracija je bila između 0,0000300 % i 0,0000400 %, (300 i 400 ppb) dok je između ledenih doba normalna vrijednost bila između 0,0000600 % i 0,0000700 % (600 i 700 ppb).

1.2 Redukcija emisije metana iz rudnika uglja

Redukcija emisije stakleničkih plinova (GHG) je internacionalni cilj uspostavljen u Konvenciji UN-a o klimatskim promjenama iz 1982. godine. Rudnici koji ispuštaju *metan iz ugljenog sloja* (Coalbed metan – CBM) kao nusprodukt će biti ograničeni u budućnosti, osim ako tretman metana ne bude regulisan na pravno prihvatljiv način.

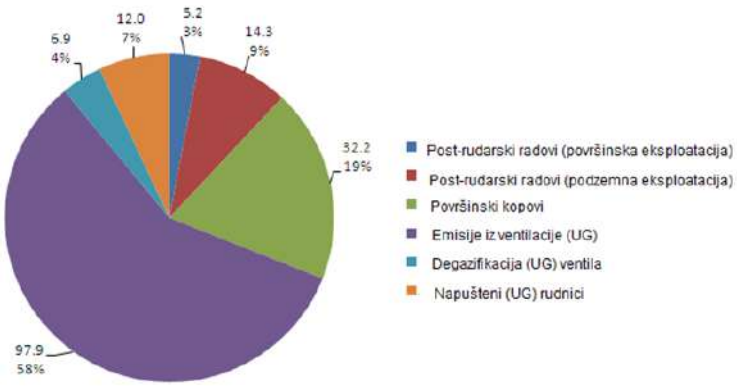
Smanjenje emisije metana predstavlja međunarodni prioritet, pri čemu rudnici uglja imaju važnu ulogu. Globalne CBM emisije su male u poređenju sa ostalim GHG emisijama iz rudnika (npr. ugljen dioksid od sagorijevanja uglja), ali nisu beznačajne.

Osobine metana u atmosferi:

- Rok trajanja u atmosferi – 10 (12) godina,
- Globalni potencijal zagrijavanja (GWP) – 21 (23) (na 100-godina)

Ventilacijski metan (VAM), odnosi se na vrlo razblažene koncentracije metana koji je pušten iz podzemnih rudnika kroz ventilacijski sistem. VAM predstavlja više od polovine svih emisija metana u Sjedinjenim Američkim Državama i širom svijeta.

VAM metan je direktno ispuštanje metana u zrak. Taj, razrijeđeni metan je, tehnički, moguće pretvoriti u korisnu energiju. Izvori metana, kada su u pitanju rudnici, su raznoliki. Naredna slika jasno pokazuje koji su to izvori i u kojoj mjeri svaki pojedinačni izvor emituje metan.



Slika 5.:Izvori emisije metana

Metan je emitovan iz 5 izvora:

- Sistemom degazacija u podzemnim rudnicima uglja (drenažni sistem),
- VAM metan, izlazna vazdušna struja koja sadrži razrijeđenu koncentraciju metana,
- Napušteni ili zatvoreni rudnici uglja, iz kojih metan može curiti kroz otvore ili pukotine u zemlji,
- Površinski kopovi, iz kojih je metan direktno izložen atmosferi,
- Fugitivne emisije iz post-rudarskih radova, u kojima ugalj i dalje ispušta metan.

1.3 CBM projekti koji se primjenjuju u svijetu

Sakupljanje i korišćenje plina u rudnicima uglja nije novo, iako ima velikih poboljšanja u tehnologijama i njihovim aplikacijama tokom nekoliko vijekova. Do prve zabilježene drenaže metana je došlo u Ujedinjenom Kraljevstvu 1730.

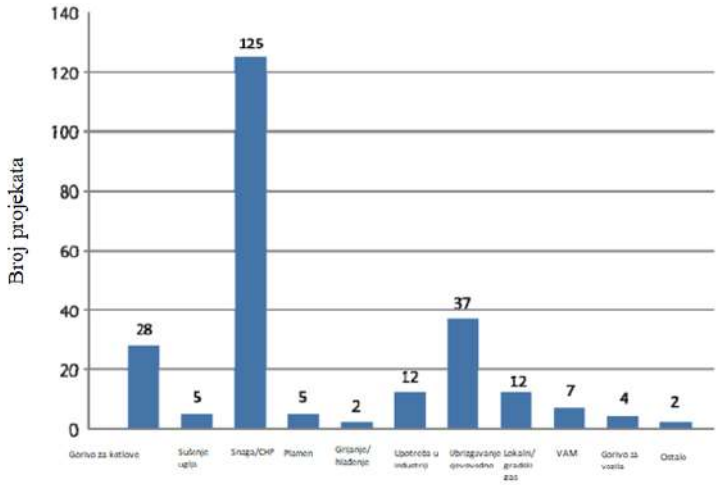
Moderniji, kontrolisani sistemi drenaže metana su predstavljeni u Evropi u prvoj polovini dvadesetog vijeka. Korišćenje rudničkog plina za osvjetljenje započeto je prije 18-tog vijeka i bilo je zabilježeno 1880-tih. Do 1950-tih, sistematične i efikasne metode sakupljanja ovog plina, koje su originalno bile razvijene u Njemačkoj, su korišćene širom Evrope.

Od 1960-tih, povećana je upotreba dreniranog plina, u početku za kotlove rudnika i industrijske procese i kasnije za proizvodnju energije, plinovod i gradski plin.

Trenutno postoji na hiljade projekata za korišćenje CBM plina širom svijeta koji su operativni ili u izradi. Na primjer, agencija Tržišno Partnerstvo za Metan procjenjuje da je preko 240 projekata urađeno i trenutno se rade, ili su u fazi izrade u oko 14 zemalja širom svijeta.

Najrasprostranjenija upotreba CBM je za proizvodnju električne energije; druge upotrebe uključuju kotlovsko gorivo, ubrizgavanje u plinovode prirodnog plina, gradski plin, industrijski plin, sirovinu za pretvaranje u gorivo za vozila kao što je tečni prirodni plin (plin) (LNG) ili kompresovani prirodni plin (CNG), ili sušenje uglja.

U nekim slučajevima metan koji ne može biti ekonomično dobijen i iskorišćen zbog nepovoljnih uslova ležišta ili tržišta, biva uništen (npr. spaljen na baklji i konvertovan u ugljen dioksid). I ovo je način da se redukuju GWP emisije. Redukcije GWP emisije takođe imaju potencijal da generišu prihod iz kredita koji se dobiju vezano za eksploataciju uglja u nekim zemljama.



Slika 6.: ES-1- Distribucija upotrebe CBM u projektima u svijetu
(Izvor: Tržišni Partneri za Metan, 2009)

1.4 Mogućnosti upotrebe metana iz ugljenog sloja (CBM) u rudnicima FBiH

Podzemni rudnici su najveći izvor antropogenih emisija metana, ali te emisije se mogu suštinski smanjiti ukoliko se koristi najbolja praksa, uz odgovarajuće tehničke i tržišne uslove. Krajni cilj treba da bude smanjenje emisija metana blizu nulte.

CBM može se direktno koristiti za snabdjevanje ili proizvodnju energije i u rudnicima sa podzemnom eksploatacijom uglja u Federaciji Bosne i Hercegovine (FBiH). Rudnik, zauzvrat može ostvariti ekonomsku dobit kroz prodaju energije ili smanjenjem troškova. Korišćenje metana doprinosi povećanju vrijednosti rudnika jer generiše kapital koji se može reinvestirati u opremu za sigurnost

rudnika i njegovo sigurno funkcionisanje.

Poznate tehnologije korištenja metana u svijetu su: tehnologija degazacije metana, VAM tehnologija, drenaža metana, tehnologija prečišćavanja razblaženog metana iz drenažnog sistema i tehnologije korišćenja nisko-koncentrovane smješe zraka.

Pomenute tehnologije mogu optimizirati korišćenje energije i praktično eliminisati znatan procenat emisija metana iz podzemnih rudnika uglja. U težnji da se metan iz ugljenog sloja (CBM) iskoristi, često se zapostavljaju potrebni standardi sigurnosti i inženjeringa i na taj način stvaraju novi hazardi u rudnicima uglja. Zbog toga prilikom planiranja korišćenja metana treba izbjeći svako dodatno povećanje rizika. Dobri standardi i praksa drenaže plina će doprineti da ovaj plin bude koristan i stabilnog kvaliteta, a sa druge strane će omogućiti primjenu najjeftinijih metoda za njegovu upotrebu.

U ovom radu razmatrane su dvije tehnologije za smanjenje emisije metana iz podzemnih rudnika uglja koje mogu biti finansirane kao CBM projekti:

1. Otplinjavanje (dreniranje) ugljenih slojeva

2. Sagorijevanje metana sadržanog u ventilacionom zraku na izlazu iz rudnika (VAM)

1. Otplinjavanje (dreniranje) ugljenih slojeva

Metan (CH_4) nastaje u aktivnim i napuštenim podzemnim rudnicima i površinskim kopova, a i kao rezultat post-rudarskih aktivnosti uključujući preradu uglja, skladištenje i transport.

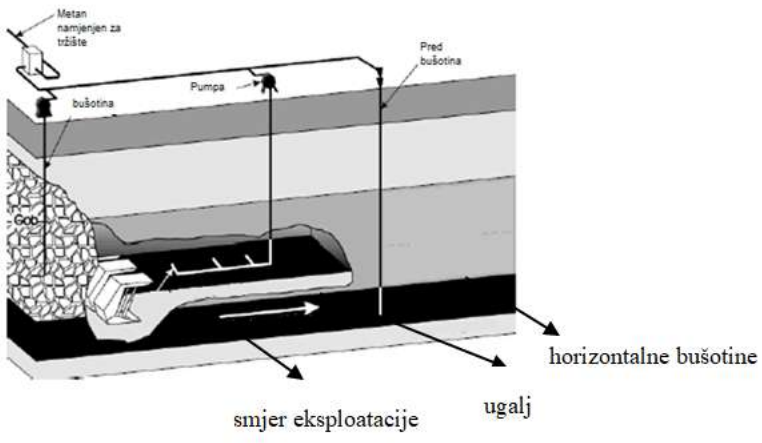
Metan se može sakupljati u pukotinskim dijelovima rudnika ili se može naći kao slobodni plin u okolnim dijelovima kopa.

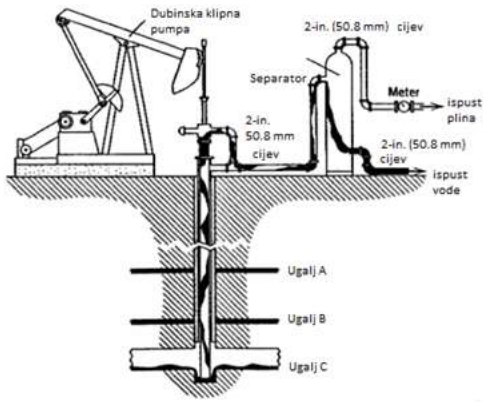
Možemo razlikovati dva procesa otplinjavanja:

≈ osnovno otplinjavanje, i

≈ dodatno otplinjavanje iz pukotina starog rada, bokova i podinskih slojeva

Tokom eksploatacije uglja u rudnicima/jamama se iz sigurnosnih razloga vrši redukcija metana koji je eksplozivan pri koncentraciji od 4,4% - 16.5% u zraku. Razrjeđenje koncentracije metana na manje od 1% se vrši pomoći ventilacionih sistema kojim se ubacuju velike količine zraka u jamske prostorije.





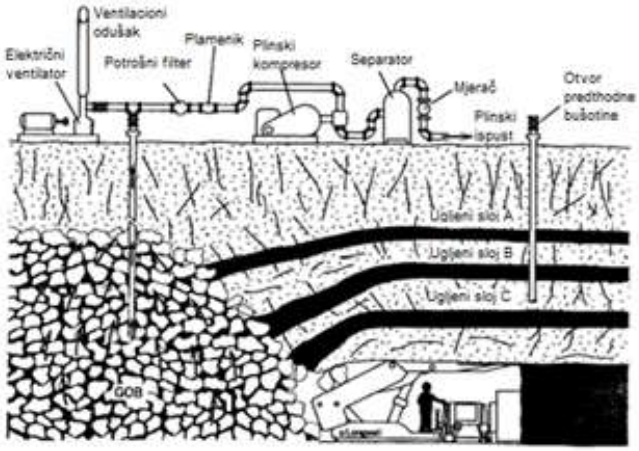
Slika 7.: Otplinjavanje jame u fazi eksploatacije; Slika 8.: Karakteristična instalacija vertikalne bušotine

Vertikalne bušotine odstranjuju velike količine plinova iz jame i okolnih slojeva. Ukupan iznos metana koji može biti izvučen iz jama zavisi od specifičnih uslova jame kao što su sadržaj plinova u okolnim slojevima, propustljivost geoloških slojeva, drenaže i drugih varijabli geoloških i sistema ekstrakcije.

Vertikalne bušotine mogu da odstrane 50% do 90% plinova sadržanih u jamama, te se obično

puštaju u rad dvije do sedam godina prije početka drugih aktivnosti (procesa eksploatacije uglja). Iz starih radova se može izvući 30% do 70% emisije metana zavisno o geološkim uslovima i broju starih radova. Kvalitet plinova varira, no bolji je u početnoj fazi proizvodnje i može se povećati regulacijom protoka. Metan dobijen na ovaj način se može miješati sa plinom iz drugih izvora i pod pritiskom pohraniti i transportovati cjevovodom.

Međutim, kako se i toplotna vrijednost plina pogoršava promjenom kvaliteta, ponekad je potrebno plin iz starih radova obogatiti kako bi zadržao kvalitet koji se zahtijeva u cjevovodima. Alternativno, plin iz starih radova se može koristiti u motorima sa unutrašnjim sagorijevanjem, plinim turbinama za proizvodnju električne energije, za zagrijavanje zgrada ili sušenje uglja za „clean coal" postrojenja.

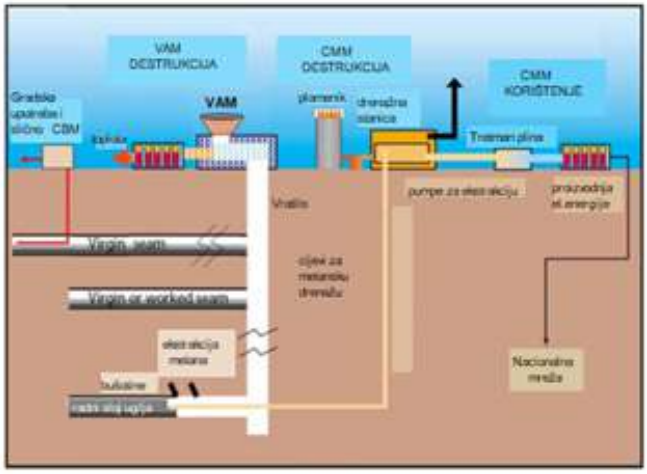


Slika 9.: Karakterističan prikaz starih radova

2. Sagorijevanje metana u ventilacionom zraku (VAM tehnologija)

Metan koji nije sakupljen drenažnim sistemom biva razrijeđen u ventilacionom sistemu rudnika i emitovan u zrak kao razrijeđeni metan iz ventilacionog zraka (VAM - Ventialtion Air and Methane), tipičan za koncentraciju od 1%.

Uprkos niskoj koncentraciji, VAM je globalno najveći pojedinačni izvor emisije metana iz rudnika. Generalno, tehnički je moguće da se oksidiše VAM u koncentracijama minimalno 0,20 %, a širom svijeta u operaciji je više takvih komercijalnih projekata.



Slika 10.: Optimiziranje obnove energije sa blizu-nultom emisijom metana(5.2.)

Termalne oksidacione tehnologije su uvedene na demonstracionim i komercijalnim skalama na nekoliko lokacija širom svijeta (npr. Australija, Kina, Sjedinjene Države) da umanje ove emisije (i

u jednom slučaju da proizvedu električnu energiju iz razblaženog metana). Takođe su u razvoju i druge tehnologije za ublažavanje VAM emisije (npr. katalitičke oksidacije). Ova tehnologija doprinosi sigurnosti u metanskim jamama, jer se u većini slučajeva vrši i odplinjavanje ugljenih slojeva prije eksploatacije, kao i kontrolisano ispuštanje metana iz starih radova kako bi se dobile što veće količine metana.

Primjenom VAM tehnologije koristi se „otpadna" energija, koja se inače emituje u zrak kao metan, što za posljedicu ima uticaj na klimatske promjene. Sagorijevanje u voksidajzeru se vrši u idealno izolovanoj komori za sagorijevanje u keramičkoj jezgri.

Energija koja se oslobađa može da se koristi za proizvodnju toplotne i/ili električne energije. Metan se za vrijeme sagorijevanja transformiše u CO2 i vodenu paru. Energiju koja se za vrijeme procesa oslobađa prenosi se na vodu i kasnije koristi za različite svrhe.

Prvi način smanjenja emisije metana (dreniranje ugljenih slojeva) u uslovima BiH ugljenokopa je trenutno teško izvodljiv, zbog potrebe za znatnim investicijama. Primjena drugog načina redukcije emisije metana je izvjesnija i realnija, ne zahtjeva velike investicije, a tehnički i ekološki učinci su veliki.

2. Rudnici u FBiH sa potencijalom za primjenu VAM tehnologije

Potencijal za primjenu VAM tehnologije imaju, prije svega, jame klasificirane kao „metanske". Pored ovog uslova, uslov je i da postoji određeni nivo proizvodnje. Naime, emisija metana iz metanske jame je u određenoj srazmjeri sa proizvodnjom.

Stoga se može zaključiti da potencijal za primjenu VAM tehnologije u FBiH imaju rudnici koji eksploatišu slojeve uglja koji u sebi sadrže povećane količine metana i oni rudnici čija je proizvodnja na takvom nivou da protok metana može obezbijediti dovoljno CER-ova (prihod generiran pomoću jedinica certificiranog smanjenja emisije (CER) u sklopu mehanizma čistog razvoja (CDM)),iz kojih će se vratiti investicija.

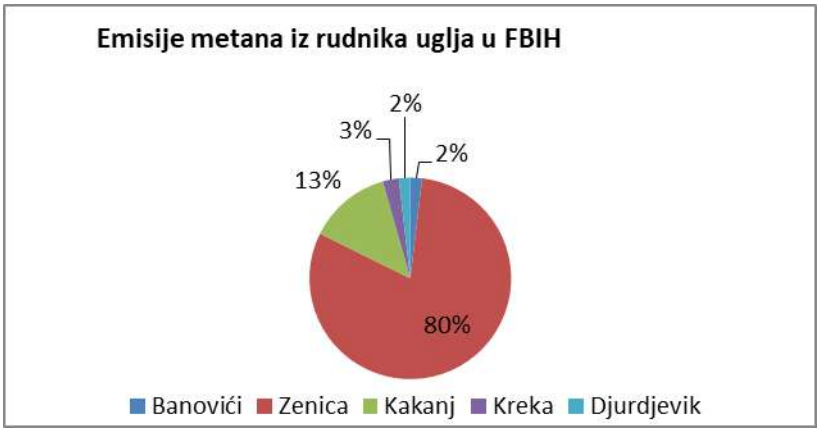
Metanonosni slojevi uglja se uglavnom nalaze u Srednjoj Bosni i to: RMU „Zenica", RMU „Kakanj", RMU „Breza i RMU „Abid Lolić" Bila u Travniku. Jame u sastavu Rudnika uglja „Kreka" (jama Đurđevik" i jama „Mramor"), jama Omazići, Rudnika mrkog uglja „Banovići", kao i RU „Gračanica" Donji Vakuf, takođe spadaju u metanske jame, ali sa manjom metanosnosti slojeva uglja.

Pregled prosječnih godišnjih količina metana u izlaznoj vazdušnoj struji, većine rudnika u FBiH, date su u tabeli 1.:

Rudnik	Pogon	Apsolutna metanoobilnost Q_a (m^3CH_4/min)
RMU „Zenica" d.o.o Zenica	Stara jama	2,77
	Raspotočje	8,50
	Stranjani	1,93
RMU „Kakanj" d.o.o Kakanj	Haljinići	2,82
RMU „Breza"	Sretno	1,16
	Kamenice	1,55
RMU Banovići	Omazići	0,39
RMU „Đurđevik" u Đurđeviku, d.o.o.	Đurdjevik	0,38
RMU „Abid Lolić" d.o.o Travnik – Bila	Bila	0,11-0,31
Rudnici „Kreka" Tuzla	Mramor	0,600

Tabela 1.: Prosječne količine CH4 koje se emituju iz rudnika uglja u BiH

Apsolutna metanoobilnost na dnevnu emisiju metana u atmosferu grafički je prikazana na slici 10.



Slika 11.: Grafički prikaz emisije metana u rudnicima uglja u FBiH

Visoka metanonosnost uglja u Srednjobosanskom basenu, svrstava kompletan lokalitet basena u kojem se vrši eksploatacija uglja, u odnosu na rizik od emisije metana - stakleničkog plina sa snažnim negativnim efektom na klimatske promjene, izvorom nekontrolisane emisije.

Budući da se izdvajanje metana iz ugljenokopa sa podzemnom i površinskom eksploatacijom uglja vrši permanentnom eshalacijom, prijeko je potrebno emisije metana u atmosferu reducirati i u najvećoj mjeri potpuno suzbiti. Reduciranjem emisija metana u atmosferu i iskorištenje istog kao izvora energije, može pospješiti ekonomiju i ujedno imati okolišnu korist.

Iz tabele 1. i grafičkog prikaza dnevnih emisija metana u rudnicima uglja FBiH (slika 11.), evidentno je da je RMU „Zenica“ jedan od rudnika koji ima najveći potencijal za primjenu VAM tehnologije.

Kod primjene tehnologije sagorijevanje metana sadržanog u ventilacionom zraku na izlazu iz jame (VAM) tehnički je moguća oksidacija ovog metana počev od koncentracija od 0,20 %V/V.

Na tržištu se mogu naći dva tipa VAM uređaja i to:

- Regenerativni termalni oksidator (RTO) poznat i pod nazivom Reaktor za preusmjeravanje termalnog toka poznat kao Thermal Flow Reversal Reactors (TFRR) i
- Regenerativni katalitički oksidator (RCO), poznat i pod nazivom Reaktor za preusmjeravanje katalitičkog toka (Catalytic Flow Reversal Reactors-CFRR).

U ovim tehnologijama se koristi proces za preusmjeravanje toka da bi se održala temperatura u jezgru reaktora, a razlikuju se samo po korišćenju RCO katalizatora u procesu oksidacije.

2.1 RTO postrojenje

Komercijalni RTO oksidatori za redukciju metana se koriste u rudnicima u Australiji, Kini i SAD. Korišćenje energije iz VAM-a se uspješno primenjuje u Australiji, gde se u rudničkim elektranama koristi VAM kao vazduh za sagorjevanje u IC motorima, a RTO za pretvaranje VAM-a u električnu energiju. Na testovima se pokazala puna vrijednost RTO.

Jedno od mogućih rješenja rješavanja problema emisije stakleničkog plina metana iz istrošene zračne struje jame „Raspotočje“ je izgradnja postrojenja tipa RTO za obradu istrošenog zraka i uklanjanje metana iz njega, procesom oksidacije, odnosno sagorijevanja.

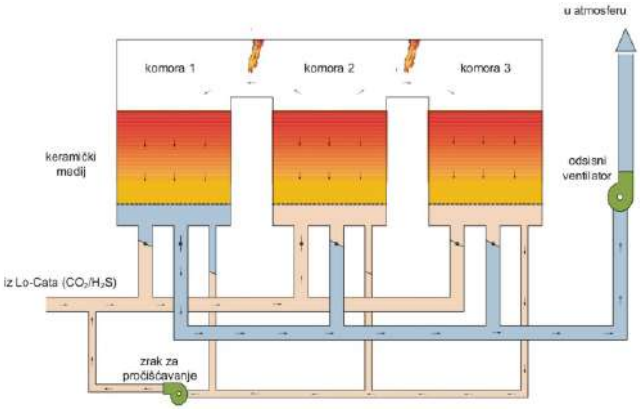
Navedeni uređaj je namijenjen za smanjenje emisije metana, a glavne onečišćujuće materije koje se ispuštaju u atmosferu iz ovog postrojenja su produkti sagorijevanja metana, odnosno ugljen dioksid i vodena para.

Osnovna hemijska reakcija koja se odvija u RTO postrojenju je izgaranje metana prema jednačini:

$CH_{4(g)} + 2\ O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2\ H_2O_{(g)}, \quad \Delta H_{(CH4,g)} = -802{,}2$ kJ/mol.

Količina toplote koja se oslobađa iz 1 mola metana jednaka je standardnoj promjeni entalpije reakcije sagorijevanja.

U RTO uređaju proces se odvija bez plamena. Uređaj radi na niskoj temperaturi, što ima pozitivne efekte, jer daje manje štetnih nus produkata, kao što su N2O i ostali oksidi nitrogena.



Slika 12.: Pojednostavljena shema rada RTO jedinice(8.1.)

U postupku termičke obrade onečišćenog zraka uklanjaju se isparljivi organski spojevi pri čemu se oslobađa toplotna energija. Za rekuperaciju toplote ugrađuje se toplotni izmjenjivač za smanjenje izlazne temperature otpadnog zraka, dok će se preuzeta toplotna energija iskoristiti za potrošače u proizvodnom procesu. Za količinu zraka od 2000-3000 m^3/min, i prosječnu koncentraciju metana od. 0,11 do 1,10 %V/V zahtijevana efikasnost RTO postrojenja je >98%.

3. Zaključak

Da BIH ima značajna ležišta niskokaloričnih mrkih i lignitskih ugljeva pokazale su sve do sada urađene studije („Studija troškova u proizvodnji uglja i energije iz termoelektrana u BiH- Bechtel Consulting“; „Studija podobnosti o rudnicima uglja srednje Bosne i Tuzle za FBiH- Marston & Marston“; „Struktura konceptualne studije za modernizaciju industrije uglja u BiH (DMT – Montan Consulting GmbH)“; „Studija energetskog sektora u BiH“i mnoge druge). Prema navedenim Studijama i projektima ukupne geološke rezerve uglja iznose cca 5.647,6 miliona tona, od čega 2.540,3 miliona tona čine „bilansne rezerve uglja“ na ležištima koja su otvorena ili imaju dokazane rezerve prema zakonu o geološkim istraživanjima (rezerve A+B+C1 kategorije). Podaci sa rudnika i sadašnja saznanja govore da „eksploatacione rezerve“ uglja iznose 1.774,4 miliona tona uglja.

Ove rezerve uglja predstavljaju značajnu osnovu za proizvodnju električne energije uz korištenje postojećih (konvencionalnih) i novih tehnologija sagorijevanja. Sve ovo govori u prilog tome da od ukupnih energetskih potencijala naše zemlje na ugalj otpada cca 90%.

Međutim korištenje uglja se, kako u procesu eksploatacije, tako i u procesu proizvodnje električne energije, suočava sa ozbiljnim prijetnjama:

- ugalj, imajući na umu kvalitet korištenih ložišta, je najveći „krivac“ za visoku emisiju stakleničkih plinova (SO2 i NOx) u BiH.
- ugalj ima, po jedinici energije, višu emisiju stakleničkih plinova od tečnih goriva, posebno metana, dok spaljivanje bio mase ne utiče na efekat stakleničkih plinova , te ne izaziva klimatske promjene.
- korištenje uglja traži više investicije i više radne snage od korištenja drugih fosilnih goriva.

Za većinu ugljeva koji se eksploatišu u BiH rudnicima je svojstveno da sadrže izvjesne količine

plinova, čija pojava je vezana je za genezu nastanka ugljeva. Plin koji se nalazi u ugljenim slojevima, je adsorbovan i uglavnom se sastoji iz metana (obično 80 do 95%V/V), nešto manjeg sadržaja težih ugljovodonika (etan, etilen, etin, propan, propilen), nitrogena i ugljendioksida. Metan, kao osnovni sastojak adsorbovanog plina na uglju, u toku proizvodnje uglja podzemnom i/ili površinskom eksploatacijom uglja, te post rudarskim radovima, skladištenju i transportu uglja se kontinuirano desorbuje i izdvaja u radnu i životnu sredinu. Podzemna eksploatacija je prvi najveći izvor emisija metana iz uglja u većini zemalja svijeta. Globalno, emisija metana iz uglja predstavlja 6% ukupnih emisija metana produkovanog ljudskim aktivnostima. Reduciranjem emisija metana u atmosferu i iskorištenje istog kao izvora energije, može pospješiti ekonomiju i ujedno imati okolišnu korist.

Toplotna energija proizvedena VAM tehnologijom može se koristiti za grijanje, za pripremu tople potrošne vode, za proizvodnju pare za potrebe industrije i za proizvodnju pare koja bi preko parne turbine proizvodila električnu energiju. Za koju svrhu će se korisiti ova energija u principu zavisi od lokalnih toplotnih potreba (blizine potrošača toplotne energije, njihovih energetskih potreba kao i distribucija tih potreba tokom godine) i od raspoložive energije tj. količine metana koji se emituje na izlaznim ventilacionim prostorijama.

Literatura

1. Hrnčević.L.: Analiza uticaja provedbe Kyoto protokola na naftnu industriju i poslovanje naftne tvrtke (Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko naftni fakultet, 2008.godina)
2. IPCC, 1996., Climate Change 1995: The Science of Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, Velika Britanija
3. BBC News: Global Climate Change
4. ECE ENERGETSKA SERIJA № 31 UJEDINJENE NACIJE: Praktične smjernice za efikasnu drenažu i upotrebu metana u rudnicima uglja, Njujork i Ženeva, 2010. Godina
5. J. Vađunec, T. Juranić, M. Ferenčić: Iskustva o radu Lo-Cat postrojenja CPS Molve- Stalna briga o zaštiti okoliša, EGE- Energetika. Gospodarstvo, Ekologija, Etika, Energetika Marketing d.o.o., 1997., Vol. 4/1997, pp. 117- 120, Zagreb, Hrvatska
6. Mr.sc.Isabegović.J: Redukcija okolinskog opterećenja emisija metana izdvojenog u procesima proizvodnje i prerade uglja FBiH, 2018.godina – doktorska disertacija





Reklame
Advertisements

TAURUS



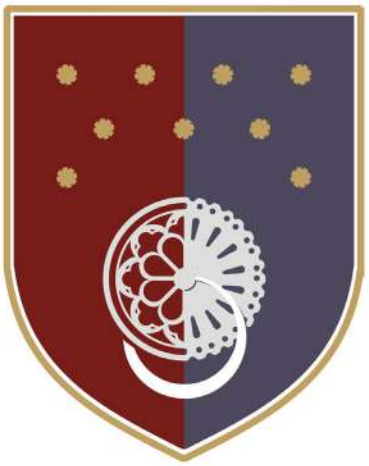
ENERGETSKA RJEŠENJA

Sistem grijanja
Toplotne pumpe, rashladne mašine, kondenzatorske jedinice
ventilokonvektore, sva prateća oprema i komponente

Sistemi ventilacije
Klima komore, rekuperatorske jedinice, ventilatori, difuzori,
rešetke, protupožarne klapne, odvlaživači

Sistemi klimatizacije
Split i Multi Split sistemi, VRF sistemi,
oprema za server sobe

Website: **www.taurus.ba**
Telefon: **+387 33 942 142**
Adresa: **Tvornička 3 | Sarajevo | Bosna i Hercegovina**



KANTON SARAJEVO
Ministarstvo prostornog uređenja,
građenja i zaštite okoliša

DAIKIN

The art of climate control.



Najviši stepen komfora.

Daikin Altherma 3 efikasno i pouzdano pretvara tvoj dom u zonu vrhunskog komfora. Grijanje, hlađenje i potrošna topla voda u svako vrijeme, s bilo kojeg mjesta - pomoću aplikacije ili termostata. Čak i kad je vanjska temperatura - 28 ° C, tvoj dom može biti oaza ugode i topline.

Savršena temperatura.
Baš po mojoj mjeri.



Daikin
PRVI
IZBOR
za hlađenje
i grijanje

www.daikin.ba

CETEOR
Sarajevo

CETEOR d.o.o. SARAJEVO
CENTAR ZA EKONOMSKI, TEHNOLOŠKI I OKOLINSKI RAZVOJ

Topal Osman Paše 32B, 71 000 Sarajevo, BiH
tel: +387 33 563 580; fax: +387 33 205 725
E-mail: info@ceteor.ba
web: www.ceteor.ba;
www.facebook.com/ceteor.sarajevo









OKOLIŠ

Studije o procjeni uticaja na okoliš | planovi aktivnosti | okolinski due diligence | planovi upravljanja otpadom | okolinski nadzor | planovi intervencija |konsalting u oblasti sistema upravljanja | klimatske promjene

ENERGIJA

ENERGIJA

Energijske, ekonomske i okolinske analize | istraživanja | studije | energijski pregledi | energijski certifikati | strateški i planski dokumenti | investicione analize projekata | konsultantske usluge pri finansiranju projekata | studije izvodljivosti sistema daljiskog grijanja | sistemi upravljanja energijom |

EDUKACIJA

EDUKACIJA

U pogledu na zemlje Evropske unije, CETEOR d.o.o. je razvio niz vlastitih programa za usavršavanje iz područja sistema okolinskog upravljanja, energijske efikasnosti, sigurnosti, zaštite zdravlja i bezbijednosti zaposlenika na radnom mjestu. Naši programi Vas upoznaju s najnovijim dostignućima u svijetu teorije i prakse u navedenim oblastima.

LABORATORIJA

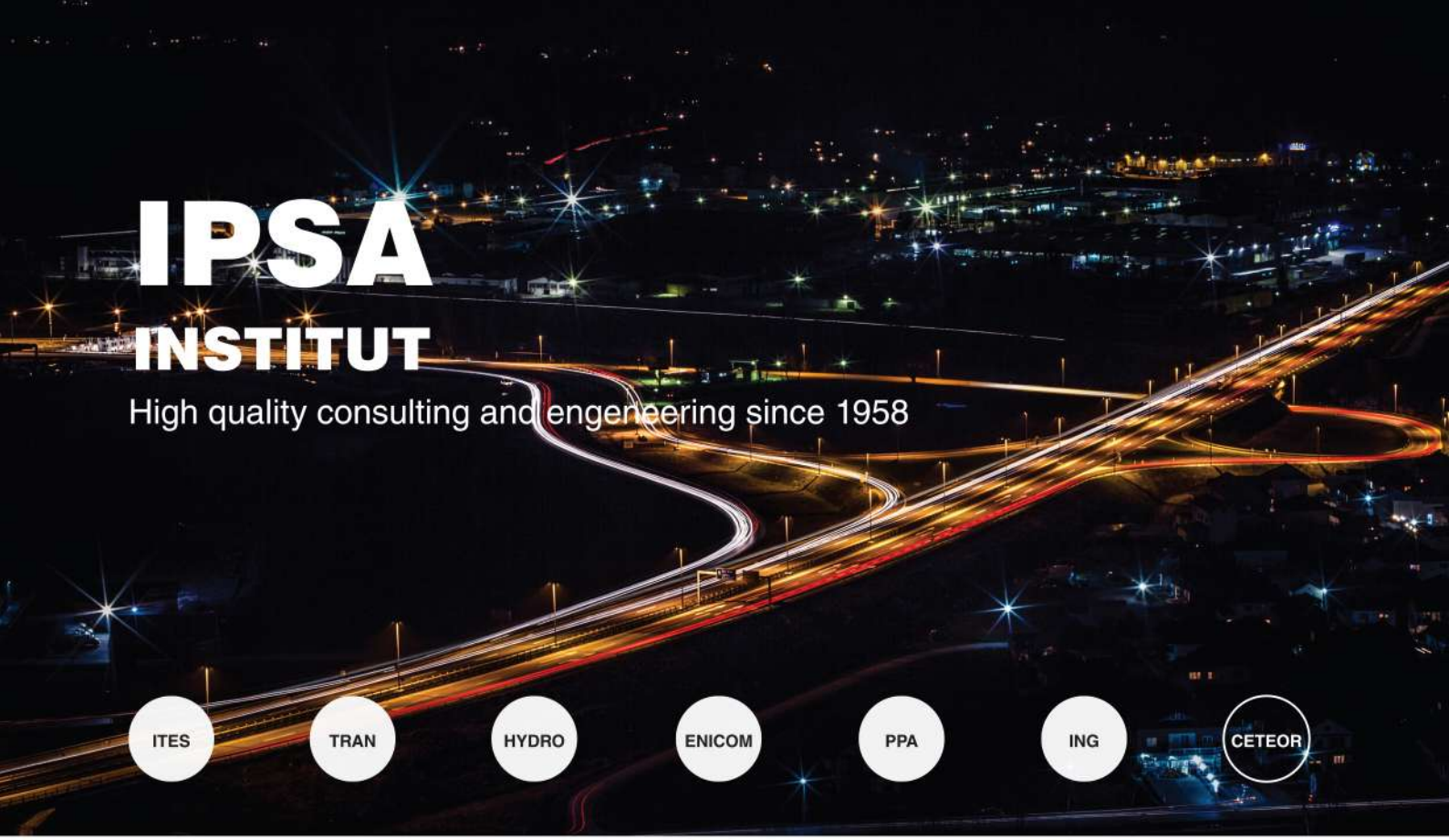
LABORATORIJA

Mjerenje procesnih parametara u industriji i energetici | Mjerenje emisije zagađujućih materija u atmosferu | Mjerenja u svrhu određivanja energijske efikasnosti | Mjerenje nivoa saobraćajne buke | Mjerenje nivoa ambijentalne buke | Mjerenje nivoa buke koju stvaraju industrijska postrojenja | Termovizijska snimanja u zgradarstvu i industriji | Uzorkovanje i analiza kvaliteta voda, tla i ionizirajuće zračenje | Organizacija međulaboratorijskog poređenja | Modeliranje rasprostiranja zagađujućih materija | Modeliranje rasprostiranja buke | Podrška standardizaciji i uvođenju mjeriteljstva u organizaciji | Podrška Zakonodavstvu i standardizaciji.

EKO CET

EKOCET

Osnovna djelatnost EKOCET-a je zastupanje i distribucija renomiranih inostranih brendova i njihovih proizvoda iz oblasti zaštite na radu i okoliša, energijske efikasnosti i laboratorijske opreme na tržištu BiH.

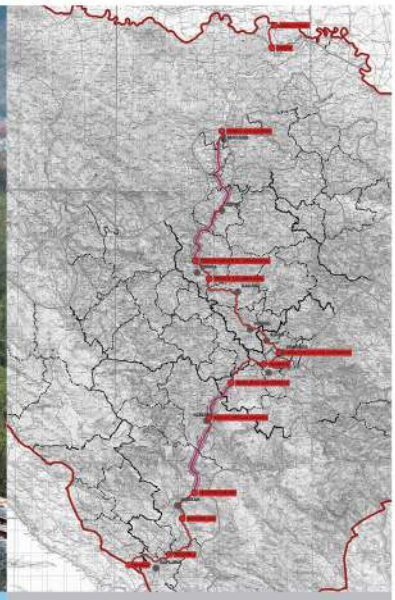


IPSA
INSTITUT

High quality consulting and engeneering since 1958

ITES · TRAN · HYDRO · ENICOM · PPA · ING · CETEOR






LET'S BUILD TOGETHER

Put života bb, Sarajevo

+387 33 27 63 20

www.ipsa-institut.com

Nadolazeće Konferencije
Upcoming Conferences



4TH SOUTH EAST EUROPEAN CONFERENCE ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF ENERGY, WATER AND ENVIRONMENT SYSTEMS

www.sarajevo2020.sdewes.org

4th SEE sdewes Conference Sarajevo 2020



JUNE **28** - JULY **02**, 2020, **SARAJEVO**, BOSNIA AND HERZEGOVINA

sdewes INTERNATIONAL CENTRE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF ENERGY, WATER AND ENVIRONMENT SYSTEMS

ACE BH UKI BIH ASSOCIATION OF CONSULTING ENGINEERS OF BOSNIA AND HERZEGOVINA

ACE BH
UKI BIH

zelena infrastruktura urbanih područja i pejzažna arhitektura

održivi urbani razvoj

2. KONFERENCIJA O URBANOM PLANIRANJU I REGIONALNOM RAZVOJU

pametni grad

kreiranje i upravljanje javnim prostorom

među-urbana povezanost

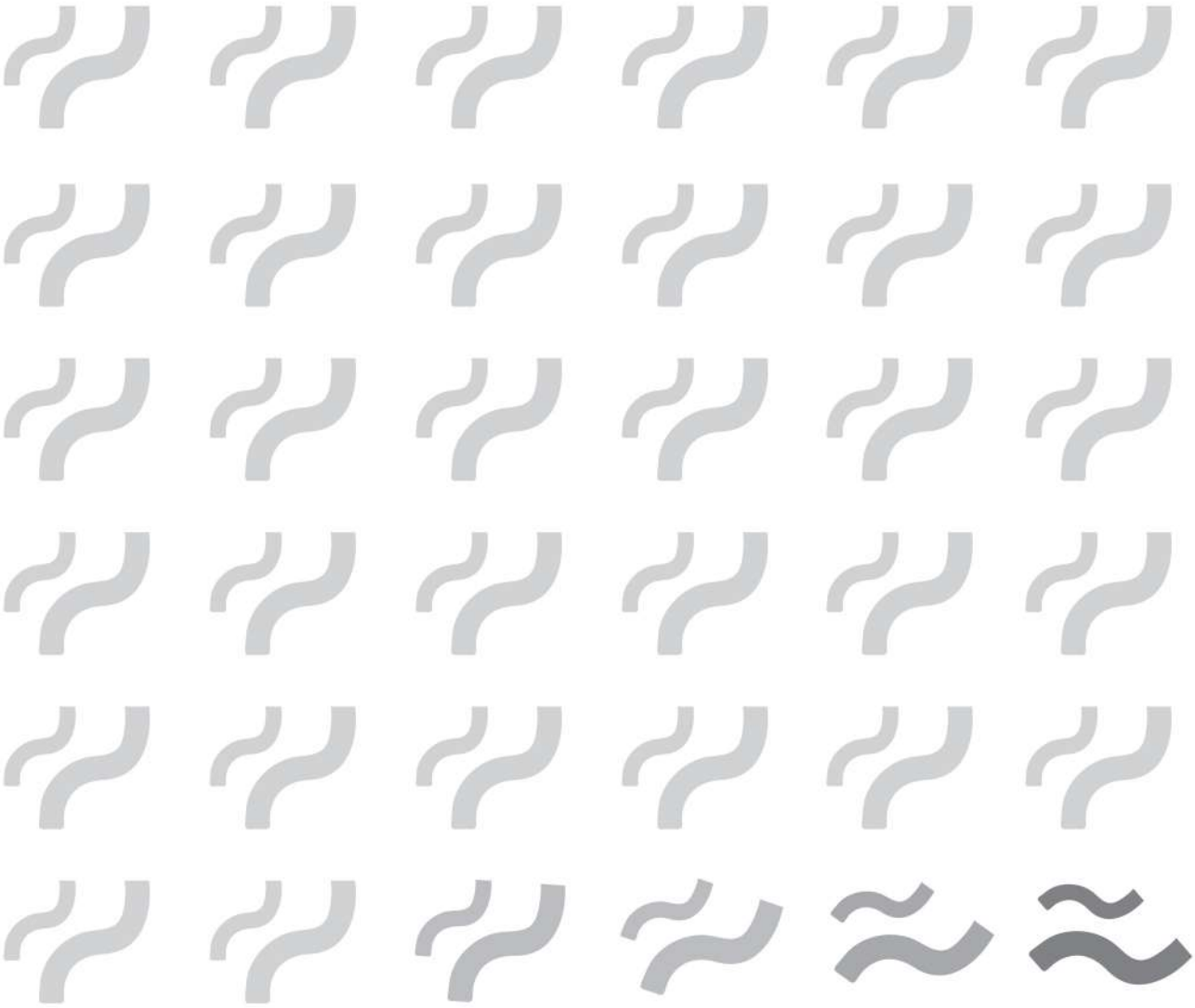
urbana mobilnost

postindustrijska gradska regeneracija

15. i 16. oktobar

2020

Sarajevo, BiH



REGIONALNI SIMPOZIJUM O PLANIRANJU KVALITETA ZRAKA U GRADOVIMA

REGIONAL SYMPOSIUM ON AIR QUALITY IN CITIES

Zbornik radova

Proceedings



Pokrovitelj / Supporter:

Ministarstvo vanjske trgovine i ekonomskih odnosa Bosne i Hercegovine
Ministry of Foreign Trade and Economic Relations of Bosnia and Herzegovina

Platinasti sponzori / Platinised sponsors:

TAURUS

Sponzori / Sponsors:

KANTON SARAJEVO
Ministarstvo prostornog uređenja, građenja i zaštite okoliša

DAIKIN

INTEGRA
KONZALTING U GRAĐEVINARSTVU

akcionarsko društvo
PROJEKT
BANJA LUKA

tzi

IPSA
INSTITUT

IGH d.o.o. Mostar

ecoplan