

Projekt Sinica- nadgradnja sistema za ocenjevanje kakovosti zraka in ugotavljanje vzrokov čezmernih obremenitev v Sloveniji

Boštjan Paradiž*, Jure Cedilnik*, Heda Kočevar*, Irena Malešič*, Janja Turšič*

V Sloveniji se zaradi specifične strukture virov onesnaževanja in neugodnih meteoroloških razmer soočamo s čezmerno onesnaženostjo zraka. Za spremljanje učinkovitosti in posodabljanje ukrepov za izboljšanje kakovosti zraka je treba nadgraditi poznavanje in razumevanje izpustov onesnaževal, njihovega razširjanja ter posledičnih ravni v ozračju. Zato smo na Agenciji RS za okolje zasnovali in že začeli izvajati projekt Sinica, ki je sofinanciran z evropskimi kohezijskimi sredstvi. Prenovili bomo merilno mrežo kakovosti zraka, omogočili izvajanje intenzivnih merilnih kampanj, razširili nabor meritev onesnaženosti zraka in stanja atmosfere ter nadgradili modelska orodja. Glavne izziva predstavljajo ustrezna kvantifikacija dominantnih izpustov zaradi ogrevanja z lesno biomaso ter obravnava disperzije v pogojih izrazite vertikalne stratifikacije atmosfere. Zato bo poseben poudarek namenjen meritvam parametrov turbulence in vertikalnega profila vetra, temperature ter povratnega sipanja svetlobe na aerosolih za analize epizod onesnaženosti ter za asimilacijo in verifikacijo pri modeliranju kakovosti zraka. Za večjo robustnost in boljšo interpretacijo določanja prispevkov različnih virov k ravnem onesnaženosti bomo hkrati uporabili neodvisni komplementarni tehniki disperzijskega in receptorskega modeliranja.

Ključne besede: ocenjevanje kakovosti zraka, evidence izpustov, disperzijsko modeliranje, receptorsko modeliranje

Key words: air quality assesment, emission inventories, dispersion modelling, receptor modelling

Uvod

Onesnaženost zraka v Sloveniji je zaradi specifičnih okoliščin posebej izražen problem. V precejšnjem delu Slovenije prevladujejo neugodne razmere za disperzijo, kjer lahko že manjši izpusti povzročajo visoke ravni onesnaževal v zraku. Poleg tega onesnaženost zraka stopnjujejo izpusti malih kurilnih naprav zaradi velikega deleža gospodinjstev, ki se ogrevajo z lesom v zastarelih pečeh in kotlih ter intenziven tranzitni in lokalni promet. Zato je Slovenija v evropskem merilu med državami z bolj onesnaženim zrakom (European Environmental Agency, 2017). Ocenjuje se, da je na čezmerno onesnaženih območjih pričakovana življenjska doba zaradi onesnaženega zraka okvirno eno leto krajša.

Za učinkovito ukrepanje za izboljšanje kakovosti zraka ter obveščanje javnosti je potrebno zagotoviti ustrezne podatke o ravneh onesnaženosti zraka ter analizo izpustov in njihovih vplivov na kakovost zraka. Zadnjo večjo posodobitev sistema za spremljanje kakovosti zraka smo na Agenciji RS za okolje (ARSO) izvedeli leta 2002 v okviru projekta Phare. Ta sistem zaradi iztrošenosti merilne opreme le težko in z velikimi stroški vzdrževanja zagotavlja potreben obseg in kvaliteto podatkov. Še več, v Sloveniji ni vzpostavljene zadostne infrastrukture in znanja, da bi lahko ustrezno načrtovali ukrepe za izboljšanje kakovosti zraka in spremljali učinke njihovega izvajanja. V ta namen bo potrebno razviti ustrezna orodja za identifikacijo in kvantifikacijo vzrokov za čezmerno

* Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, 1000 Ljubljana

onesnaženost zraka ter kvantifikacijo učinkov posameznih ukrepov za izboljšanje stanja. Na ta način bo ob novelaciji načrtov za kakovost zraka mogoče glede na vložena sredstva doseči večje okoljske učinke in hkrati strokovno podpreti procese usklajevanja države, lokalnih skupnosti in drugih deležnikov glede nabora in obsega izvajanja posameznih ukrepov. Zato je nujno potrebna posodobitev obstoječega sistema za spremljanje kakovosti zraka in njegova nadgradnja v enovit sistem spremljanja izpustov, modelske obravnave njihovega vpliva na kakovost zraka, meritev ravni onesnaževal v zraku in drugih orodij za celovito analizo stanja.

Namen projekta

Namen projekta je nadgradnja in razširitev obstoječega sistema tako, da bo omogočeno celovito spremljanje stanja onesnaženosti zraka in priprava strokovnih podlag odločevalcem za načrtovanje in spremljanje izvajanja politik in ukrepov za izboljšanje kakovosti zraka.

Nadgrajen sistem bo:

- omogočal ustrezno poročanje o izpustih na čezmerno onesnaženih območjih, ravnih onesnaženosti zraka v Sloveniji in vzrokih zanjo, ter o že doseženih in predvidenih učinkih ukrepov za zmanjšanje onesnaženosti zraka Evropski komisiji,
- nudil odločevalcem strokovno osnovo za pripravo, novelacijo in spremljanje načrtov za kakovost zraka,
- prispeval k hitrejšemu in učinkovitejšemu doseganju soglasja med vlado in lokalnimi skupnostmi o naboru in intenziteti izvajanja posameznih ukrepov v okviru načrtov za kakovost zraka,
- prispeval k doseganju okoljskih ciljev z nižjimi sredstvi zaradi ustrežnejšega nabora in prioritiziranja ukrepov varstva zraka,
- omogočal večje upoštevanje sinergij in obvladovanje nasprotij med politikami varstva kakovosti zraka in blaženja podnebnih sprememb ter na ta način nižjim skupnim stroškom izvajanja obeh politik,
- zagotavljal boljše obveščanje javnosti o onesnaženosti zraka in boljšo kratkoročno napoved ravni onesnaženosti in s tem večje možnosti prebivalstva, da zmanjša svojo izpostavljenost,
- omogočal boljše možnosti za celovito informiranje javnosti o vzrokih za čezmerno onesnaženost zraka in na ta način prispeval k večji osveščenosti prebivalcev o možnostih za zmanjšanje onesnaženosti zraka na nivoju posameznika,
- olajšal dialog in iskanje soglasja s civilno družbo pri perečih problemih varstva zraka,
- omogočal ustrežnejšo pripravo in obravnavo strateških okoljskih presoj, presoj vplivov na okolje in okoljevarstvenih dovoljenj,
- pripomogel k raziskavam na področju onesnaženosti zraka in vplivov na ljudi in okolje.

Struktura projekta

Projekt se bo izvajal v okviru štirih vsebinsko zaokroženih sklopov:

- evidence in scenariji izpustov,
- sistem za spremljanje kakovosti zraka in disperzijskih lastnosti atmosfere,

- disperzijsko modeliranje,
- receptorsko modeliranje.

Ena izmed osnovnih značilnosti in hkrati tudi prednosti projekta je integriran pristop k ocenjevanju kakovosti zraka. To bo doseženo z uporabo komplementarnih pristopov in upoštevanjem objektivnih ocen, rezultatov meritev in različnih pristopov k modeliranju pri interpretaciji rezultatov in celoviti oceni stanja.

Evidence in scenariji izpustov

Evidence izpustov omogočajo prvo analizo vzrokov onesnaženosti zraka in so osnovni vhodni podatek disperzijskih modelov. Poleg tega je časovni niz evidenc izpustov nepogrešljiv za ugotavljanje sprememb onesnaževanja posameznih virov in tudi učinka ukrepov za zmanjševanje onesnaževanja zraka. V Sloveniji imamo dobre letne evidence izpustov na nacionalni ravni, velike vrzeli pa so pri evidencah izpustov v zrak z boljšo krajevno in časovno ločljivostjo.

Največji poudarek bo namenjen izpustom malih kurilnih naprav za ogrevanje stavb, ki v Slovenji prispevajo več kot dve tretjini izpustov delcev. Izpuste malih kurilnih naprav se bo modeliralo na osnovi potreb po ogrevanju ob upoštevanju vrste kurilnih naprav in energentov za ogrevanje za posamezno stanovanjsko enoto (Trozzi et al. 2016). Na ta način bomo lahko natančneje opisali prostorsko nehomogenost izpustov, predvsem zaradi različne prostorske porazdelitve kurilnih naprav na lesno biomaso. Poleg tega bodo hkrati pridobili tudi natančnejše ocene o energetske rabi lesa v gospodinjstvih, kar je pomembno, ker kurilne naprave na lesno biomaso prispevajo večino izpustov delcev.

Pri izpustih prometa, ki je v Sloveniji po količini izpustov delcev na drugem mestu bomo izpuste določali individualno za vsak odsek državnih mest ter prometnejše ceste v urbanem okolju. Izpuste, ki se zaradi prometa sproščajo na drugih cestah bomo krajevno razločili na podlagi evidenc na nacionalni ravni in posrednih podatkov, kot je gostota prebivalstva.

Izpuste večjih industrijskih virov bomo določali individualno. Za ostale vire izpustov se bodo razvili postopki, ki bodo izpuste, določene na nivoju države, disagregirali na ustrezno krajevno in časovno resolucijo ob uporabi posrednih podatkov.

Izpusti večine virov bodo podani v prostorski mreži kvadrantov velikosti 100 x 100 m², izpusti prometnejših cest bodo podani kot linijski vir, večje industrijske vire pa bomo obravnavali kot točkovne. Za vse vire bodo pripravljene tudi časovni poteki.

Orodja za izdelavo evidenc bodo omogočala tudi hitro oceno sprememb izpustov zaradi posameznih ukrepov, kot na primer sprememba vrste energenta ali vrste kurilnih naprav na določenem območju. V evidence izpustov bodo vključeni tudi neposredni izpusti toplogrednih plinov. To bo omogočilo oceno učinkov posameznih ukrepov tako z vidika vplivov na kakovost zraka kakor tudi blaženja podnebnih sprememb.

Scenariji predstavljajo možen časovni potek izpustov onesnaževal zraka ob upoštevanju izbranih predpostavk. Za potrebe projekta in načrtovanja politik in ukrepov zmanjševanje čezmerne onesnaženosti zraka bosta pripravljene dve vrsti scenarijev in sicer scenarij brez dodatnih ukrepov za zmanjševanje onesnaženosti zraka in scenarij, ciljno usmerjen v zagotavljanje skladnosti s standardi kakovosti zraka, predvsem za delce PM₁₀.

Sistem za spremljanje kakovosti zraka in disperzijskih lastnosti atmosfere

Posodobitve oziroma nadgradnje sistema za meritve kakovosti zraka in disperzijskih lastnosti atmosfere so potrebne tako zaradi zastarelosti obstoječe opreme in razvoja novih merilnikov kot zaradi sprememb profilov izpustov. V okviru nadgradnje sistema bomo:

- posodobili državno merilno mrežo meritev kakovosti zraka na stalnih merilnih mestih,
- vzpostavili indikativne bienalne meritve kakovosti zraka,
- uvedli dopolnilne meritve kakovosti zraka,
- nadgradili meteorološke meritve za obravnavanje onesnaženosti,
- pripravili opremo za merilne kampanje,
- posodobili analitsko-informacijski sistem.

Nadgradnja merilne mreže kakovosti zraka na stalnih merilnih mestih

Meritve na stalnem merilnem mestu dajejo osnovne podatke o kakovosti zraka in so najpomembnejše za ugotavljanje skladnosti s predpisanimi mejnimi in ciljnimi vrednostmi, za obveščanje javnosti in verifikacijo modelov. V Sloveniji v kompleksnem terenu prevladuje lokalna cirkulacija zraka, zato je polje ravni onesnaževal v zraku zelo nehomogeno. Ustrezno zasnovati številčno omejeno mrežo meritev na stalnih merilnih mestih je zato poseben izziv.

Zaradi omejenih virov se število stalnih merilnih mest ne bo bistveno povečalo. Predvidena so 4 nova stalna merilna mesta. V skladu z ravnmi posameznih onesnaževal, ki jih beležimo v Sloveniji in predvidenimi trendi bo večji poudarek bo namenjen meritvam delcev, meritve ogljikovega monoksida se bodo opustile, obseg meritev žveplovega dioksida pa se bo močno zmanjšal. Mikrolokacije obstoječih merilnih mest se bodo preverile glede na njihovo reprezentativnost, pri spremembi mikrolokacij pa se bo zaradi zagotavljanja kontinuitete časovnih nizov uporabil konservativni pristop.

Na stalnih merilnih mestih onesnaženosti zraka se bodo izvajale tudi meteorološke meritve. Predvidene so meritve hitrosti in smeri vetra ter parametrov turbulence atmosfere s tridimenzionalnim ultrazvočnim anemometrom. S prehodom iz klasičnih rotacijskih anemometrov, ki se uporabljajo v obstoječi mreži, na tridimenzionalne ultrazvočne anemometre se bo doseglo bolj zanesljive in točne meritve vetra v obdobjih z nizko hitrostjo vetra, ko je v Sloveniji povečini zrak čezmerno onesnažen. Uporabljeni bodo ultrazvočni anemometri, ki določajo tudi parametre turbulence atmosfere, kar bo olajšalo analizo situacij s čezmerno onesnaženostjo zraka.

Vzpostavitev indikativnih bienalnih meritev kakovosti zraka

Indikativne meritve skladno z zakonodajo dopolnjujejo meritve na stalnih mestih, imajo lahko manjšo časovno pokritost in nudijo predvsem večjo prostorsko gostoto podatkov. Indikativne meritve delcev bodo osredotočene na kurilno sezono in bodo praviloma potekale bienalno. To pomeni, da bo mogoče z enim merilnikom zagotavljati podatke za dve merilni mesti, a le vsako drugo leto. Indikativne meritve delcev se bodo izvajale z referenčnimi gravimetričnimi vzorčevalniki. Te merilnike je zaradi majhnih dimenzij lažje umestiti v prostor, še posebej, ker za svoje delovanje ne potrebujejo namestitev v posebne zabojnike. Hkrati za njihovo delovanje zaradi njihove enostavnosti in zanesljivosti ni potrebno procesiranje parametrov meritev na sami postaji, kar tudi olajša izbiro in ureditev lokacije meritev. Prednost referenčnih vzorčevalnih delcev je tudi, da je mogoče izbrane filtre delcev analizirati v laboratoriju in pridobiti podatke o elementni in kemični sestavi delcev.

Dopolnilne meritve kakovosti zraka

Nekaterih meritev, ki lahko ključno prispevajo k interpretaciji vzrokov za onesnaženost zraka in vplivih na zdravje, zakonodaja ne zahteva. Njihova vključitev v projekt bo pripomogla k celovitejši obravnavi problematike kakovosti zraka. Načrtovana je uvedba meritev črnega ogljika in nano delcev.

Meritve črnega ogljika povezuje vidik kakovosti zraka in podnebnih sprememb. Poleg tega je črni ogljik pomembna metrika za ugotavljanje vplivov onesnaženega zraka na zdravje. Meritve spektralne odvisnosti optične absorpcije delcev, ki je podlaga za določanje črnega ogljika, pomagajo tudi pri ugotavljanje prispevka posameznih virov k onesnaženosti z delci.

Merilnik nanodelcev omogoča določitev vsebnosti delcev v zraku, ki sodijo v različne razrede velikosti, a so manjši od 100 nm. Meritve nanodelcev zakonsko še niso urejene in področje se še razvija, še zlasti, ker študije kažejo velik vpliv najdrobnejših delcev na zdravje.

Nadgradnja meteoroloških meritev za obravnavanje onesnaženosti

Zaradi orografije in lege Slovenije je onesnaženost zraka močno odvisna od šibke lokalne cirkulacije zraka in lokalno pogojenih temperaturnih obratov. Kvalitativno in kvantitativno poznavanje trodimenzionalne lokalne cirkulacije zraka, vertikalnega profila temperature in ter drugih parametrov stabilnosti in turbulentnosti atmosfere je bistvenega pomena za razumevanje vzrokov in mehanizmov epizod povišanih ravni onesnaževal, objektivnih analiz in modeliranja kakovosti zraka. Brez ustreznih meteoroloških vhodnih podatkov ni mogoče s pričakovano gotovostjo kvantificirati vzrokov onesnaženosti, še manj pa ocenjevati vpliv ukrepov za zmanjševanje izpustov na kakovost zraka. Nujna posodobitev obstoječih meritev se bo izvedla z uvedbo novih merilnih tehnik na stalnih merilnih mestih. Na teh postajah se bodo izvajale meritve s tridimenzionalnimi ultrazvočnimi anemometri in drugo opremo, opisano v podpoglavju o stalnih merilnih mestih onesnaženosti zraka. Te meritve posredujejo točkovne podatke o stanju atmosfere.

Disperzijske procese je težko opisati brez poznavanja vertikalnega profila izbranih meteoroloških veličin. V okviru projekta bosta zato dve posebni postaji za meritve vertikalnega profila vetra in temperature ter določanje višine mešanja. Delovanje obeh postaj bo bistveno pripomoglo k analizi vzrokov onesnaženosti. Pomemben bo tudi prispevek k zanesljivejšim napovedim koncentracij delcev, zato bo zagotovljen prenos podatkov v realnem času.

Za določanje vertikalnega profila vetra bo uporabljen sodar (SOund Detection And Ranging), ki s pomočjo Dopplerjevega premika frekvence sipanega zvočnega impulza določa tridimenzionalni profil vetra do višine nekaj sto metrov. Pri tehniki RASS (Radio Acoustic Soundig System) se z radarjem spremlja hitrost širjenja vertikalnega zvočnega impulza. Ker je hitrost širjenja zvočnega valovanja odvisna predvsem od temperature atmosfere, se na ta način določi vertikalni profil temperature do višine nekaj sto metrov. Izbrana bo konfiguracija merilnikov, kjer bo RASS nadgradnja sodarja. Stalno merilno mesto sodar-RASS bo na območju Ljubljane.

Za določanje višine mešanja se bomo uporabil laserski ceilometer. Ta merilnik meri intenziteto povratnega sipanja na vertikalnem snopu svetlobe. Intenziteta povratnega sipanja je odvisna od koncentracije delcev v zraku. Višina mešanja praviloma ustreza plasti z izrazito spremembo v povratnem sipanju svetlobe. Dodatno bo ceilometer posredoval

tudi indikacijo o vertikalnem profilu koncentracije delcev v prizemni pa tudi v višjih plasteh atmosfere.

Merilne kampanje

Z merilnimi kampanjami bomo na izbranem območju v obdobju ene sezone ali še krajši čas povečali gostoto meritev delcev ter črnega ogljika. Poleg tega bodo vse merilne postaje za izvajanje kampanj opremljene tudi s tridimenzionalnim ultrazvočnim anemometrom. Poleg meritev onesnaženosti in točkovnih meritev meteoroloških veličin bomo na lokaciji kampanj zagotovili tudi vertikalne profile stanja atmosfere z sodar /RASS in ceilometrom. Rezultati kampanj bodo pripomogli k boljšemu razumevanju procesov, ki določajo onesnaženost zraka. Izmerjeni meteorološki podatki se bodo uporabili tudi za asimilacijo in verifikacijo lokalnih meteoroloških modelov, rezultati meritev kakovosti zraka pa za verifikacijo celotne modelske verige vključno z evidencami izpustov.

Analitsko- informacijski sistem

Z nadgradnjo merilne opreme in novimi merilniki kot so sodar/RASS in ceilometri se bo razširila struktura in obseg podatkov. Bistvena sprememba glede na obstoječe stanje bo tudi prehod s 30 minutnega na 10 minutno časovno metriko rezultatov meritev. Pripravljen in vzpostavljen bo nov podatkovni model relacijske baze podatkov, ki bo sistemsko vključil tudi rezultate indikativnih meritev in merilnih kampanj. V podatkovnem modelu bodo vključeni tudi metapodatki o meritvah, da bo zagotovljena ustrezna sledljivost lokacij in drugih pogojev izvajanja meritev. Na strukturiran način bodo v podatkovnem modelu opredeljeni surovi rezultati meritev, podatki za sprotne analize in podporo napovedim onesnaženosti zraka, podatki za objavo na spletu v realnem času ter verificirani uradni podatki za izkazovanje skladnosti z mejnimi vrednostmi in njihovo poročanje Evropski okoljski agenciji.

Zasnovana in razvita bodo orodja za obdelavo in prikaz rezultatov meritev in spremljajočih parametrov za:

- podporo kontroli delovanja merilnikov,
- pripravo rezultatov meritev za njihovo objavo na spletu in poročanje Evropski okoljski agenciji v skoraj realnem času,
- podporo končni verifikaciji rezultatov meritev,
- ugotavljanje skladnosti s standardi kakovosti zraka in poročanje Evropski okoljski agenciji,
- pripravo rednih letnih in mesečnih poročil,
- celovite analize situacij s povišanimi ravnmi onesnaževal v zraku za podporo izvajanju načrtov za kakovost zraka in druge potrebe.

Disperzijsko modeliranje

Z disperzijskimi ter disperzijsko-kemičnimi modeli lahko v diagnostičnem načinu uporabe ocenimo prispevek posameznih skupin virov ali območja k onesnaženosti zraka. Ti modeli so nepogrešljivi pri evalvaciji scenarijev izpustov in oceni učinkov posameznih ukrepov. Poleg tega zagotavljajo podatke o prostorski porazdelitvi onesnaženosti zraka in tako dopolnjujejo rezultate omejenega števila meritev na stalnih merilnih mestih. Negotovost rezultatov v veliki meri določa negotovost vhodnih podatkov o izpustih ter

nenatančen opis polja vhodnih meteoroloških parametrov. Zakonodaja predvideva in spodbuja uporabo modelov tudi v regulatorne namene.

Obstoječa raven tehnologije disperzijskega modeliranja v regionalni in urbani skali je nezadostna za resno uporabo v operativnem smislu. Načrtovane investicije v tem sklopu bodo omogočile:

- izboljšanje ocene kakovosti zraka, zlasti na z meritvami slabše pokritih območjih,
- boljšo oceno reprezentativnosti obstoječih merilnih mest kakovosti zraka in ustreznejšo izbiro lokacij za nova merilna mesta,
- analizo situacij s povišanimi ravnmi onesnaževal, kar bo omogočalo lažje prepoznavanje vzrokov za onesnaženost zraka in kvantifikacijo vpliva lokalnih in regionalnih virov na onesnaženost zraka na izbranih območjih,
- analizo učinkov posameznih ukrepov in scenarijev zmanjšanja izpustov za izboljšanje kakovosti zraka in zanesljivejše napovedovanje možnosti za preseganje onesnaženosti za nekaj dni vnaprej.

Regionalna skala – fotokemijski disperzijski model

Na regionalni skali (v ločljivosti okoli nekaj kilometrov) bomo na ARSO nadaljevali implementacijo in razvoj modela (CAMx), sklopljenega z operativnim meteorološkim modelom (Žabkar et al, 2012). Fotokemijski disperzijski model CAMx bo s svojo ločljivostjo sledil nadgradnjam meteorološke modelske verige. Ciljna ločljivost obeh modelskih verig je 2 km, in sicer za celotno območje Slovenije s širšo okolico.

Poleg izboljšav na strani modelskih orodij bo velik napredek na področju modeliranja omogočila izboljšana evidenca izpustov. Ena glavnih negotovosti rezultatov modela je namreč posledica pomanjkljive kvantifikacije izpustov. Poleg transporta onesnaženja z vetrovi je za slabo kakovost zraka največji razlog v lokalnih izpustih predvsem zaradi malih kurišč. Ambiciozno zastavljen cilj na področju evidence izpustov je dober obet za precejšnjo izboljšavo rezultatov pri modeliranju kakovosti zraka.

Pomembno izboljšanje je povezano z vhodnimi meteorološkimi podatki. Sklopitev med modelom onesnaženja in meteorološkim modelom je zelo tesna in meteorološki pogoji so ključni za pojav velike onesnaženosti zraka v slovenskem prostoru. Kakovost meteoroloških numeričnih napovedi se ves čas postopno izboljšuje, zato se pričakuje, da se bo ta trend jasno pokazal tudi v simulacijah atmosferske kemije. Poleg tega se bo v času trajanja projekta nadgradilo tudi meteorološko operativno verigo (predvidoma na ločljivost 2 km), za pripravo začetnih pogojev pa se bo uporabljalo še več meritev, tudi tistih iz drugih sklopov projekta Sinica. Pri slednjih gre predvsem za meritve vetra in vertikalne stratifikacije ozračja.

Vse nove meritve, bodisi meteorološke bodisi meritve kakovosti zraka, bodo pomembno služile kot orodje za fizikalno validacijo in sistematično verifikacijo modela. Na ta način bo lahko zagotovljeno stalno spremljanje kakovosti modela.

Urbana skala - modeliranje vetra, stabilnosti atmosfere in disperzije

Največ dela v sklopu disperzijskega modeliranja bo v urbani skali. Načrtuje se simuliranje in napovedovanje meteoroloških razmer in disperzije onesnaževal z ločljivostjo okoli 100 m za nekaj izbranih območij po Sloveniji. Trenutno na ARSO ni orodja, s katerim bi lahko zadovoljivo dobro operativno simulirali vetrovno polje, še manj pa celotno meteorološko dogajanje v skali okoli 100 metrov. Poseben izziv na področju simulacije vetra in turbulence predstavljajo specifične nacionalne okoliščine s prevladujočimi nizkimi hitrostmi vetra, izrazitimi lokalnimi vplivi vključno z mestnim

toplotnim otokom na cirkulacijo zraka in poudarjeno vertikalno stratifikacijo nižjih plasti atmosfere.

V prvem delu tega sklopa bo potrebno identificirati orodja in raziskati možnosti, s katerimi se bo doseglo končni cilj. Raziskati bo treba delovanje, težavnost implementacije in računsko zahtevnost ter uporabnost različnih družin meteoroloških modelov:

- tistih, ki temeljijo na masni konsistenci (INCA, CalMET, ALADIN v načinu dinamične adaptacije, GRAM/GRAL...),
- obstoječe meteorološke modele (ALADIN/AROME, MesoNH...) v ustrezno visoki ločljivosti (Termonia et al, 2017),
- pregledati možnosti na področju LES in CFD (Code Saturne, PALM, ARPS, WRF, openFOAM) modelov.

Na podlagi zgornjih ocen in tehničnih zmožnosti se bo izbralo in na ARSO računski infrastrukturi implementiralo model za napovedovanje in predvsem simuliranje meteoroloških polj v ločljivosti okoli 100 m za več omejenih območij. Vhodni podatki za ta model bodo vetrovna polja iz meteorološke verige modelov, v primeru simulacij za pretekle dogodke pa se bo za asimilacijo uporabilo tudi talne meritve vetra ter vertikalnih profilov atmosfere. (npr. sodar/RASS in ultrazvočni anemometri).

Vzporedno z zgornjo aktivnostjo bo za potrebe disperzije onesnaževal v urbani skali implementiran tudi model disperzije v urbani skali. Projektna ekipa bo morala preizkusiti različne pristope, njihovo ustreznost v specifičnih razmerah Slovenije in se na podlagi natančne analize odločila za eno rešitev ter jo tudi implementirala.

Posodobitev računskega centra

Nadgrajen fotokemijski disperzijski model s podvojeno ločljivostjo bo približno 16-krat računsko zahtevnejši od sedanjih računskih operacij, zato je nujna s tem povezana nadgradnja računskih zmogljivosti superračunalnika.

Predvidena je nadgradnja superračunalnika ARSO z novimi računskimi vozlišči (približno 30 računskih vozlišč). Ob tem je bilo upoštevano zgolj povečanje računskih zmogljivosti na področju fotokemijskega disperzijskega modeliranja kemije ozračja. Za celotno sliko novih potreb pa bi bilo treba upoštevati celotno verigo modeliranja disperzije v urbani skali (kar v času pisanja tega dokumenta ni bilo mogoče, ker še ni bil dokončno izbran pristop k modeliranju v urbani skali). Prav tako bo postala velika težava shranjevanje velike količine podatkov, povezanih z modeliranjem kakovosti zraka po nadgradnji modelskih orodij. Za ta namen se bo kupilo veliko podatkovno skladišče, ki bo poleg ustrezne kapacitete nudilo tudi primerno logiko za ravnanje s podatki. Starejši, manjkrat zahtevani podatki, se bodo kopirali na počasnejše medije, bolj pomembni podatki pa bodo ostajali na hitro dostopnem delu podatkovnega skladišča in po potrebi se bo avtomatsko izdelovala tudi njihova varnostna kopija.

Receptorsko modeliranje

Pri receptorskem modeliranju lahko na podlagi rezultatov kemične in elementne analize delcev na mestu meritev- receptorju določimo prispevek virov k ravnem onesnaževal (Belis et al, 2014). Prednost je, da ne potrebujemo natančnih evidenc izpustov in vhodnih meteoroloških podatkov ter majhna računska zahtevnost, zahtevajo pa obsežne kemijske analize. Pomanjkljivost receptorskih modelov v primerjavi z disperzijskimi je predvsem, da jih ne moremo uporabljati v prognostičnem načinu, hkrati pa dobimo informacijo o

prispevkih virov le v točki receptorja. V okviru projekta bomo nadgradili obstoječe in uvedli nove modele, pridobili profile lokalnih virov izpustov ter posodobili kemijski laboratorij.

Nadgradnja obstoječih in uvajanje novih modelov

Na ARSO se za določitev prispevkov virov k ravnem delcev že uporablja model PMF (Positive Matrix Factorisation), ki ga je razvila Agencija za okolje Združenih držav Amerike (US-EPA). V dosedanjem delu smo prispevek posameznih skupin virov določevali le v letnem povprečju. V okviru nadgradnje modela se bomo osredotočili na obdobja, ko prihaja do preseganj dnevne mejne vrednosti. Poleg tega pa se bo za zanesljivejšo oceno prispevka virov k onesnaženosti zraka v operativno uporabo uvedlo tudi model CMB (Chemical Mass Balance), ki so ga tudi razvili na US EPA. Preskušen bo tudi pristop vključitve meteoroloških parametrov v receptorsko modeliranje za določanje virov onesnaževanja.

Pridobitev profilov lokalnih virov izpustov

V okviru projekta se načrtuje tudi določitev profilov značilnih virov izpustov. Ti podatki so sicer dostopni v različni literaturi, vendar pa je potrebno preveriti, ali so ti podatki reprezentativni za razmere v Sloveniji. Glede na perečo problematiko emisij zaradi kurjenja z lesno biomaso v dotrajanih kuriščih se bo projektna skupina osredotočila na pridobitev karakterističnih profilov na dimnikih manjših objektov. Z vzorčenjem prahu ob cestiščih in na drugih lokacijah, kjer prihaja do prašenja (npr. zaradi obdelovanja kmetijskih površin), pa se bo pridobilo informacijo o vplivu resuspenzije na nivoje delcev v posameznem okolju. Reprezentativni profili virov so kot vhodni podatek potrebni za uporabo modela CMB. Poleg tega reprezentativni profili virov olajšajo tudi interpretacijo rezultatov modela PMF.

Posodobitev kemijsko analitskega laboratorija

Za receptorsko modeliranje je potrebno poznati sestavo atmosferskih aerosolov na lokacijah, kjer se želi pridobiti informacijo o prispevku posameznih virov k onesnaženosti zraka. Potrebne so kemijske analize, ki obsegajo meritve elementov v sledovih, vsebnosti ionov, zvrsti ogljika, ter različnih organskih indikatorjev v delcih. Za statistične modele receptorskega modeliranja kot je na primer model PMF, je za vsako receptorsko mesto potrebno zagotoviti podatke o elementni in kemijski sestavi vsaj 100 vzorcev. V okviru projekta Sinica se bo pridobilo predvsem opremo, ki bo omogočala analizo večjega števila vzorcev.

Zaključek

V okviru projekta Sinica bomo naslovili ključne vidike kakovosti zraka v Sloveniji in s premostitvijo vrzeli v poznavanju in kvantifikaciji procesov, ki bistveno določajo onesnaženost zraka, podprli pripravo učinkovitih ukrepov za izboljšanje stanja. Projekt je zasnovan tako, da upošteva specifične nacionalne razmere. V zasnovi projekta smo posebno pozornost namenili usklajenosti in povezanosti posameznih sklopov, kar je pri tako širokem projektu predstavljalo poseben izziv. Izkoriščanje sinergij med sklopi projekta in komplementarni pristopi k analizi stanja bodo bistveno pripomogli k zanesljivosti rezultatov in prispevali k učinkovitejši izrabi virov projekta. Tak pristop nam

je omogočil širok spekter kompetenc, ki smo jih na ARSO razvili na področju okolja in meteorologije.

Projekt Sinica sofinancirata Republika Slovenija (15 %) in Evropska unija iz Kohezijskega sklada (v višini 85 % upravičenih stroškov projekta). Projekt se izvaja v okviru Operativnega programa za izvajanje evropske kohezijske politike v obdobju 2014-2020, prednostne osi »Boljše stanje okolja in biotske raznovrstnosti«, prednostne naložbe »Ukrepi za izboljšanje urbanega okolja, oživitev mest, sanacijo in dekontaminacijo degradiranih zemljišč (vključno z območji, na katerih poteka preobrazba), zmanjšanje onesnaženosti zraka in spodbujanje ukrepov za zmanjšanje hrupa« in prispeva k doseganju specifičnega cilja »Boljše spremljanje kakovosti zraka za boljšo podporo pri pripravi načrtov na tem področju«.

Literatura

- Belis C.A., Larsen B.R., Amato F., El Haddad I., Favez O., Harrison R.M., Hopke P.K., Nava S., Paatero P., Prévôt A., Quass U., Vecchi R., Viana M. (2014). European Guide on Air Pollution Source Apportionment with Receptor Models, European Commission, Joint Research Centre, doi:10.2788/9307
- European Environmental Agency. (2017). Air quality in Europe — 2017 report, doi:10.2800/358908
- Termonia, P., Fischer, C., Bazile, E., Bouyssel, F., Brožková, R., Bénard, P., Bochenek, B., Degrauwe, D., Derkova, M., El Khatib, R., Hamdi, R., Mašek, J., Pottier, P., Pristov, N., Seity, Y., Smolíková, P., Spaniel, O., Tudor, M., Wang, Y., Wittmann, C., and Joly, A. (2017) The ALADIN System and its Canonical Model Configurations AROME CY41T1 and ALARO CY40T1, Geosci. Model Dev. Discuss., <https://doi.org/10.5194/gmd-2017-103>, in review
- Trozzi C., Nielsen O-K., Plejdru M.S., Nielsen M., Kubica K., Paradiz B., Dilara P., Klimont Z., Kakareka S., Debsk B., Woodfield M., Stewart R., Whiting R., Visschedijk A., Kuenen J. (2016). Smal Combustion v EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2016, European Environmental Agency
- Žabkar R., Rus M., Rakovec J., Štrajhar M. (2012): Prvi rezultati vrednotenja modelskega sistema ALADIN-CAMx za napovedovanje ozona in delcev v ozračju, Vetrnica (glasilo slovenskega meteorološkega društva), št. 04/12, str. 30-35