

1. pielikums

Izmantotās gaisa kvalitātes novērtēšanas metodes

1. Modeļa verifikācijai izmantoto monitoringa staciju raksturojums

Gaisa piesārņojuma izkliedes modeļa verifikācijai tika izmantoti atmosfēras gaisa kvalitātes novērojumu dati par NO₂, daļiņu PM₁₀ un PM_{2,5}, benzola un benz(a)pirēna koncentrācijām no šādiem monitoringa staciju tiem:

- Pilsētas fona stacija (PFS);
- Autotransporta piesārņojuma avotu ietekmes stacija (TPAIS);
- Privātmāju teritoriju pilsētas fona stacija (IAI PFS);
- Lauku fona stacija (LFS);
- Reģionālā lauku fona stacija (RLFS);
- Rūpnieciskā piesārņojuma stacija (RFS).

Valsts monitoringa stacijās NO₂ koncentrācijas tiek mērītas ar Teledyne iekārtu T200 (ASV), benzola – ar Chromatotec iekārtu AirToxic BTX PID (Francija). Daļiņu PM₁₀ un PM_{2,5} monitorings tiek veikts, izmantojot putekļu mērītāju BAM 1020 (Met One Instruments, ASV). Benz(a)pirēna noteikšana tiek veikta daļiņu PM₁₀ sastāvā, izmantojot uz filtriem savāktu materiālu. LVĢMC laboratorija ir akreditēta atbilstoši standartam LVS EN ISO/IEC 17025:2017¹.

RD MVD stacijās gaisa kvalitātes NO₂ un benzola novērojumi tiek veikti ik pēc 10 minūtēm ar DOAS OPSIS (Zviedrija) tipa nepārtrauktās darbības gaisa piesārņojuma mērīšanas iekārtu sekojošās stacijās:

- RFS “Mīlgrāvis” Mīlgrāvja ielā 10;
- Centra kanjonveida tipa ielas TPAIS “Brīvības iela”, Brīvības ielā 73;
- Privātmāju teritoriju PFS “Pārdaugava”, Kantora ielā 32.

Visās minētajās stacijās tiek veikts arī daļiņu PM₁₀ monitorings ar beta staru absorbcijas metodes iekārtu SM200. Stacijā “Pārdaugava” tiek veikti daļiņu PM_{2,5} novērojumi.

Papildus analīzei daļiņu PM₁₀ un daļiņu PM_{2,5} modelēto koncentrāciju variācijas verifikācijas mērķiem tika salīdzinātas arī ar novērojumu datiem no šādām monitoringa stacijām:

- valsts monitoringa tīkla RLFS “Rucava”, BAM 1020 (Met One Instruments, ASV);
- Lietuvas valsts monitoringa tīkla LFS “Žemaitija” (iekārtas modelis nav zināma);
- Rīgas Brīvostas teritorijā, Daugavgrīvas ielā 93, izvietoto RFS (GRIMM EDM 365, Vācija);
- Rīgas Brīvostas teritorijā, Meldru ielā 5a, izvietoto RFS (GRIMM EDM 365, Vācija).

Monitoringa stacijās vērtēto piesārņojošo vielu uzskaitījums P.1. tabulā.

¹ „General requirements for the competence of testing and calibration laboratories” (ISO/IEC 17025:2017)

P.1. tabula. Monitoringa stacijās vērtēto piesārņojošo vielu uzskaitījums Rīgā 2024. gadā

Nr. kartē	Adrese	Stacijas ģeogrāfiskās koordinātas	Stacijas īpašnieks	Piesārņojošā viela							
				SO ₂	NO ₂	O ₃	PM ₁₀	PM _{2,5}	BTEX*	CO	Meteodati
1	Mīlgrāvja iela 10	57°01'24,8''	RVP	X	X	X	X	-	X	-	X
		24°08'15,9''									
2	Brīvības iela 73	56°57'32,0''	RVP	X	X	X	X	-	X	-	X
		24°07'32,9''									
3	Kantora-Slampes ielu krustojums	56°55'10,8''	RVP	X	X	X	X	X	X	-	X
		24°03'33,7''									
4	Kronvalda bulvāris 4	56°57'17,3''	LVĢMC	X	X	X	X	X	X	-	X
		24°06'17,3''									
5	Kr. Valdemāra iela 65	56° 57' 39,161''	LVĢMC	-	X	X	X	X	X	X	-
		24° 7' 16,215''									
		24° 05' 24.7''									

2. Piesārņojuma izkliedes modeļa verifikācija

Piesārņojošo vielu izkliedes aprēķins un atbilstības novērtējums veikts atbilstoši spēkā esošo normatīvo aktu prasībām, izmantojot piesārņojuma izkliedes modelēšanas datorprogrammu *ADMS Urban 5.0*. Tas ir gaisa kvalitātes pārvaldības rīks pilsētām un aglomerācijām. Šāda veida programmatūru sauc arī par reģionālo jeb plānošanas modeli, un to izmanto, lai novērtētu ietekmi, ko plašākā teritorijā rada liels skaits emisijas avotu.

ADMS Urban ir viens no visplašāk izmantotajiem piesārņojuma izkliedes modeļiem, kura rezultāti sniedz tā lietotājiem iespēju izstrādāt pamatotu gaisa kvalitātes politiku, rīcības plānus, izvērtēt satiksmes pārvaldības iespējas, veikt dažādu emisiju avotu devuma izvērtējumu, novērtēt dažādu emisiju avotu ietekmi uz gaisa kvalitāti. *ADMS* ir validēts, izmantojot eksperimentālus lauka datus, un *ADMS Urban* moduļi ir dokumentēti – modeļa algoritmi ir aprakstīti un ietverti lietotājiem pieejamajā dokumentācijā. Papildu informācija par piesārņojuma izkliedes datorprogrammu ir pieejama izstrādātāja mājaslapā².

Ministru kabineta 2009. gada 3. novembra noteikumu Nr. 1290 „Noteikumi par gaisa kvalitāti”, kā arī jaunā Eiropas Padomes un Parlamenta 2024. gada 23. oktobra direktīva (ES) 2024/2881 „Par gaisa kvalitāti un tīrāku gaisu Eiropā” izvirza noteiktas prasības gaisa kvalitātes modeļiem, kas tiek izmantoti gaisa kvalitātes novērtēšanai.

Saskaņā ar spēkā esošām prasībām:

- Modelēšanas nenoteiktība ir maksimālā atšķirība starp izmērīto un aprēķināto koncentrāciju līmeni 90 % no pieejamajiem paraugu ņemšanas (monitoringa) punktiem attiecīgā robežlieluma (attiecībā uz ozonu – mērķlieluma) noteikšanas periodam, neņemot vērā notikumu secību;
- Modelēšanas nenoteiktību piemēro teritorijai, kurā tiek novērtēta atbilstība attiecīgajam robežlielumam (attiecībā uz ozonu – mērķlielumam);
- Stacionārajiem mērījumiem, kas atlasīti, lai tos salīdzinātu ar modelēšanas rezultātiem, jāatrodas modelēšanas lietotnes novērtējuma apgabalā;
- Modeļa nenoteiktību nosaka kā maksimālo standartnovirzi starp izmērītajām un aprēķinātajām koncentrācijām gada griezumā, neņemot vērā notikumu laiku;
- Noteikumi nosaka maksimālo pieļaujamo nenoteiktību un Rīgas valstspilsētas gaisa kvalitātes uzlabošanas rīcības programmas kontekstā analizētajām piesārņojošajām vielām tā attiecīgi ir šāda:
 - Slāpekļa dioksīda gada vidējai koncentrācijai – 30%,
 - Slāpekļa dioksīda stundas vidējām koncentrācijām – 50%,
 - Slāpekļa dioksīda diennakts vidējām koncentrācijām – 50%,
 - Daļiņu PM₁₀ un PM_{2,5} gada vidējai koncentrācijai – 50% (diennakts vidējo koncentrāciju nenoteiktība nav noteikta),
 - Benzola gada vidējai koncentrācijai – 50%,
 - Benz(a)pirēna gada vidējai koncentrācijai – 60%.

Jaunā direktīva būtiski maina pieeju modeļa kvalitātes kontrolei. Direktīva (ES) 2024/2881 kontekstā modeļa kvalitāte ir saistīta ar monitoringa datu nenoteiktību (“Modelēšanas

² www.cerc.co.uk

lietotņu un objektīvās aplēses nenoteiktības un stacionāro mērījumu nenoteiktības maksimālā attiecība”, V pielikums) ar koeficientu (direktīvas un modeļa kvalitāti pārbauda, izmantojot formālo modeļa veikspējas indeksu (*angliski* Model Quality Indicator – MQI)). MQI ir faktors, kas balstās uz vidējās kvadrātiskās novirzes (jeb standartnovirzes) novērtējumu, un tā aprēķins ir detalizēti aprakstīts Eiropas Komisijas 2025. gadā publicētajā tehniskā atbalsta dokumentā par gaisa kvalitātes modelēšanas izmantošanu dažādās jomās (3.4. nodaļa)³. Saskaņā ar jaunajām prasībām modeļa veikspējas indeksa vērtībai ir jābūt vienāgai vai mazākai par 1 vismaz 90 % no pieejamajiem gaisa kvalitātes monitoringa punktiem visā attiecīgajā novērtējuma teritorijā un periodā.

Programmas 3. nodaļā apkopotie rezultāti par piesārņojuma koncentrācijām Rīgas pilsētas gaisa monitoringa stacijās tika izmantoti, lai verificētu un kalibrētu izstrādāto gaisa piesārņojuma izkliedes datormodeli atbilstoši modeļa veikspējas prasībām (Ministru kabineta noteikumu Nr. 1290 „Par gaisa kvalitāti”), kā arī atbilstoši jaunās Direktīvas 2024/2881 prasībām.

Lai novērtētu modeļa atbilstību augstākminētajām prasībām, ir izmantota CERC palīgprogramma *Model Evaluation Toolkit* modeļa veikspējas analīzei.

Analizējot modeļa veikspēju atbilstoši Ministru kabineta 2009. gada 3. novembra noteikumu Nr. 1290 „Noteikumi par gaisa kvalitāti” prasībām, var secināt, ka visām novērtētajām vielām modeļa rezultātu kvalitāte atbilsti noteikumu prasībām (skatīt P.2.-P.6. tabulas). Kā redzams P.2. un P.3. tabulā, piesārņojuma modelēšanas rezultāti nepārsniedz pieļaujamās daļiņu PM₁₀ un slāpekļa dioksīda modelēšanas nenoteiktības robežas. P.4. tabulā sniegtā informācija liecina par to, ka daļiņu PM_{2,5} modelēto koncentrāciju sakritība ar novērojumu rezultātiem LVĢMC stacijā Kronvalda bulvārī ir atbilstoša, kamēr modelēšanas rezultāti Kantora ielā pārsniedz Rīgas domes monitoringa stacijas novērtējuma nenoteiktības robežas. Starp nenoteiktības potenciālajiem iemesliem var minēt detalizētas informācijas trūkumu par individuālās apkures izplatību un veidiem attiecīgajā teritorijā, kā arī mērījumu augsto nenoteiktību.

³ EC (2025) Technical support document on the use of modelling for various application domains under the Ambient Air Quality Directive : final version, <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/793cb905-3461-11f0-8a44-01aa75ed71a1/language-en> (skatīts 17.10.2025.)

P.2. tabula. Modelēto NO₂ gada vidējo koncentrāciju salīdzinājums ar 2023. gada monitoringa datiem (references metodes stacijas)

Stacija	Monitoringa dati			Modelēšanas rezultāti
	NO ₂ , µg/m ³	Nenoteiktības robežas		NO ₂ , µg/m ³
		Apakšējā NO ₂ -30%, µg/m ³	Augšējā NO ₂ +30%, µg/m ³	
Brīvības iela 73	32,80	22,96	42,64	38,59
Kronvalda bulvāris 4	19,70	13,79	25,61	21,16
Kr. Valdemāra iela 65	25,82	18,07	33,57	22,20

P.3. tabula. Modelēto daļiņu PM₁₀ gada vidējo koncentrāciju salīdzinājums ar 2023. gada monitoringa datiem (references metodes stacijas)

Stacija	Monitoringa dati			Modelēšanas rezultāti
	PM ₁₀ , µg/m ³	Nenoteiktības robežas		PM ₁₀ , µg/m ³
		Apakšējā PM ₁₀ -50%, µg/m ³	Augšējā PM ₁₀ +50%, µg/m ³	
Brīvības iela 73	23,67	11,83	35,50	20,45
Kronvalda bulvāris 4	17,13	8,57	25,70	18,54
Kr. Valdemāra iela 65	17,55	8,77	26,32	18,95

P.4. tabula. Modelēto daļiņu PM_{2,5} gada vidējo koncentrāciju salīdzinājums ar 2023. gada monitoringa datiem

Stacija	Monitoringa dati			Modelēšanas rezultāti
	PM _{2,5} , µg/m ³	Nenoteiktības robežas		PM _{2,5} , µg/m ³
		Apakšējā PM _{2,5} -50%, µg/m ³	Augšējā PM _{2,5} +50%, µg/m ³	
Kronvalda bulvāris 4	8,47	4,24	12,71	11,25
Kantora-Slampes ielu krustojums	5,28	2,64	7,92	10,06

P.5. tabula. Modelēto benzola gada vidējo koncentrāciju salīdzinājums ar 2023. gada monitoringa datiem

Stacija	Monitoringa dati			Modelēšanas rezultāti
	C ₆ H ₆ , µg/m ³	Nenoteiktības robežas		
		Apakšējā C ₆ H ₆ -50%, µg/m ³	Augšējā C ₆ H ₆ +50%, µg/m ³	C ₆ H ₆ , µg/m ³
Brīvības iela 73	2,27	1,13	3,40	1,67
Kronvalda bulvāris 4	0,60	0,30	0,90	1,14
Kr. Valdemāra iela 65	0,50	0,25	0,75	1,45

Kā redzams, benzola gada vidējās koncentrācijas modelēšanas rezultāti neiekļaujas nenoteiktības robežās divās vietās – monitoringa staciju atrašanās vietās Kronvalda bulvārī un Kr. Valdemāra ielā. Visās iepriekš minētajās vietās modelēšanas rezultāti ir augstāki par monitoringa datiem. Vienlaikus norādāms uz to, ka arī mērījumu rezultāti šajās stacijās būtiski atšķiras no rezultātiem Brīvības ielas novērojumu stacijā.

P.6. tabula. Modelēto benz(a)pirēna gada vidējo koncentrāciju salīdzinājums ar 2023. gada monitoringa datiem

Stacija	Monitoringa dati			Modelēšanas rezultāti
	B[a]P, ng/m ³	Nenoteiktības robežas		
		Apakšējā B[a]P -60%, ng/m ³	Augšējā B[a]P +60%, ng/m ³	B[a]P , ng/m ³
Kronvalda bulvāris 4	0,52	0,21	0,84	1,35
Kr. Valdemāra iela 65	0,20	0,08	0,32	1,62

Kā redzams, benz(a)pirēna gada vidējās koncentrācijas modelēšanas rezultāti neiekļaujas nenoteiktības robežās abās monitoringa staciju novietojuma vietās – Kronvalda bulvārī un Kr. Valdemāra ielā. Abos gadījumos modelēšanas rezultāti ir augstāki par monitoringa datiem, kas nozīmē, ka avotu piesārņojums tika pārvērtēts. Vienlaikus gan jānorāda, ka benz(a)pirēna monitoringa datu nenoteiktība pie šādām zemām koncentrācijām ir ļoti liela, līdz ar to arī kopējā ticamība mērījumu datiem ir zemāka.

Analizējot modeļa veikspējas indeksu (MQI, T), atbilstoši jaunās gaisa kvalitātes direktīvas prasībām, indekss tiek iedalīts šādās klasēs:

- $T < 0,5$ Teicama atbilstība;
- $0,5 \leq T \leq 1,0$ Pieņemama modeļa veikspēja;

- $T > 1,0$ Neapmierinoša modeļa veikspēja.

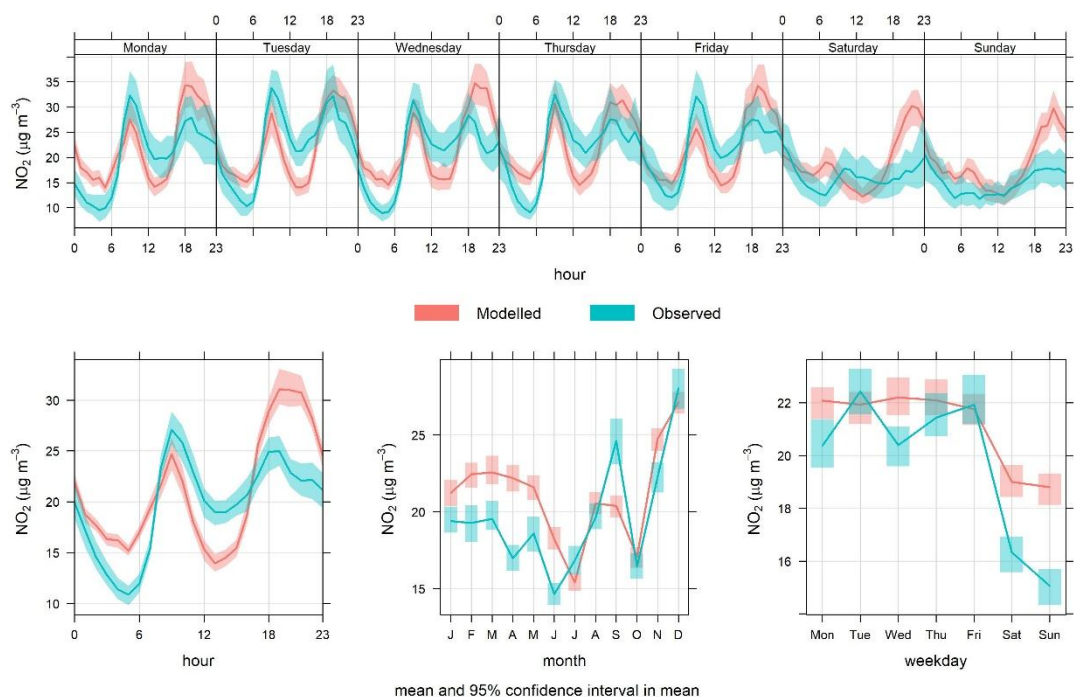
Atbilstoši Direktīvas (ES) 2024/2881 prasībām MQI indeksa noteikšanā ir jāizmanto monitoringa datu aprēķinātā nenoteiktība katrai no piesārņojošām vielām. Ņemot vērā, ka šāda informācija par LVĢMC un Rīgas domes veiktiem gaisa kvalitātes mērījumiem nav publiski pieejama, aprēķinos ir izmantota katrai vielai maksimālā pieļaujamā mērījumu nenoteiktība (direktīvas V pielikums).

Analizējot novērtējuma rezultātus, var secināt, ka visām novērtētajām vielām modeļa rezultātu kvalitāte atbilst jaunās direktīvas prasībām attiecībā uz modeļa veikspēju (skatīt P.7. tabulu).

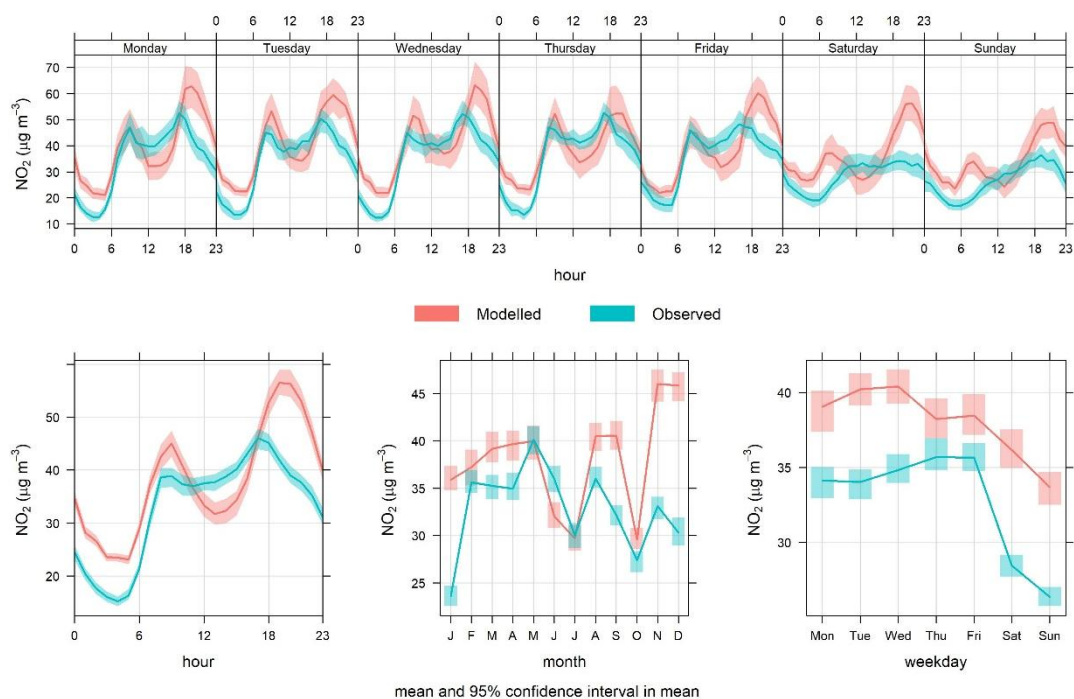
P.7. tabula. Modeļa veikspējas indeksa (MQI, T) vērtības un to novērtējums pret Direktīvas (ES) 2024/2881 prasībām, 2023. gada dati

Modelētā piesārņojošā viela	Modeļa veikspējas indekss (MQI, T)	Atbilstības novērtējums
Slāpekļa dioksīds NO ₂	0,178	Teicama
Daļiņas PM ₁₀	0,214	Teicama
Daļiņas PM _{2,5}	0,416	Teicama
Benzols	0,570	Atbilstoša
Benz(a)pirēns	0,739	Atbilstoša

Analizējot modeļa spēju raksturot piesārņojumu līmeņa mainīgumu diennakts, nedēļas un gada griezumā, var secināt, ka izstrādātais modelis labi atspoguļo slāpekļa dioksīda, daļiņu PM₁₀ un daļiņu PM_{2,5} koncentrāciju izmaiņas dažādos periodos (skatīt P1.-P.8. attēlus). Vienlaikus ir jāatzīmē, ka atšķirības modeļa rezultātu precizitātē dažādos gaisa kvalitātes novērtējuma punktos ir skaidrojamas ar lokālo emisiju avotu un to specifiskā darbības rakstura ietekmi uz mērījumu rezultātiem, ko emisiju novērtējumā ne vienmēr ir iespējams reprezentēt. Tāpat nozīmīga ietekme ir arī mērījumu datu nenoteiktībai, kas arī tiek ņemts vērā jaunās gaisa kvalitātes direktīvas prasībās modeļa datu verifikācijai.

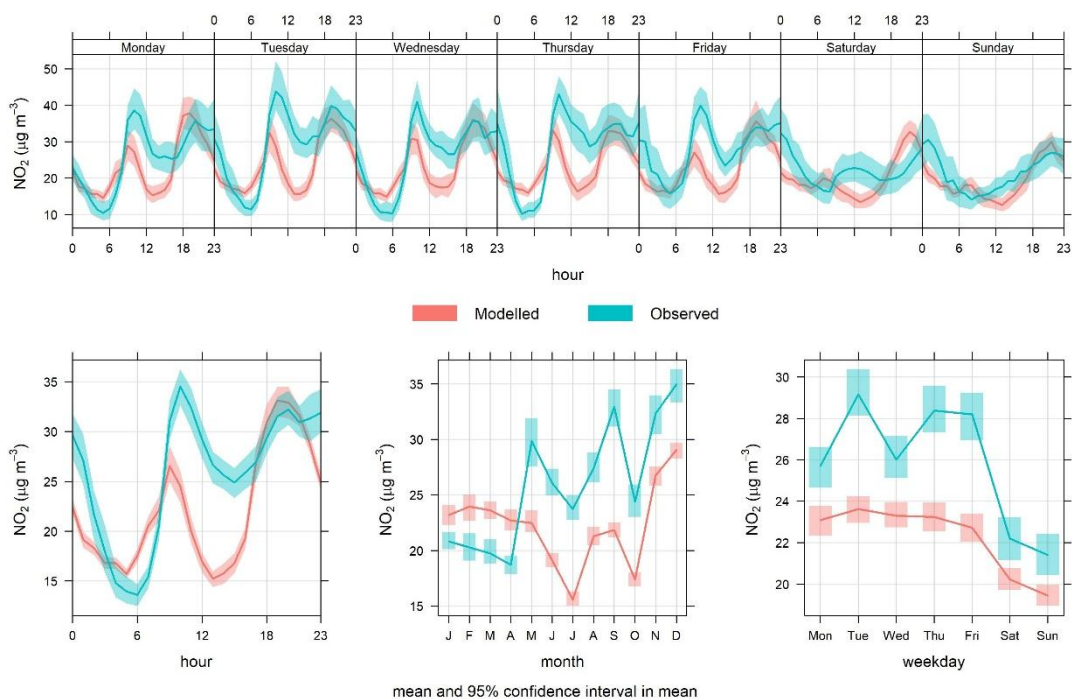


P1. attēls. Laika variāciju analīze: NO₂ modelēšanas rezultātu (angliski – modelled) salīdzinājums ar novērojumu rezultātiem (angliski – observed); monitoringa stacija: Kronvalda bulvāris 4; attēlotās ir vidējās vērtība (tumšāka līnija) un vidējās vērtības 95 % ticamības intervāls (gaišāka josla)

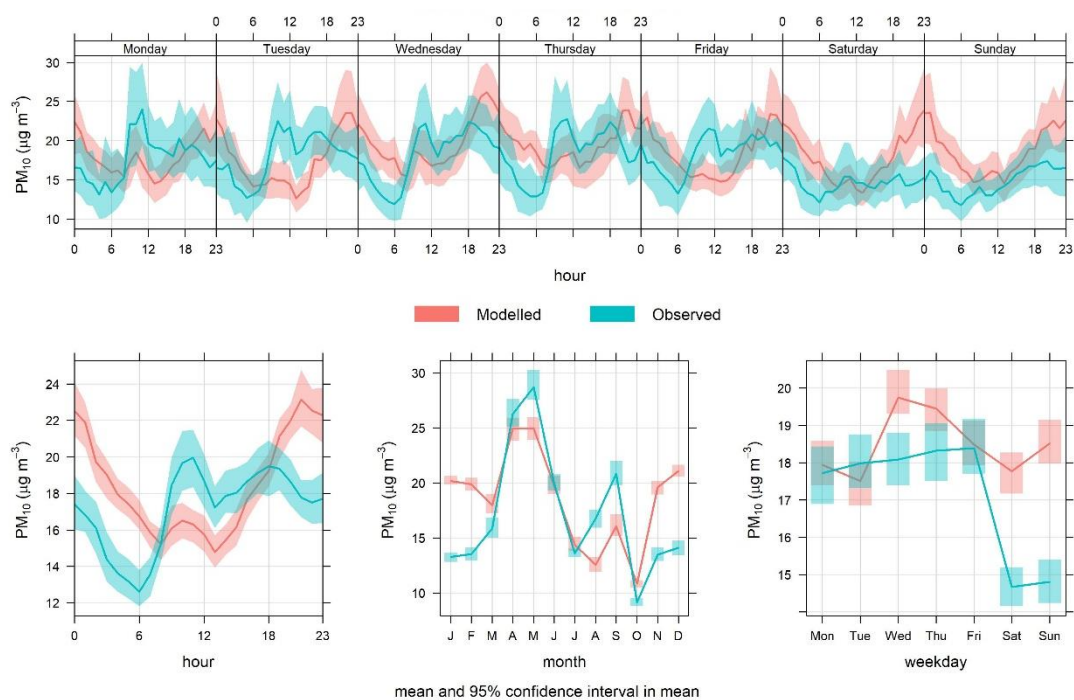


P2. attēls. Laika variāciju analīze: NO₂ modelēšanas rezultātu (angliski – modelled) salīdzinājums ar novērojumu rezultātiem (angliski – observed); monitoringa stacija:

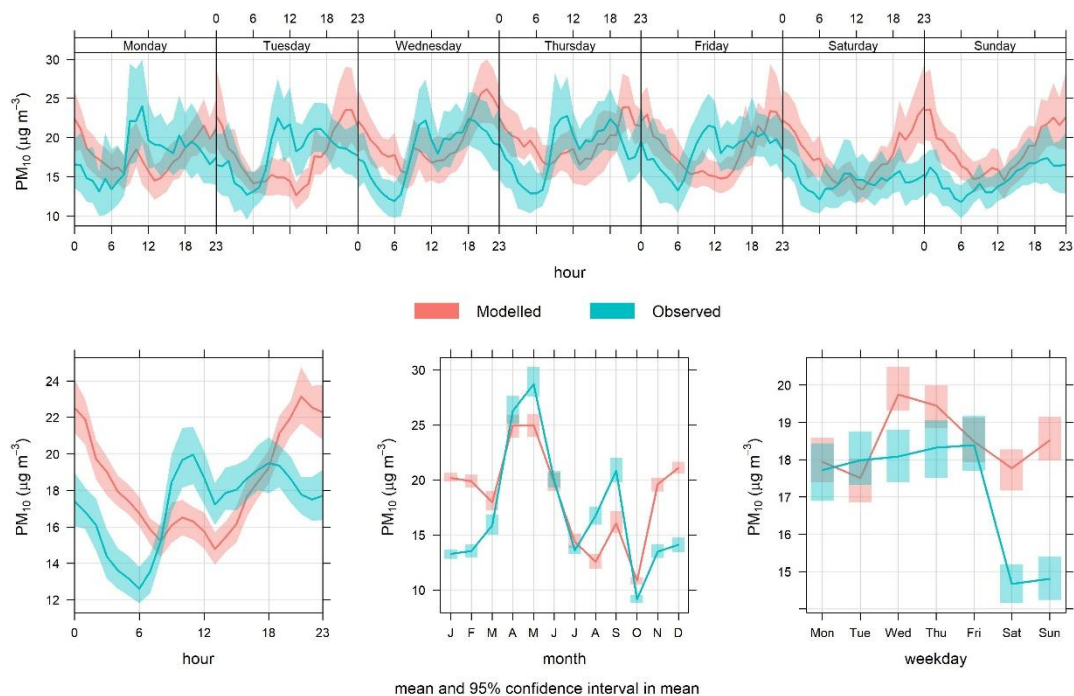
Brīvības iela 73; attēlotās ir vidējās vērtība (tumšāka līnija) un vidējās vērtības 95 % ticamības intervāls (gaišāka josla)



P3. attēls. Laika variāciju analīze: NO₂ modelēšanas rezultātu (angliski – modelled) salīdzinājums ar novērojumu rezultātiem (angliski – observed); monitoringa stacija: Kr. Valdemāra iela 65; attēlotās ir vidējās vērtība (tumšāka līnija) un vidējās vērtības 95 % ticamības intervāls (gaišāka josla)

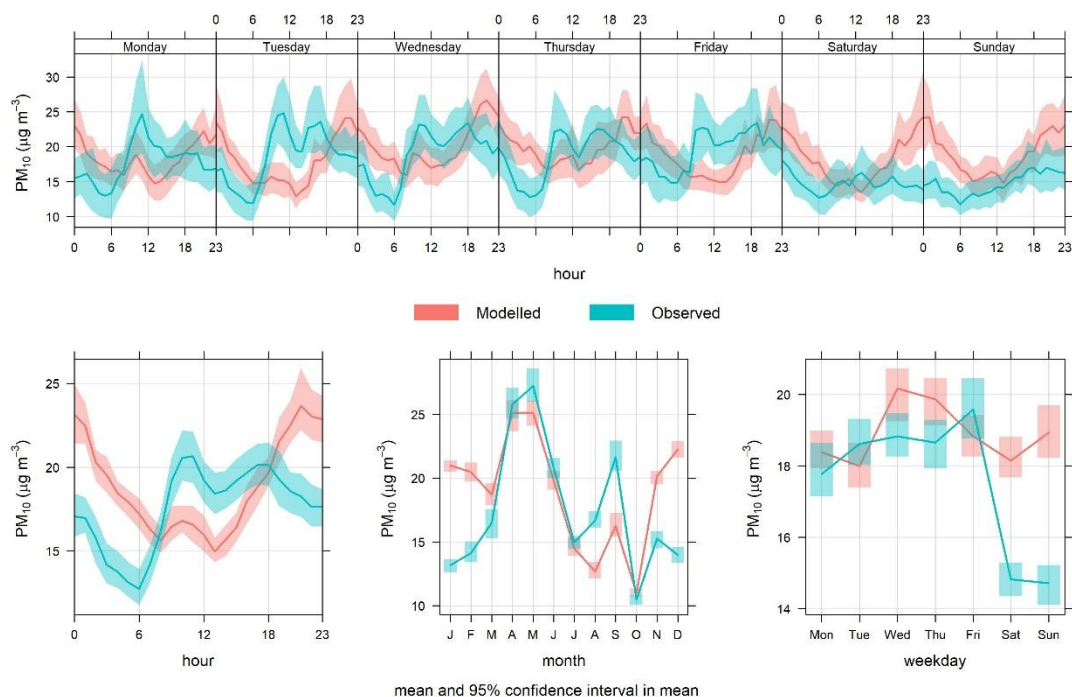


P4. attēls. Laika variāciju analīze: daļiņu PM_{10} modelēšanas rezultātu (angliski – modelled) salīdzinājums ar novērojumu rezultātiem (angliski – observed); monitoringa stacija: Kronvalda bulvāris 4; attēlotās ir vidējās vērtības (tumšāka līnija) un vidējās vērtības 95 % ticamības intervāls (gaišāka josla)

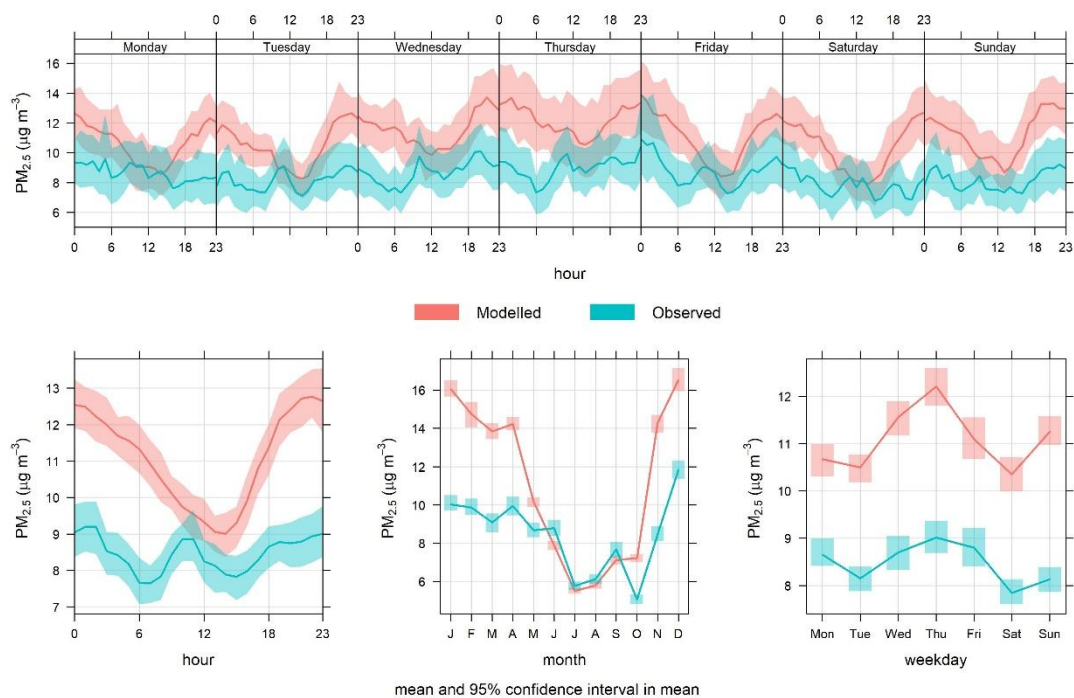


P5. attēls. Laika variāciju analīze: daļiņu PM_{10} modelēšanas rezultātu (angliski – modelled) salīdzinājums ar novērojumu rezultātiem (angliski – observed); monitoringa

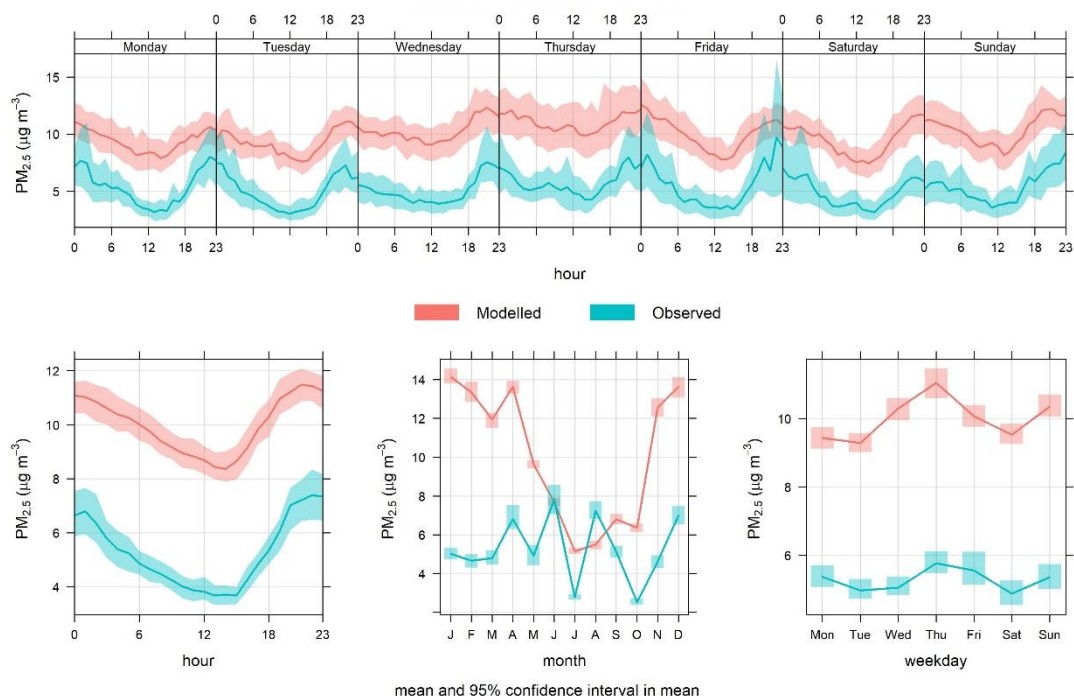
stacija: Brīvības iela 73; attēlotās ir vidējās vērtība (tumšāka līnija) un vidējās vērtības 95 % ticamības intervāls (gaišāka josla)



P6. attēls. Laika variāciju analīze: daļiņu PM_{10} modelēšanas rezultātu (angliski – modelled) salīdzinājums ar novērojumu rezultātiem (angliski – observed); monitoringa stacija: Kr. Valdemāra iela 65; attēlotās ir vidējās vērtība (tumšāka līnija) un vidējās vērtības 95 % ticamības intervāls (gaišāka josla)



P7. attēls. Laika variāciju analīze: daļiņu $PM_{2.5}$ modelēšanas rezultātu (angliski – modelled) salīdzinājums ar novērojumu rezultātiem (angliski – observed); monitoringa stacija: Kronvalda bulvāris 4; attēlotās ir vidējās vērtības (tumšāka līnija) un vidējās vērtības 95 % ticamības intervāls (gaišāka josla)



P8. attēls. Laika variāciju analīze: daļiņu $PM_{2.5}$ modelēšanas rezultātu (angliski – modelled) salīdzinājums ar novērojumu rezultātiem (angliski – observed); monitoringa

stacija: Kantora-Slampes ielu krustojums; attēlotās ir vidējās vērtība (tumšāka līnija) un vidējās vērtības 95 % ticamības intervāls (gaišāka josla)

Saskaņā ar augstākminēto Eiropas Komisijas 2025. gadā publicēto tehniskā atbalsta dokumentu par gaisa kvalitātes modelēšanu, modelējot nākotnes scenārijus, ir jāpārlicinās, ka esošās situācijas modelis labi raksturo ilgtermiņa situāciju, nevis tikai vienu konkrētu gadu. Viena noteikta gada gaisa kvalitāti var būtiski ietekmēt dažādi dabiskie un antropogēnie faktori, piemēram specifiskie laika apstākļi vai citi faktori, tādi kā pandēmijas. Lai nodrošinātu, ka nākotnes prognozes neietekmē meteoroloģisko faktoru mainību, ir ieteicams veikt emisiju modeļa pārbaudi, ņemot vērā arī citus raksturīgus novērojumu gadus. Šīs programmas ietvaros papildus 2023. gada scenārijam, ir modelēts arī 2022. gads, kas piesārņojuma koncentrāciju ziņā bija viens no nelabvēlīgākiem pēdējo 5 gadu laikā. P.8. tabulā ir sniegti rezultāti par 2022. gada modeļa veikspējas analīzi, atbilstoši jaunās direktīvas prasībām, kas liecina par modeļa atbilstību. P.9. tabulā ir sniegts monitoringa un novērojumu rezultātu salīdzinājums 2022. un 2023. gadā. Balstoties uz šiem rezultātiem var secināt, ka modelis ir derīgs nākotnes scenāriju analīzei, toties ir jāņem vērā, ka nelabvēlīgo meteoroloģisko faktoru, kā arī fona piesārņojuma mainīgums (piem. smilšu vētru pārrobežu ietekme vai meža ugunsgrēku ietekme) var ietekmēt arī nākotnes scenārijā prognozēto piesārņojuma koncentrāciju sasniegšanu.

P.8. tabula. Modeļa veikspējas indeksa (MQI, T) vērtības un to novērtējums pret Direktīvas (ES) 2024/2881 prasībām, 2022. gada dati

Modelētā piesārņojošā viela	Modeļa veikspējas indekss (MQI, T)	Atbilstības novērtējums
Slāpekļa dioksīds NO ₂	0,249	Teicama
Daļiņas PM ₁₀	0,519	Atbilstoša
Daļiņas PM _{2.5}	0,160	Teicama

P.9. tabula. 2022. un 2023. gada references metodes staciju vidējo vērtību salīdzinājums – monitoringa un modelēšanas rezultāti

Viela	Monitoringa rezultāti		Modelēšanas rezultāti	
	2022	2023	2022	2023
Slāpekļa dioksīds NO ₂	27,82	25,97	27,13	27,15
Daļiņas PM ₁₀	22,44	19,32	19,00	19,30
Daļiņas PM _{2.5}	9,28	8,65	10,40	11,14