



Informing you on ambient air quality
in the Belgian Regions

Verdere validatie luchtkwaliteitsmodel RIO-IFDM en eerste validatieresultaten voor RIO-IFDM-OSPM voor NO₂ voor 2016



Vlaanderen
is milieuvlaanderen.be



BRUXELLES ENVIRONNEMENT
LEEFMILIEU BRUSSEL
- IBGE - BIM -



VLAAMSE
MILIEUMAATSCHAPPIJ

Oktober 2017

SAMENVATTING.....	4
1 INLEIDING	5
2 METHODE	6
2.1 Model.....	6
2.2 Metingen	8
2.3 Validatie	12
3 VALIDATIE OP BASIS VAN PASSIEVE SAMPLER MEETDATA VAN DE STAD GENT 13	
3.1 Meetcampagne stad Gent	13
3.1.1 Ruimtelijke validatie.....	13
3.1.2 Temporele validatie	18
3.1.2.1 Performante RIO-IFDM-OSPM modelresultaten	19
3.1.2.2 Licht overschatte RIO-IFDM-OSPM modelresultaten.....	21
3.1.2.3 Sterk overschatte RIO-IFDM-OSPM modelresultaten.....	24
3.1.3 Conclusie validatie meetcampagne Gent	27
4 VALIDATIE OP BASIS VAN ONAFHANKELIJKE TELEMETRISCHE STATIONS.....	28
4.1 Telemetrische meetdata 2016	28
4.1.1 Ruimtelijke validatie 2016	29
4.1.2 Temporele validatie 2016.....	30
4.1.3 Vergelijking RIO-IFDM en RIO-IFDM-OSPM 2016 voor 42R805	36
4.1.4 Conclusie validatie telemetrische meetstations 2016.....	39
5 BESLUIT.....	40
6 REFERENTIES.....	41
7 ANNEX.....	42
7.1 ANNEX I Ruimtelijke validatie RIO-IFDM NO ₂ 2014 (onafhankelijke telemetrische stations).....	42
7.2 ANNEX I: I Temporele validaties per locaties meetcampagne Gent 2016 RIO-IFDM(links) RIO-IFDM-OSPM (rechts)	43
7.3 ANNEX III: Temporele validaties onafhankelijke telemetrische meetstations 2016	51

Figuur 1: Vergelijking vroegtijdige sterftes PM2.5, NO ₂ en verkeersdoden in 2014 (volgens verschillende drempelconcentraties (Co) waaronder geen gezondheidseffecten ingerekend worden)	5
Figuur 2 : Schematische voorstelling van het RIO-IFDM-OSPM luchtkwaliteitsmodel	7
Figuur 3 : Locaties van de vaste onafhankelijke telemetrische metingen voor validatie 2016.....	10
Figuur 4 : locaties van passieve sampler metingen in de stad Gent (2 juni tot 17 november 2016)	11
Figuur 5: Validatie RIO-IFDM NO ₂ concentraties (links) RIO-IFDM-OSPM NO ₂ concentraties (rechts) meetcampagne stad Gent	15
Figuur 6: Ruimtelijke validatie van de open straat locaties RIO-IFDM (links) RIO-IFDM-OSPM (rechts) meetcampagne stad Gent.....	15
Figuur 7: Ruimtelijke validatie van de half open straat locaties RIO-IFDM (links) RIO-IFDM-OSPM (rechts) meetcampagne stad Gent	16
Figuur 8: Ruimtelijke validatie van de street canyon locaties RIO-IFDM (links) RIO-IFDM-OSPM (rechts) meetcampagne stad Gent	16
Figuur 9: Ruimtelijke validatie van RIO-IFDM (links) en RIO-IFDM-OSPM modelresultaten voor de locaties waar street canyon effecten in rekening zijn gebracht (rechts), meetcampagne stad Gent.....	17
Figuur 10: Temporele validatie R, RMSE en MB van RIO-IFDM (links) RIO-IFDM-OSPM (rechts) per locatietype van meetcampagne stad Gent	18
Figuur 11: Afbeelding van de meetlocatie GN75 (open straatbeeld) en de temporele validatie van de RIO-IFDM (links) en RIO-IFDM-OSPM (rechts) NO ₂ -concentraties.....	19
Figuur 12: Afbeelding van de meetlocatie GN60 (half open straatbeeld) en de temporele validatie RIO-IFDM (links) en RIO-IFDM-OSPM (rechts) NO ₂ -concentraties.....	20
Figuur 13: Afbeelding van de meetlocatie GN62 (half open straatbeeld) en de temporele validatie RIO-IFDM (links) en RIO-IFDM-OSPM (rechts) NO ₂ -concentraties.....	21
Figuur 14: Afbeelding van de meetlocatie GN57 (street canyon) en de temporele validatie RIO-IFDM (links) en RIO-IFDM-OSPM (rechts) van de NO ₂ -concentraties	22
Figuur 15: Afbeelding van de meetlocatie AM03 (street canyon) en de temporele validatie RIO-IFDM (links) en RIO-IFDM-OSPM (rechts) van de NO ₂ -concentraties	23
Figuur 16: Afbeelding van de meetlocatie AM06 (street canyon) en de temporele validatie RIO-IFDM (links) en RIO-IFDM-OSPM (rechts) van de NO ₂ -concentraties	23
Figuur 17: Afbeelding van de meetlocatie GN76 (half open straatbeeld) en de temporele validatie RIO-IFDM (links) en RIO-IFDM-OSPM (rechts) van de NO ₂ -concentraties	24
Figuur 18: Afbeelding van de meetlocatie GN61 (street canyon) en de temporele validatie RIO-IFDM (links) en RIO-IFDM-OSPM (rechts) van de NO ₂ -concentraties	24
Figuur 19: Afbeelding van de meetlocatie GN59 (street canyon) en de temporele validatie RIO-IFDM (links) en RIO-IFDM-OSPM (rechts) van de NO ₂ -concentraties	25
Figuur 20: Afbeelding van de meetlocatie GN56 (street canyon) en de temporele validatie RIO-IFDM (links) en RIO-IFDM-OSPM (rechts) van de NO ₂	26
Figuur 21: Afbeelding van de meetlocatie GN66 (half open straatbeeld) en de temporele validatie RIO-IFDM (links) en RIO-IFDM-OSPM (rechts) van de NO ₂ -concentraties	26
Figuur 22: ruimtelijke validatie RIO-IFDM NO ₂ (onafhankelijke telemetrische stations 2016).....	29
Figuur 23: temporele statistieken (R, RMSE, MB) RIO-IFDM NO ₂ (n=het aantal telemetrische stations) voor 2016 en 2014	30
Figuur 24: temporele statistieken (R, RMSE, MB) RIO-IFDM NO ₂ (n=het aantal telemetrische stations) voor uurwaarden (links) en uitgemiddeld tot dagwaarden (rechts) 2016	31
Figuur 25: Temporele validatie van de stations 42R804 (verkeer), 42R805 (verkeer), 42R803 (stedelijke achtergrond) en 42R817 (stedelijke achtergrond) 2016	32
Figuur 26: Afbeeldingen van de stations 42R804 (verkeer), 42R805 (verkeer), 42R803 (stedelijke achtergrond) en 42R817 (stedelijke achtergrond) 2016	32
Figuur 27: Locaties van de stations 42R804 (verkeer), 42R805 (verkeer), 42R803 (stedelijke achtergrond) en 42R817 (stedelijke achtergrond) 2016	33
Figuur 28: Temporele validatie 2016 (links) en 2014 (rechts) en afbeelding van de locatie van het telemetrisch meetstation 44R702 (verkeer)	34
Figuur 29: Tijdsreeks van gemeten en RIO-IFDM modelwaarden voor 44R702 voor 2016 en 2014 voor de periode van 1 tot 20 januari (boven) en 1 tot 20 november (onder)	34
Figuur 30: Tijdsreeks van gemeten en RIO-IFDM modelwaarden voor 42R805 voor de periode van 1 tot 20 januari (boven) en 1 tot 20 november (onder).....	35
Figuur 31: Tijdsreeks van gemeten en RIO-IFDM modelwaarden voor 42R804 voor de periode van 1 tot 20 november 2016.....	35
Figuur 32: vergelijking temporele validatie 42R805 uurwaarden (boven) en uitgemiddeld tot dagwaarden (onder) met RIO-IFDM (links) en RIO-IFDM-OSPM (rechts).....	37
Figuur 33: Tijdsreeks van gemeten, RIO-IFDM en RIO-IFDM-OSPM modelwaarden voor 42R805 voor 2016 voor de periode van 1 tot 20 januari (boven) en 1 tot 20 november (onder).....	38
Figuur 34: Tijdsreeks van gemeten, RIO-IFDM modelresultaten en RIO-IFDM-OSPM maandgemiddelde NO ₂ -concentraties voor 42R805 in 2016.	39

Samenvatting

Het doel van deze studie is na te gaan hoe goed het RIO-IFDM model, een model dat opgezet is om concentraties van open straatlocaties weer te geven, presteert in 2016. Verder zijn ook de eerste resultaten van het RIO-IFDM-OSPM, een model dat opgezet is om concentraties in street canyon locaties weer te geven, geëvalueerd voor 2016.

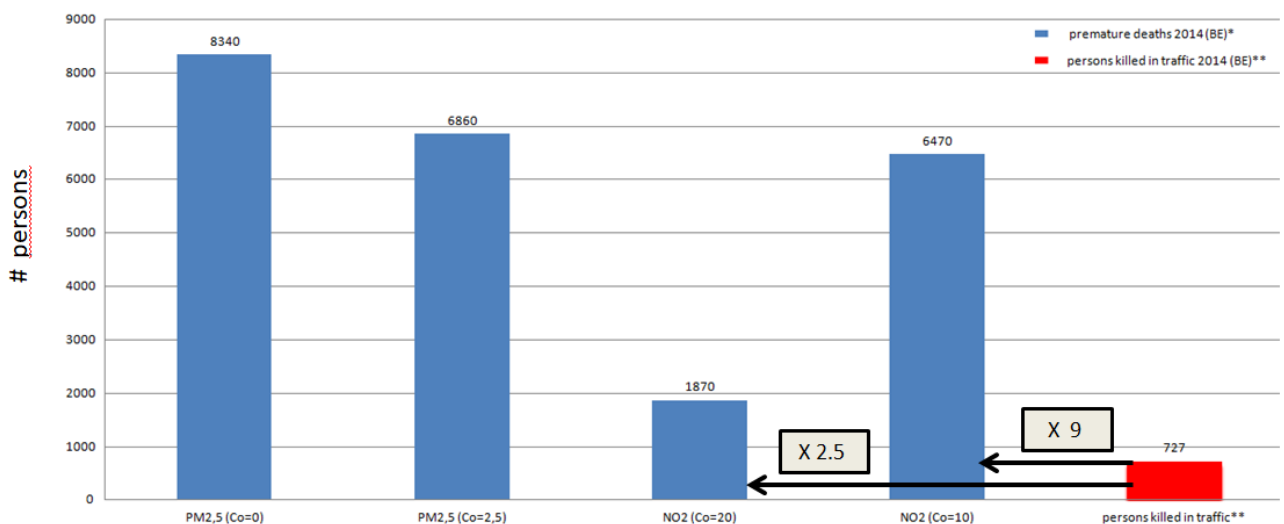
De ruimtelijke informatie die deze modellen verstrekken zijn belangrijk vanwege de gezondheidsimpact van luchtvervuiling door NO₂. De hoge resolutiekaarten laten immers toe een inschatting te maken van de blootstelling van de bevolking.

De modelresultaten worden vergeleken met beschikbare metingen om een inzicht te krijgen in de modelperformantie. In het kader van de referentietaken werd er aan de RIO-IFDM keten een street canyon model (OSPM) gekoppeld. VITO heeft in het kader van de referentietaken luchtkwaliteit voor de Vlaamse Milieumaatschappij de eerste modelresultaten van de modelketen RIO-IFDM-OSPM van NO₂ concentraties 2016 voor Vlaanderen opgeleverd. Aan de hand van de beschikbare onafhankelijke metingen worden deze modelresultaten gevalideerd.

- Op basis van de validatie met de telemetrische stations zijn de modelresultaten van RIO-IFDM voor 2016 performant en bevestigen ze de resultaten van de validatie van het model voor 2014. Het RIO-IFDM model is ontworpen om 'open street' locaties te kunnen simuleren. Er moet steeds gekeken worden naar het type van de locatie als men de performantie gaat beoordelen.
- Op basis van de meetcampagne in Gent (halfjaarlijkse campagne op 50 locaties) presteert het RIO-IFDM-OSPM model voor de algemene statistieken (over de gehele meetperiode en alle meetplaatsen) beter dan het RIO-IFDM model. Voor wat betreft de type locaties levert het RIO-IFDM-OSPM model een verbetering op voor de open straat locaties en de half open straat locaties. Voor de street canyon locaties gaat het van een algemene onderschatting van RIO-IFDM (-5 µg/m³) naar een algemene overschatting (6 µg/m³).
- Deze eerste RIO-IFDM-OSPM validatiestatistieken dienen met toekomstige meetcampagnes bevestigd te worden.

1 Inleiding

Uit recente studies blijkt dat blootstelling aan te hoge NO₂-concentraties een grotere impact heeft op de gezondheid dan eerder gedacht (WHO, 2013a) (WHO, 2013b). Bovendien is NW-Europa een hotspot voor NO₂. Het belang om correct de bevolkingsblootstelling aan deze pollutant in te schatten neemt hiermee toe. Tot hiertoe werden er steeds gezondheidseffecten van NO₂ ingerekend vanaf concentraties hoger dan 20 µg/m³ (C₀) jaargemiddelde NO₂-concentratie. Uit recente studies (European Environment Agency, 2017) blijkt dat deze 'drempelconcentratie' vermoedelijk te hoog is en dat er indicaties zijn dat er ook gezondheidseffecten zijn beneden 20 µg/m³ als jaargemiddelde concentratie. De laagste concentratie waaronder geen gezondheidseffecten vastgesteld zijn is 10 µg/m³ (Raaschou-Nielsen, 2012). Het aantal jaarlijkse vroegtijdige sterftes in België in 2014 toe te schrijven aan NO₂ bedraagt 1870 personen, **twee en een half keer** zoveel als het aantal verkeersdoden van datzelfde jaar. **Indien de drempel van 10 µg/m³ jaargemiddelde gehanteerd wordt, betreft dit negen keer zoveel doden door de NO₂ luchtvervuiling dan door verkeersongevallen.**



*EEA,2017 Air quality in Europe-2017 report

**BIVV, 2014, Veiligheidsbarometer

Figuur 1: Vergelijking vroegtijdige sterftes PM2.5, NO₂ en verkeersdoden in 2014 (volgens verschillende drempelconcentraties (Co) waaronder geen gezondheidseffecten ingerekend worden)

Om de bevolkingsblootstelling te kunnen berekenen en te monitoren is er, naast de informatie over NO₂ metingen, ook ruimtelijke informatie vereist. Met luchtkwaliteitsmodellen kunnen de NO₂ concentraties in België ruimtelijk beoordeeld worden.

De kwaliteit van een luchtkwaliteitsmodel wordt nagegaan door middel van een modelvalidatie. In deze studie worden onafhankelijke metingen (dit zijn metingen die niet in het luchtkwaliteitsmodel gebruikt worden) vergeleken met de RIO-IFDM en de RIO-IFDM-OSPM modelresultaten. Op basis van de statistische indicatoren die uit deze vergelijking worden afgeleid kan men dan oordelen hoe performant het model is.

Op Europees niveau worden via FAIRMODE¹ en de CEN werkgroep (CENTC264/WG43²) kwaliteitscriteria vastgelegd voor luchtkwaliteitsmodellen. Deze kwaliteitscriteria worden uitgedrukt in bepaalde grenswaarden voor een aantal statistische indicatoren rekening houdend met meet- en modelonzekerheden. Deze studie betreft zo een modelvalidatie van het RIO-IFDM luchtkwaliteitsmodel en van de eerste resultaten van het RIO-IFDM-OSPM model voor Vlaanderen. Verschillende onafhankelijke meetdata van NO₂- meetcampagnes worden hiervoor gebruikt.

2 Methode

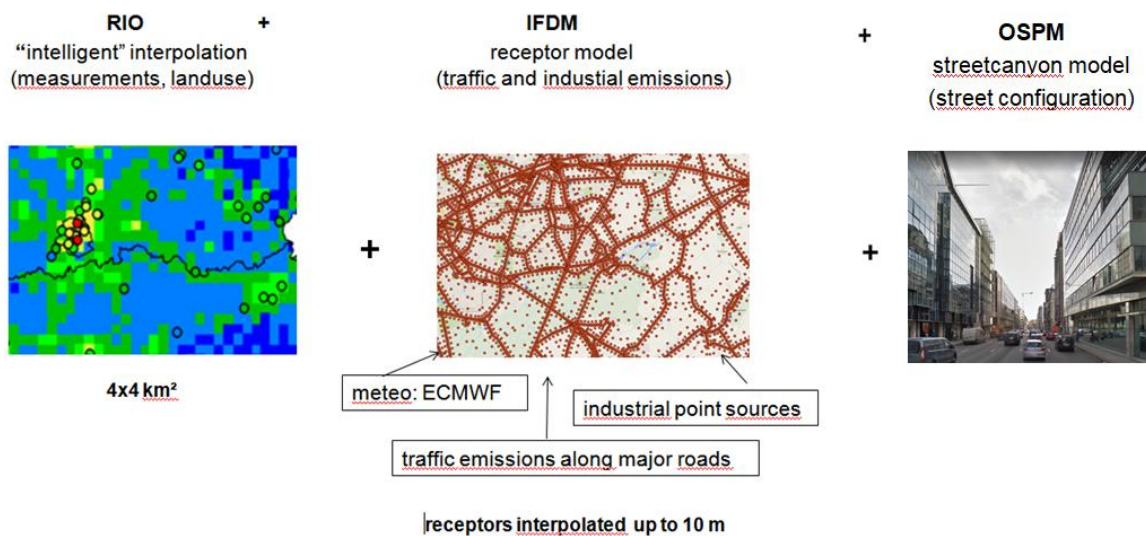
De bedoeling van deze studie is om onafhankelijke beschikbare NO₂ meetdata in België te gebruiken om de modellen te valideren. Deze studie gebruikt onafhankelijke metingen, zowel van telemetrische metingen als specifieke meetcampagnes die voorhanden zijn (zie hoofdstuk 2.2).

2.1 Model

Het RIO-IFDM model is een combinatie van de RIO-interpolatietechniek met het IFDM-model. IFDM (Immision Frequency Distribution Model) is een 'bigaussiaans' pluimmodel dat vertrekt van emissiebronnen en aan de hand van meteorologische parameters de verspreiding van niet-reactieve pollutanten modelleert. Dankzij een vereenvoudigde module voor de berekening van de ozonchemie, zijn ook resultaten voor NO₂ en O₃ mogelijk. In het IFDM-model worden de emissies van alle belangrijke snel- en gewestwegen, en industriële puntbronnen gebruikt om concentraties op receptorpunten te berekenen. Deze kunnen dan geïnterpoleerd worden op een hogere resolutie (vb. 10 x 10 m²). De emissies die niet worden meegenomen in het IFDM-model (bv. van landbouw, huishoudens) worden wel in rekening gebracht via de koppeling met RIO dat als achtergrond wordt gebruikt. De RIO-kaarten (4x4 km²) worden aangemaakt d.m.v. een interpolatietechniek die gebaseerd is op landgebruik en uurlijkse metingen. Het RIO-IFDM model berekent concentraties voor de pollutanten PM₁₀, PM_{2.5}, O₃, NO₂ en zwarte koolstof (BC of black carbon). Om dubbeltelling van emissies door het wegverkeer en de industrie te vermijden wordt een dubbeltellingscorrectie toegepast. In deze validatiestudie ligt de focus op NO₂. Voor de gebruikte RIO-IFDM luchtkwaliteitsmodelketen worden de beste resultaten verwacht voor de zogenaamde 'open street locaties'. Dit zijn locaties zonder bebouwing of obstakels in de onmiddellijke omgeving. In die zin is het model niet representatief voor stedelijke locaties met veel aaneengesloten bebouwing. Hierdoor wordt er een onderschatting verwacht van de NO₂ concentraties op dit type locaties. Voor deze specifieke locaties, de zogeheten 'street canyons' wordt het OSPM-model aan de RIO-IFDM keten gekoppeld. Op die manier kan met de RIO-IFDM-OSPM modelketen het effect van een slechtere ventilatie in zogenaamde "street canyons" op de NO₂-concentraties worden ingeschat.

¹ <http://fairmode.jrc.ec.europa.eu/>

² Werkgroep van de Europese standaardisatieorganisatie



Figuur 2 : Schematische voorstelling van het RIO-IFDM-OSPM luchtkwaliteitsmodel

De meteogegevens, verkeeremissies, industriële emissies en de RIO-achtergrondkaart zijn belangrijke inputgegevens voor het RIO-IFDM model. De gebruikte modelversie van RIO-IFDM in deze studie is de versie 5.1.0 (tenzij anders vermeld). De gebruikte inputgegevens in deze versie wordt hieronder kort toegelicht.

- Meteogegevens: data-geassimileerde uurlijkse gevalideerde ECMWF data, afhankelijk van de beschouwde meetcampagne gegevens van het jaar 2016. Voor de data-assimilatie worden ook de telemetrische meteodata uit de luchtmeetnetten en de data van het synoptische netwerk van het KMI gebruikt. De ruimtelijke resolutie is 1x1 km².
- Verkeeremissies (lijnbronnen): voor Vlaanderen, resultaten van het FASTRACE1.0.1. model, via tijdsfactoren gespreid naar uurlijkse gegevens. De gebruikte verkeersdata zijn niet gelijk voor alle gewesten :
 - Voor het Brussels Hoofdstedelijk Gewest en Wallonië worden de totale verkeeremissies van het betreffende jaar (LRTAP-rapportering) gespreid volgens een spreidingspatroon gebaseerd op mobiliteitsgegevens van de FOD Mobiliteit (2005).
 - Vlaanderen: FastRace 1.0.1, emissies 2015, verkeersnetwerk afkomstig van MOW.
- Industriële emissies (puntbronnen): voor Vlaanderen worden de EMAP³-emissiegegevens gebruikt. Voor Brussel wordt de E-PRTR databank geraadpleegd en voor Wallonië worden de gegevens rechtstreeks opgevraagd bij de administratie.
- Scheepvaartemissies (lijnbronnen):
 - Voor Vlaanderen worden gegevens uit het EMMOSS v3.1-model gebruikt, emissies 2015.
 - Voor Wallonië en Brussel worden de gegridde data (emissies 2015) i.h.k.v. de LRTAP-rapportering toegekend aan het scheepvaartnetwerk.
- RIO: de versie 4.0 wordt gebruikt.

³ <https://emap.marvin.vito.be/faces/index.jsp>

De RIO-IFDM koppeling is ontwikkeld in samenwerking met de VITO in het kader van het ATMOSYS Life-project. Uitgebreide informatie voor wat betreft de wetenschappelijke achtergrond en de technische aspecten van de gebruikte modellen is te vinden in de volgende documenten:

- Validatie luchtkwaliteitsmodel RIO-IFDM voor NO₂ (IRCEL) ⁴
- Validatie RIO-IFDM-OSPM Atmosyscampagne 2011-2012, (VITO) ⁵
- Evaluation of the RIO-IFDM-street canyon model chain (VITO) ⁶
- RIO-IFDM (Lefebvre et al., 2013) ⁷
- RIO (Janssen et al, 2008) ⁸
- IFDM (Model Document System) ⁹.

De koppeling van het RIO-IFDM model met het streetcanyonmodel OSPM is gedocumenteerd in het Eindrapport Kenniscentrum Luchtkwaliteitsmodellering, (VITO, Referentietaken 2016 in opdracht van VMM en het departement LNE). Het OSPM model vult het RIO-IFDM model aan door de effecten op de luchtkwaliteit in streetcanyons mee te nemen. In de modelketen RIO-IFDM-OSPM wordt eerst een selectie van de straten gemaakt die als 'street canyon' geïdentificeerd worden. Voor deze gebieden of plaatsen worden dan op basis van o.a. de gebouwenconfiguratie, straatbreedte en -hoogte de NO₂-concentraties berekend via een automatische preprocessor. Deze modelresultaten zijn enkel beschikbaar voor Vlaanderen.

2.2 Metingen

Met onafhankelijke metingen wordt bedoeld dat de metingen niet gebruikt worden in de RIO-IFDM en RIO-IFDM-OSPM modelketen. Er worden zowel metingen van passieve samplers van de meetcampagne in Gent (van 2 juni tot 17 november 2016, tweewekelijkse meetperiodes) als telemetrische monitoringsstations (uurlijkse meetdata) gebruikt. Deze laatste zullen meer inzicht geven in de temporele performantie van de modellen. Voor de meetplaatsen in Gent zijn RIO-IFDM-OSPM resultaten beschikbaar. De meeste, in deze studie gebruikte, onafhankelijke telemetrische meetplaatsen bevinden zich niet in een 'street canyon'. Slechts één onafhankelijk telemetrisch station is gelegen in een street canyon zodat de metingen van slechts één station beschikbaar zijn om de modelresultaten van RIO-IFDM-OSPM 2016 te valideren.

⁴ www.ircel.be/en/documentation/models/validatierapport-rio-ifdm-no2/

⁵ Rapport activiteiten 2016 Referentietaken 12: Kenniscentrum Luchtkwaliteitmodellering, maart 2017

⁶ Lefebvre W., Van Poppel M., Maiheu B., Janssen S., Dons E., 2013

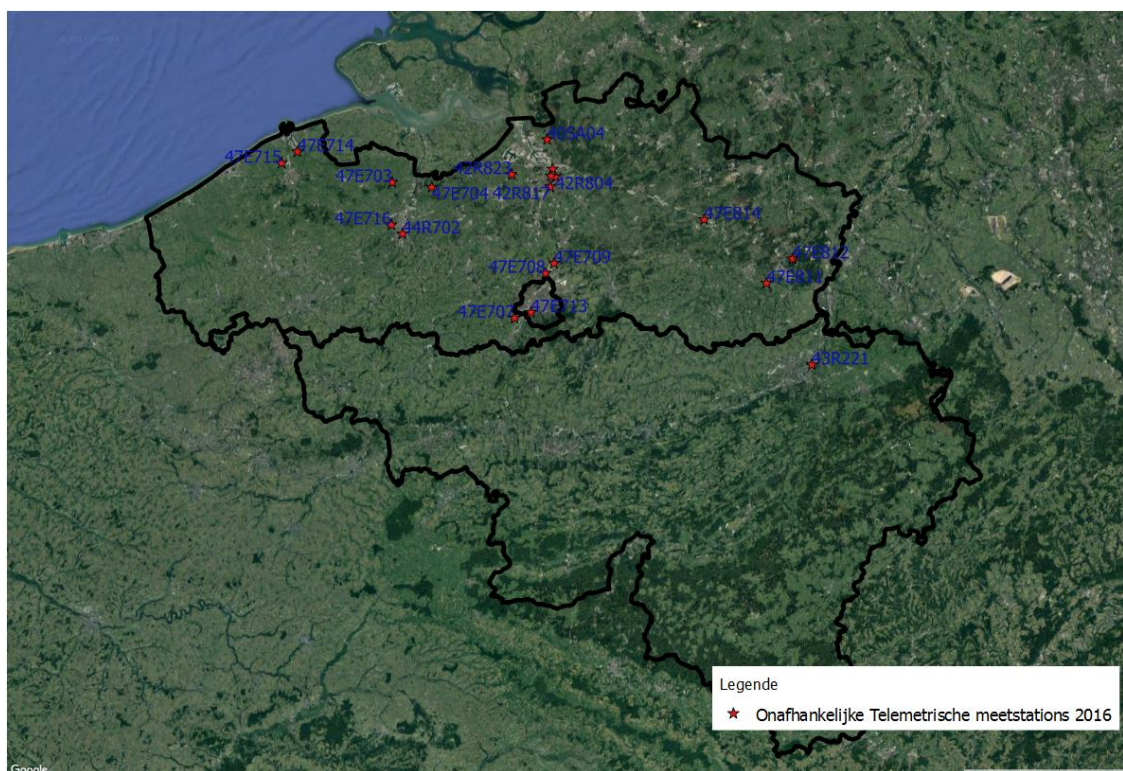
⁷ http://www.atmosys.eu/faces/doc/ATMOSYS_Deliverable_10_IFDM_Model_Validation.pdf

⁸ <http://www.ircel.be/en/documentation/publications/scientific-journals>

⁹ http://acm.eionet.europa.eu/databases/MDS/index_html

Tabel 1: Stationstype van de gebruikte onafhankelijke telemetrische meetdata voor de validatie 2016

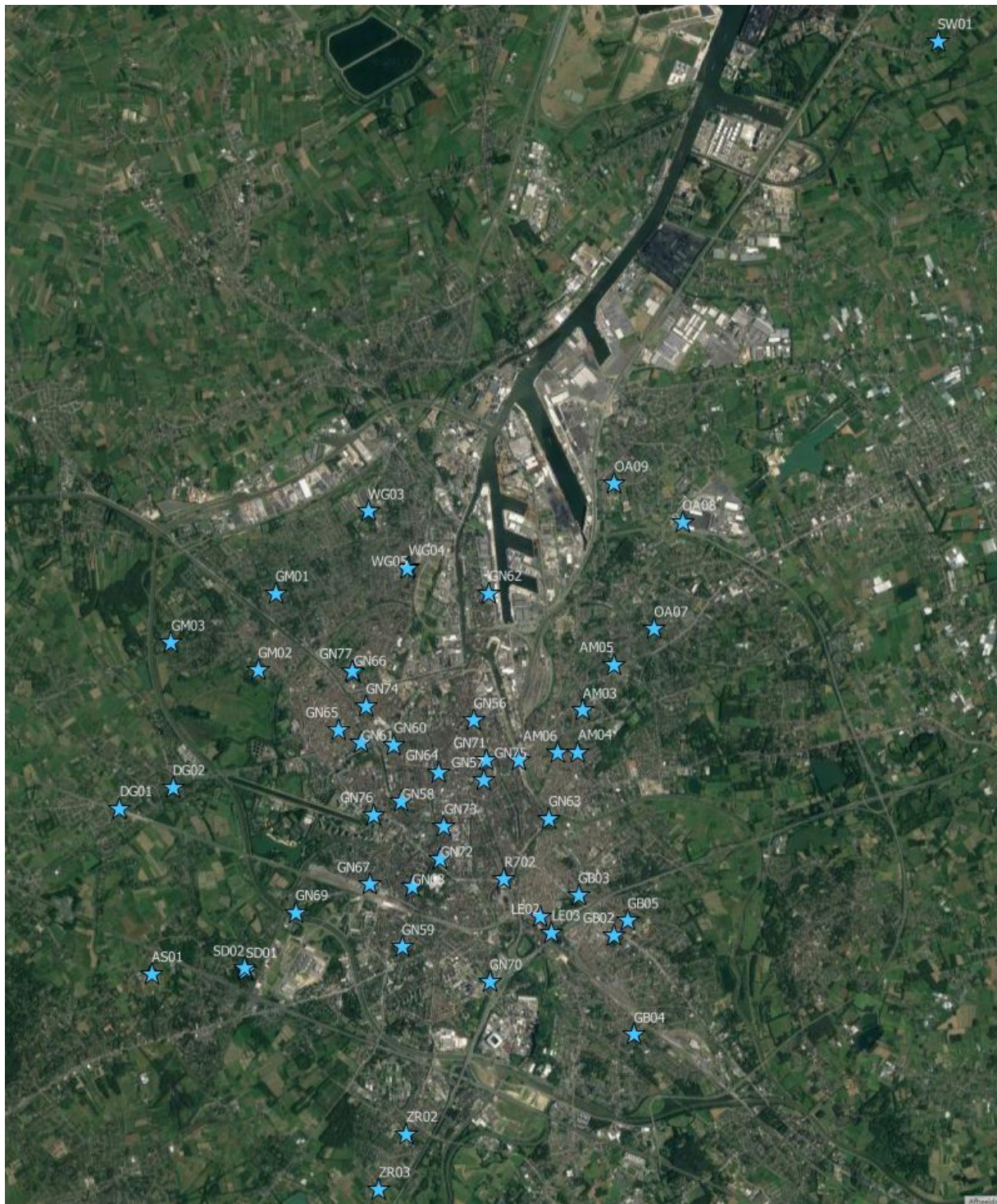
2016	stationstype
40AL01	stedelijke achtergrond
40SA04	industrie
42R803	verkeer
42R804	verkeer
42R805	verkeer (street canyon)
42R817	verkeer
42R823	industrie
43R221	stedelijke achtergrond
44R702	verkeer
47E707	industrie
47E708	industrie
47E709	industrie
47O13	industrie
47E703	industrie
47E704	industrie
47E714	industrie
47E715	industrie
47E716	industrie
47E811	industrie
47E812	industrie
47E814	industrie



Figuur 3 : Locaties van de vaste onafhankelijke telemetrische metingen voor validatie 2016

Tabel 2: Omgevingstype van de gebruikte metingen van de passieve sampler campagne van Gent voor de validatie

2016	omgevingstype	2016	omgevingstype
AM03	streetcanyon	GN67	half open straatbeeld
AM04	streetcanyon	GN68	streetcanyon
AM05	half open straatbeeld	GN69	half open straatbeeld
AM06	streetcanyon	GN70	streetcanyon
AS01	open straatbeeld	GN71	streetcanyon
DG01	open straatbeeld	GN72	streetcanyon
DG02	open straatbeeld	GN73	streetcanyon
GB02	half open straatbeeld	GN74	half open straatbeeld
GB03	streetcanyon	GN75	open straatbeeld
GB04	streetcanyon	GN76	half open straatbeeld
GB05	streetcanyon	GN77	open straatbeeld
GM01	open straatbeeld	LE02	streetcanyon
GM02	open straatbeeld	LE03	streetcanyon
GM03	half open straatbeeld	OA07	open straatbeeld
GN56	streetcanyon	OA08	half open straatbeeld
GN57	streetcanyon	OA09	half open straatbeeld
GN58	half open straatbeeld	R702	half open straatbeeld
GN59	streetcanyon	SD01	open straatbeeld
GN60	half open straatbeeld	SD02	open straatbeeld
GN61	streetcanyon	SW01	open straatbeeld
GN62	half open straatbeeld	WG03	open straatbeeld
GN63	half open straatbeeld	WG04	open straatbeeld
GN64	half open straatbeeld	WG05	open straatbeeld
GN65	streetcanyon	ZR02	half open straatbeeld
GN66	half open straatbeeld	ZR03	half open straatbeeld



Figuur 4 : locaties van passieve sampler metingen in de stad Gent (2 juni tot 17 november 2016)

2.3 Validatie

In deze studie wordt er naast de validatie aan de hand van de meetcampagnes in Gent met passieve samplers (tweewekelijkse meetgegevens) ook een validatie uitgevoerd op basis van telemetrische stations (uurlijkse meetgegevens). Deze stations worden niet gebruikt in het RIO-IFDM model en het RIO-IFDM-OSPM model en zijn dus onafhankelijke stations.

De ruimtelijke validatie is de validatie van de modelwaarden die uitgemiddeld zijn over de volledige duur van de campagne per meetstation. Deze validatie geeft weer hoe goed het model de ruimtelijke variabiliteit van de concentraties over de volledige meetperiode kan inschatten.

De temporele validatie is de validatie per station en over de periode van de meting. Voor de validatie met de passieve samplers betreft dit twee weken en voor de validatie met de telemetrische meetdata gaat dit over uurwaarden. Een zeer beknopte beschrijving van de gebruikte statistische indicatoren die afgeleid worden uit de vergelijking van de gemodelleerde versus de gemeten concentraties volgt hieronder. De formules van deze indicatoren en bijkomende informatie over de gebruikte statistieken kan o.a. gevonden worden in 'A procedure for air quality models benchmarking' (Thunis P. et al, 2010).

Voor de ruimtelijke en voor de temporele validatie wordt een orthogonale regressie toegepast tussen de gemeten en gemodelleerde waarden. Dit omdat er zowel op de meting als op het modelresultaten onzekerheden zijn. Deze orthogonale regressierechte geeft een visueel inzicht in de modelperformantie.

De gebruikte statistische indicatoren:

- Pearsons Correlatie Coëfficiënt (**R**)

Een statistiek die informatie geeft over de lineaire correlatie tussen de metingen en de modelwaarden. Hoe meer deze naar 1 gaat hoe meer de puntenkoppels (model (M)- meting (O)) positief gecorreleerd zijn of anders gezegd hoe meer zij op een rechte lijn liggen met een positieve helling met richtingscoëfficiënt 1. Indien deze statistiek nul is wil dit zeggen dat er geen correlatie is tussen meting en modelwaarde.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N (M_i - \bar{M}) \cdot (O_i - \bar{O})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (M_i - \bar{M})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2}}$$

- Root Mean Square Error ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (**RMSE**)

Een maat voor de afwijking tussen de gemodelleerde en de gemeten waarde. Hoe meer deze statistiek naar nul gaat, hoe beter het model in het algemeen presteert. Deze statistiek kan sterk beïnvloed worden door uitschieters.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (M_i - O_i)^2}$$

- Mean Bias ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (**MB**)

Deze statistiek geeft de mate van algemene over- of onderschatting van het model ten opzichte van de metingen weer.

$$MBias = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (M_i - O_i)$$

Samenvattend kan gesteld worden dat hoe meer de orthogonale regressierechte samenvalt met de bissectrice in de grafiek met als Y-as de gemodelleerde concentraties en als X-as de gemeten concentraties, hoe performanter het model. Een model presteert beter naarmate R meer naar 1 gaat en naarmate de MB en de RMSE meer naar nul gaan.

3 Validatie op basis van passieve sampler meetdata van de stad Gent

3.1 Meetcampagne stad Gent

In opdracht van de stad Gent en in samenwerking met de VMM werd een NO₂-meetcampagne uitgevoerd op vijftig plaatsen in Gent tussen juni en november 2016. Op 50 locaties verspreid over de stad Gent werden metingen met passieve samplers (type IVL) uitgevoerd. De locaties werden opgedeeld in drie locatietypes: open straatbeeld, halfopen straatbeeld en streetcanyons. De passieve samplers werden om de twee weken vervangen en de meetdata betreft dus NO₂-concentraties uitgemiddeld over een periode van 14 dagen.

3.1.1 Ruimtelijke validatie

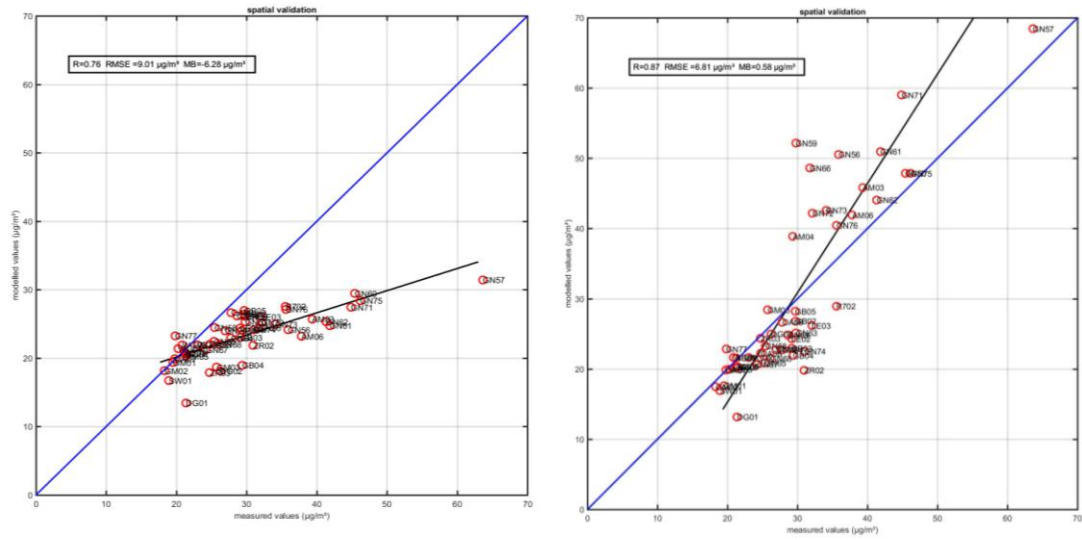
De ruimtelijke validatie van de RIO-IFDM modelresultaten wordt gekenmerkt door een R van 0.76, een RMSE van 9.01 µg/m³ en een MB van -6.28 µg/m³. Deze laatste statistiek geeft weer dat voor deze meetcampagne de RIO-IFDM modelwaarden gemiddeld genomen de NO₂-concentraties onderschatten. Voor wat betreft de RIO-IFDM-OSPM modelwaarden zien we dat er een verbetering is: R van 0.87, een RMSE van 6,81 µg/m³ en een MB van 0.85 µg/m³.

Bij opsplitsing van de ruimtelijke validatie per type meetplaats (open, half open en street canyon) is er telkens een verbetering van de spatiale statistieken bij overgang van RIO-IFDM modelresultaten naar RIO-IFDM-OSPM modelresultaten. De meest performante RIO-IFDM-OSPM ruimtelijke validatie is deze voor de locaties met een open en half open straatbeeld (zie

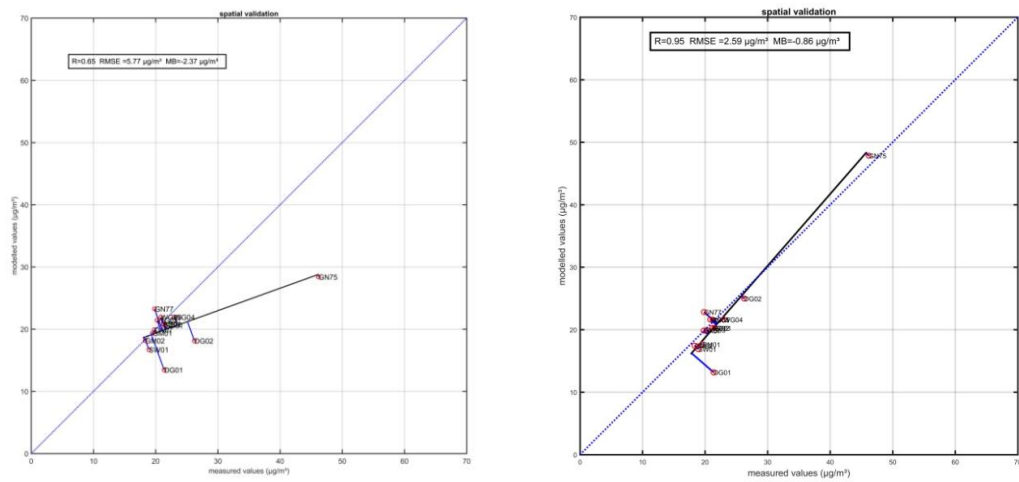
Figuur 6: Ruimtelijke validatie van de open straat locaties RIO-IFDM (links) RIO-IFDM-OSPM (rechts) meetcampagne stad Gent

Tabel 3: Overzicht ruimtelijke statistieken RIO-IFDM en RIO-IFDM-OSPM per omgevingstype

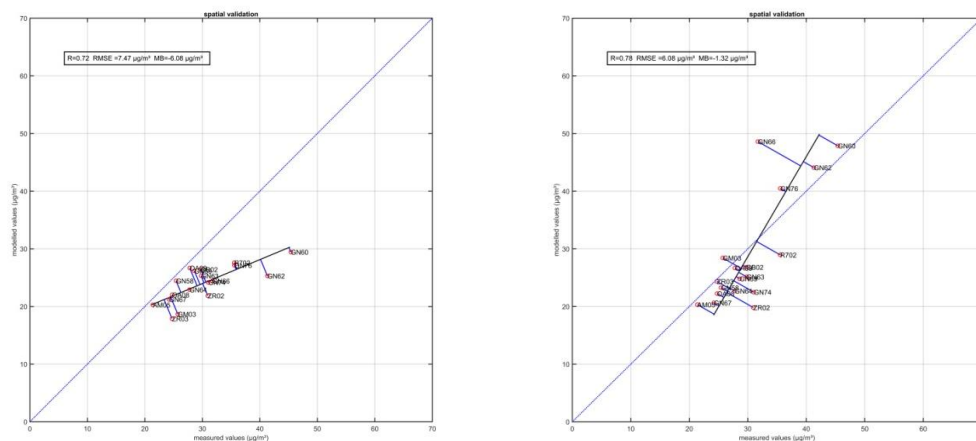
Ruimtelijke validatie	R	RMSE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MB ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
RIO-IFDM	0.76	9.01	-6.28
RIO-IFDM-OSPM	0.87	6.81	0.85
open straatbeeld	R	RMSE ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MB ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
RIO-IFDM	0.65	5.77	-2.37
RIO-IFDM-OSPM	0.95	2.59	-0.86
half open straatbeeld			
RIO-IFDM	0.72	7.47	-6.08
RIO-IFDM-OSPM	0.78	6.08	1.32
street canyon			
RIO-IFDM	0.73	11.98	-9.53
RIO-IFDM-OSPM	0.83	9.31	3.61



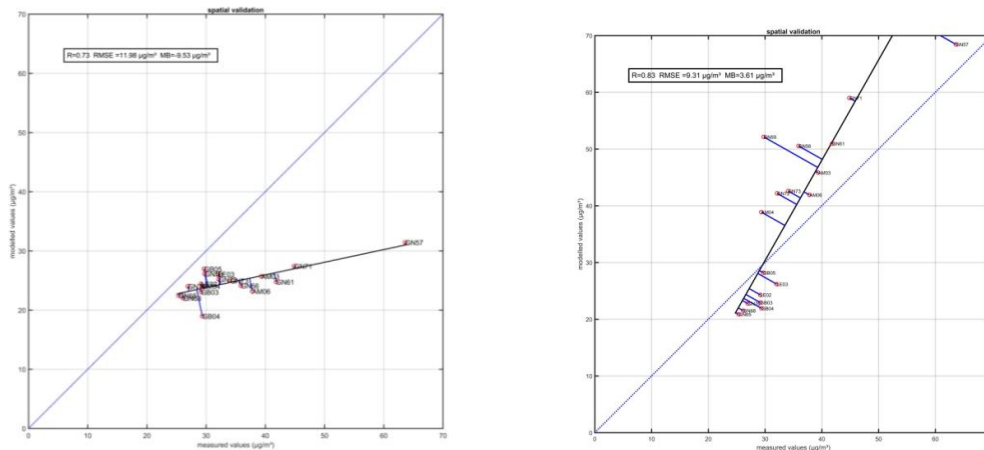
Figuur 5: Validatie RIO-IFDM NO₂ concentraties (links) RIO-IFDM-OSPM NO₂ concentraties (rechts) meetcampagne stad Gent



Figuur 6: Ruimtelijke validatie van de open straat locaties RIO-IFDM (links) RIO-IFDM-OSPM (rechts) meetcampagne stad Gent



Figuur 7: Ruimtelijke validatie van de half open straat locaties RIO-IFDM (links) RIO-IFDM-OSPM (rechts) meetcampagne stad Gent

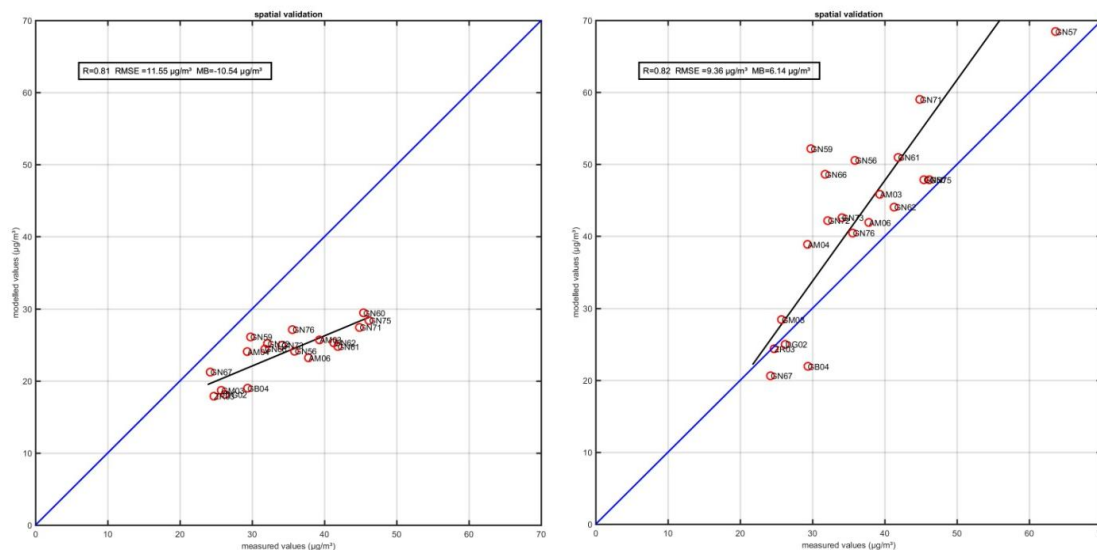


Figuur 8: Ruimtelijke validatie van de straat canyon locaties RIO-IFDM (links) RIO-IFDM-OSPM (rechts) meetcampagne stad Gent

In de modelketen RIO-IFDM-OSPM wordt er een selectie gemaakt van gebieden waar er straat canyon effecten (dus OSPM modelresultaten) moeten meegenomen worden. Een belangrijke parameter is de beschikbaarheid van het wegennetwerk. In onderstaande tabel is voor de locaties in de rechterkolommen het verkeersnetwerk niet beschikbaar. In tegenstelling tot het feit dat het wel straat canyon locaties zijn, zijn er geen RIO-IFDM-OSPM modelresultaten beschikbaar. Het is daarom interessant om een validatie uit te voeren van enkel die locaties waarvoor RIO-IFDM-OSPM resultaten beschikbaar zijn. Uit de ruimtelijke validatie van enkel deze locaties blijkt dat het RIO-IFDM-OSPM model een goede R heeft en dat de RIO-IFDM-OSPM modelresultaten voor deze locaties gemiddeld $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ overschatten. Er kan vastgesteld worden dat de ruimtelijke statistieken voor de RIO-IFDM modelresultaten minder goed zijn: hier wordt een algemene en gevoelige onderschatting van $-10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vastgesteld.

Tabel 4: Locaties meetcampagne gent waar RIO-IFDM-OSPM resultaten voor beschikbaar zijn (links) en locaties waarvoor deze niet beschikbaar zijn (rechts).

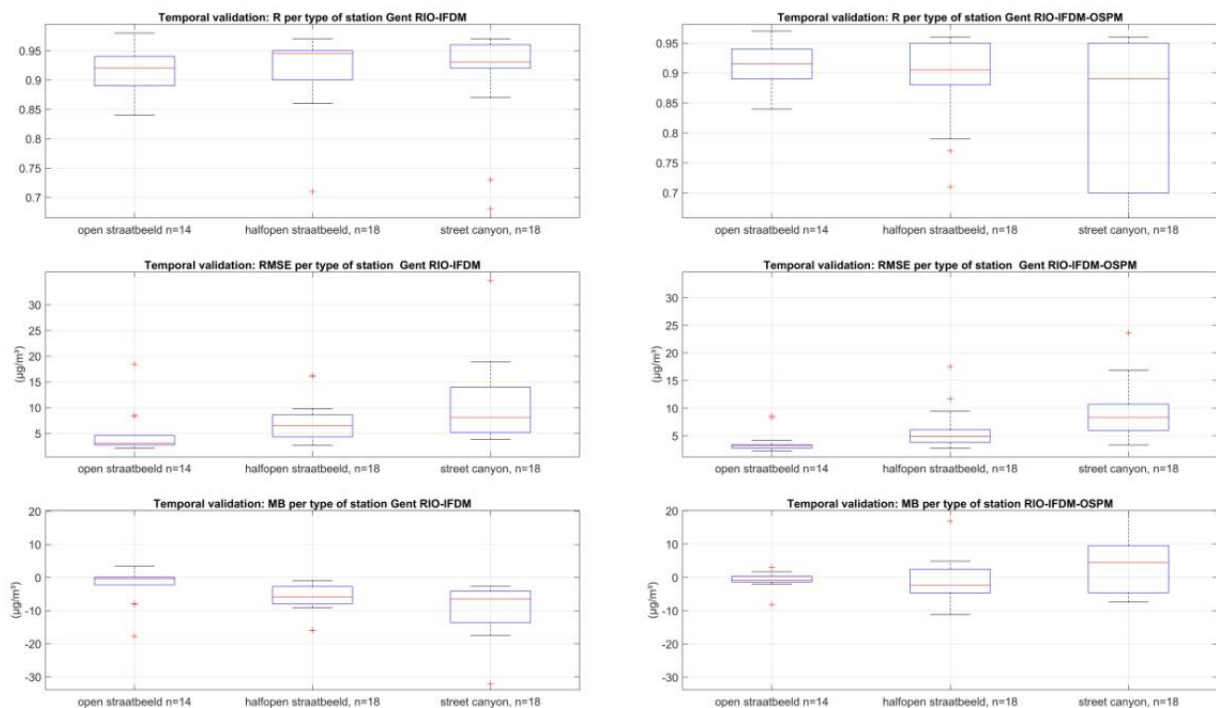
locatie	streetcanyon effect ingerekend	locatie	geen streetcanyon effect ingerekend
AM03	streetcanyon	AM05	half open straatbeeld
AM04	streetcanyon	AS01	open straatbeeld
AM06	streetcanyon	DG01	open straatbeeld
DG02	open straatbeeld	GB02	half open straatbeeld
GB04	streetcanyon	GB03	streetcanyon
GM03	half open straatbeeld	GB05	streetcanyon
GN56	streetcanyon	GM01	open straatbeeld
GN57	streetcanyon	GM02	open straatbeeld
GN59	streetcanyon	GN58	half open straatbeeld
GN60	half open straatbeeld	GN65	streetcanyon
GN61	streetcanyon	GN68	streetcanyon
GN62	half open straatbeeld	GN70	streetcanyon
GN66	half open straatbeeld	LE02	streetcanyon
GN67	half open straatbeeld	LE03	streetcanyon
GN71	streetcanyon	SD01	open straatbeeld
GN72	streetcanyon	SW01	open straatbeeld
GN73	streetcanyon	WG03	open straatbeeld
GN75	open straatbeeld	WG04	open straatbeeld
GN76	half open straatbeeld		
ZR03	half open straatbeeld		



Figuur 9: Ruimtelijke validatie van RIO-IFDM (links) en RIO-IFDM-OSPM modelresultaten voor de locaties waar street canyon effecten in rekening zijn gebracht (rechts), meetcampagne stad Gent

3.1.2 Temporele validatie

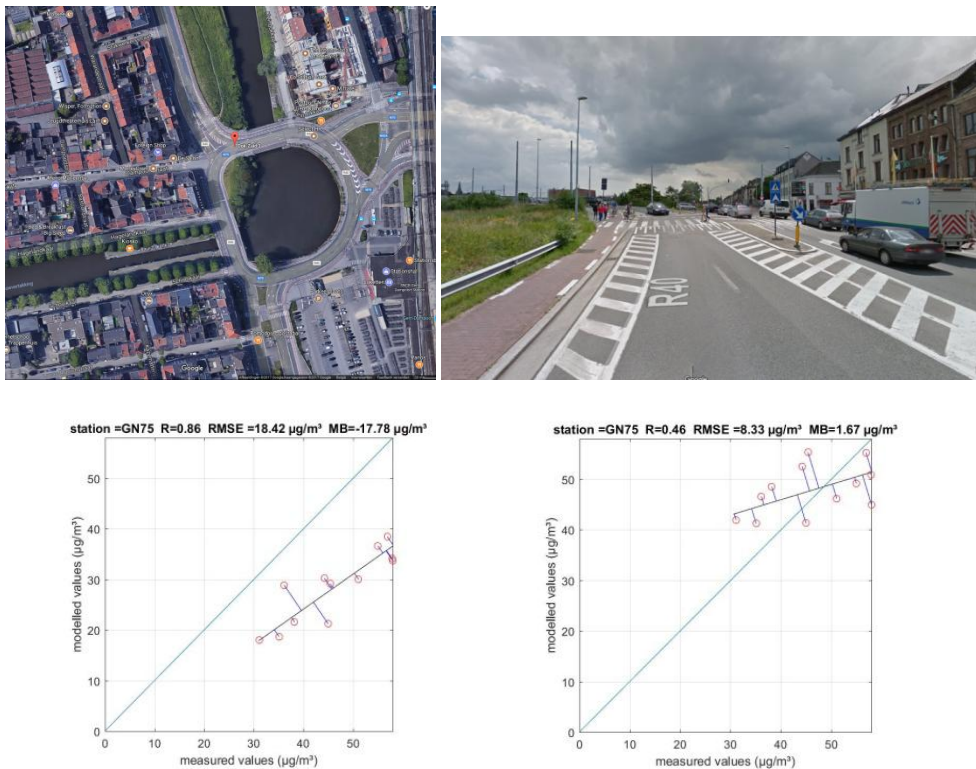
Gezien de validatie met tweewekelijkse passieve sampler metingen gebeurt, zegt de temporele validatie enkel iets over de performantie van de uitgemiddelde RIO-IFDM en RIO-IFDM-OSPM modelresultaten over deze periode per meetplaats. Er zijn 50 meetplaatsen waarvan alle statistieken per type meetlocatie in een boxplot worden gegoten. Een boxplot met data van alle stations geeft de minimum waarde, het 25e percentiel, de mediaan, het 75e percentiel en de maximum waarde weer. Voor wat betreft de weergave van de tweewekelijkse RIO-IFDM modelwaarden kan vastgesteld worden dat de mediaan van de correlatiecoëfficiënt zich situeert tussen 0.9 en 0.95. De mediaan van de correlatiecoëfficiënten van RIO-IFDM-OSPM liggen iets lager, maar blijven sterk. Voor wat betreft de mediaan van de RMSE zijn deze voor beide modellen vergelijkbaar (tussen 3 en 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Voor de half open straatbeeldlocaties is er verbetering door het RIO-IFDM-OSPM model. Ook voor de open straatlocaties, die reeds performante RIO-IFDM modelresultaten hebben, is er een verbetering vast te stellen. Voor wat betreft de mediaan van de MB (algemene onder- of overschatting van het model) zien we voor het half open straatbeeld een verbetering voor de RIO-IFDM-OSPM modelwaarden. Voor de mediaan van de MB van de streetcanyons gaat het van een onderschatting van RIO-IFDM modelwaarden (mediaan $-6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) naar een quasi even hoge (absolute) overschatting (mediaan $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) door RIO-IFDM-OSPM modelwaarden. De overschatting van de NO₂ concentraties door de RIO-IFDM-OSPM modelketen in street canyons zoals vastgesteld in deze validatieoefening, werden niet vastgesteld in vorige studies (Evaluation of the RIO-IFDM-street canyon model chain (VITO) en Referentietaken 2016 Luchtkwaliteitsmodellering, hoofdstuk 2.2: Validatie RIO-IFDM-OSPM Atmosystedencampagne 2011-2012). Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat de verkeersemisies op een andere manier werden ingeschat.



Figuur 10: Temporele validatie R, RMSE en MB van RIO-IFDM (links) RIO-IFDM-OSPM (rechts) per locatietype van meetcampagne stad Gent

3.1.2.1 Performante RIO-IFDM-OSPM modelresultaten

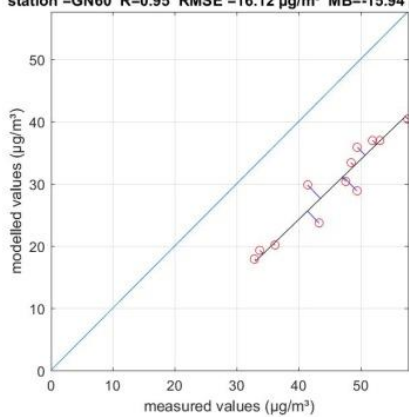
Op figuur 9 (rechts) kan vastgesteld worden dat voor de meetlocaties GN75, GN60, GN62 en GN57 de RIO-IFDM-OSPM modelresultaten vrij dicht bij de bissectrice (rechte waar het modelresultaat gelijk is aan de meting) liggen en dus performant zijn. Om een beter inzicht in de resultaten te krijgen worden hieronder de figuren van de temporele validatie en afbeeldingen van de locaties weergegeven (RIO-IFDM en RIO-IFDM-OSPM). Het betreft locaties die geclassificeerd zijn als open straatbeeld (GN75), half open straatbeeld (GN60 en GN60) en streetcanyon (GN57).



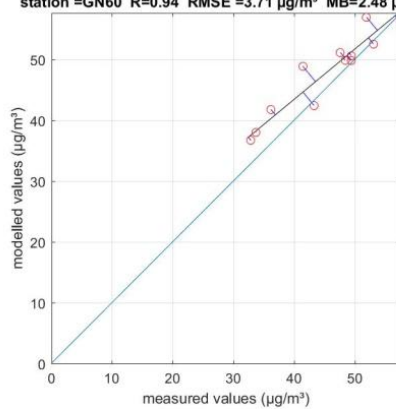
Figuur 11: Afbeelding van de meetlocatie GN75 (open straatbeeld) en de temporele validatie van de RIO-IFDM (links) en RIO-IFDM-OSPM (rechts) NO₂-concentraties



station =GN60 R=0.95 RMSE =16.12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-15.94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

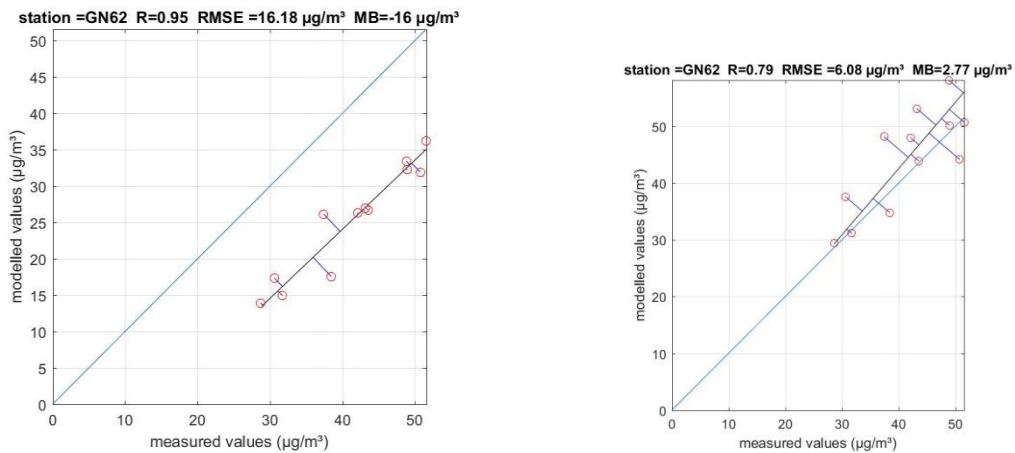


station =GN60 R=0.94 RMSE =3.71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=2.48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Figuur 12: Afbeelding van de meetlocatie GN60 (half open straatbeeld) en de temporele validatie RIO-IFDM (links) en RIO-IFDM-OSPM (rechts) NO_2 -concentraties

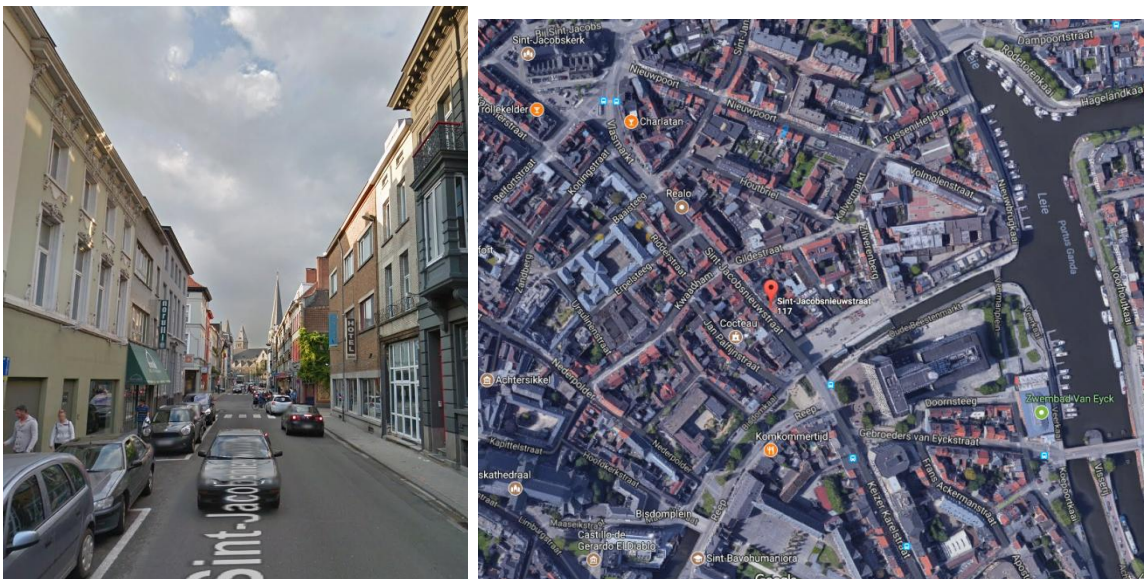


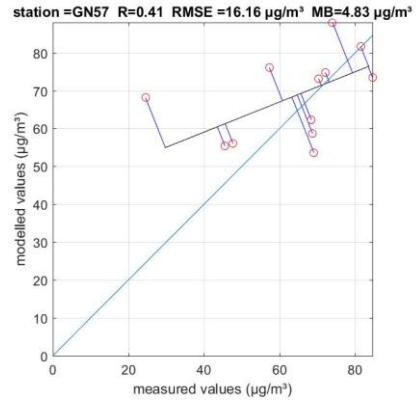
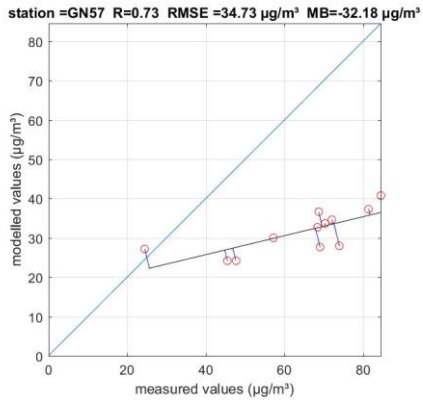


Figuur 13: Afbeelding van de meetlocatie GN62 (half open straatbeeld) en de temporele validatie RIO-IFDM (links) en RIO-IFDM-OSPM (rechts) NO₂-concentraties

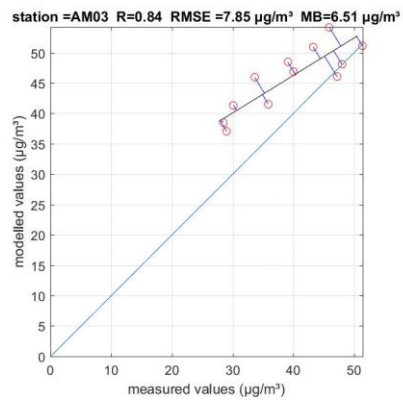
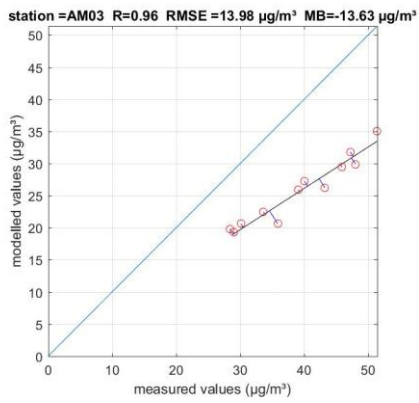
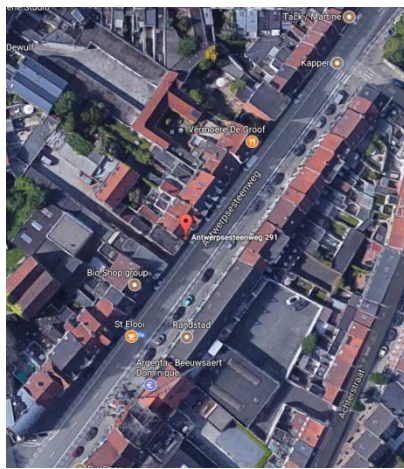
3.1.2.2 Licht overschatten RIO-IFDM-OSPM modelresultaten

Voor de meetplaatsen GN57, AMO3, AM06, GN61 ('street canyons') en GN76 (half open straatbeeld) vindt er een verbetering plaats bij overgang van de RIO-IFDM modelresultaten naar de RIO-IFDM-OSPM modelresultaten, maar is er een algemene beperkte overschatting tussen de 4 en 9 µg/m³. e grootste verbetering bij koppeling van OSPM aan het RIO-IFDM model vindt plaats voor de meetplaats GN57.

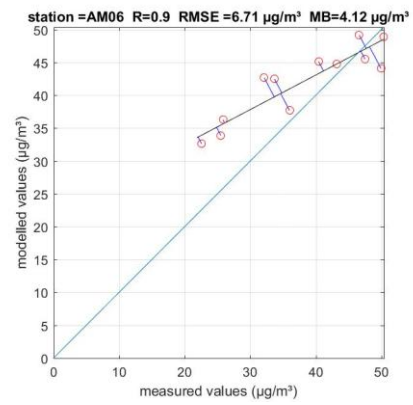
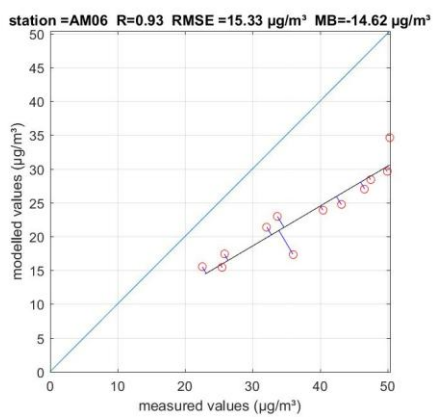
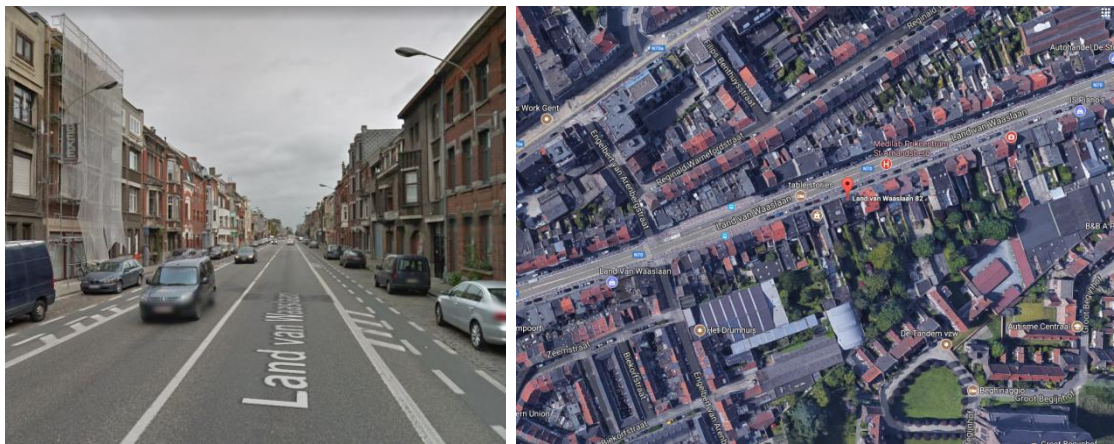




Figuur 14: Afbeelding van de meetlocatie GN57 (street canyon) en de temporele validatie RIO-IFDM (links) en RIO-IFDM-OSPM (rechts) van de NO_2 -concentraties

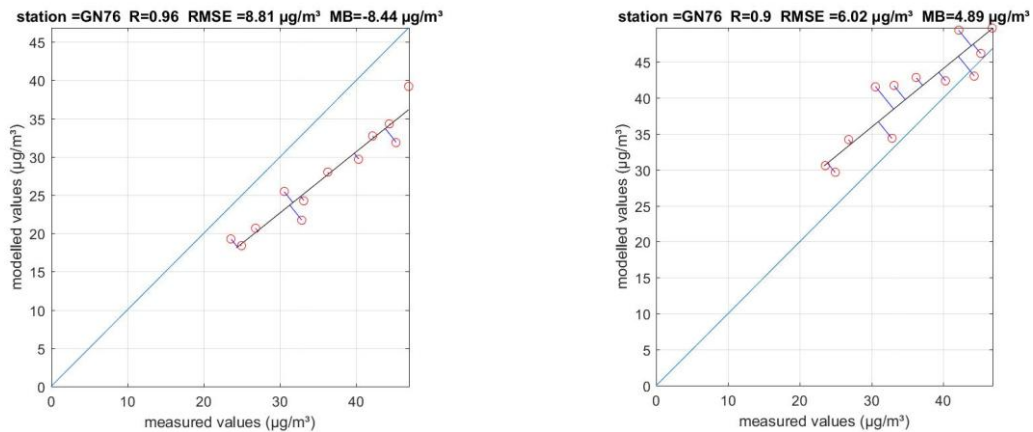


Figuur 15: Afbeelding van de meetlocatie AM03 (street canyon) en de temporele validatie RIO-IFDM (links) en RIO-IFDM-OSPM (rechts) van de NO₂-concentraties

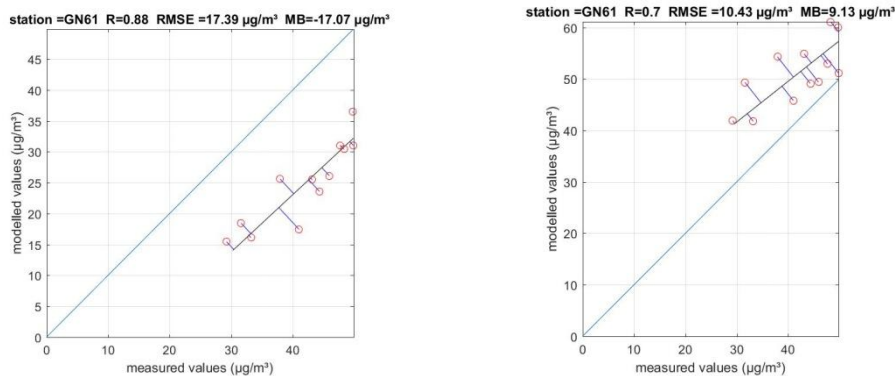
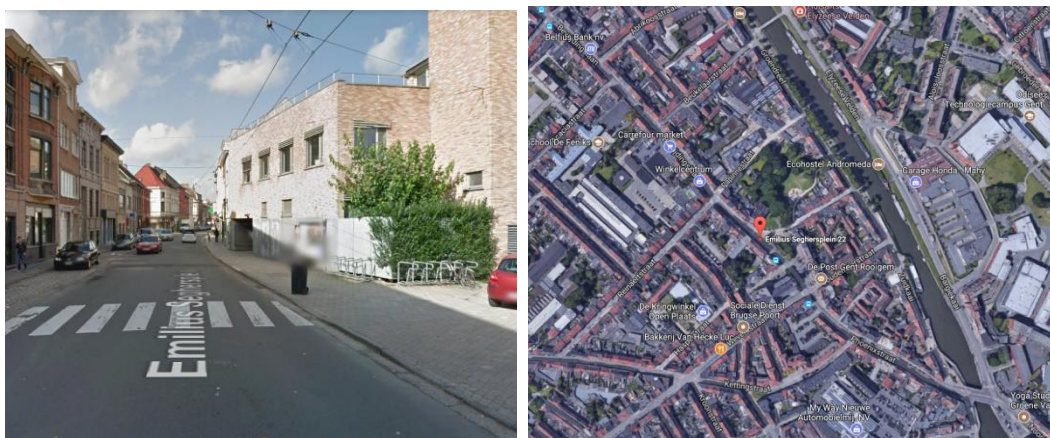


Figuur 16: Afbeelding van de meetlocatie AM06 (street canyon) en de temporele validatie RIO-IFDM (links) en RIO-IFDM-OSPM (rechts) van de NO₂-concentraties





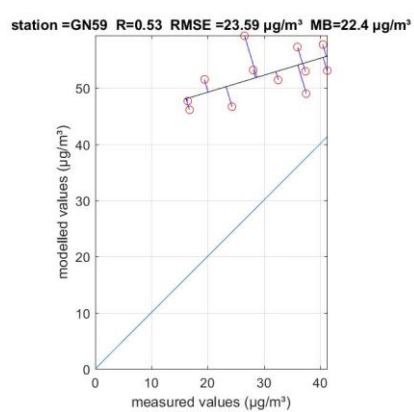
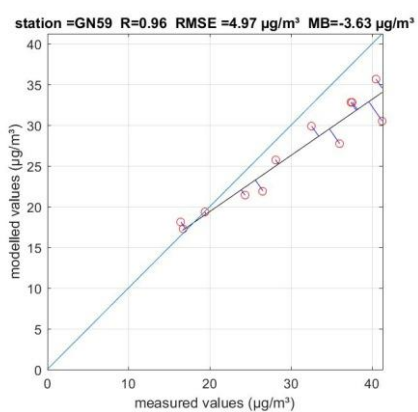
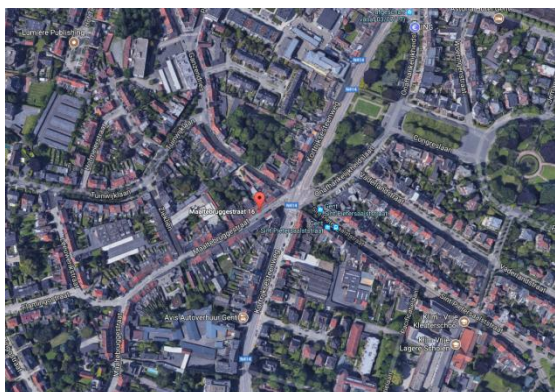
Figuur 17: Afbeelding van de meetlocatie GN76 (half open straatbeeld) en de temporele validatie RIO-IFDM (links) en RIO-IFDM-OSPM (rechts) van de NO₂-concentraties



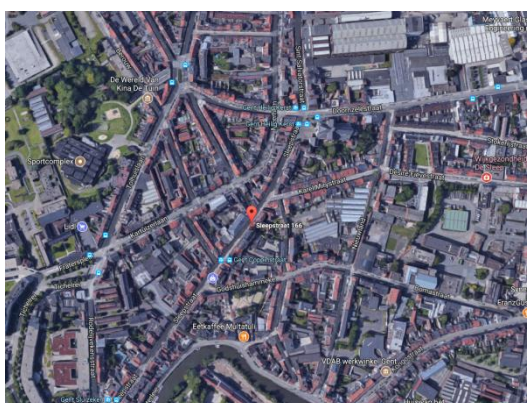
Figuur 18: Afbeelding van de meetlocatie GN61 (street canyon) en de temporele validatie RIO-IFDM (links) en RIO-IFDM-OSPM (rechts) van de NO₂-concentraties

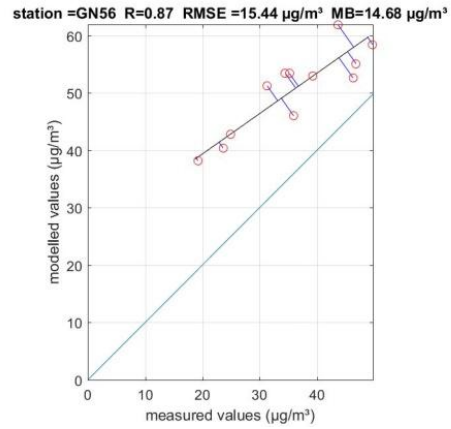
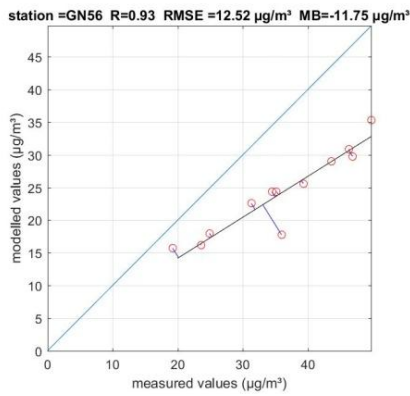
3.1.2.3 Sterk overschatte RIO-IFDM-OSPM modelresultaten

RIO-IFDM-OSPM overschat de metingen gevoelig op o.a. de meetplaatsen GN59, GN56 en GN66. De overschatting voor deze meetplaatsen ligt tussen de 14 µg/m³ en 22 µg/m³. Voor deze meetplaatsen zijn de RIO-IFDM modelresultaten beter en de onderschatting voor GN56 en GN66 is kleiner dan de overschatting door RIO-IFDM-OSPM. Een reden voor deze forse overschattingen is op dit moment nog niet duidelijk.

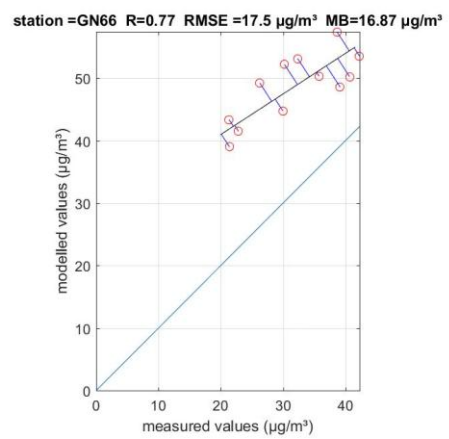
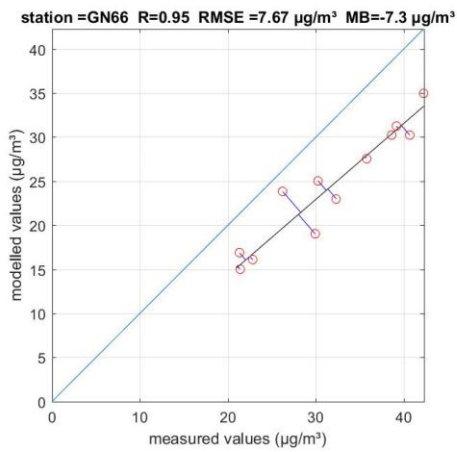


Figuur 19: Afbeelding van de meetlocatie GN59 (street canyon) en de temporele validatie RIO-IFDM (links) en RIO-IFDM-OSPM (rechts) van de NO_2 -concentraties





Figuur 20: Afbeelding van de meetlocatie GN56 (street canyon) en de temporele validatie RIO-IFDM (links) en RIO-IFDM-OSPM (rechts) van de NO_2



Figuur 21: Afbeelding van de meetlocatie GN66 (half open straatbeeld) en de temporele validatie RIO-IFDM (links) en RIO-IFDM-OSPM (rechts) van de NO_2 -concentraties

3.1.3 Conclusie validatie meetcampagne Gent

De statistieken in overweging nemende kan algemeen gesteld worden dat het RIO-IFDM model goed presteert en dat het RIO-IFDM-OSPM model beter presteert. **Gemiddeld genomen**, over de 50 meetplaatsen en over de beschouwde meetperiode (2 juni tot 17 november 2016) worden de **NO₂ concentraties door RIO-IFDM met 6 µg/m³ onderschat en door RIO-IFDM-OSPM met 0.58 µg/m³ overschat.**

De **RIO-IFDM** modelresultaten zijn **erg performant** voor de zogenaamde **open straat locaties**. De **RIO-IFDM-OSPM** modelresultaten zijn **erg performant** voor wat betreft **open en de half open meetlocaties**. Voor wat betreft de **street canyons** gaat men voor de **gemiddelde NO₂ concentraties** (over alle meetplaatsen en over de beschouwde meetperiode) van een **onderschatting van 9 µg/m³ (RIO-IFDM)** naar een **overschatting van 3 µg/m³ (RIO-IFDM-OSPM)**.

Voor bepaalde street canyon locaties zijn de nodige inputgegevens (bv. wegennetwerk) niet beschikbaar om RIO-IFDM-OSPM modelresultaten te genereren. Voor deze locaties worden de RIO-IFDM modelresultaten aangeleverd. Indien enkel de locaties in overweging worden genomen waarvoor RIO-IFDM-OSPM modelresultaten beschikbaar zijn, gaat men voor de **gemiddelde NO₂ concentraties** van deze locaties (over alle meetplaatsen en over de beschouwde meetperiode) van een **onderschatting van -10 µg/m³ (RIO-IFDM)** naar een **overschatting van 6 µg/m³ (RIO-IFDM-OSPM)**.

Uit de temporele validatie (**per station en per 14-daagse meting**) blijkt dat voor de **street canyon locaties** er een trend is van een algemene gemiddelde **onderschatting van -5 µg/m³ (RIO-IFDM)** naar een algemene gemiddelde **overschatting van 6 µg/m³ (RIO-IFDM-OSPM)** voor deze stations.

Deze statistieken betreffen een **halfjaarlijkse meetcampagne van één stad** en geven bijgevolg de **eerste indicaties** van de **RIO-IFDM-OSPM modelperformantie** aan. In de toekomst dient dit model verder gevalideerd te worden met toekomstige beschikbare meetdata.

4 Validatie op basis van onafhankelijke telemetrische stations

4.1 Telemetrische meetdata 2016

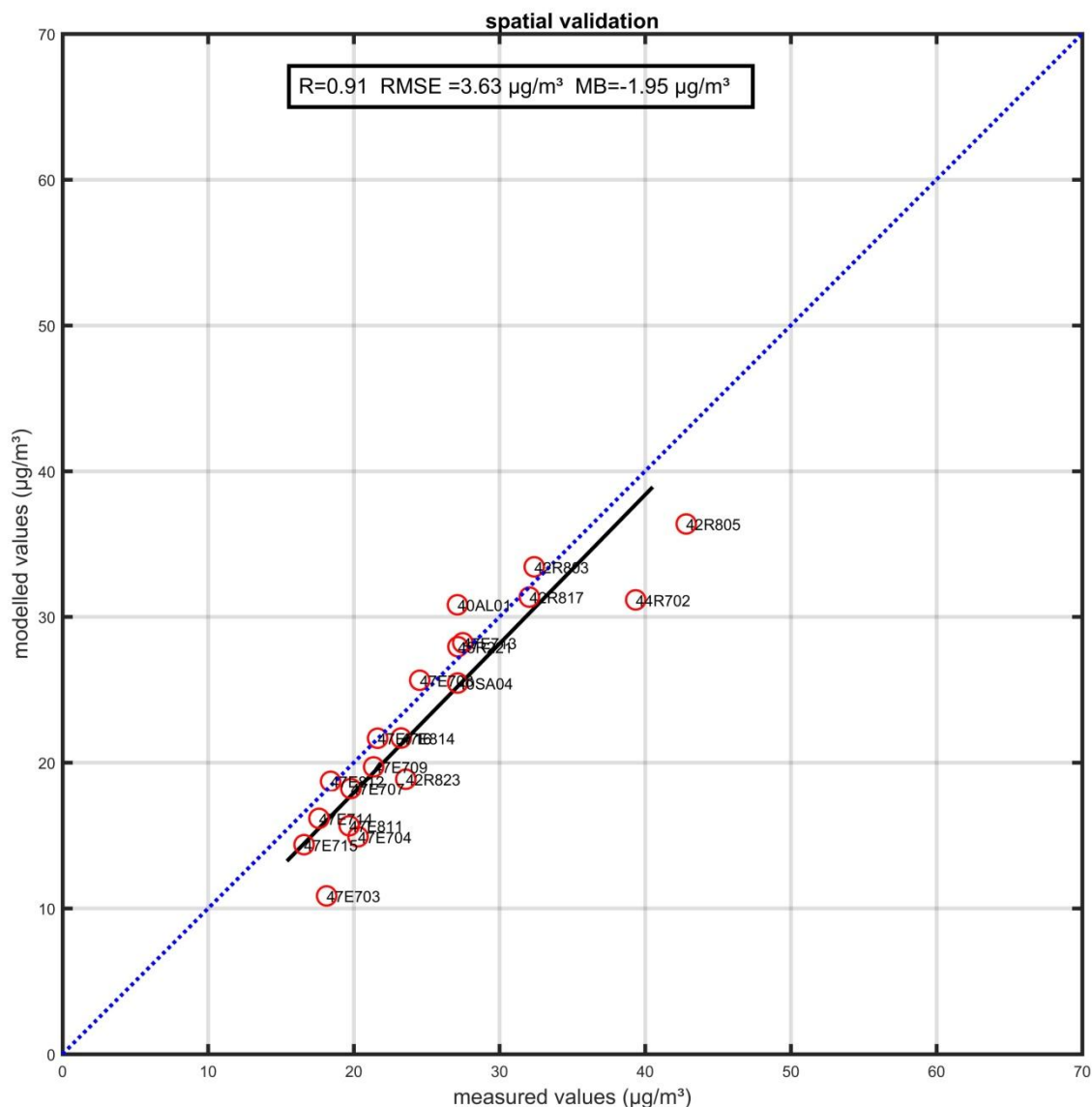
Zoals reeds aangegeven zijn onafhankelijke meetstations stations die niet in de modelketen gebruikt worden. Voor de modelketen RIO-IFDM en RIO-IFDM-OSPM betreft dit stations die niet in RIO gebruikt worden. De onafhankelijke telemetrische meetstations, die uurlijkse gegevens aanleveren, en die gebruikt zijn voor de validatie van de RIO-IFDM modelresultaten 2016 worden hieronder opgeijst. De locaties van de meetstations zijn terug te vinden in Figuur 3.

Tabel 5: Classificatie van de onafhankelijke telemetrische NO₂ stations tov RIO versie 4.0 voor het jaar 2016

2016	Type station	classificatie van het omringende gebied
40AL01	achtergrond	voorstedelijk
40SA04	industrie	voorstedelijk
42R803	achtergrond	stedelijk
42R804	verkeer	stedelijk
42R805	verkeer	stedelijk
42R817	achtergrond	stedelijk
42R823	achtergrond	voorstedelijk
43R221	achtergrond	stedelijk
44R702	verkeer	stedelijk
47E707	Industrie	landelijk
47E708	industrie	voorstedelijk
47E709	industrie	landelijk
47 ^E 013	achtergrond	stedelijk
47E703	industrie	landelijk
47E704	industrie	landelijk
47E714	industrie	landelijk
47E715	industrie	landelijk
47E716	industrie	voorstedelijk
47E811	industrie	landelijk
47E812	industrie	voorstedelijk
47E814	industrie	landelijk

Het aantal onafhankelijke telemetrische stations is toegenomen in vergelijking met de voorgaande validatieoefening (2014). Er dient opgemerkt dat voor het station 42R804 de beschikbare data beperkt is (15 %) voor het jaar 2016. Vermits dit station erg interessant gelegen is (zie Figuur 24 en 30).

4.1.1 Ruimtelijke validatie 2016



Figuur 22: ruimtelijke validatie RIO-IFDM NO₂ (onafhankelijke telemetrische stations 2016)

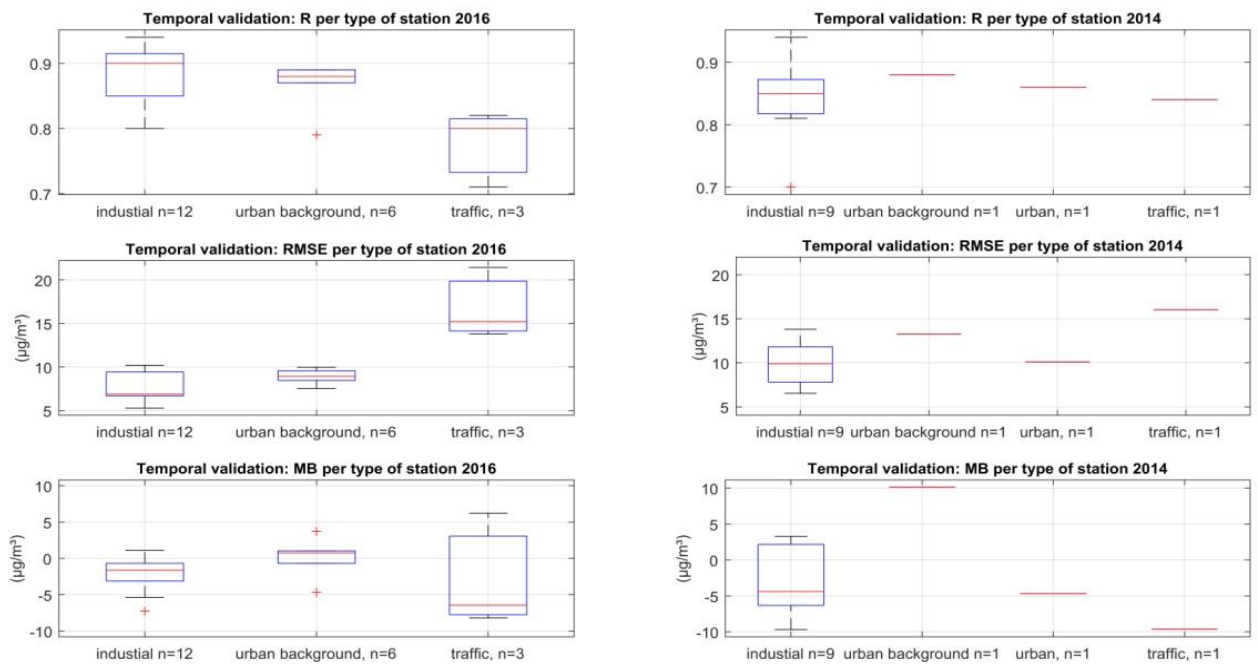
De ruimtelijk validatie wordt gekenmerkt door een R van 0.91, een RMSE van $3.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en een MB van $-1.95 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Deze statistieken zijn vergelijkbaar met deze van de validatie van 2014 (zie annex I). Dit zijn erg performante validatiestatistieken. Het station 42R804 is niet meegenomen bij deze ruimtelijke validatie aangezien deze validatie over jaargemiddelden gaat en er voor dit station te weinig data beschikbaar is voor 2016.

Het stations 44R702 betreft een open straatbeeldlocatie (waarvoor ook al in 2014 gegevens beschikbaar waren), dit is een locatie waarvoor het RIO-IFDM model bedoeld is. Als we de gemodelleerde jaargemiddelden 2014 (zie annex I) en 2016 met RIO-IFDM gaan vergelijken, dan merken we een onderschatting voor 2016. Hierbij dient genoteerd dat in een luchtkwaliteitsmodel zowel de meteorologische gegevens als emissies belangrijke inputparameters zijn. Voor de

meteorologische gegevens spreekt het voor zich dat deze verschillend zijn. Er werd voor de RIO-IFDM modellering van 2016 een nieuw model voor de verkeersemisies gehanteerd (FASTRACE 1.0.1).

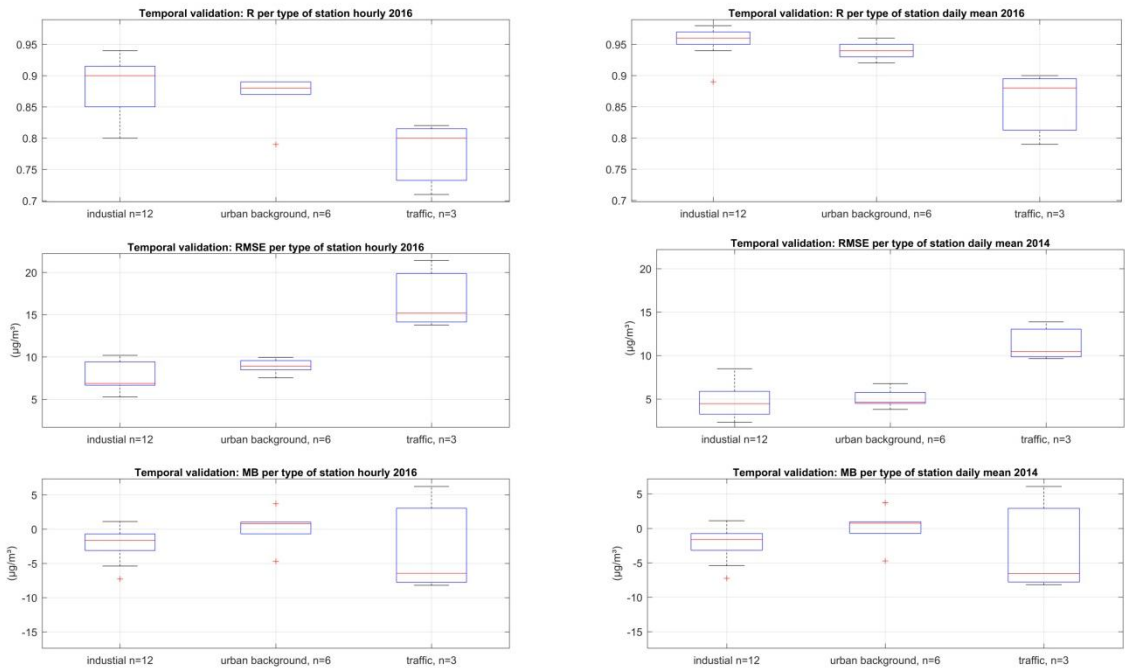
4.1.2 Temporele validatie 2016

Onderstaande figuur geeft een overzicht van de spreiding van de verschillende temporele validatiestatistieken a.d.h.v. een boxplot van de telemetrische stations. Verder in dit hoofdstuk wordt er in detail ingegaan op de temporele validatie van een aantal stations. Voor alle meetplaatsen worden de statistieken per typelocatie in een boxplot worden gegoten. Een boxplot met data van de stations geeft de minimum waarde, het 25e percentiel, de mediaan, het 75e percentiel en de maximum waarde weer. De mediaan van de temporele correlatiecoëfficiënt is voor alle beschouwde telemetrische meetstations boven 0.8. De RMSE is het hoogste voor het verkeersstation. De mean bias, die kan geïnterpreteerd worden als een algemene overschatting, is het hoogste voor wat betreft het de verkeersstations. In vergelijking met de validatie voor het jaar 2014 (opgelet: het aantal stations per type verschilt) zijn deze temporele statistieken minstens zo performant, de mediaan van de MB en de RMSE liggen lager.



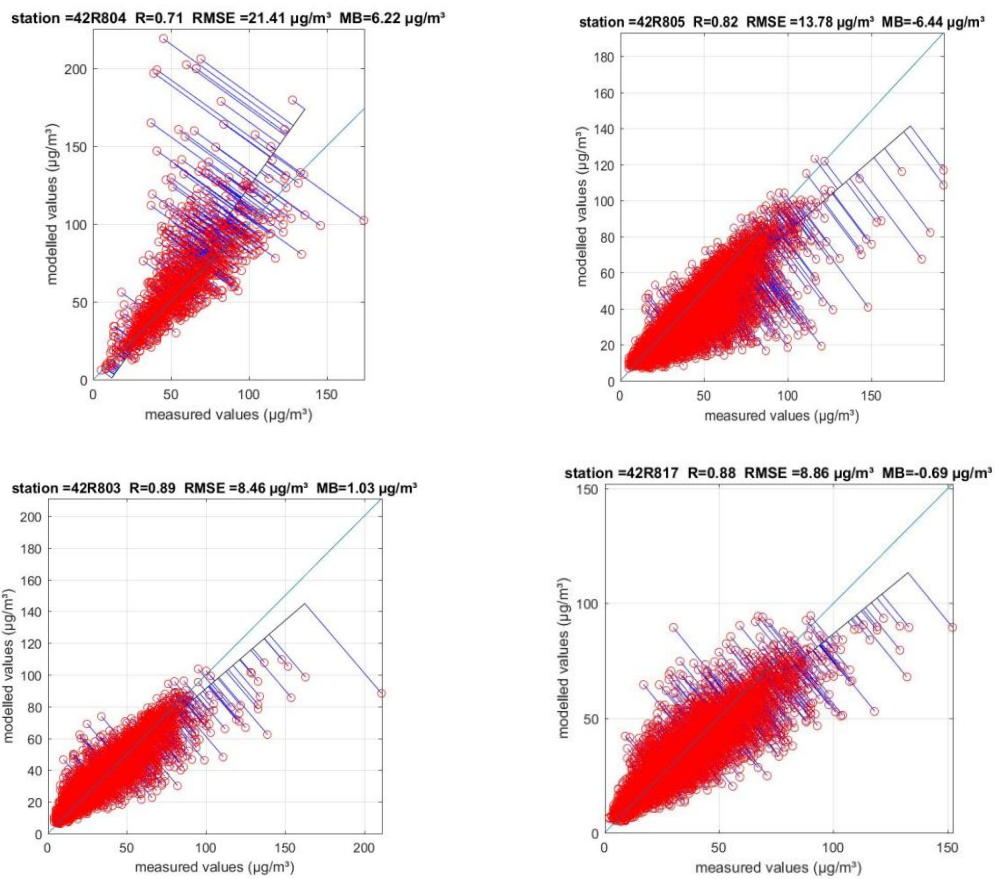
Figuur 23: temporele statistieken (R, RMSE, MB) RIO-IFDM NO₂ (n=het aantal telemetrische stations) voor 2016 en 2014

Op Figuur 24 zien we een gevoelige verbetering zowel voor de temporele R en RMSE bij uitmiddeling van de uurwaarden naar dagwaarden van 2016 RIO-IFDM modelwaarden. De performantie van de uurwaarden dient in die zin nog verder bestudeerd te worden.



Figuur 24: temporele statistieken (R, RMSE, MB) RIO-IFDM NO₂ (n=het aantal telemetrische stations) voor uurwaarden (links) en uitgemiddeld tot dagwaarden (rechts) 2016

Op Figuur 255 zien we dat de temporele statistieken voor de twee stedelijke achtergrondstations (42R803 en 42R817) performanter zijn dan voor de verkeerslocaties. Het station 42R804 lijkt het enige station te zijn waar een aantal hoge waarden gemodelleerd worden bij lagere metingen. dit station heeft echter een beperkte databeschikbaarheid. In de tijdsreeksen voor januari en november voor 42R805 (Figuur 30) valt op dat de pieken gemodelleerd worden, maar gepaard kunnen gaan met een onderschatting. Het station 42R804 heeft nog weinig data. Op de figuur 31 kan men een indicatie (wegens beschikbaarheid van 15 % van de meetdata) zien dat de pieken vrij goed gemodelleerd worden, met voor sommige uren soms een (grote) overschatting.



Figuur 25: Temporele validatie van de stations 42R804 (verkeer), 42R805 (verkeer), 42R803 (stedelijke achtergrond) en 42R817 (stedelijke achtergrond) 2016

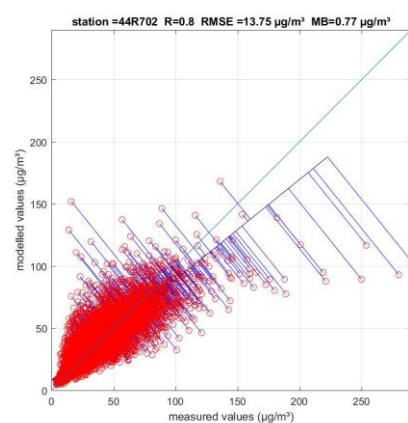
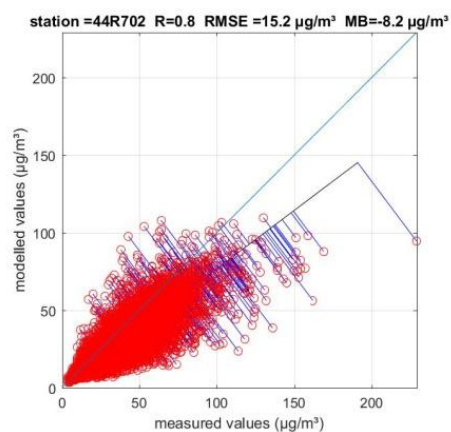


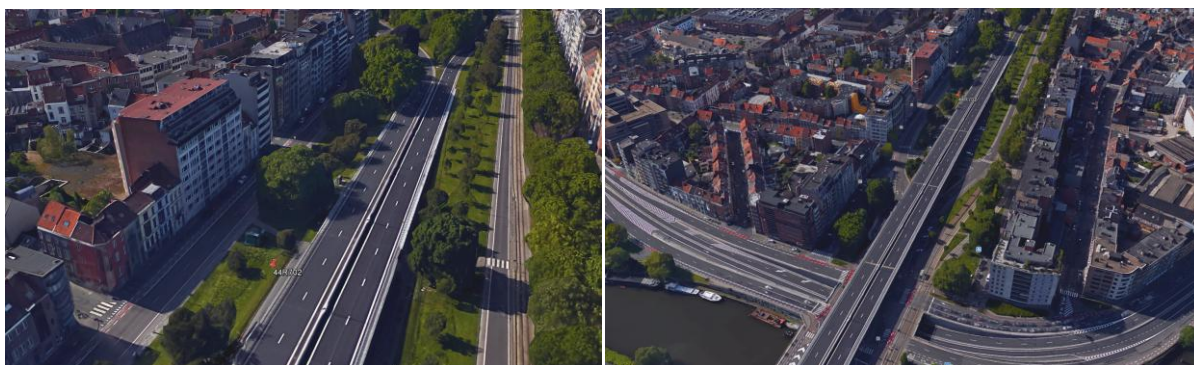
Figuur 26: Afbeeldingen van de stations 42R804 (verkeer), 42R805 (verkeer), 42R803 (stedelijke achtergrond) en 42R817 (stedelijke achtergrond) 2016



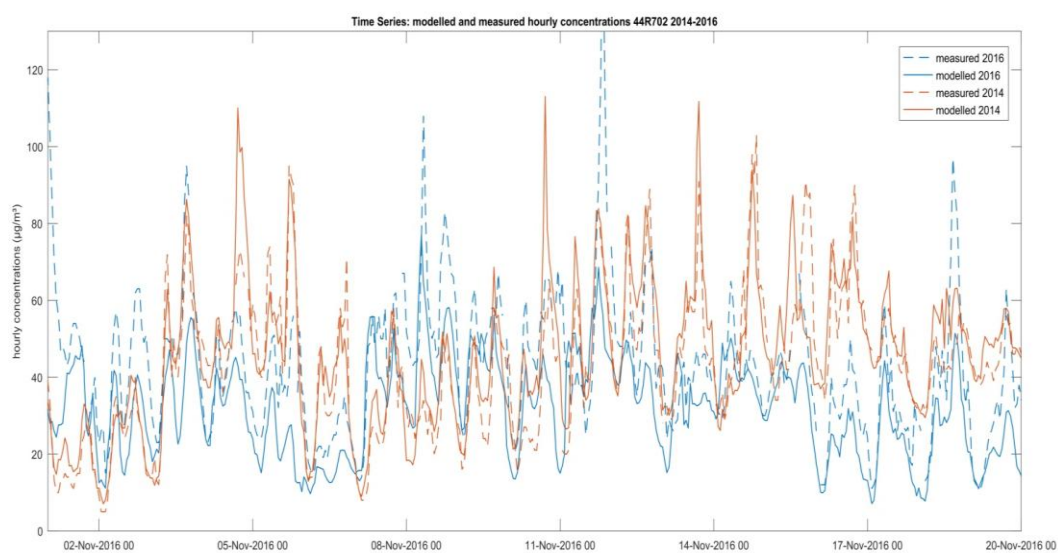
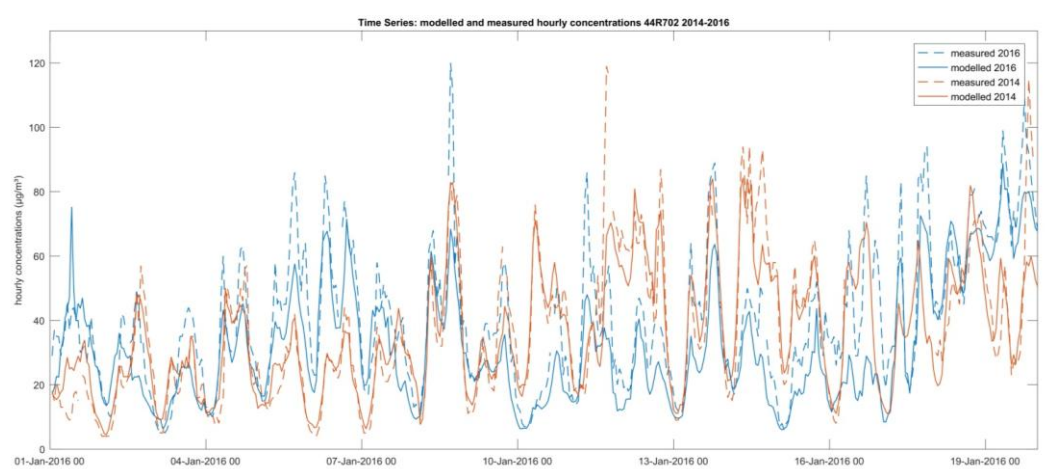
Figuur 27: Locaties van de stations 42R804 (verkeer), 42R805 (verkeer), 42R803 (stedelijke achtergrond) en 42R817 (stedelijke achtergrond) 2016

Op figuur 28 is de locatie van het verkeersstation 44R702 weergegeven. De locatie van dit station lijkt sterk op een open straat locatie. Aangezien het RIO-IFDM model opgezet is voor dit soort typelocaties vergelijken we voor dit station ook met validatiestatistieken van het jaar 2014. De mean bias, een maat voor de algemene onderschatting is toegenomen van quasi onbestaand in 2014 naar $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in 2016. In de tijdsreeksen van november en januari 2014 en 2016 (Figuur 299) kan vastgesteld worden dat de pieken gemodelleerd worden maar eerder onderschat worden in 2016.

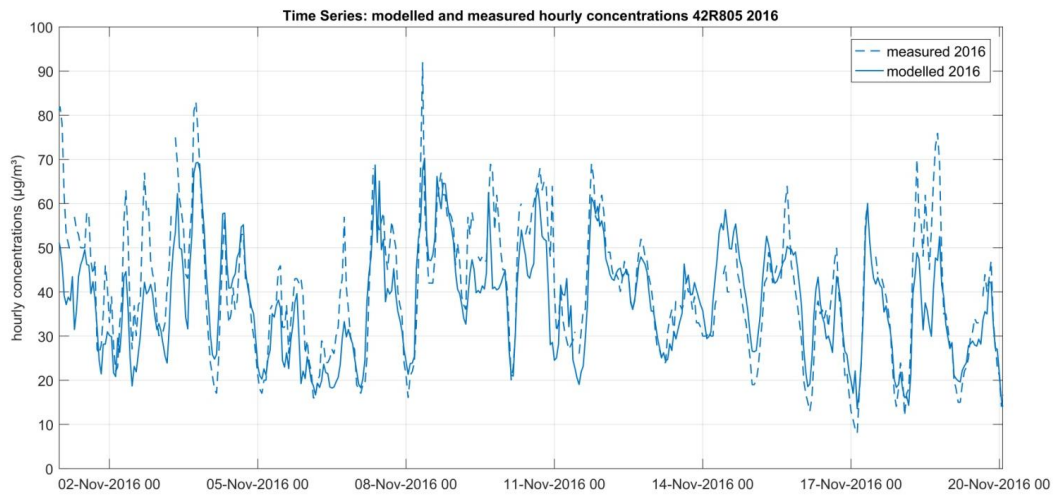
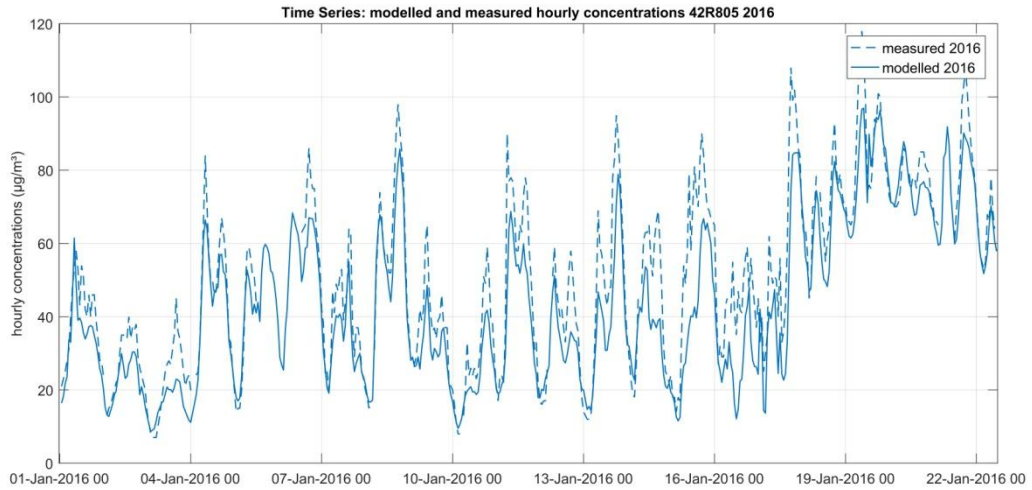




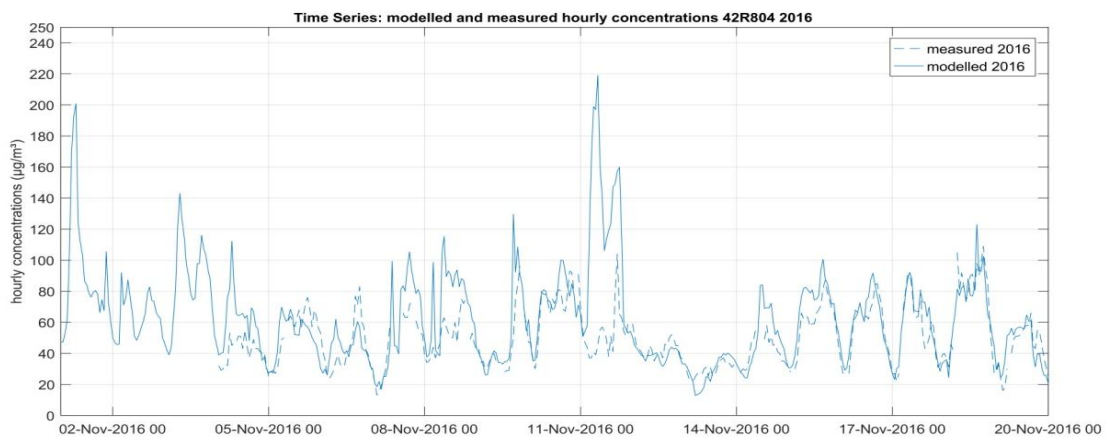
Figuur 28: Temporele validatie 2016 (links) en 2014 (rechts) en afbeelding van de locatie van het telemetrisch meetstation 44R702 (verkeer)



Figuur 29: Tijdsreeks van gemeten en RIO-IFDM modelwaarden voor 44R702 voor 2016 en 2014 voor de periode van 1 tot 20 januari (boven) en 1 tot 20 november (onder)



Figuur 30: Tijdsreeks van gemeten en RIO-IFDM modelwaarden voor 42R805 voor de periode van 1 tot 20 januari (boven) en 1 tot 20 november (onder)



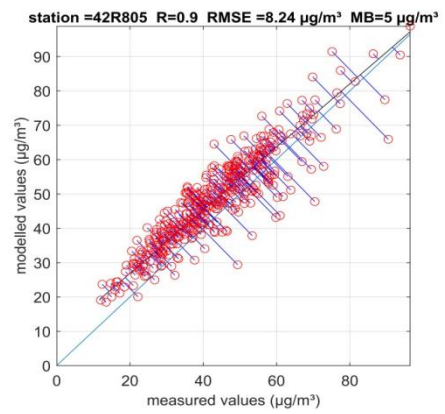
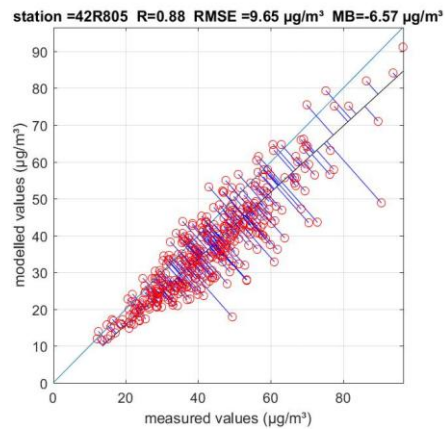
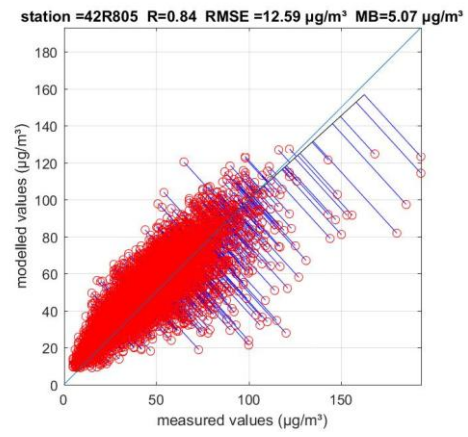
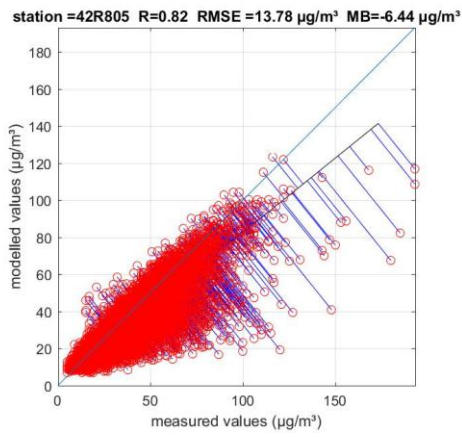
Figuur 31: Tijdsreeks van gemeten en RIO-IFDM modelwaarden voor 42R804 voor de periode van 1 tot 20 november 2016

4.1.3 Vergelijking RIO-IFDM en RIO-IFDM-OSPM 2016 voor 42R805

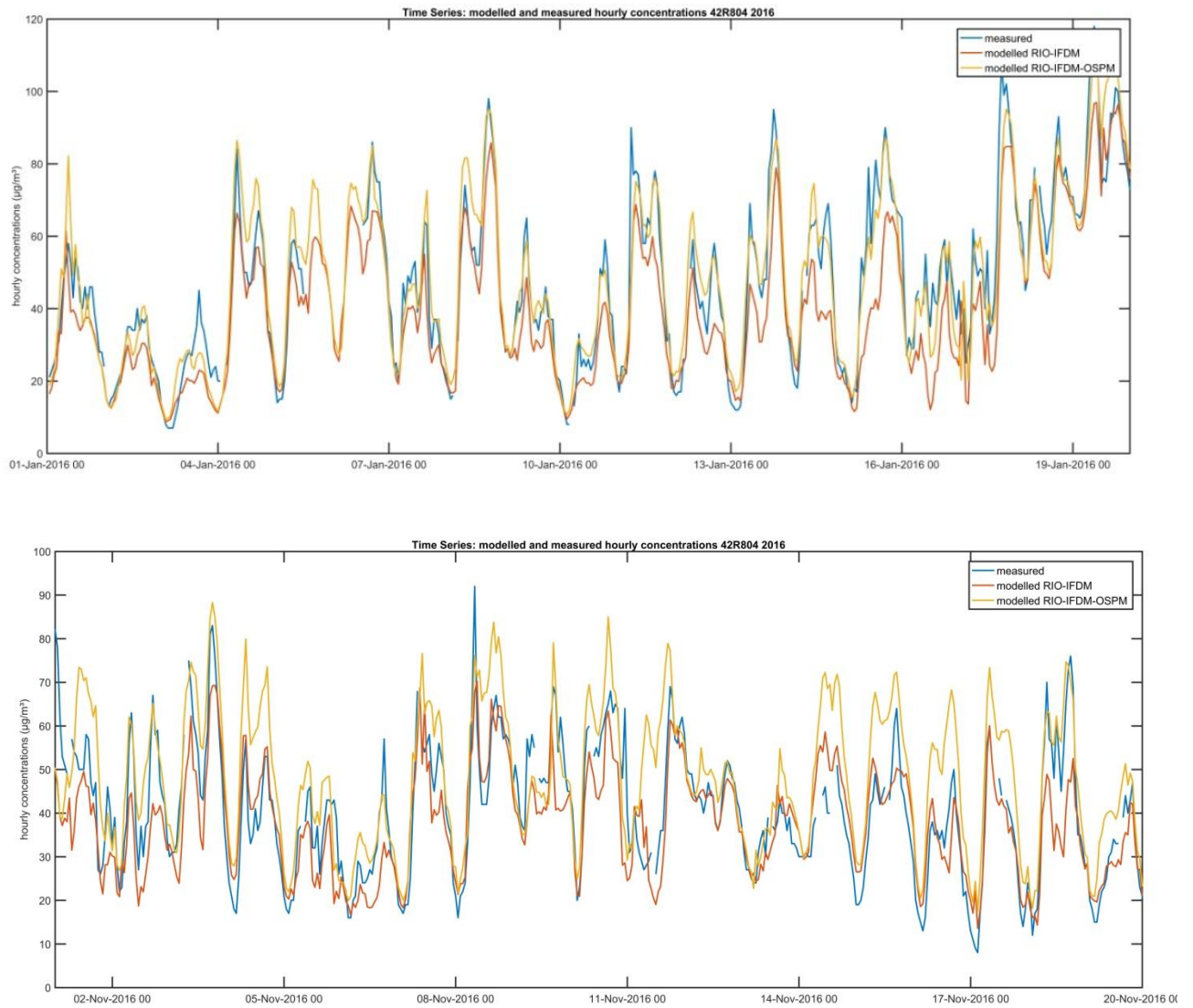
Voor de meetdata van één onafhankelijk telemetrisch station 42R805 (verkeersstation) zijn er ook RIO-IFDM-OSPM modelresultaten. Voor de andere onafhankelijke meetstations zijn deze niet beschikbaar gezien zij niet gelokaliseerd zijn op een streetcanyon locatie. Op Figuur 32 bovenaan is de temporele validatie van de uurlijkse RIO-IFDM-resultaten te zien (links) en deze van het RIO-IFDM-OSPM model (rechts) voor 42R805 in 2016. De temporele correlatiecoëfficiënt R en RMSE zijn ongeveer gelijk voor de RIO-IFDM modelresultaten en de RIO-IFDM-OSPM modelresultaten. De MB, een maat voor algemene over of –onderschatting van het model, gaat van een onderschatting van $-6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor RIO-IFDM modelresultaten naar een overschatting van $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor RIO-IFDM. Op Figuur 31 onderaan worden de uurwaarden uitgemiddeld tot dagwaarden en is er een verbetering van zowel de temporele R als de RMSE voor zowel de RIO-IFDM-resultaten (links) en deze van het RIO-IFDM-OSPM model (rechts). De performantie van de uurwaarden dient in die zin nog verder bestudeerd te worden.

Uit figuur 33 blijkt dat voor de maanden januari en november de pieken door beide modellen goed ingeschat worden, maar door RIO-IFDM eerder onderschat. RIO-IFDM-OSPM overschat eerder de piekconcentraties. Op Figuur 34 worden de maandgemiddelden uitgezet en wordt de onderschatting door RIO-IFDM en overschatting door RIO-IFDM-OSPM ook vastgesteld.

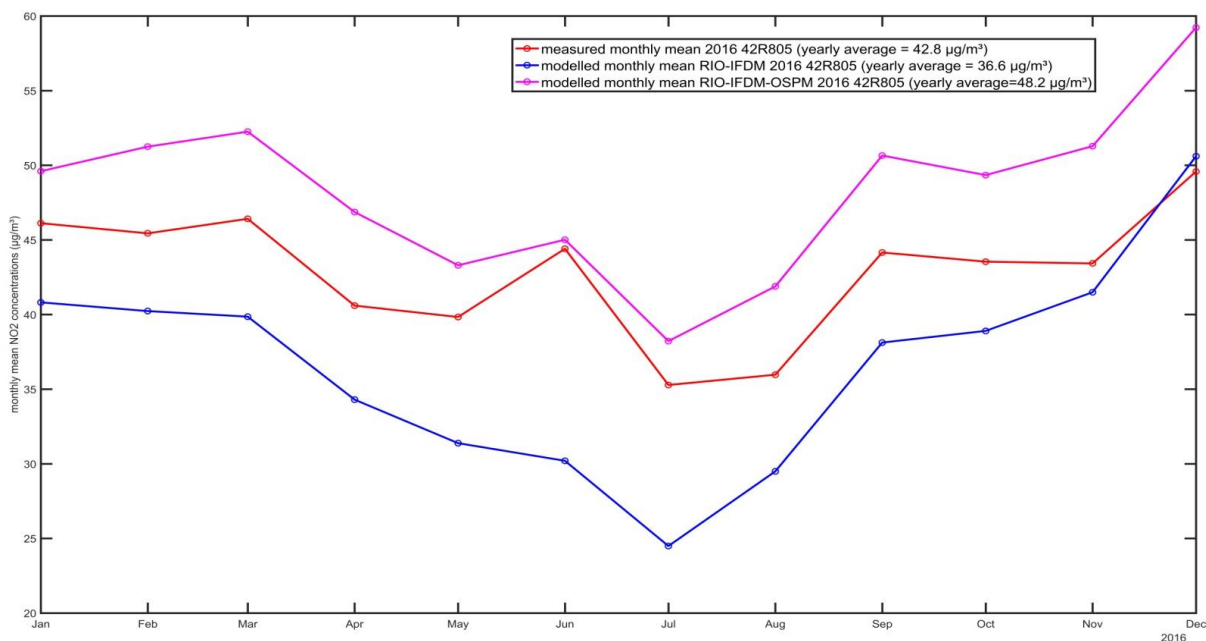
42R805 is het enige onafhankelijk telemetrisch meetstation beschikbaar om RIO-IFDM-OSPM te valideren. In die zin zijn de statistieken van één station beperkt om de conclusies te veralgemenen.



Figuur 32: vergelijking temporele validatie 42R805 uurwaarden (boven) en uitgemiddeld tot dagwaarden (onder) met RIO-IFDM (links) en RIO-IFDM-OSPM (rechts)



Figuur 33: Tijdsreeks van gemeten, RIO-IFDM en RIO-IFDM-OSPM modelwaarden voor 42R805 voor 2016 voor de periode van 1 tot 20 januari (boven) en 1 tot 20 november (onder)



Figuur 34: Tijdsreeks van gemeten, RIO-IFDM modelresultaten en RIO-IFDM-OSPM maandgemiddelde NO₂-concentraties voor 42R805 in 2016.

4.1.4 Conclusie validatie telemetrische meetstations 2016

Uit de validatie met de **onafhankelijke telemetrische meetstations** blijkt dat de **RIO-IFDM** modelresultaten voor **NO₂ jaargemiddelden 2016** erg performant zijn ($R=0.91$, $RMSE = 3.63 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $MB=-1.95 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Voor de **verkeerstations (42R702 en 42R805)** is er een onderschatting van de gemodelleerde **jaargemiddelde NO₂ concentratie tussen 6 en 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Voor deze stations worden de **pieken gemodelleerd** maar gaan zij **gepaard met onderschattingen** van de uurlijkse concentraties.

Gezien de plaatsing van de telemetrische metingen (eerder niet in street canyon locaties) is er slechts **één onafhankelijk telemetrisch station beschikbaar (42R805)** voor validatie van de **RIO-IFDM-OSPM** modelketen voor 2016. Deze statistieken betreffen dan ook een **eerste indicatie** en dienen in de toekomst verder opgevolgd en onderzocht te worden. Voor 2016 voor het station 42R805 gaat de MB, een maat voor algemene over- of onderschatting van het model, van **een onderschatting van -6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (RIO-IFDM)** naar een overschatting van **5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (RIO-IFDM-OSPM)**.

5 Besluit

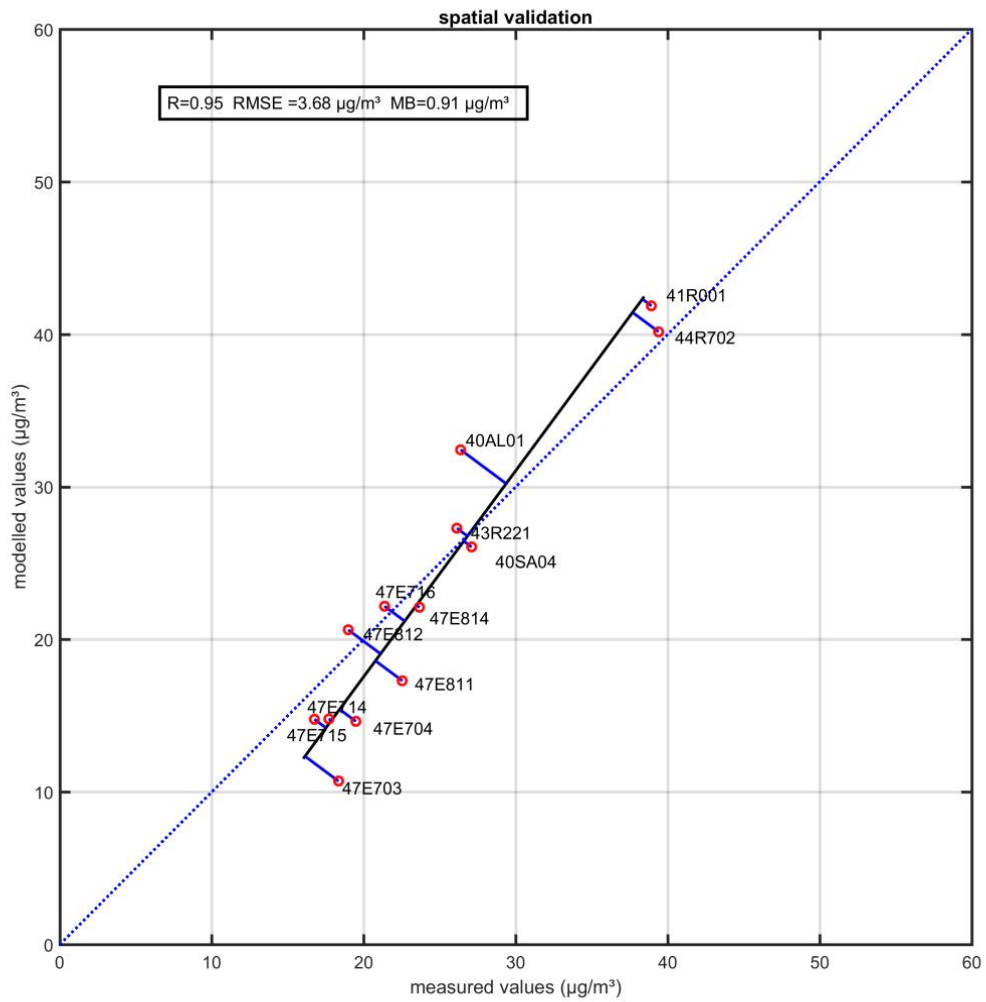
- Op basis van de validatie met de telemetrische stations zijn de modelresultaten **RIO-IFDM 2016 performant** en **bevestigen** ze de resultaten van de **validatie voor 2014**. Het RIO-IFDM model is ontworpen om de luchtvervuiling in 'open street' locaties te kunnen berekenen. Het locatietype is essentieel bij de beoordeling van de performantie van de modelketen.
- Op basis van de meetcampagne in Gent (halfjaarlijkse campagne op 50 locaties) presteert het **RIO-IFDM-OSPM model voor de algemene statistieken (over de gehele meetperiode en alle meetplaatsen) beter dan het RIO-IFDM model**. Voor wat betreft de verschillende type locaties is er voor het RIO-IFDM-OSPM model **een verbetering voor de open straatlocaties en de half openstraat locaties**. Voor de **street canyon locaties** gaat het van een **algemene onderschatting van RIO-IFDM (-5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)** naar een gelijkaardige absolute **algemene overschatting (6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)**. Het is nog niet duidelijk waaraan deze overschatting te wijten is.
- Deze **eerste RIO-IFDM-OSPM validatiestatistieken** dienen met **toekomstige meetcampagnes bevestigd te worden**.

6 Referenties

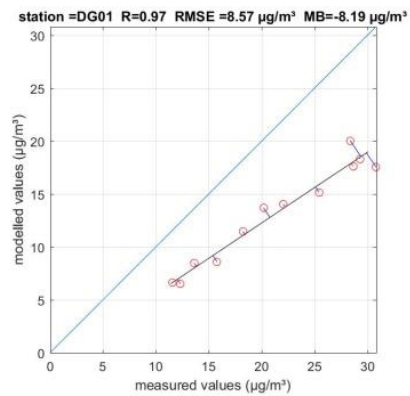
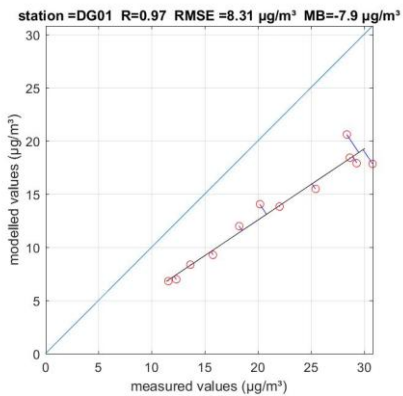
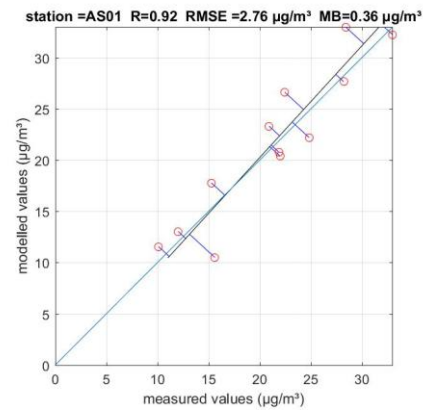
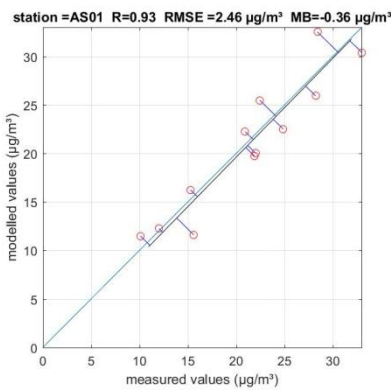
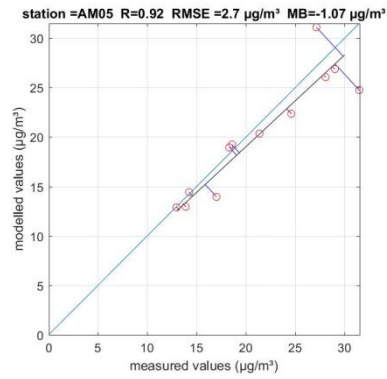
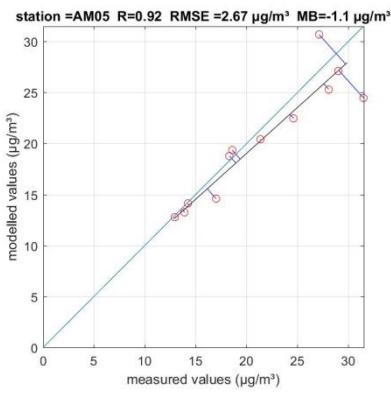
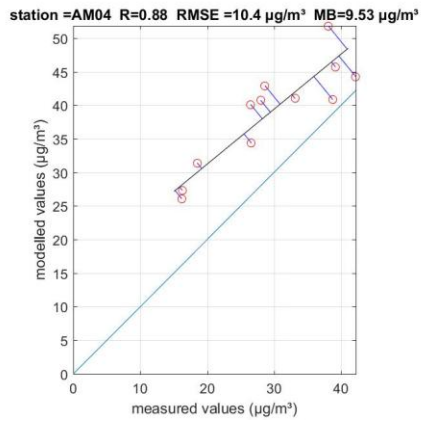
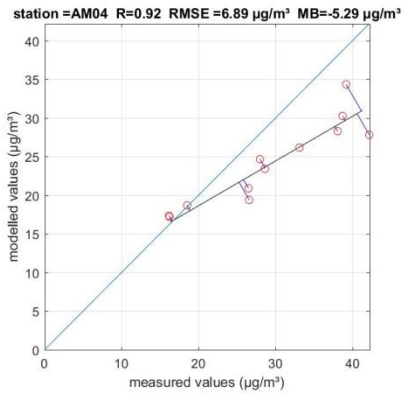
- Berghmans P., VITO. (2014). *NO₂-meetcampagne d.m.v. passieve samplers (19 december 2013-11 juni 2014)*. VMM-IRCEL.
- European Environment Agency. (2017). *Air Quality in Europe - 2017*.
- Janssen S, Dumont G, Fierens F, Mensink C. (2008). *Janssen S, Dumont G, Fierens F, Mensink C. Spatial interpolation of air pollution measurements using CORINE land cover data. Atmos Environ*2008;42:4884-903. *Atmos Environ*2008;42:4884-903.
- Lefebvre W., Van Poppel M., B. Maiheu, S.Janssen, E. Dons. (2013). *Evaluation of the RIO-IFDM-street canyon model chain. Atmospheric Environment* 77 (325-337).
- Lefebvre W., VITO. (2013). *Validation of the IFDM-model for use in urban applications*.
- Maiheu B., Veldeman N., Viaene P., De Ridder K., Lauwaet D., Smeets N., Deutsch F. & Janssen S., uitgevoerd in opdracht van MIRA, MIRA/2013/01, Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek. (2013). *Bepaling van de best beschikbare grootschalige concentratiekaarten luchtkwaliteit voor België*.
- Raaschou-Nielsen. (2012). *Traffic air pollution and mortality from cardiovascular disease and all causes: a Danish cohort study*.
- Thunis P., Georgieva E., Galmarini S., Joint Research Centre. (2010). *A procedure for Air Quality Models Benchmarking*. ISPRA.
- VMM. (2013). *Life+ ATMOSYS: NO₂-stedencampagne*.
- WHO. (2013b). *Health risks of air pollution in Euroep- HRAPIE project*.
- WHO. (2013a). *Review of evidence on health aspects of air pollution, REVIHAAP*.

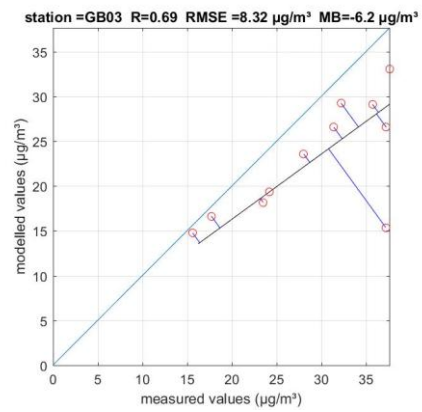
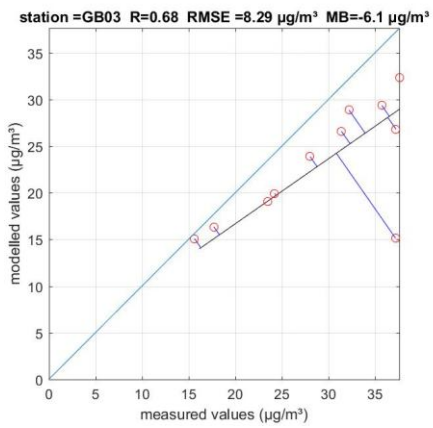
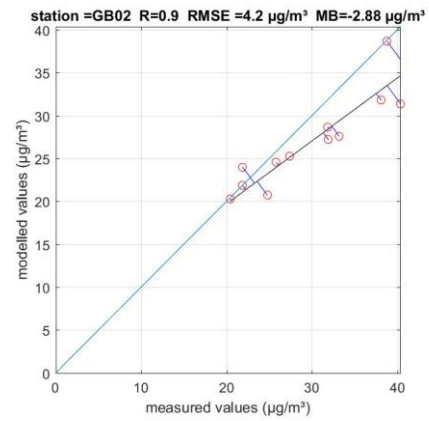
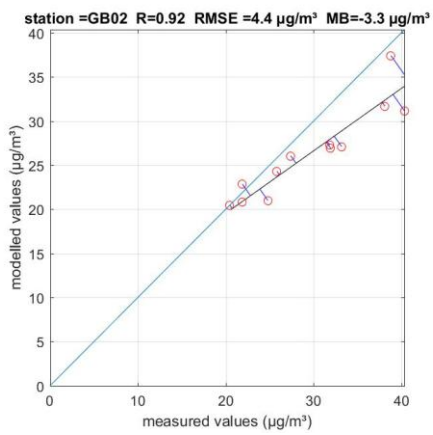
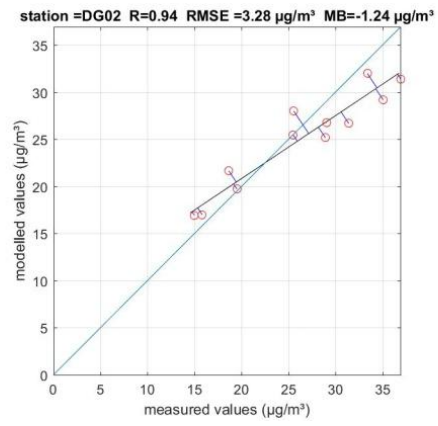
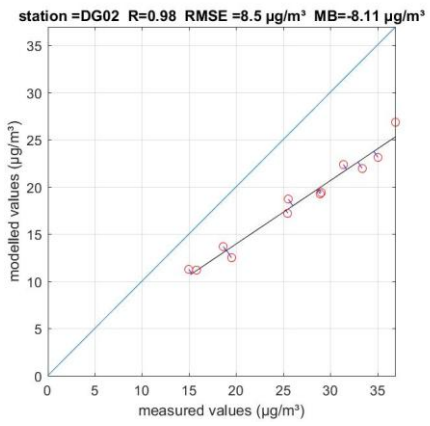
7 ANNEX

7.1 ANNEX I Ruimtelijke validatie RIO-IFDM NO₂ 2014 (onafhankelijke telemetrische stations)

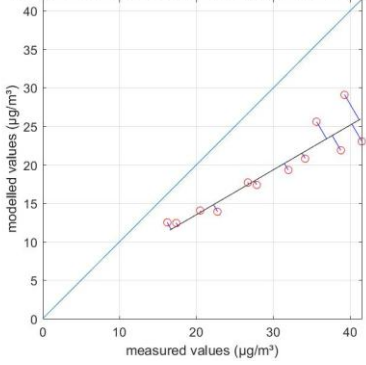


7.2 ANNEX I: I Temporele validaties per locaties meetcampagne Gent 2016 RIO-IFDM(links) RIO-IFDM-OSPM (rechts)

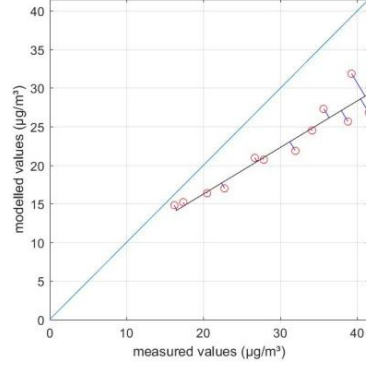




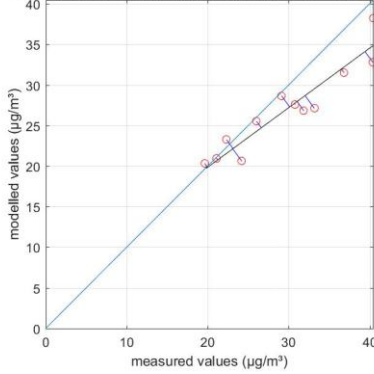
station =GB04 R=0.92 RMSE =11.23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-10.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



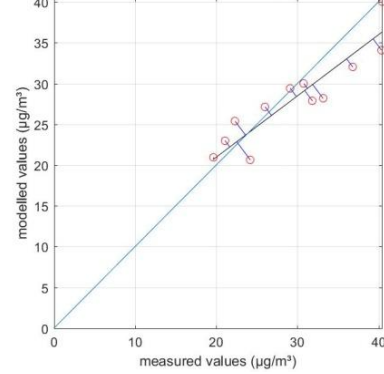
station =GB04 R=0.95 RMSE =8.38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-7.45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



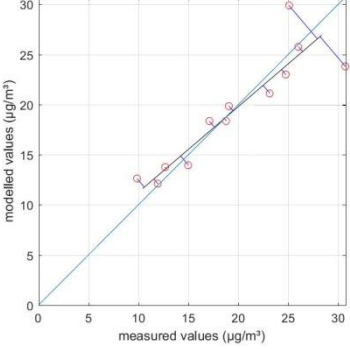
station =GB05 R=0.94 RMSE =3.86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-2.71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



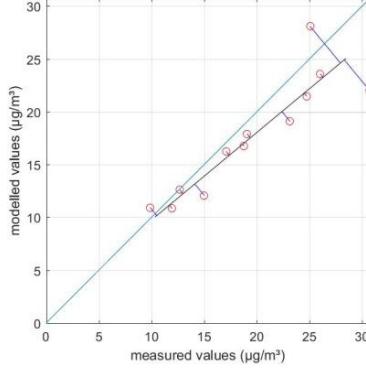
station =GB05 R=0.91 RMSE =3.35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-1.45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



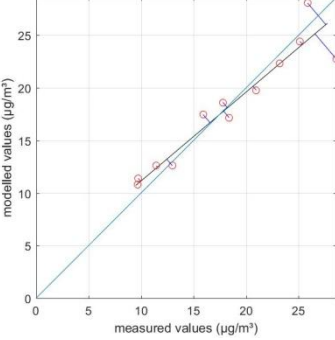
station =GM01 R=0.9 RMSE =2.75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-0.13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



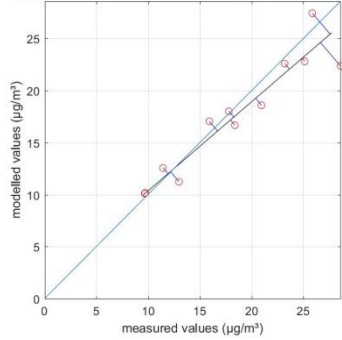
station =GM01 R=0.9 RMSE =3.36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-1.88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

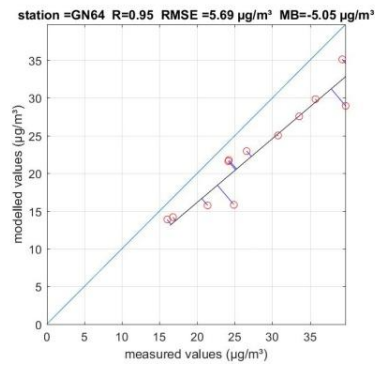
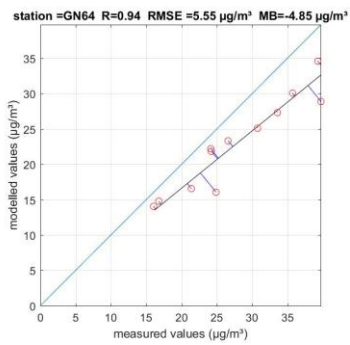
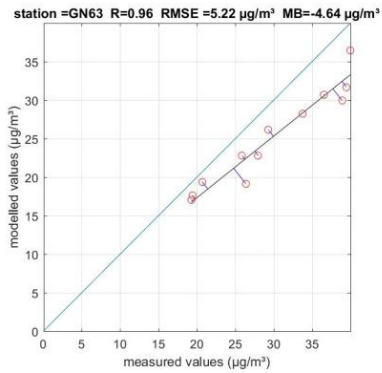
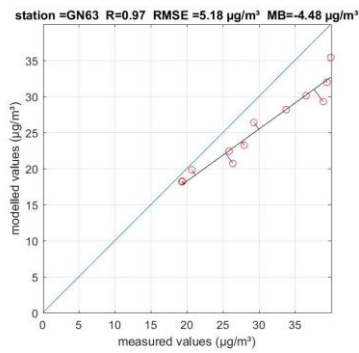
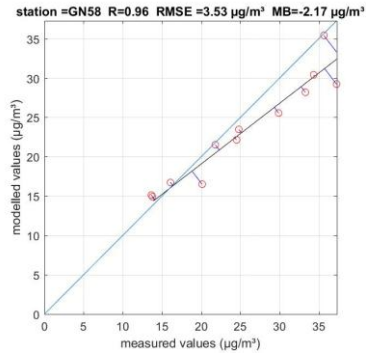
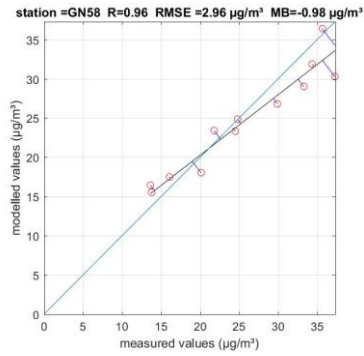
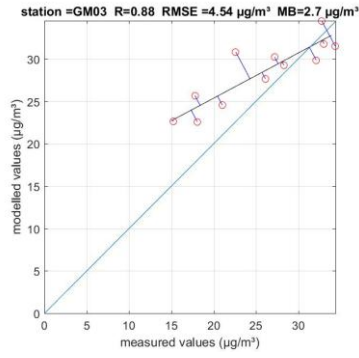
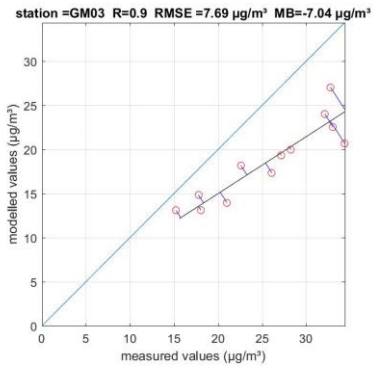


station =GM02 R=0.95 RMSE =2.08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-0.14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

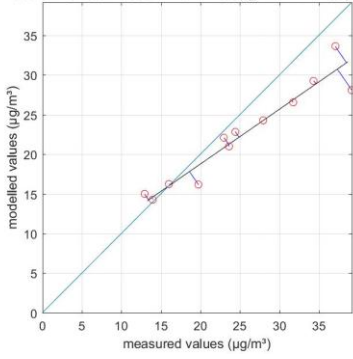


station =GM02 R=0.95 RMSE =2.27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-0.83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

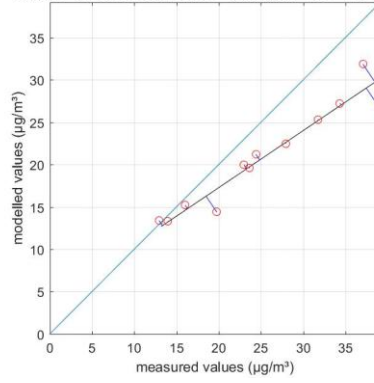




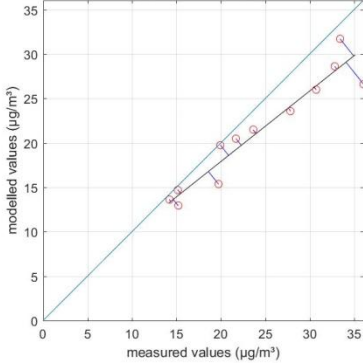
station =GN65 R=0.96 RMSE =4.36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-2.89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



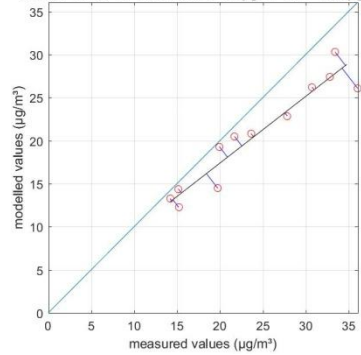
station =GN65 R=0.96 RMSE =5.59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-4.47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



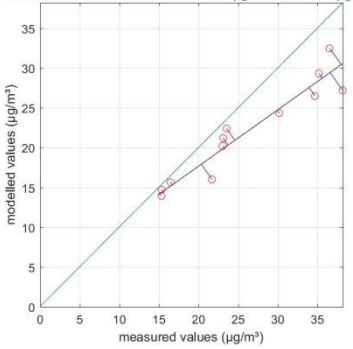
station =GN67 R=0.95 RMSE =3.89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-2.97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



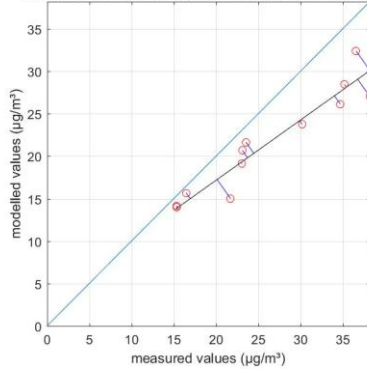
station =GN67 R=0.95 RMSE =4.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-3.56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



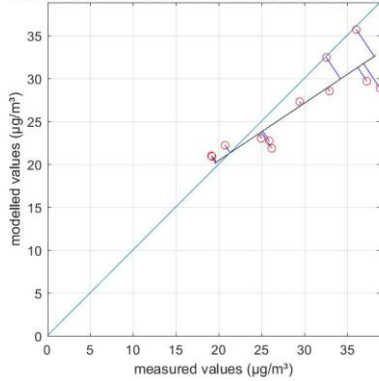
station =GN68 R=0.95 RMSE =5.19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-4.13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



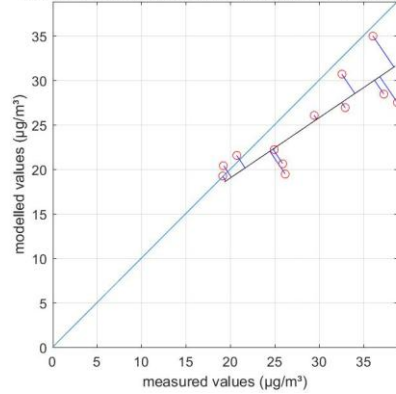
station =GN68 R=0.95 RMSE =5.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-4.62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



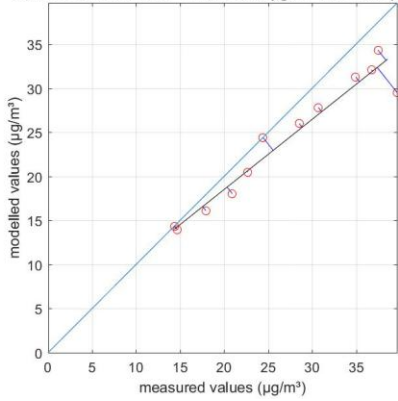
station =GN69 R=0.86 RMSE =4.32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-2.44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



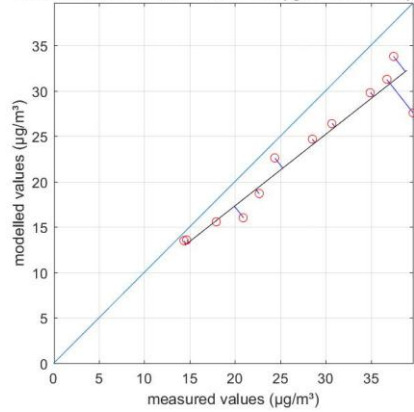
station =GN69 R=0.83 RMSE =5.35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-3.78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



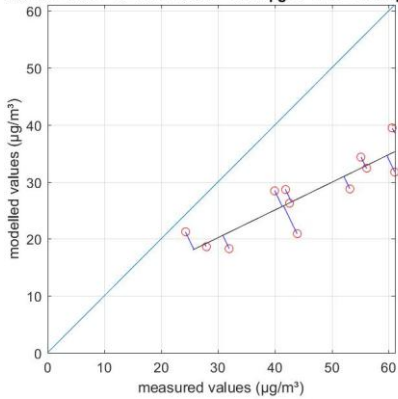
station =GN70 R=0.97 RMSE =3.89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-2.91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



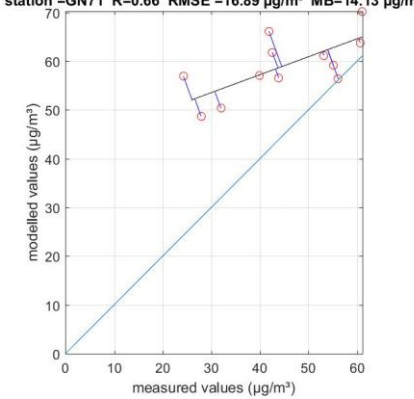
station =GN70 R=0.96 RMSE =5.02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-4.15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



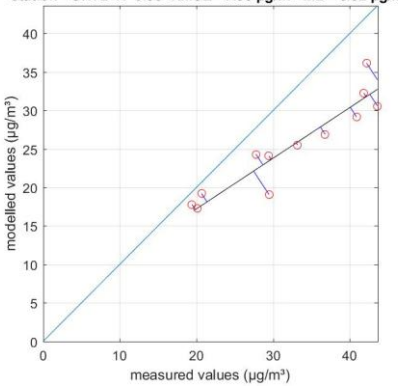
station =GN71 R=0.87 RMSE =18.88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-17.44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



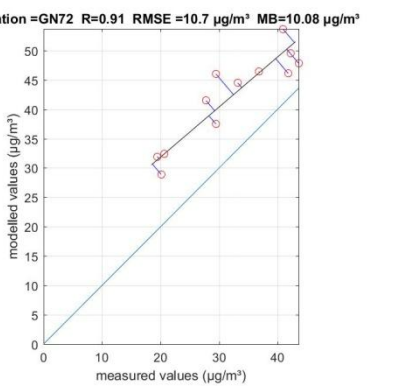
station =GN71 R=0.66 RMSE =16.89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=14.13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



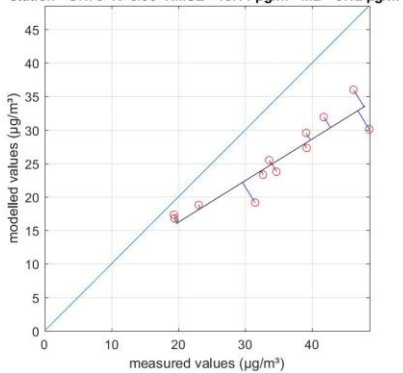
station =GN72 R=0.93 RMSE =7.93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-6.92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



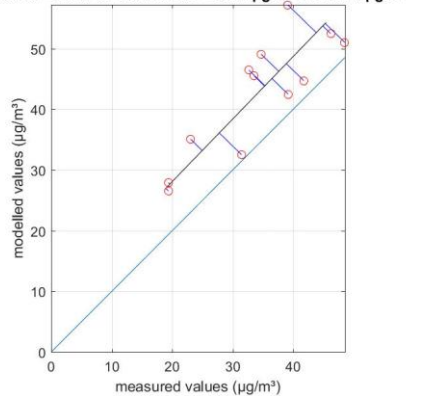
station =GN72 R=0.91 RMSE =10.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=10.08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

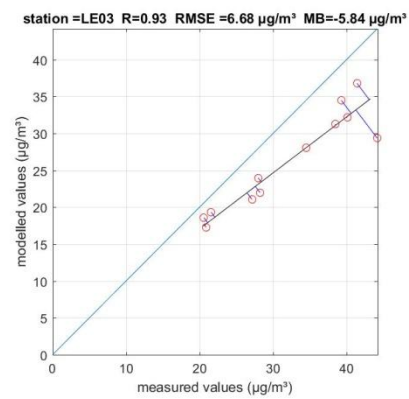
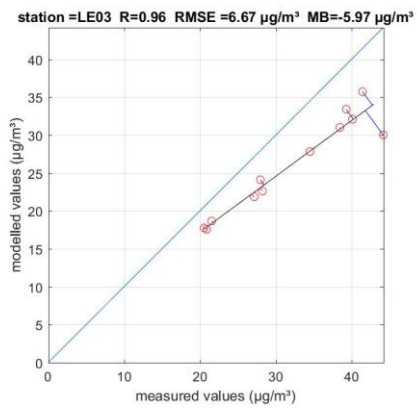
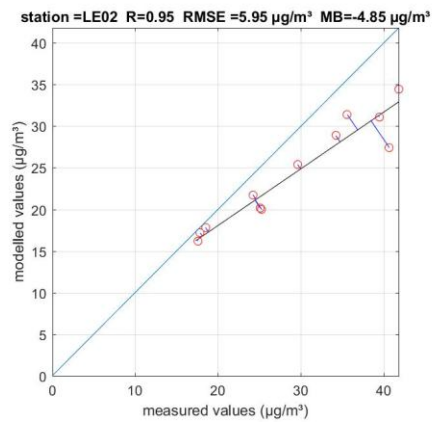
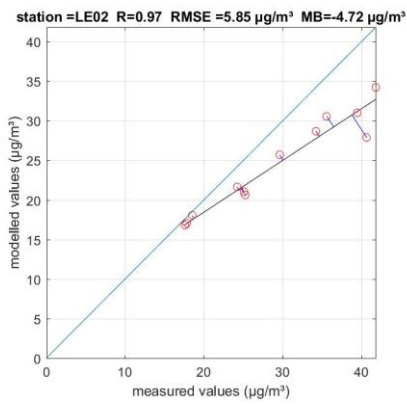
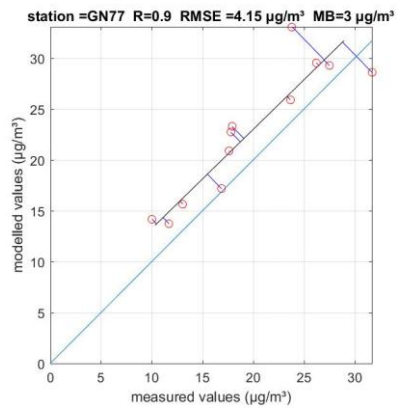
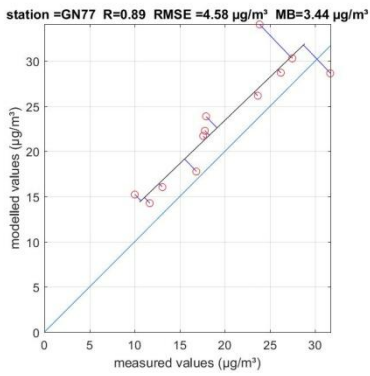
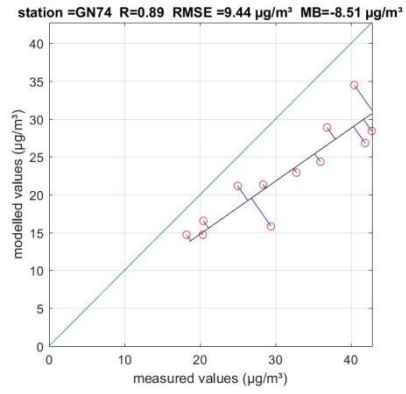
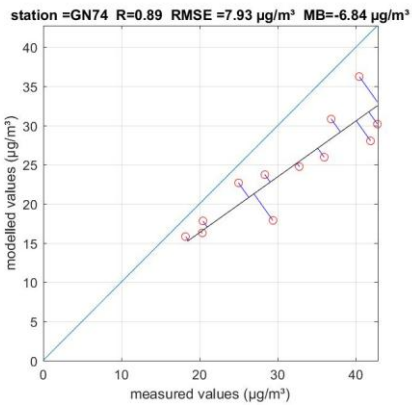


station =GN73 R=0.93 RMSE =10.11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-9.12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

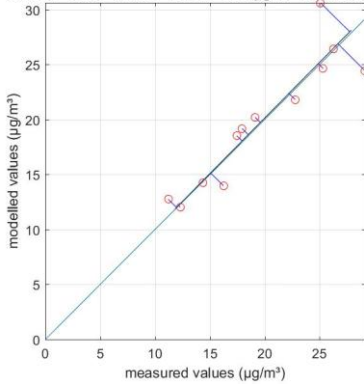


station =GN73 R=0.84 RMSE =10.04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=8.53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

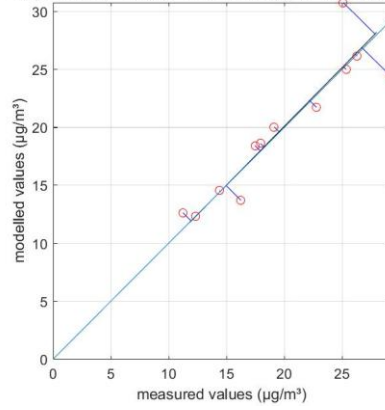




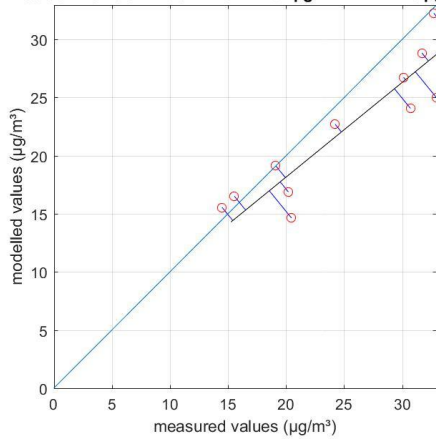
station =OA07 R=0.91 RMSE =2.34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=0.14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



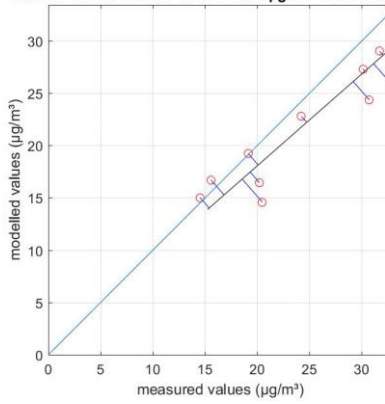
station =OA07 R=0.91 RMSE =2.35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=0.08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



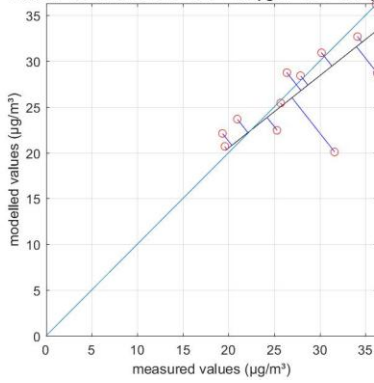
station =OA08 R=0.9 RMSE =4.01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-2.73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



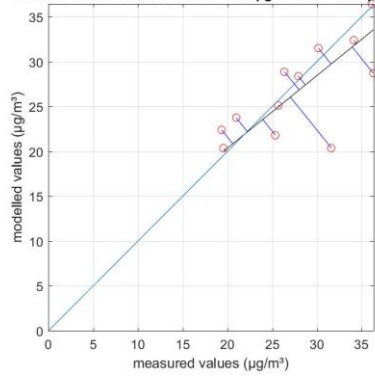
station =OA08 R=0.91 RMSE =3.82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-2.51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



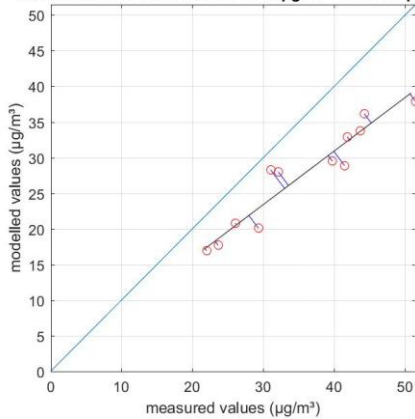
station =OA09 R=0.71 RMSE =4.31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-1.12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



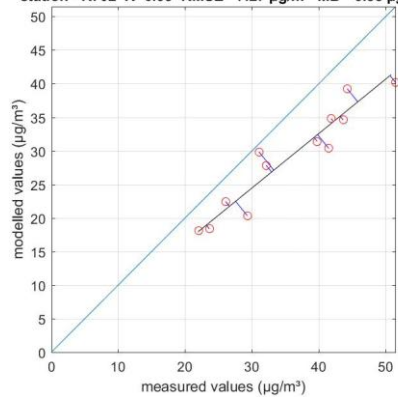
station =OA09 R=0.71 RMSE =4.33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-1.13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



station =R702 R=0.95 RMSE =8.61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-7.97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

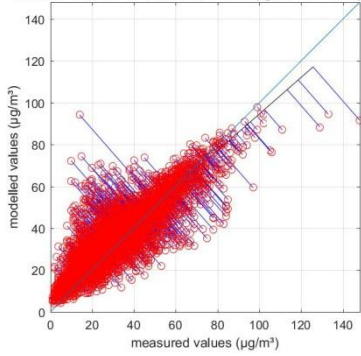


station =R702 R=0.95 RMSE =7.27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-6.58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

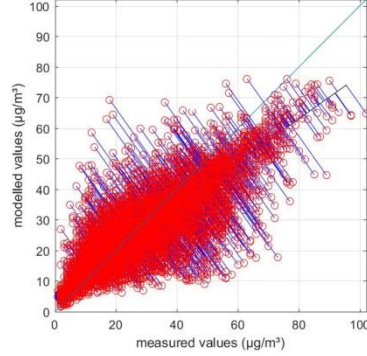


7.3 ANNEX III: Temporele validaties onafhankelijke telemetrische meetstations 2016

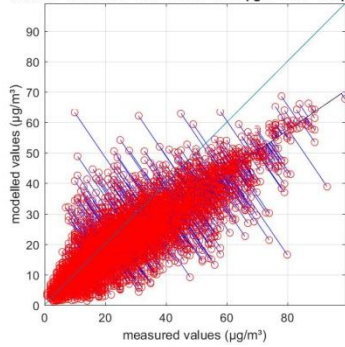
station =40AL01 R=0.88 RMSE =8.96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=3.71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



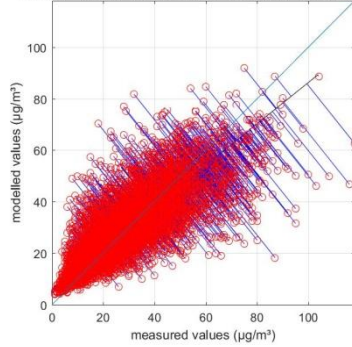
station =40SA04 R=0.8 RMSE =10.19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-1.67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



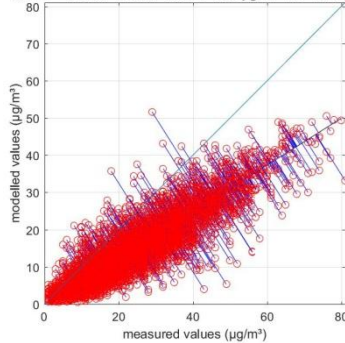
station =42R823 R=0.87 RMSE =9.57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-4.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



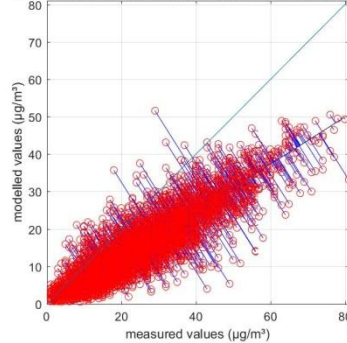
station =43R221 R=0.79 RMSE =9.95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=0.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



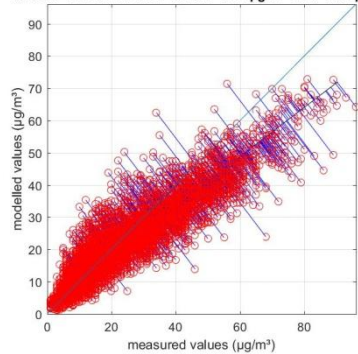
station =47E703 R=0.91 RMSE =9.85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-7.27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



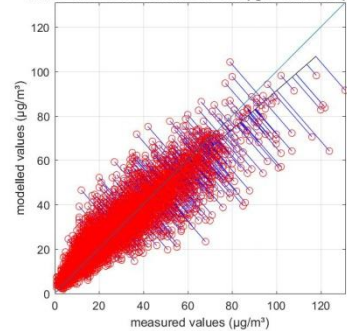
station =47E703 R=0.91 RMSE =9.85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-7.27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



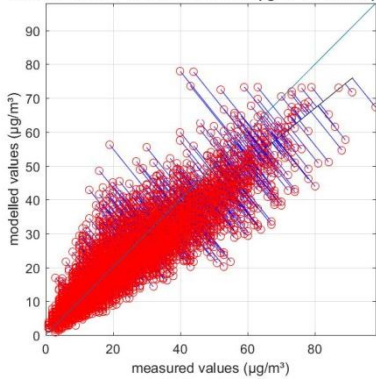
station =47E707 R=0.92 RMSE =6.71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-1.57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



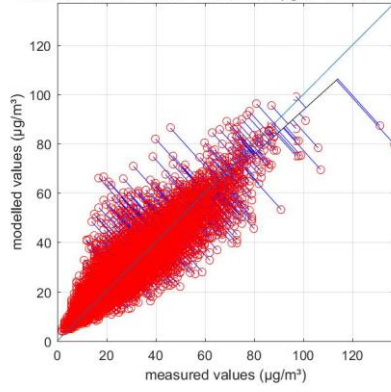
station =47E708 R=0.92 RMSE =6.96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=1.12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



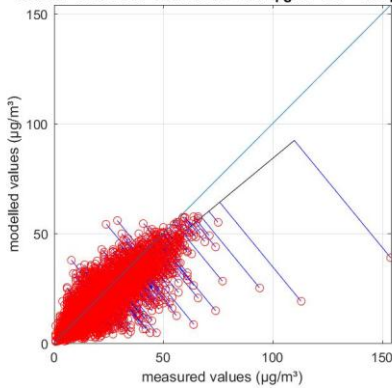
station =47E709 R=0.9 RMSE =6.81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-1.66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



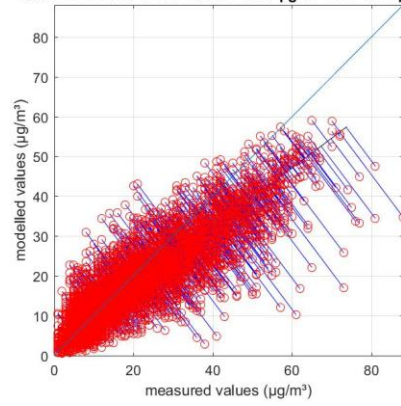
station =47E713 R=0.89 RMSE =7.52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=0.74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



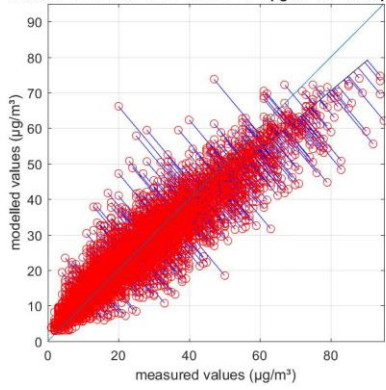
station =47E714 R=0.85 RMSE =6.64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-1.44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



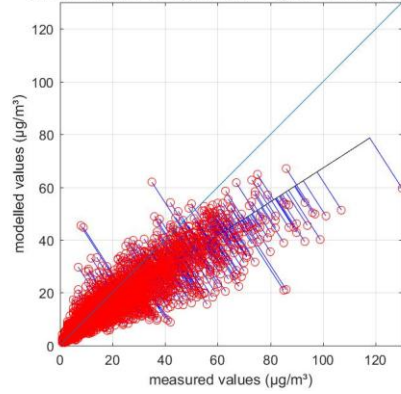
station =47E715 R=0.9 RMSE =6.77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-2.21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



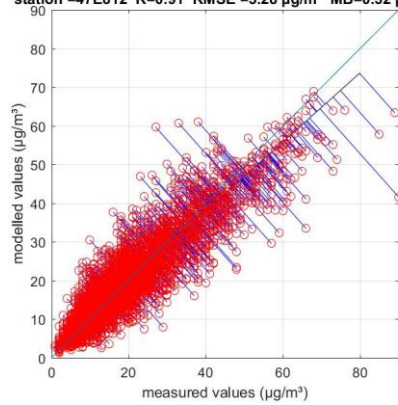
station =47E716 R=0.94 RMSE =5.74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=0.04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



station =47E811 R=0.88 RMSE =9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=-4.02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



station =47E812 R=0.91 RMSE =5.28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=0.32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



station =47E812 R=0.91 RMSE =5.28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MB=0.32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

