

Luchtkwaliteit in Vlaanderen – Zure regen in Vlaanderen in 2011



DOCUMENTBESCHRIJVING

Titel

Luchtkwaliteit in Vlaanderen – Zure regen in Vlaanderen in 2011

Samenstellers

Afdeling Lucht, Milieu en Communicatie, VMM
Dienst Lucht, Team Rapportering en Modellerings

Inhoud

Dit rapport beschrijft de resultaten van het depositiemeetnet verzuring van 2011. Zowel de meetresultaten, de modelberekeningen als de trend over de jaren heen zijn opgenomen.

Wijze van refereren

Luchtkwaliteit in Vlaanderen – Zure regen in Vlaanderen in 2011, VMM, 2013

Verantwoordelijke uitgever

Philippe D'Hondt, Afdelingshoofd Lucht, Milieu en Communicatie
Vlaamse Milieumaatschappij

Vragen in verband met dit rapport

Vlaamse Milieumaatschappij
A. Van de Maelestraat 96
9320 Erembodegem
Tel: 053 72 62 10
Fax: 053 71 10 78
info@vmm.be

Depotnummer
D/2012/6871/037

Samenvatting

Situering

De VMM meet in 2011 op 9 plaatsen natte en droge verzurende depositie. Op 8 andere meetplaatsen gebeuren extra NH₃-metingen. Depositie door mist en aërosolen laten we buiten beschouwing.

De EU-richtlijn 2008/50/EG bepaalt het kritieke niveau voor de bescherming van de vegetatie voor SO₂ (20 µg/m³) en NO_x (30 µg/m³). Het kritieke niveau voor NH₃ is door de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO) vastgelegd op 8 µg/m³. Daarnaast zijn er nog VLAREM-streefwaarden voor totale verzurende en vermestende depositie, welke afhankelijk zijn van het bodem- en vegetatietype.

Meetresultaten en trends

Uit de neerslagmetingen kunnen we afleiden dat 2011 een eerder droog jaar is, en dat de pH van de neerslag hoger is dan in 2010.

Het NH₃-jaargemiddelde overschrijdt het kritieke niveau van de WGO op drie meetplaatsen. Deze meetplaatsen liggen in gebieden met intensieve landbouwactiviteiten. Op 7 van de 9 meetplaatsen is er wel sinds 2001 een dalende trend in de NH₃-concentratie en -depositie en de totale NH_x-depositie. Voor natte depositie is er in de periode 2001-2011 enkel een (dalende) trend in Wingene.

De NO_y-metingen tonen geen opvallende verschillen met de voorbije jaren. Het NO_x-jaargemiddelde in Gent overschrijdt het kritieke niveau uit de Europese richtlijn. Ook de concentraties in Bonheiden en Kapellen liggen zeer dicht bij het kritieke niveau. Op 5 meetplaatsen is er een dalende trend in de natte NO_y-depositie, maar in de totale depositie is er enkel in Retie een significante verandering sinds 2001.

De SO₂-concentraties liggen op alle meetplaatsen ruim onder het kritieke niveau voor de bescherming van de vegetatie uit de Europese richtlijn. Op alle meetplaatsen daalt de droge, natte en totale depositie van de SO_x-polluenten.

Op bijna alle meetplaatsen en vegetatietypes waar de VLAREM-streefwaarden van toepassing zijn, worden deze overschreden, dit zowel voor de verzurende als de vermestende depositie. Enkel voor loofbos in Tielt-Winge liggen de gemeten waarden onder de VLAREM-streefwaarde voor verzuring. Wel is er op de meeste meetplaatsen een dalende trend sinds 2001.

Modelberekeningen

Naast het rapporteren van meetresultaten op de meetpunten in Vlaanderen wordt de verspreiding van de verzurende en vermestende depositie ook berekend met een atmosferisch transport- en dispersiemodel.

De hoogste totale verzurende depositie komt voor in het centrum van West-Vlaanderen, de Antwerpse agglomeratie en het noorden van de provincie Antwerpen. Het aandeel NH_x in de gemiddelde verzurende depositie over Vlaanderen bedraagt 50%, dat van NO_y 28% en dat van SO_x 22%.

De hoogste waarden komen voor:

- in de Antwerpse havenzone, gevolgd door kleinere zones verspreid over het noorden van Vlaanderen voor de SO_x-depositie;
- in Antwerpen, ten noorden van Brussel en op nagenoeg alle snelwegen rond Antwerpen, Gent en Brussel voor de NO_y-depositie;
- in West-Vlaanderen, het noordwesten van Oost-Vlaanderen en het noorden van de provincie Antwerpen voor de NH_x-depositie.

De totale vermestende depositie is het hoogst in het centrum van West-Vlaanderen en het noorden van de provincie Antwerpen. Het aandeel NH_x in de gemiddelde totale vermestende depositie over Vlaanderen bedraagt 65% en dat van NO_y 35%.

Zowel voor de verzurende als voor de vermestende depositie is er een dalende trend sinds 1990.

Kwaliteitszorg en onderzoek

Vergelijkende metingen van SO₂ en NO₂ in Borgerhout

In Borgerhout gebeuren 14-daagse metingen van SO₂ en NO₂ met passieve samplers, enerzijds aan de straatkant, en anderzijds 28 meter verwijderd van de straatkant, aan de VMM-meetcabine met monitor. De SO₂-concentraties liggen op de twee meetpunten dicht bij elkaar. Bij de NO₂-concentraties is een verschil van 20% waarneembaar tussen de twee meetpunten. Dit maakt dat de meetcabine, welke 28 meter van de straat verwijderd ligt, niet zonder meer geschikt is als verkeersgericht station voor NO₂.

Vergelijkende metingen van passieve samplers en monitoren

Uit de vergelijking van 2011, tussen de meetresultaten van passieve samplers en monitoren in Gent en Borgerhout, blijkt dat het NO₂-jaargemiddelde gemeten door de monitor hoger is dan dit van de passieve samplers. Toch zijn er voor beide pollutanten ook verschillende 14-daagse meetperiodes waar de passieve samplers een hogere concentratie meten dan de monitor. Deze resultaten worden verder onderzocht en nauwlettend opgevolgd in de toekomst. Indien nodig worden passende maatregelen getroffen. Voor SO₂ is het jaargemiddelde voor beide meetmethodes gelijk. Ook voor deze resultaten blijft opvolging noodzakelijk.

INHOUDSTAFEL

Samenvatting	3
1 Inleiding.....	9
2 Situering.....	10
2.1 Het meetnet.....	10
2.2 Regelgeving	11
2.2.1 Droge depositie – concentratie in de lucht.....	11
2.2.2 Totale verzurende en vermistende depositie.....	11
3 Meetresultaten en trends	13
3.1 Algemeen	13
3.2 Neerslagmetingen	14
3.2.1 Neerslaghoeveelheid	14
3.2.2 Zuurtegraad (pH) van de neerslag.....	15
3.3 NH _x	16
3.3.1 Concentratie en depositie van NH ₃ en NH ₄ ⁺	16
3.3.2 Toetsing aan regelgeving.....	17
3.3.3 Trend sinds 2001	18
3.4 NO _y	19
3.4.1 Concentratie en depositie van NO ₂ en NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻	19
3.4.2 Toetsing aan regelgeving.....	20
3.4.3 Trend sinds 2001	21
3.5 SO _x	22
3.5.1 Concentratie en depositie van SO ₂ en SO ₄ ²⁻	22
3.5.2 Toetsing aan regelgeving.....	22
3.5.3 Trend sinds 2001	23
3.6 Totale verzurende depositie	23
3.6.1 Resultaten	23
3.6.2 Toetsing aan streefwaarden	24
3.6.3 Trend sinds 2001	24
3.7 Vermesting	24
3.7.1 Meetresultaten en toetsing aan de streefwaarden.....	24
3.7.2 Trend in de vermistende depositie.....	25
4 Modelberekeningen.....	26
4.1 Het VLOPS-model.....	26
4.1.1 Inleiding.....	26
4.1.2 Voorstelling van het model.....	26
4.1.3 Upgrade modelversie naar VLOPS.12	28
4.1.4 Gebruikte meteo-invoer	28
4.1.5 Betrouwbaarheid van de modelresultaten	28
4.1.5.1 Validatie NO ₂	29
4.1.5.2 Validatie SO ₂	30
4.1.5.3 Validatie NH ₃	32
4.1.5.4 Validatie natte depositie 2011	34
4.1.5.5 Samenvatting	36
4.2 Berekeningen voor Vlaanderen.....	36
4.2.1 Concentratiekaarten 2011.....	36
4.2.2 Depositiekaarten 2011	39
4.2.2.1 Inleiding.....	39
4.2.2.2 Resultaten	39
4.2.3 Trendreeks depositie	45
5 Kwaliteitszorg en onderzoek	47
5.1 Inleiding	47
5.2 Vergelijkende metingen van SO ₂ en NO ₂ in Borgerhout.....	48
5.2.1 Inleiding.....	48
5.2.2 SO ₂	48
5.2.3 NO ₂	49
5.2.4 Overzicht periode 2007 – 2011	49
5.3 Vergelijkende metingen van passieve samplers en monitoren.....	51

5.3.1	Opzet en doelstelling	51
5.3.2	Vergelijking van de twee meetmethodes	51
6	Besluit	53
	Bijlage 1: Meetpunten depositiemeetnet verzuring	2
	Bijlage 2: Neerslaghoeveelheden in 2011	3
	Bijlage 3: Meetresultaten verzurende depositie.....	4
	Bijlage 4: Meetresultaten vermestende depositie.....	7
	Bijlage 5: Trends - NH_x	8
	Bijlage 6: Trends - NO_y.....	13
	Bijlage 7: Trends – SO_x	15
	Bijlage 8: Trends – totale depositie (N+S)	21
	Bijlage 9: Trends – vermesting.....	27
	Bijlage 10: Bij de validatie van NO₂ gebruikte meetplaatsen en waarden	32
	Bijlage 11: Bij de validatie van SO₂ gebruikte meetplaatsen en waarden	33
	Bijlage 12: Bij de validatie van NH₃ gebruikte meetplaatsen en waarden	34
	Bijlage 13: Bij de validatie van de natte depositie SO_x gebruikte meetplaatsen en waarden.....	35
	Bijlage 14: Bij de validatie van de natte depositie NO_y gebruikte meetplaatsen en waarden.....	36
	Bijlage 15: Bij de validatie van de natte depositie NH_x gebruikte meetplaatsen en waarden.....	37
	Bijlage 16: Gemiddelde deposities per gemeente	38

FIGUREN

Figuur 1: Meetplaatsen van het depositiemeetnet verzuring	10
Figuur 2: Neerslaghoeveelheden op de meetposten in 2011	15
Figuur 3: De pH van de regenstalen op de 9 meetplaatsen in 2011	16
Figuur 4: NH ₃ -concentratie en droge depositie in 2011 per aanwezig vegetatietype	17
Figuur 5: Verzurende natte depositie en concentratie NH ₄ ⁺ in de neerslag in 2011	17
Figuur 6: Toetsing van de gemeten NH ₃ -concentraties aan het kritieke niveau voor vegetatie	18
Figuur 7: Evolutie van de NH ₃ -concentratie in Maasmechelen in de periode 2001-2011.....	19
Figuur 8: Concentratie en droge depositie van NO ₂ in 2011 per aanwezig vegetatietype.....	20
Figuur 9: Verzurende natte depositie en concentratie NO ₃ ⁻ in de neerslag in 2011	20
Figuur 10: Toetsing van de berekende NO _x -concentraties aan het kritieke niveau voor vegetatie	21
Figuur 11: Concentratie en droge depositie van SO ₂ in 2011 per aanwezig vegetatietype.....	22
Figuur 12: Verzurende natte depositie en concentratie SO ₄ ²⁻ in de neerslag in 2011	22
Figuur 13: Toetsing van de gemeten SO ₂ -concentraties aan het kritieke niveau voor vegetatie	23
Figuur 14: Totale verzurende depositie in 2011	24
Figuur 15: Totale vermestende depositie in 2011 – getoetst aan de VLAREM-streefwaarden	25
Figuur 16: Schematisch overzicht van het OPS-model.....	27
Figuur 17: Ligging van de Nederlandse meteo-zones voor OPS.....	28
Figuur 18: Orthogonale regressie tussen meet- en modelwaarden voor NO ₂ in 2011 (voor kalibratie) 30	
Figuur 19: Meetwaarden versus gekalibreerde modelwaarden voor NO ₂ in 2011	30
Figuur 20: Orthogonale regressie tussen meet- en modelwaarden voor SO ₂ in 2011 (voor kalibratie) 31	
Figuur 21: Meetwaarden versus gekalibreerde modelwaarden voor SO ₂ in 2011.....	32
Figuur 22: Orthogonale regressie tussen meet- en modelwaarden voor NH ₃ in 2011 (voor kalibratie) 33	
Figuur 23: Meetwaarden versus gekalibreerde modelwaarden voor NH ₃ in 2011.....	33
Figuur 24: Meetwaarden versus modelwaarden voor de natte depositie SO _x in 2011	34
Figuur 25: Meetwaarden versus modelwaarden voor de natte depositie NO _y in 2011	35
Figuur 26: Orthogonale regressie tussen meet- en modelwaarden voor de natte depositie NH _x in 2011	35
Figuur 27: Meetwaarden versus gekalibreerde modelwaarden voor de natte depositie NH _x in 2011 ..	36
Figuur 28: SO ₂ -jaargemiddelde in 2011 in Vlaanderen, 1x1 km ² receptorenrooster	37
Figuur 29: NO ₂ -jaargemiddelde in 2011 in Vlaanderen, 1x1 km ² receptorenrooster	38
Figuur 30: NH ₃ -jaargemiddelde in 2011 in Vlaanderen, 1x1 km ² receptorenrooster	39
Figuur 31: SO _x -depositie in 2011 in Vlaanderen, 1x1 km ² receptorenrooster.....	40
Figuur 32: SO _x -depositie in 2011 in Vlaanderen, gemiddelde per gemeente	41
Figuur 33: NO _y -depositie in 2011 in Vlaanderen, 1x1 km ² receptorenrooster	41
Figuur 34: NO _y -depositie in 2011 in Vlaanderen, gemiddelde per gemeente.....	42
Figuur 35: NH _x -depositie in 2011 in Vlaanderen, 1x1 km ² receptorenrooster.....	42
Figuur 36: NH _x -depositie in 2011 in Vlaanderen, gemiddelde per gemeente	43
Figuur 37: Totale verzurende depositie in 2011 in Vlaanderen, 1x1 km ² receptorenrooster	43
Figuur 38: Totale verzurende depositie in 2011 in Vlaanderen, gemiddelde per gemeente	44
Figuur 39: Totale vermestende depositie in 2011 in Vlaanderen, 1x1 km ² receptorenrooster	44
Figuur 40: Totale vermestende depositie in 2011 in Vlaanderen, gemiddelde per gemeente.....	45
Figuur 41: Gemiddelde Vlaamse verzurende deposities SO _x , NO _y en NH _x 1990-2011.....	46
Figuur 42: Gemiddelde Vlaamse vermestende deposities NO _y en NH _x 1990-2011	46
Figuur 43: Concentraties SO ₂ in Borgerhout in 2011	48
Figuur 44: Concentraties NO ₂ in Borgerhout in 2011	49
Figuur 45: SO ₂ -jaargemiddelde in de periode 2007-2011 aan meetpunten R801 en R802	50
Figuur 46: NO ₂ -jaargemiddelde in de periode 2007 – 2011 aan de meetpunten R801 en R802	50
Figuur 47: Relatie tussen de NO ₂ -concentraties aan meetpunten R801 en R802	51
Figuur 48: NO ₂ -concentraties in Gent en Borgerhout, gemeten met passieve samplers en monitoren 52	
Figuur 49: SO ₂ -concentraties in Borgerhout, gemeten met passieve samplers en monitoren	52
Figuur 50: Dalende trend in de NH ₃ -concentratie en –depositie	9
Figuur 51: Dalende trend in de NH ₄ ⁺ -depositie	10
Figuur 52: Dalende trend in de totale NH _x -depositie	12
Figuur 53: Dalende trend in de natte NO _y -depositie	14
Figuur 54: Dalende trend in de totale NO _y -depositie (Zeq/ha.j)	14
Figuur 55: Dalende trend in de SO ₂ -concentratie (µg/m ³).....	16
Figuur 56: Dalende trend in de SO ₄ ²⁻ -depositie.....	18

Figuur 57: Dalende trend in de totale SO _x -depositie	20
Figuur 58: Dalende trend in de droge N+S-depositie	22
Figuur 59: Dalende trend in de natte N+S depositie	24
Figuur 60: Dalende trend in de totale N+S-depositie	26
Figuur 61: Dalende trend in de droge vermistende depositie	28
Figuur 62: Dalende trend in de natte vermistende depositie	29
Figuur 63: Dalende trend in de totale vermistende depositie.....	31

TABELLEN

Tabel 1: Overzicht van de verzurende polluenten.....	10
Tabel 2: Kritieke niveaus voor de bescherming van de vegetatie (µg/m ³)	11
Tabel 3: VLAREM-streefwaarden voor verzurende depositie	11
Tabel 4: VLAREM-streefwaarden voor vermistende depositie	12
Tabel 5: Depositiesnelheid per polluent en vegetatietype (cm/s).....	13
Tabel 6: Aanwezige vegetatietypes per meetplaats.....	14
Tabel 7: Validatieresultaten voor NO ₂ in 2011	30
Tabel 8: Validatieresultaten voor SO ₂ in 2011	32
Tabel 9: Validatieresultaten voor NH ₃ in 2011	33
Tabel 10: Validatieresultaten voor de natte depositie in 2011	36
Tabel 11: Begin- en einddata van de meetperiodes in meetjaar 2011	47
Tabel 12: Minima, maxima en jaargemiddelde SO ₂ -concentraties in Borgerhout	49
Tabel 13: Minima, maxima en jaargemiddelde NO ₂ -concentraties in Borgerhout	49
Tabel 14: Jaargemiddelde van SO ₂ en NO ₂	51
Tabel 15: Neerslaghoeveelheden in 2011.....	3
Tabel 16: Meetresultaten concentratie verzurende polluenten	4
Tabel 17: Meetresultaten droge verzurende depositie (Zeq/ha.j)	5
Tabel 18: Meetresultaten natte verzurende depositie (Zeq/ha.j).....	6
Tabel 19: Meetresultaten totale verzurende depositie (Zeq/ha.j).....	6
Tabel 20: Meetresultaten droge vermistende depositie (kg N/ha.j)	7
Tabel 21: Meetresultaten natte vermistende depositie (kg N/ha.j)	7
Tabel 22: Meetresultaten totale vermistende depositie (kg N/ha.j).....	7
Tabel 23: Gemiddelde jaarlijkse afname (2001 – 2011) van de NH ₃ -concentratie met 95%-CI (µg/m ³)	8
Tabel 24: Gemiddelde jaarlijkse afname (2001 – 2011) NH ₃ -depositie met 95%-CI (Zeq/ha.j)	9
Tabel 25: Gemiddelde jaarlijkse afname van de natte NH ₄ ⁺ -depositie met 95%-CI (Zeq/ha.j).....	10
Tabel 26: Gemiddelde jaarlijkse afname van de totale NH _x -depositie met 95%-CI (Zeq/ha.j)	11
Tabel 27: Gemiddelde jaarlijkse afname van de natte NO _y -depositie met 95%-CI (Zeq/ha.j)	13
Tabel 28: Gemiddelde jaarlijkse afname van de totale NO _y -depositie met 95%-CI (Zeq/ha.j), voor de verschillende vegetatietypes	14
Tabel 29: Gemiddelde jaarlijkse afname (2001 – 2011) van de SO ₂ -concentratie met 95%-CI (µg/m ³)	15
Tabel 30: Gemiddelde jaarlijkse afname van de natte SO _x -depositie met 95%-CI(Zeq/ha.j)	17
Tabel 31: Gemiddelde jaarlijkse afname van de totale SO _x -depositie met 95%-CI (Zeq/ha.j)	19
Tabel 32: Gemiddelde jaarlijkse afname van de droge N+S-depositie met 95%-CI (Zeq/ha.j)	21
Tabel 33: Gemiddelde jaarlijkse afname van de natte N+S depositie met 95%-CI (Zeq/ha.j).....	23
Tabel 34: Gemiddelde jaarlijkse afname van de totale N+S-depositie met 95%-CI (Zeq/ha.j).....	25
Tabel 35: Gemiddelde jaarlijkse afname van de droge vermistende depositie met 95%-CI (kg N/ha.j)	27
Tabel 36: Gemiddelde jaarlijkse afname van de natte vermistende depositie met 95%-CI (kg N/ha.j).....	29
Tabel 37: Gemiddelde jaarlijkse afname van de totale vermistende depositie met 95%-CI (kg N/ha.j)	30

1 Inleiding

Dit rapport behandelt:

- meetgegevens van het depositiemeetnet verzuring van het meetjaar 2011 en trends in de periode 2001-2011;
- modelberekeningen van verzurende polluenten;
- kwaliteit en onderzoek binnen het depositiemeetnet verzuring.

Onder droge depositie wordt er verstaan: SO_2 , NO_2 , NH_3 (gemeten met passieve samplers).

Onder natte depositie wordt er verstaan: SO_4^{2-} , $\text{NO}_3^-/\text{NO}_2^-$, NH_4^+ (gemeten in regen met een Wet-Only toestel).

Voor achtergrondinformatie over verzuring en de werking van het depositiemeetnet verzuring verwijzen wij naar:

- het rapport 'Zure regen' in Vlaanderen, Depositiemeetnet verzuring 2005-2006, VMM, 2007;
- www.milieurapport.be, voor het MIRA Achtergronddocument 2007.

2 Situering

2.1 Het meetnet

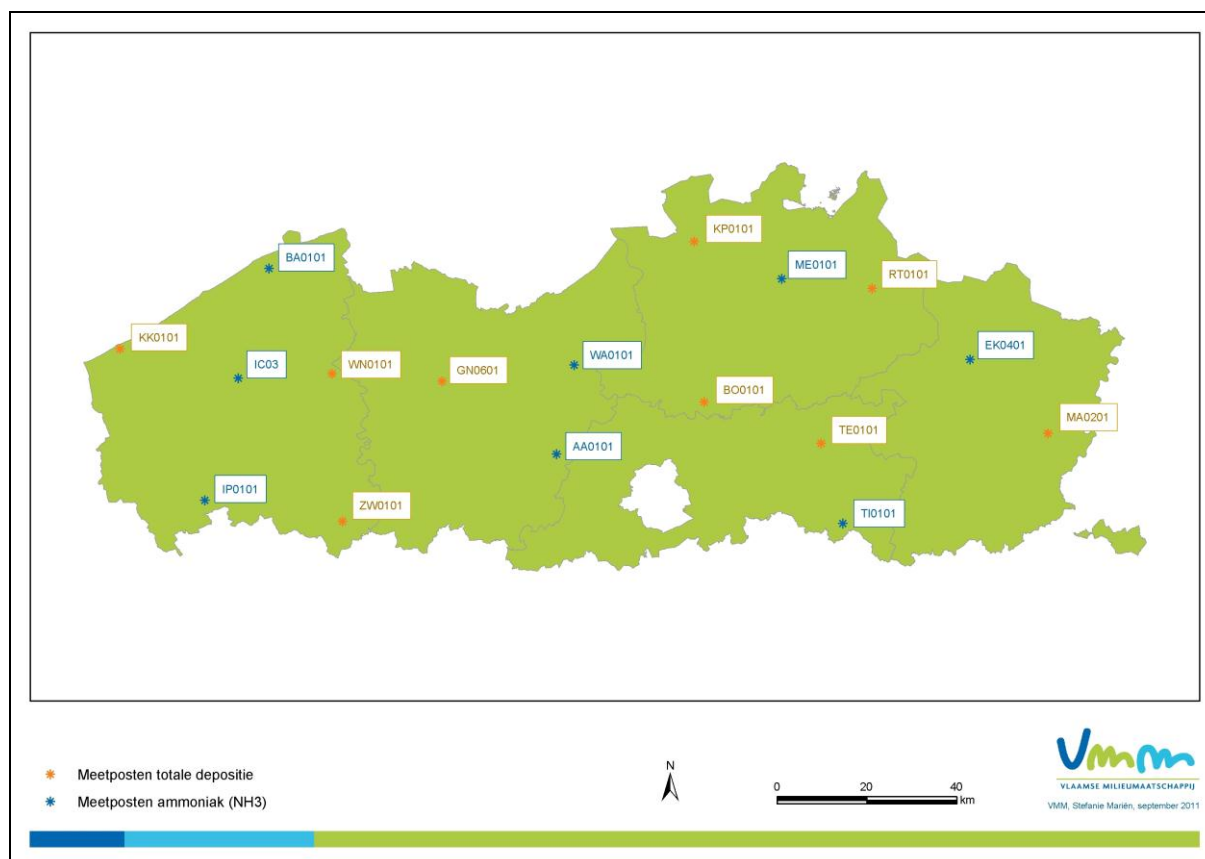
De VMM baat een depositiemeetnet verzuring uit. Dit meetnet bestaat uit 9 meetplaatsen waar de totale verzurende depositie wordt gemeten, dit wil zeggen de som van natte en droge depositie. Deze metingen bepalen de concentratie en depositie van:

Tabel 1: Overzicht van de verzurende polluenten

In de lucht – droge depositie	In de neerslag – natte depositie	Totaal in lucht en neerslag – totale depositie
Ammoniak (NH ₃)	Ammonium (NH ₄ ⁺)	NH _x
Stikstofoxiden (NO _x)	Nitraat (NO ₃ ⁻)	NO _y
Zwavel dioxide (SO ₂)	Sulfaat (SO ₄ ²⁻)	SO _x

Bij het bepalen van de meetplaatsen was de afstand tot mogelijke verontreinigingsbronnen een belangrijke factor. Zo zijn er bijvoorbeeld geen stallen, bedrijven of snelwegen vlak bij de meetplaatsen.

Naast 9 meetplaatsen om totale verzurende depositie te meten, zijn er 8 bijkomende meetplaatsen waar enkel concentratiemetingen van NH₃ gebeuren. Voor de meetplaatsen van NH₃ is het belangrijk om een divers beeld te krijgen binnen Vlaanderen, dit om de modellering te ondersteunen. Daarom gebeuren in Blankenberge, Ichtegem en Waasmunster de metingen wel tussen akkers. In Bijlage 1 vindt u informatie over de ligging van de meetplaatsen.



Figuur 1: Meetplaatsen van het depositiemeetnet verzuring

In dit rapport laten we de depositie door mist en de depositie door aërosolen (stof) buiten beschouwing. Uit literatuurstudie en veldtests blijkt dat investeren in toestellen voor het meten van depositie door mist niet kosteneffectief zou zijn, omdat er in Vlaanderen weinig mist is. Daartegenover staat dat een aanzienlijk deel van het fijn stof bestaat uit verzurende componenten. Zo toont de VMM-

studie “Chemkar PM10: hotspots”¹ aan dat een aanzienlijk deel van het fijn stof bestaat uit verzurende componenten. Zo bestaat het PM₁₀-stof in het landelijke achtergrondstation Retie, waar eveneens verzurende depositie gemeten wordt, voor 43,7% uit verzurende componenten, waarvan:

- SO₄²⁻ (14,0%),
- NH₄⁺ (8,4%),
- NO₃⁻ (21,3%).

Deze cijfers komen grosso modo overeen met de gemiddelde samenstelling in Vlaanderen.

2.2 Regelgeving

2.2.1 Droge depositie – concentratie in de lucht

De Europese richtlijn 2008/50/EG betreffende de luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa beschrijft kritieke niveaus² voor de bescherming van ecosystemen voor SO₂ en NO_x. Deze norm is samen met het kritieke niveau van de Wereldgezondheidsorganisatie (WGO)³ voor NH₃ opgenomen in Tabel 2.

Tabel 2: Kritieke niveaus voor de bescherming van de vegetatie (µg/m³)

	SO ₂	NO _x	NH ₃
Europese richtlijn 2008/50/EG	20	30	
WGO			8

De kritieke niveaus voor SO₂ en NO_x gelden per jaar en voor SO₂ ook voor het winterseizoen (volgens Europese Richtlijn) van 1 oktober tot en met 31 maart. In hoofdstuk 3 toetsen we het jaargemiddelde van NH₃, SO₂ en NO_x aan deze normen. De toetsing is indicatief omdat:

- er strikt genomen geen gebieden in Vlaanderen zijn die volledig voldoen aan de voorwaarden van inplanting van meetplaatsen, zoals opgelegd in de richtlijn;
- de metingen in het depositiemeetnet verzuring niet met de in de richtlijn aangeduide referentiemeetmethode gebeuren, maar met passieve samplers. Vergelijkende metingen met de referentiemethode tonen wel de vergelijkbaarheid ermee aan.⁴

2.2.2 Totale verzurende en vermestende depositie

Naast de normen voor concentraties, bestaan er ook streefwaarden voor:

- totale verzurende depositie, uitgedrukt in zuurequivalenten per hectare per jaar (Zeq/ha.jaar). Een Zeq is de eenheid om de verzuringsgraad van verontreinigde stoffen te meten.
- totale vermestende depositie, uitgedrukt in kilogram stikstof per hectare per jaar (kg N/ha.jaar). De vermestende depositie wordt veroorzaakt door depositie van NO_y en NH_x.

VLAREM II bepaalt streefwaarden afhankelijk van vegetatie- en bodemtype. U vindt deze in Tabel 3 en Tabel 4.

Tabel 3: VLAREM-streefwaarden voor verzurende depositie

Streefwaarde	Vegetatie- en bodemtype
1.400 Zeq/ha.j	Naaldbossen en heide op zandgronden
1.800 Zeq/ha.j	Loofbossen op armere zandgronden
2.400 Zeq/ha.j	Loofbossen op rijkere gronden

¹ Chemkar PM₁₀ ‘hotspots’: Chemische karakterisatie van fijn stof in Vlaanderen, 2010, VMM, 2011

² kritiek niveau: wetenschappelijk vastgesteld niveau waarboven directe ongunstige gevolgen kunnen optreden voor bijvoorbeeld bomen, andere planten en ecosystemen, doch niet voor de mens

³ WGO, Air Quality Guidelines for Europe, 2nd Edition, 2000

⁴ ‘Zure regen’ in Vlaanderen, Depositiemeetnet verzuring 2010, VMM, 2011

Tabel 4: VLAREM-streefwaarden voor vermestende depositie

Streefwaarde	Vegetatie- en bodemtype
14 kg N/ha.j	Loofbossen
5,6 kg N/ha.j	Meer natuurlijke soortensamenstelling in naaldbos, heide op zandgrond en vennen

3 Meetresultaten en trends

3.1 Algemeen

De VMM vangt in 26 periodes van telkens 14 dagen regenstalen op. In deze stalen bepaalt de VMM de concentratie aan NH_4^+ , SO_4^{2-} , NO_2^- en NO_3^- . Pluviografen meten op elke meetplaats nauwkeurig de neerslaghoeveelheid, om zo de natte verzurende depositie te kunnen bepalen.

Daarnaast meet de VMM de concentraties van NH_3 , SO_2 en NO_2 met passieve samplers. Op elke meetplaats hangen 3 samplers per pollutant. Met een gemiddelde van de gemeten concentraties, en depositiesnelheden uit de literatuur, wordt per vegetatietype de droge depositie berekend. De depositiesnelheid (Tabel 5) is van veel factoren afhankelijk, waaronder:

- het vegetatietype (gras, loofbos, naaldbos of heide);
- de verzurende component (SO_2 , NO_2 of NH_3);
- de ruwheidslengte: theoretische hoogte waar de gemiddelde windsnelheid nul benadert;
- de stomatale toestand: de toestand van afsluitbare openingen van de blad huid van planten. Via deze openingen gebeurt continu gasuitwisseling tussen het blad en de omgeving;
- het weer.

De depositiesnelheid die gebruikt wordt om de verzurende depositie te berekenen is een gemiddelde van verschillende literatuurwaarden. De spreiding van deze waarden is mee opgenomen in Tabel 5 en is een belangrijke factor bij het berekenen van de onzekerheid op de meting. Een meer nauwkeurige bepaling van de depositiesnelheid kan de fout op de meting aanzienlijk doen dalen.

De depositiesnelheid van NO_2 is hetzelfde voor de vier vegetatietypes. Deze zijn lager dan de depositiesnelheden van NH_3 en SO_2 . Voor SO_2 blijkt de depositiesnelheid het hoogst voor heide, gevolgd door naaldbos, loofbos en gras, terwijl deze van NH_3 het hoogste is in naaldbos.

Tabel 5: Depositiesnelheid per pollutant en vegetatietype (cm/s)

	SO_2	NO_2	NH_3
Gras	$0,9 \pm 0,6$	$0,25 \pm 0,15$	$1,1 \pm 0,4$
Heide	$1,2 \pm 0,4$	$0,25 \pm 0,15$	$1,5 \pm 0,7$
Loofbos	$0,9 \pm 0,6$	$0,25 \pm 0,15$	$1,9 \pm 1,1$
Naaldbos	$1,0 \pm 0,7$	$0,25 \pm 0,15$	$2,9 \pm 0,9$

Niet elk vegetatietype komt voor in de omgeving van alle meetplaatsen. Tabel 6 geeft een overzicht van de vegetatietypes per meetplaats.

Tabel 6: Aanwezige vegetatietypes per meetplaats

		Gras	Heide	Loofbos	Naaldbos
BO01	Bonheiden	X			
GN06	Gent	X			
KP01	Kapellen	X	X	X	X
KK01	Koksijde	X	X		
MA02	Maasmechelen	X	X	X	X
RT01	Retie	X	X	X	X
TE01	Tielt-Winge	X		X	
WN01	Wingene	X	X	X	
ZW01	Zwevegem	X		X	
AA01	Aalst	X		X	
BA01	Blankenberge	X			
EK04	Eksel	X	X	X	
IP01	Ieper	X			
IC03	Ichtegem 3	X		X	X
ME01	Malle	X	X	X	
TI01	Tienen	X			
WA01	Waasmunster	X			

Op basis van de metingen sinds 2001 bepaalt de VMM of er een trend waarneembaar is in de droge, natte, totale en vermestende depositie. Basis hiervoor is de studie "Trendanalyse verzuring in Vlaanderen"⁵.

3.2 Neerslagmetingen

3.2.1 Neerslaghoeveelheid

De natte depositie wordt berekend door de concentratie van elke pollutant met de neerslaghoeveelheid te vermenigvuldigen. Logischerwijs is er dus meer natte depositie, naarmate er meer neerslag valt. Deze stijging is echter niet lineair, omdat de concentratie meestal daalt bij grote neerslaghoeveelheden. Daarnaast beïnvloedt de hoeveelheid neerslag en de duur ervan ook de droge depositie. Hoe meer neerslag er valt, hoe meer de aanwezige verontreiniging uitgewassen wordt. Daardoor zal er na een regenbui minder droge depositie zijn.

Weegpluviografen registreren per kwartier de hoeveelheid gevallen neerslag. Figuur 2 toont:

- de neerslaghoeveelheden in 2011 in negen stations van het depositiemeetnet verzuring;
- het gemiddelde van deze negen stations;
- het KMI-neerslagtotaal, gemeten in Ukkel (814,9 mm);
- het KMI-10 jaar gemiddelde (2002-2011: 848,8 mm);
- de KMI-normaal⁶ van de jaarlijkse neerslag (852,4 mm).

Volgens het KMI is 2011 qua neerslaghoeveelheid een normaal jaar. Het neerslagtotaal gemeten in Ukkel in 2011 is hoger dan het VMM-gemiddelde (742,2 mm), maar lager dan:

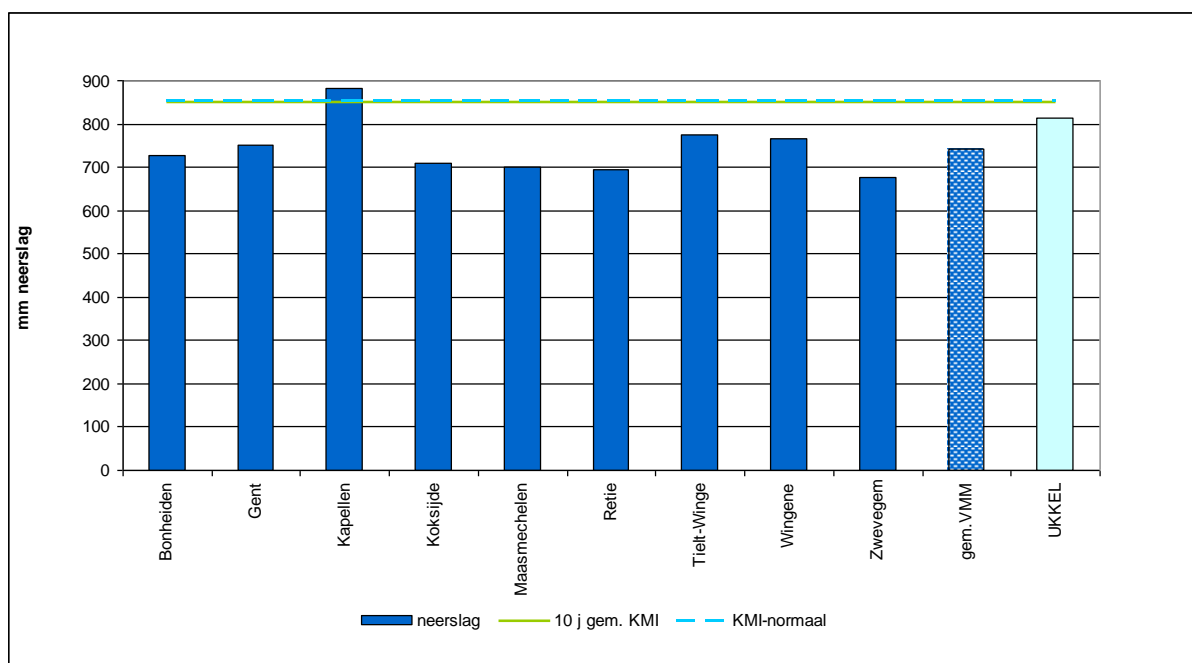
- de KMI-normaal van de jaarlijkse neerslag;
- het KMI-10 jaar gemiddelde.

Niet overal valt evenveel neerslag. In het depositiemeetnet verzuring valt in 2011 vooral Kapellen op, omdat het de enige meetplaats is met meer neerslag dan de KMI-normaal en het KMI-10 jaar gemiddelde.

⁵ Deschepper, E., Wuyts, K.; Staelens, J., Verheyen, K., Thas, O., Ottoy, J.P. 2008. Trendanalyse verzuring in Vlaanderen. Studie in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij. Eindrapport, Universiteit Gent

⁶ De normaal van een parameter is het gemiddelde van deze parameter voor de periode 1981-2010. Het referentiestation van het KMI is Ukkel.

U vindt de opgevangen hoeveelheid neerslag per meetplaats in Tabel 15 in Bijlage 2.



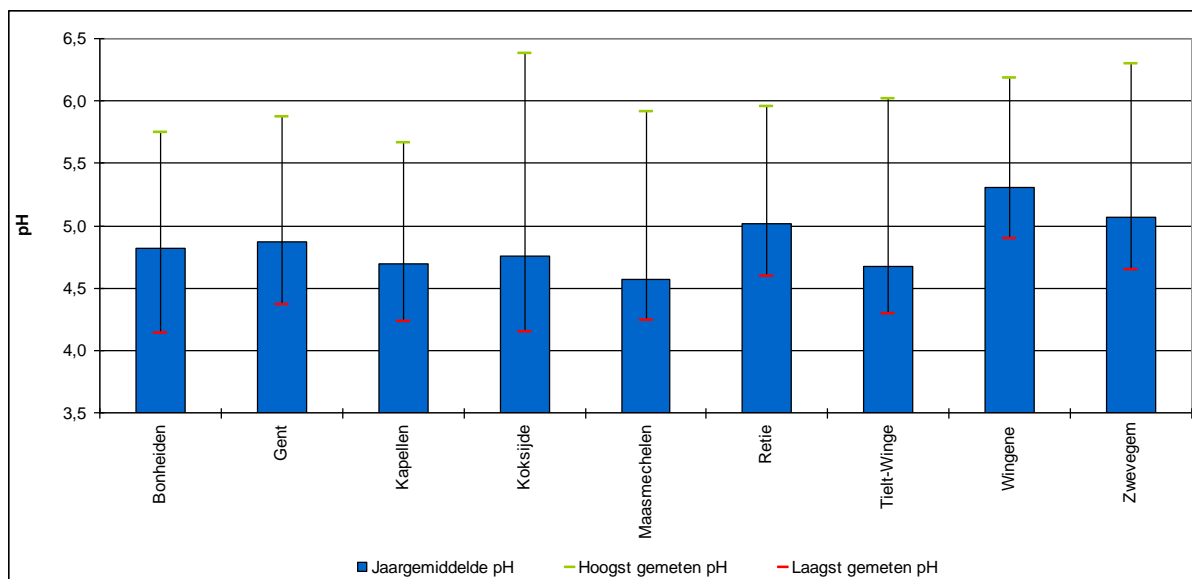
Figuur 2: Neerslaghoeveelheden op de meetposten in 2011

3.2.2 Zuurtegraad (pH) van de neerslag

De pH is de eenheid van zuurtegraad en varieert van 1, zeer zuur, tot 14, zeer basisch. Bij pH 7 is de vloeistof noch zuur noch basisch, neutraal dus. Regen is van nature licht zuur omdat CO_2 uit de lucht in het regenwater oplost en het zwakzure koolzuur vormt. Regenwater wordt als zuur beschouwd als de pH lager is dan 5,6 wat 25 keer zuurder is dan zuiver water.

De pH van regenwater geeft dus aan hoe zuur de neerslag is, maar is geen geschikte parameter om de verzurende depositie weer te geven. Ammoniak zorgt immers eerst voor een neutraliserende werking, maar wordt daarna door nitrificatie in de bodem omgezet in zuren. Om conclusies te trekken over de verzurende natte depositie, moeten we dus ook andere parameters bekijken.

Figuur 3 toont de jaargemiddelde pH van de neerslag per meetplaats op basis van 26 tweewekelijkse stalen. De verticale lijnen duiden de minimum- en maximumwaarden per meetplaats aan.



Figuur 3: De pH van de regenstalen op de 9 meetplaatsen in 2011

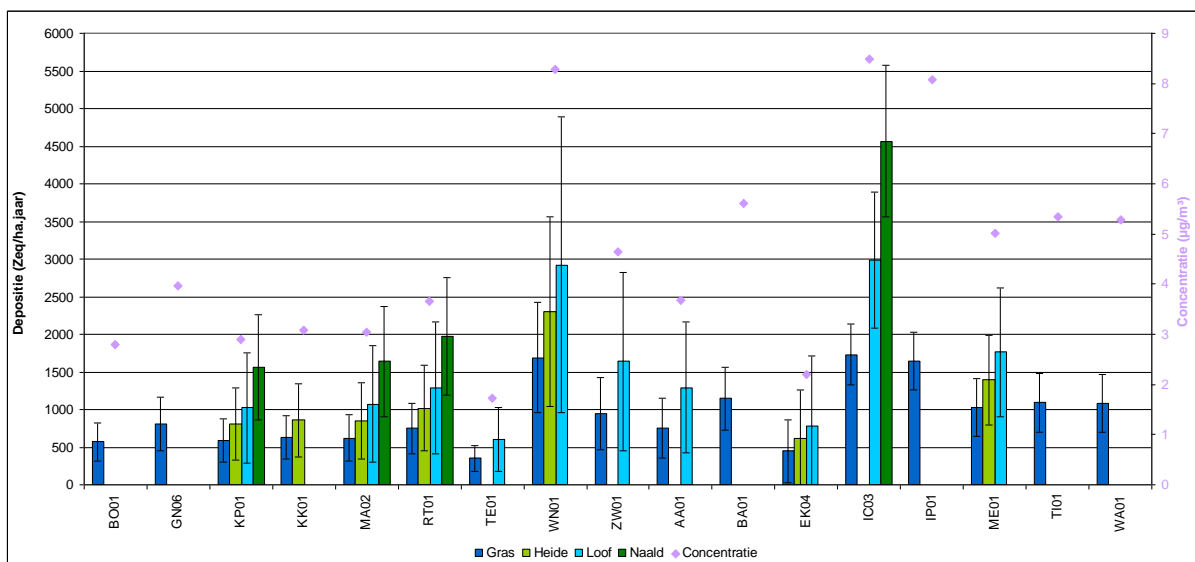
De jaargemiddelde pH situeert zich tussen 4,57 in Maasmechelen en 5,31 in Wingene. De pH in de tweewekelijkse regenstalen schommelt tussen 4,13 in Bonheiden in de tweede helft van januari en 6,38 in Koksijde in de eerste helft van maart. Ook in Wingene en Zwevegem liggen de maximale waarden vrij hoog (= minder zuur). Deze maxima worden steeds gemeten in periodes van bemesting, die gepaard gaan met hoge ammoniakwaarden die het zuur gedeeltelijk neutraliseren.

3.3 NH_x

3.3.1 Concentratie en depositie van NH₃ en NH₄⁺

Figuur 4 toont de concentraties en de droge deposities van NH₃ in 2011. De concentraties liggen tussen 1,72 µg/m³ in Tielt-Winge en 8,49 µg/m³ in Ichtegem. De deposities variëren per meetplaats en vegetatietype. De depositie is het laagst in Tielt-Winge op gras, 350 Zeq/ha, het hoogst in Ichtegem op naaldbos, 4.565 Zeq/ha. De meetplaats in Tielt-Winge ligt ver van mogelijke verontreinigingsbronnen. Bovendien ligt het Walenbos, dat de aangevoerde lucht filtert, ten zuidwesten van de meetplaats in de richting van de overheersende winden. De combinatie van deze twee factoren zorgt voor lage concentraties en deposities. De hoogste concentraties en deposities meten we op meetplaatsen met landbouwactiviteiten in de onmiddellijke omgeving.

De verticale zwarte lijnen in de grafiek tonen de onzekerheid op de meting. De onzekerheid wordt berekend aan de hand van metingen sinds 2001. Relatief is de onzekerheid van de depositie op elke meetplaats het hoogst voor loofbos, omdat ook de NH₃-depositiesnelheid een grotere onzekerheid heeft dan die van de andere vegetatietypes. De onzekerheid hangt verder ook af van de jaarlijkse variatie, de seizoensgebondenheid, de sampler en de onverklaarde variantie.

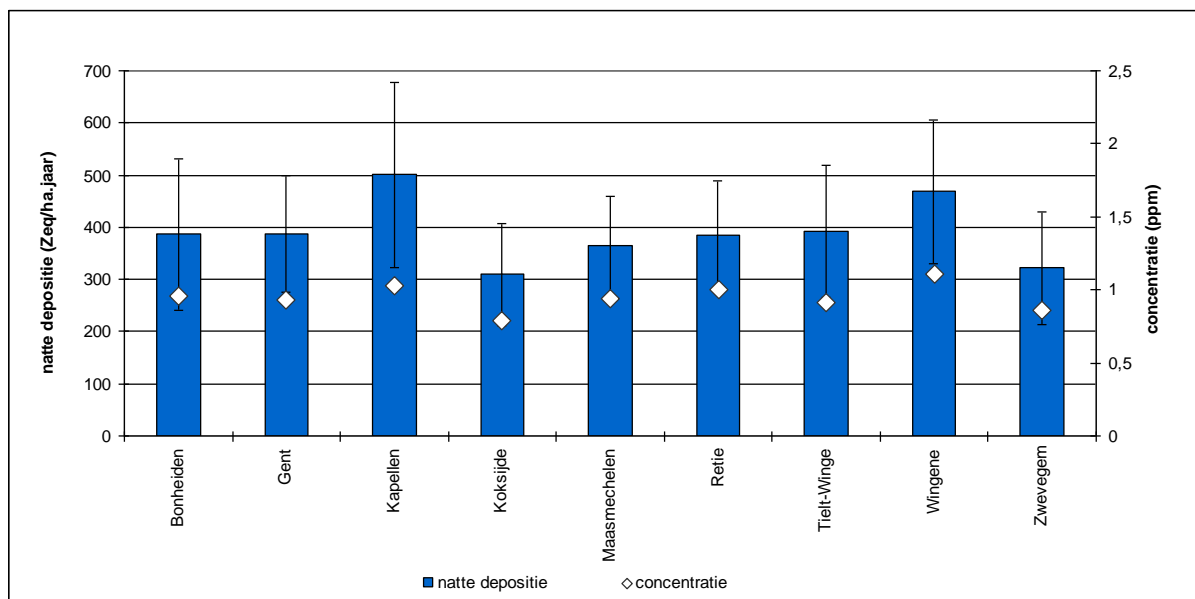


Figuur 4: NH₃-concentratie en droge depositie in 2011 per aanwezig vegetatietype

Figuur 5 toont de concentratie in de neerslag en de potentiële verzurende depositie van NH₄⁺. De concentratie van NH₄⁺ varieert tussen:

- 0,79 ppm in Koksijde;
- 1,10 ppm in Wingene.

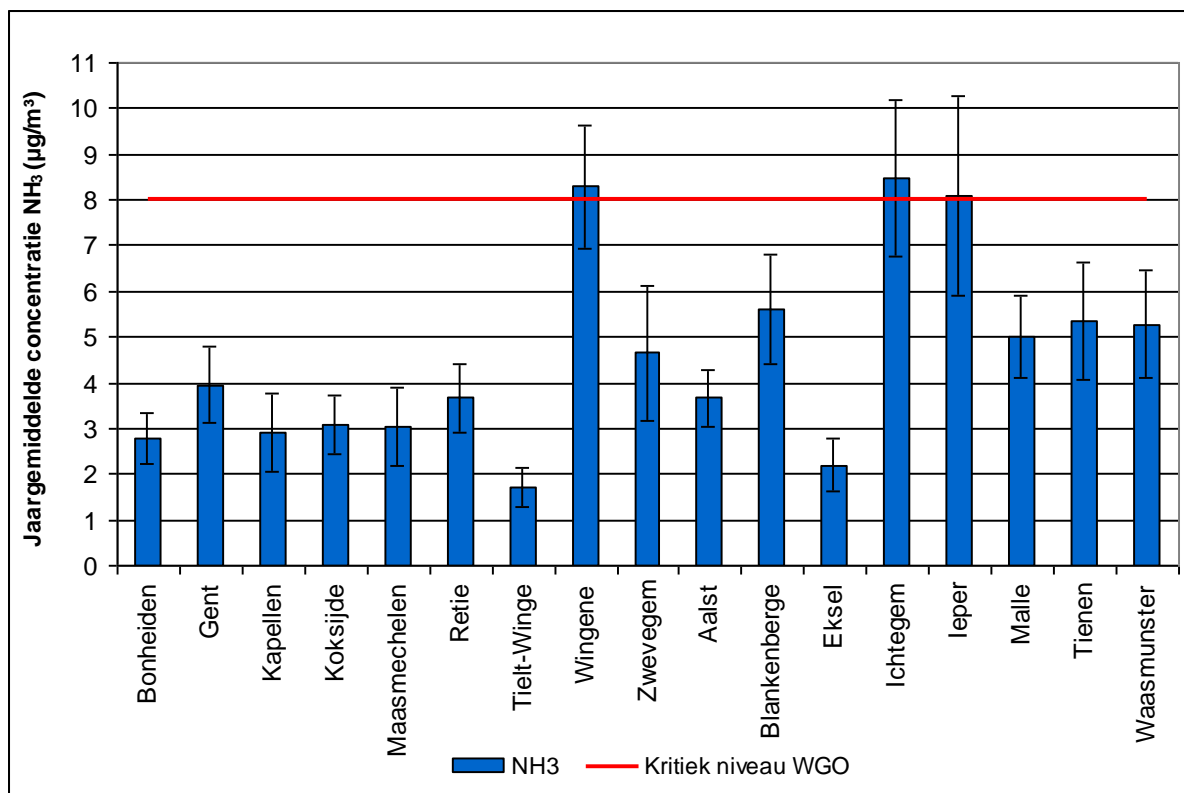
De depositie ligt tussen 310 Zeq/ha in Koksijde en 500 Zeq/ha in Kapellen. Hoewel de concentratie in Kapellen (1,02 ppm) lager is dan in Wingene, is de depositie toch hoger door de hoge hoeveelheid neerslag in Kapellen (zie Figuur 2).



Figuur 5: Verzurende natte depositie en concentratie NH₄⁺ in de neerslag in 2011

3.3.2 Toetsing aan regelgeving

Figuur 6 toetst de jaargemiddelde NH₃-concentratie van elke meetplaats aan het kritieke niveau voor vegetatie, vastgelegd door de WGO.



Figuur 6: Toetsing van de gemeten NH₃-concentraties aan het kritieke niveau voor vegetatie

In 2011 ligt de jaargemiddelde NH₃-concentratie op drie meetplaatsen hoger dan het kritieke niveau van 8 µg/m³. Omdat het kritieke niveau slechts een richtwaarde is, zijn er aan deze overschrijdingen geen sancties gekoppeld.

3.3.3 Trend sinds 2001

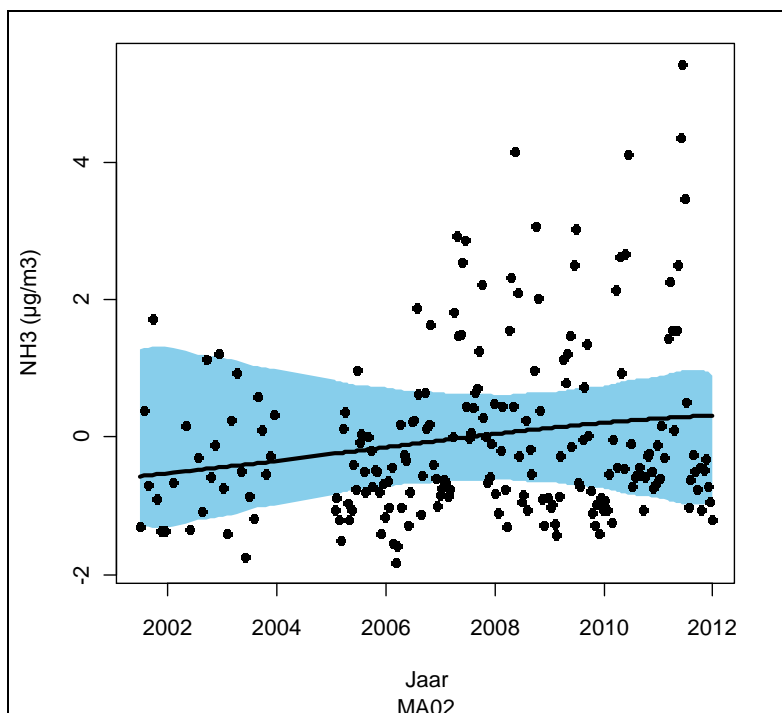
NH₃-concentratie en droge depositie

Op zeven van de negen meetplaatsen is er een dalende trend in de concentratie en droge depositie van NH₃. Deze trend is lineair in Kapellen, Koksijde, Gent, Tielt-Winge, Wingene en Zwevegem. In Retie daarentegen is de vastgestelde trend niet-lineair. Hierbij zien we dat de daling het grootst is in de periode van 2001 tot 2007. Verder in de tijd is de curve vlakker, wat wijst op een stabilisering van de NH₃-concentratie.

Bijlage 5 kwantificeert de trends in de NH₃-concentratie en stelt ze ook grafisch voor. De trends in de depositie zijn vergelijkbaar met deze in de concentratie.

In Bonheiden is de NH₃-concentratie in 2011 lager dan in 2002, maar het verschil is te klein om van een dalende trend te spreken.

Figuur 7 toont de evolutie van de NH₃-concentratie in Maasmechelen. Deze stijging van 2,28 µg/m³ in 2002 tot 3,04 µg/m³ in 2011 is echter onvoldoende om van een significant stijgende trend te spreken. De blauwe referentieband duidt immers de zone aan waar de trendlijn verwacht wordt indien er geen trend aanwezig is.



Figuur 7: Evolutie van de NH_3 -concentratie in Maasmechelen in de periode 2001-2011

NH_4^+ - natte depositie

Enkel in Wingene is er een dalende trend in de NH_4^+ -depositie. Deze trend is lineair, de depositie neemt jaarlijks gemiddelde af met $13,5 \pm 11,7$ Zeq/ha.

Totale depositie

In Bonheiden en Maasmechelen is er geen trend in de totale depositie. Op de 7 andere meetplaatsen is er voor elk vegetatietype een dalende trend. In Kapellen is deze minder uitgesproken dan op andere locaties. De dalende trend is voornamelijk een gevolg van de maatregelen gericht op de landbouw⁷. Opvallend is dat algemeen de daling minder uitgesproken is dan in de periode tot 2010. Dit toont aan dat de genomen maatregelen een beperkt effect hebben. Voor een verdere daling van de NH_x -depositie zijn dus bijkomende maatregelen nodig.

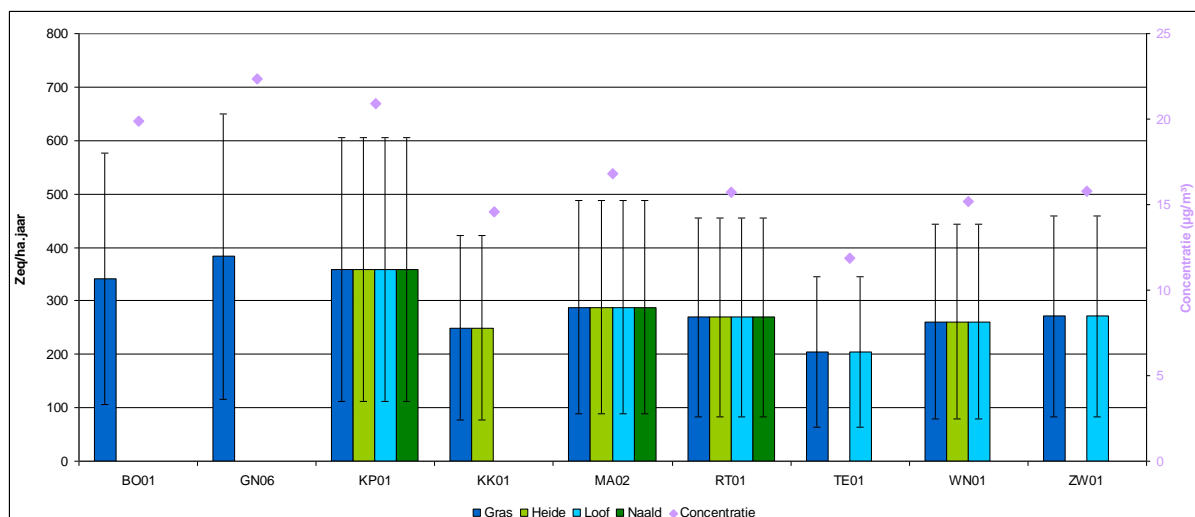
Bijlage 5 toont de cijfers en de figuren van de trends in depositie op gras. Voor de andere vegetatietypes verloopt de trend analoog. Net als bij de concentratie en droge depositie geldt ook hier voor de niet-lineaire trends dat de grootte van de daling afneemt met de tijd.

3.4 NO_y

3.4.1 Concentratie en depositie van NO_2 en NO_2^- , NO_3^-

Figuur 8 toont de NO_2 -concentraties en droge deposities in 2011. Gent is de meetplaats met de hoogste NO_2 -concentratie, namelijk $22,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Analoog aan NH_3 scoort Tielt-Winge met $11,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ het laagst. Omdat de depositiesnelheid van NO_2 onafhankelijk is van het vegetatietype, is per meetplaats de depositie voor elk vegetatietype gelijk. Ze varieert van 204 Zeq/ha in Tielt-Winge tot 383 Zeq/ha in Gent.

⁷ Lozingen in de lucht 1990-2009, VMM, 2009



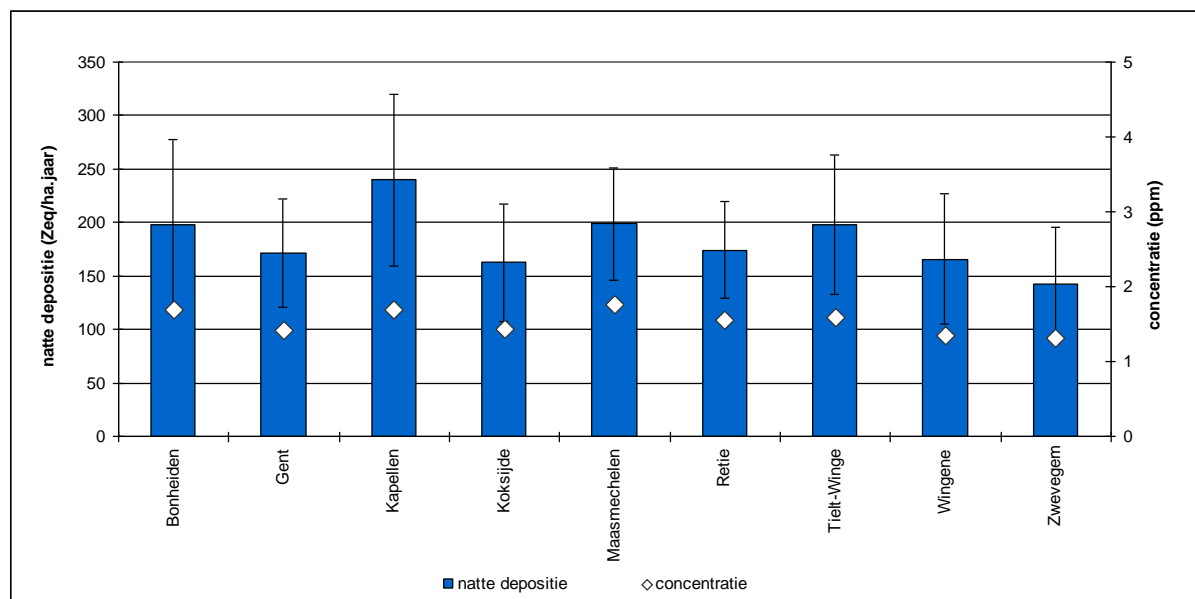
Figuur 8: Concentratie en droge depositie van NO₂ in 2011 per aanwezig vegetatietype

Figuur 9 toont de NO₃⁻-concentratie en de natte depositie. De laagste NO₃⁻-concentraties komt voor in Zwevegem met 1,31 ppm. De depositie in Zwevegem is 143 Zeq/ha ppm.

De hoogste concentraties treffen we aan in:

- Maasmechelen met 1,76 ppm;
- Kapellen met 1,69 ppm.

De hoge neerslaghoeveelheid in Kapellen zorgt daar voor een depositie van 240 Zeq/ha, tegenover 199 Zeq/ha in Maasmechelen.



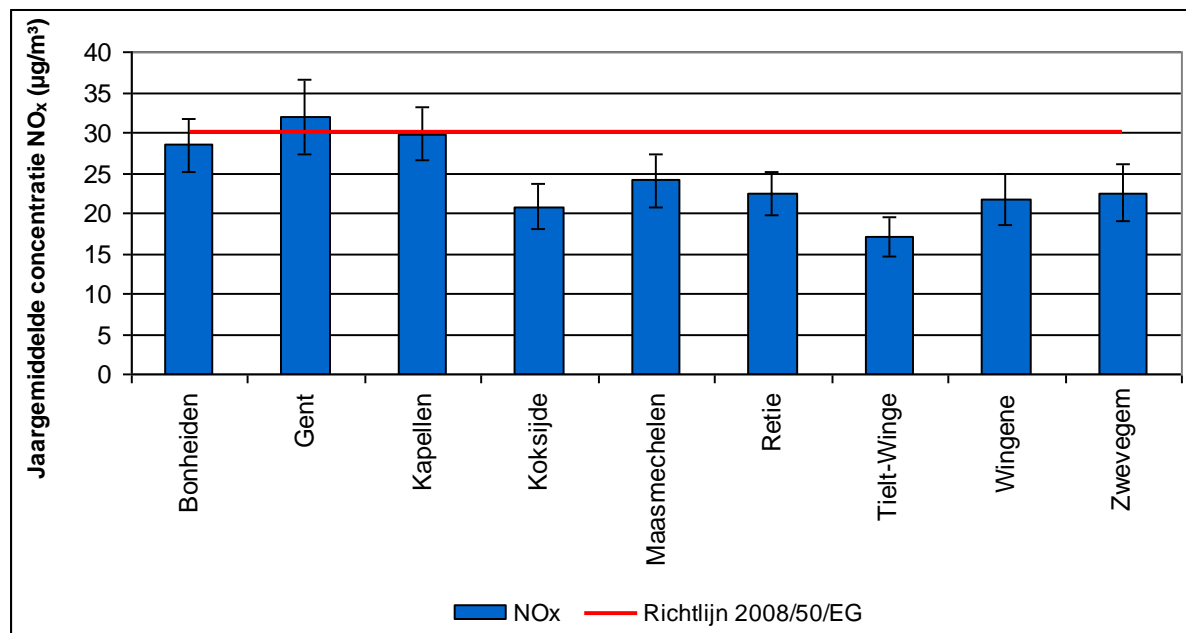
Figuur 9: Verzurende natte depositie en concentratie NO₃⁻ in de neerslag in 2011

3.4.2 Toetsing aan regelgeving

De Europese richtlijn 2008/50/EG bepaalt een kritiek niveau voor NO_x (zie Tabel 2). Om een indicatieve toetsing van de gemeten NO₂-concentraties uit te voeren, moeten we deze eerst omzetten naar NO_x-concentraties. De gebruikte omzettingfactor is bepaald aan de hand van de gemiddelde verhouding, van NO_x- en NO₂-uurwaarden in 2011, van 9 landelijke telemetrische achtergrondstations, en bedraagt 1,43.

Figuur 10 toont de toetsing van de NO_x-concentraties aan de Europese richtlijn. Bekijken we het jaargemiddelde voor NO_x in Gent, zien we dat deze het kritieke niveau overschrijdt. Als we echter

rekening houden met meetonzekerheden, krijgen we een foutenmarge. We zien dan dat de kritieke waarde wel binnen deze foutenmarge valt. Voor Bonheiden en Kapellen zien we het omgekeerde. De jaargemiddelde concentratie ligt hier onder de norm van $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, maar rekening houdend met de foutenmarges, zitten deze meetplaatsen ook in de gevarenszone. Op de andere meetplaatsen ligt zowel het meetresultaat als de foutenmarge onder het kritieke niveau opgelegd in de Europese richtlijn.



Figuur 10: Toetsing van de berekende NO_x-concentraties aan het kritieke niveau voor vegetatie

3.4.3 Trend sinds 2001

NO₂-concentratie en droge depositie

Er zijn geen trends in de concentratie en droge depositie van NO₂.

Reeds genomen maatregelen hebben enkel als resultaat dat er geen stijging van de concentratie is. Omdat er nog overschrijdingen van het kritieke niveau zijn, is er nood aan verdere acties. Het MINA-4 legt deze vast voor de periode 2011-2015. Voor verkeer blijft het beleid zich richten op een duurzaam mobiliteitsbeleid, milieuvriendelijke voertuigen en rijgedrag. Bijkomend wordt ingezet op economische instrumenten voor verkeer.

Natte depositie

Op vijf meetplaatsen daalde de natte depositie in de periode 2001-2011:

- Maasmechelen,
- Retie,
- Tielt-Winge,
- Wingene,
- Zwevegem.

In Tielt-Winge en Maasmechelen is deze trend echter slechts marginaal significant. Bijlage 6 geeft meer informatie over deze trends.

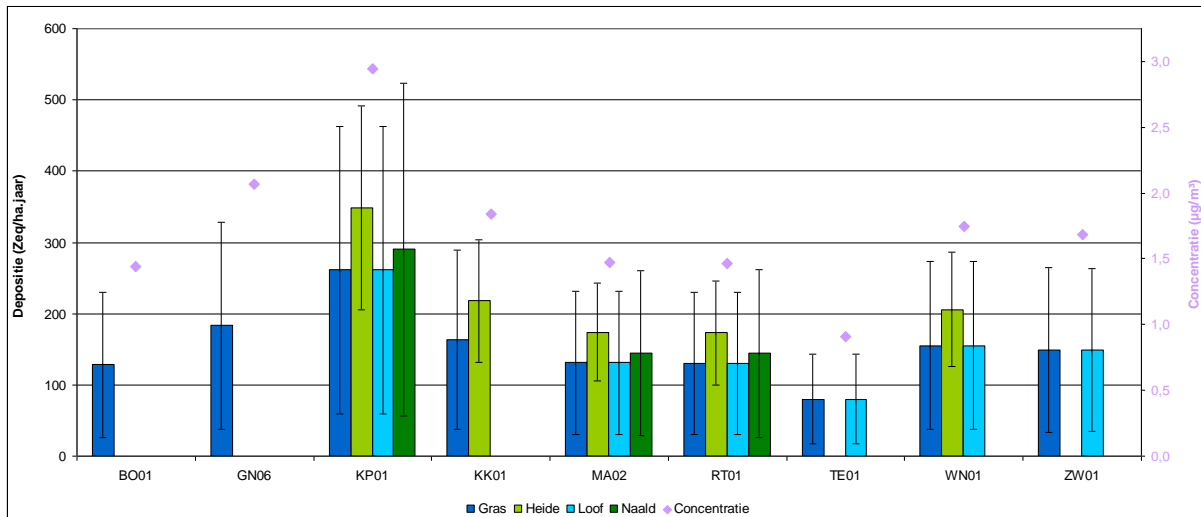
Totale depositie van NO_y

Enkel in Retie is er een dalende trend in de totale NO_y-depositie, met een jaarlijkse afname van $12,7 \pm 11,0 \text{ Zeq}/\text{ha}$. Op de andere meetplaatsen is er geen trend.

3.5 SO_x

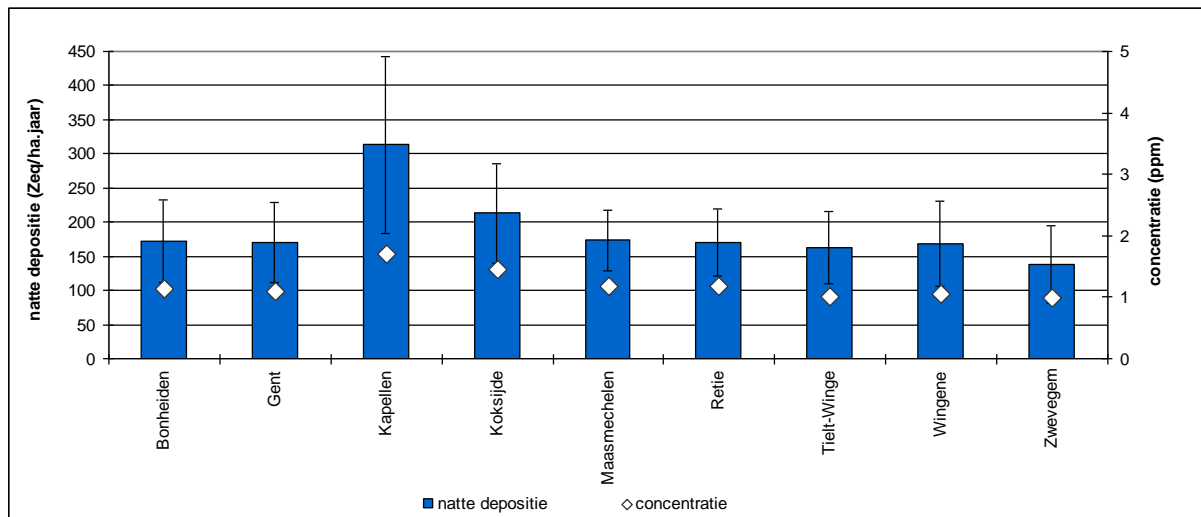
3.5.1 Concentratie en depositie van SO₂ en SO₄²⁻

Figuur 11 toont de concentratie en droge depositie van SO₂ in 2011. De jaargemiddelde SO₂-concentratie varieert tussen 0,91 µg/m³ in Tielt-Winge en 2,94 µg/m³ in Kapellen. De depositie is afhankelijk van het vegetatietype en varieert van 80 Zeq/ha op gras en loofbos in Tielt-Winge tot 348 Zeq/ha op heide in Kapellen. De hoge waarden in Kapellen kunnen verklaard worden door de ligging van de Antwerpse haven ten zuidwesten, de hoofdwindrichting, van de meetplaats. De hoge concentratie in Koksijde is dan weer deels het gevolg van een natuurlijke aanvoer van zeezout.



Figuur 11: Concentratie en droge depositie van SO₂ in 2011 per aanwezig vegetatietype

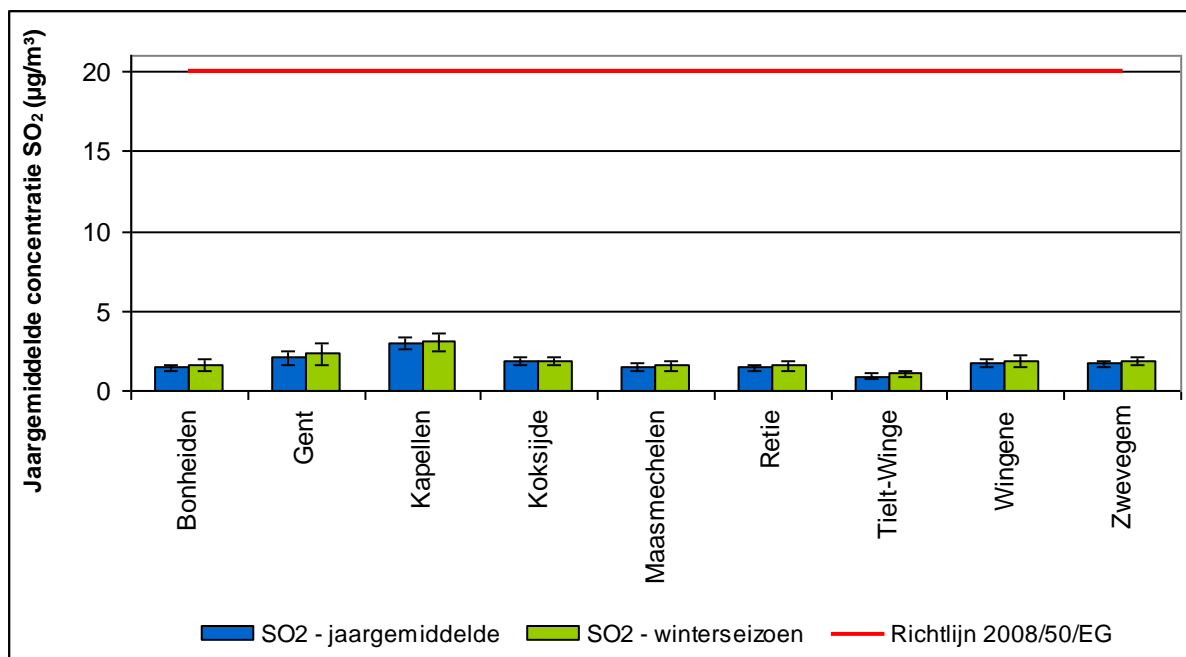
De concentraties SO₄²⁻ in de neerslag variëren tussen 0,99 ppm in Zwevegem en 1,71 ppm in Kapellen. Deze resulteren in een depositie tussen 139 Zeq/ha in Zwevegem en 313 Zeq/ha in Kapellen.



Figuur 12: Verzurende natte depositie en concentratie SO₄²⁻ in de neerslag in 2011

3.5.2 Toetsing aan regelgeving

Figuur 13 toont dat er voor SO₂ geen overschrijdingen zijn van het kritieke niveau uit de Europese richtlijn, dit zowel voor het jaargemiddelde, als de waarden van het winterseizoen. Deze resultaten liggen in de lijn van de vorige meetjaren.



Figuur 13: Toetsing van de gemeten SO_2 -concentraties aan het kritieke niveau voor vegetatie

3.5.3 Trend sinds 2001

Trend in de SO_2 -concentratie en -depositie

Op alle meetplaatsen stellen we een daling van concentratie en depositie vast. De daling is lineair in Gent, Retie en Zwevegem. De daling situeert zich vooral in de tweede helft van de periode 2001-2011. De figuren in Bijlage 7 illustreren dit voor de gemeten concentraties. Omdat de depositiesnelheid niet verandert doorheen de jaren, verlopen de trends in de depositie analoog.

Trend in de natte depositie

Ook de natte depositie evolueert. Op alle meetplaatsen is er een lineaire dalende trend. Bijlage 7 toont de cijfers en figuren.

Trend in de totale depositie

Wanneer we de totale depositie bekijken, zien we op alle meetplaatsen een daling van de SO_x -depositie (Bijlage 7). Deze trend is niet lineair in Maasmechelen en Tielt-Winge voor alle vegetatietypes, en in Wingene voor heide en naaldbos.

Het zijn vooral de inspanningen van de elektriciteitscentrales en het dalende zwavelgehalte in brandstoffen die aan de basis liggen van de dalende SO_x -depositie⁸.

3.6 Totale verzurende depositie

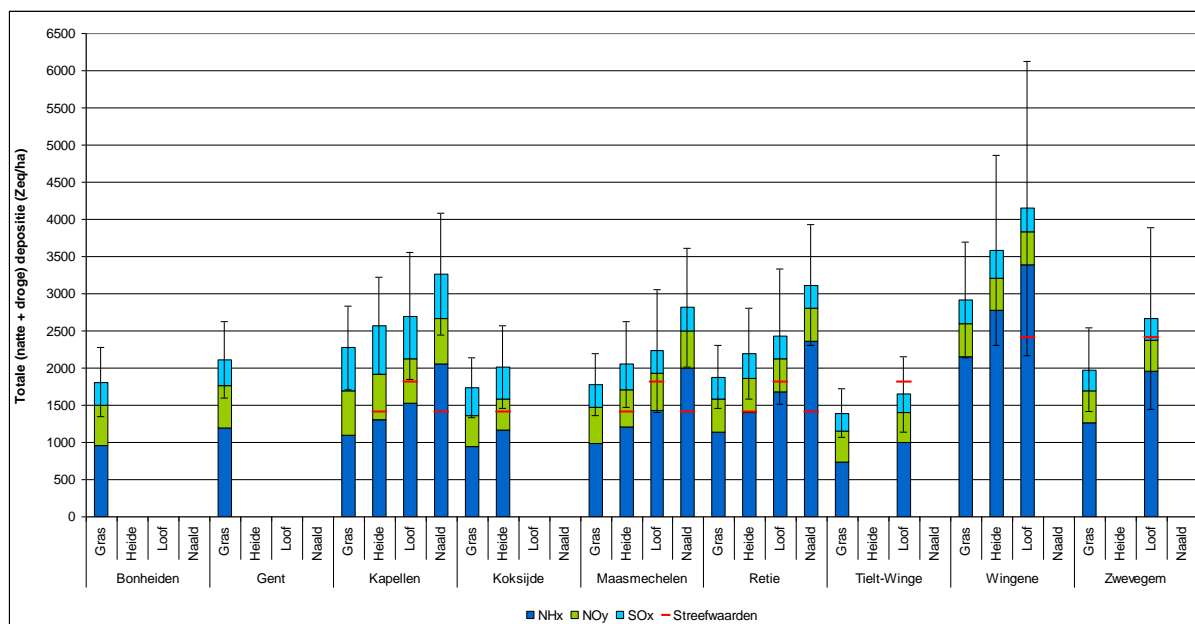
3.6.1 Resultaten

De totale verzurende depositie is de som van de natte en de droge depositie. Op basis van de metingen binnen het depositiemeetnet verzuring kunnen we de totale verzurende depositie voor 9 meetplaatsen bepalen.

Figuur 14 toont per meetplaats de totale depositie voor de vegetatietypes die aanwezig zijn in de onmiddellijke omgeving. Deze grafiek geeft duidelijk aan dat de verzurende depositie vooral bestaat uit NH_x . Het aandeel van NH_x in de verzurende depositie varieert tussen 38% op gras in Kapellen tot

⁸ Lozingen in de lucht 1990-2009, VMM, 2009

82% op loofbos in Wingene. Het is vooral in de gebieden met intensieve landbouwactiviteiten dat NH_x de grootste bijdrage levert aan de verzurende depositie.



Figuur 14: Totale verzurende depositie in 2011

3.6.2 Toetsing aan streefwaarden

De meetresultaten voor heide en loof- en naaldbos kunnen we toetsen aan de streefwaarden in VLAREM II, zie Tabel 3. Buiten Wingene en Zwevegem liggen alle meetplaatsen op een zandige ondergrond, zodat de verzurende depositie niet hoger mag liggen dan:

- 1.400 Zeq/ha voor heide en naaldbossen;
- 1.800 Zeq/ha voor loofbossen.

Enkel voor loofbos in Tielt-Winge ligt de gemeten verzurende depositie lager dan de streefwaarde. Op de andere meetplaatsen respecteren de gemeten waarden de streefwaarden niet.

In Wingene en Zwevegem kunnen we de meetresultaten van loofbos toetsen aan de streefwaarde van 2.400 Zeq/ha, maar ook op deze meetplaatsen is sprake van een overschrijding.

3.6.3 Trend sinds 2001

De totale droge verzurende depositie daalt op alle meetplaatsen, behalve in Maasmechelen. Bijlage 8 (Tabel 32 en Figuur 58) kwantificeert en illustreert deze trends, die voor alle vegetatietypes lineair zijn.

De natte verzurende depositie daalt op alle meetplaatsen, behalve Gent. De trend is overal lineair. In Maasmechelen is de trend slecht marginaal significant. De grootte van de trends vindt u terug in Bijlage 8, Tabel 33.

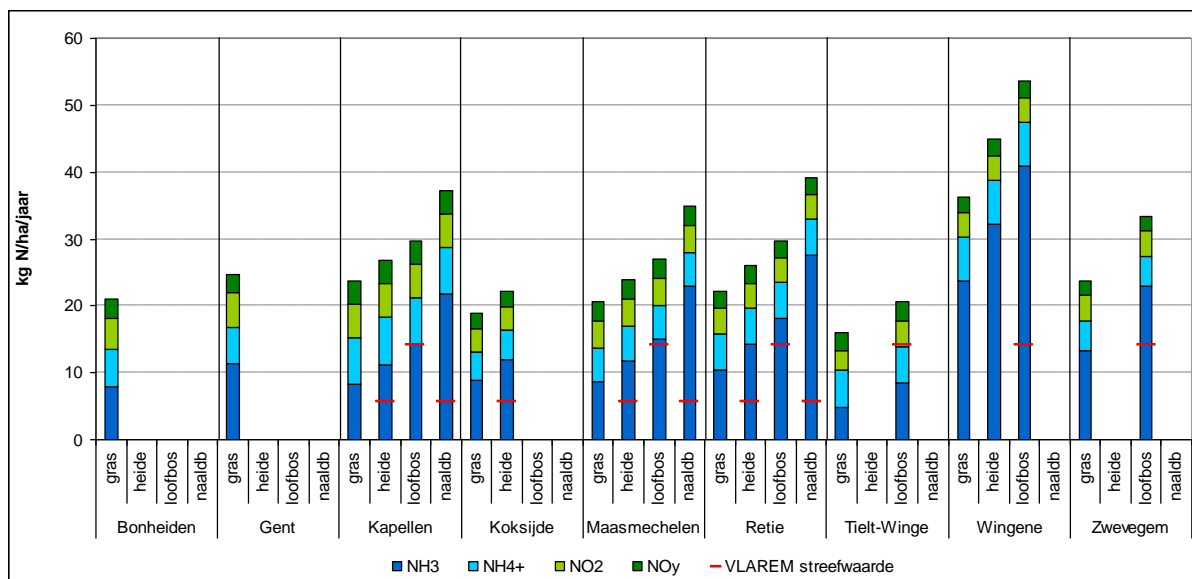
Wanneer we de droge en natte depositie optellen, zien we een dalende trend in alle meetplaatsen behalve Maasmechelen (Bijlage 8, Tabel 34). De daling is lineair voor alle aanwezige vegetatietypes. Figuur 60 in Bijlage 8 schetst de verschillende trends in de totale verzurende depositie.

3.7 Vermesting

3.7.1 Meetresultaten en toetsing aan de streefwaarden

Figuur 15 toont de bijdrage van de verschillende pollutanten aan de totale vermestende depositie in 2011. De meetresultaten vindt u in Bijlage 4, in tabelvorm. Wanneer we de depositie per vegetatietype vergelijken met de VLAREM-streefwaarden (Tabel 4), zien we dat de vermestende depositie te hoog

is op alle meetplaatsen. Dit is ook zo voor loofbos in Tielt-Winge, waar de verzurende depositie wel onder de VLAREM-norm ligt.



Figuur 15: Totale vermistende depositie in 2011 – getoetst aan de VLAREM-streefwaarden

3.7.2 Trend in de vermistende depositie

De droge vermistende depositie kent een lineair dalende trend op 6 meetplaatsen, namelijk in Gent, Kapellen, Koksijde, Wingene, Tielt-Winge en Zvevegem. In Retie is er een niet-lineaire dalende trend.

In Maasmechelen en Bonheiden is de verandering in de droge vermistende depositie te beperkt om van een trend te kunnen spreken. Het verschil tussen deze twee meetplaatsen is dat in Bonheiden de droge vermistende depositie in 2011 lager is dan in 2001, terwijl in Maasmechelen de droge vermistende depositie hoger ligt in 2011 dan in 2001.

De natte vermistende depositie kent een daling in Retie en Wingene. In Wingene is deze dalende trend slechts marginaal significant. Op de andere meetplaatsen is er geen trend in de natte vermistende depositie in de periode van 2001 tot en met 2011.

De trend in de totale vermistende depositie is analoog aan de trend in de droge vermistende depositie. Er is dus een daling op zeven van de negen meetplaatsen, hier wel steeds lineair.

Figuren en cijfers over de trends in vermistende depositie vindt u in Bijlage 9.

4 Modelberekeningen

4.1 Het VLOPS-model

4.1.1 Inleiding

Naast het weergeven van meetresultaten op de meetpunten in Vlaanderen, is het ook mogelijk om de verspreiding van de verzurende en vermestende depositie te berekenen met een atmosferisch transport- en dispersiemodel. Zo'n model heeft als voordeel de situatie voor heel Vlaanderen in kaart te kunnen brengen in plaats van enkel voor een aantal meetlocaties.

Het VLOPS-model wordt gebruikt om onder andere de concentraties en deposities van verzurende stoffen in kaart te brengen. VLOPS staat voor Vlaamse versie Operationeel Prioritaire Stoffen en berekent jaargemiddelde concentraties en deposities op basis van enerzijds emissiegegevens en anderzijds de jaarlijkse meteogegevens.

De emissiegegevens worden aangeleverd door bedrijven of zijn gebaseerd op ramingen en/of emissiemodellen (bijvoorbeeld verkeer). De meteogegevens zijn afkomstig van meteomasten. Na validatie en eventueel kalibratie met meetgegevens, zet GIS-software de resultaten om tot kaartmateriaal.

4.1.2 Voorstelling van het model

Het VLOPS-model is een atmosferisch transport- en dispersiemodel dat de verspreiding en depositie van verzurende bestanddelen en onder meer zware metalen op lokale, maar vooral op regionale schaal modelleert. Het model werd oorspronkelijk ontwikkeld onder de naam OPS door het Nederlandse Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM)⁹. De VITO werkte dit in opdracht van de VMM verder uit voor Vlaanderen en zorgde voor een gebruiksvriendelijke PC-versie met een functionele user interface waarin alle invoerparameters kunnen worden gekozen.

Het Vlops-model berekent concentraties en deposities uitgaande van:

- emissiegegevens van puntbronnen en oppervlaktebronnen;
- een meteorologische statistiek;
- gegevens over het receptorgebied.

In de huidige versie zijn de Vlaamse emissiegegevens gebaseerd op de meest recente cijfers van de Emissie-Inventaris Lucht van de VMM¹⁰. De gegevens voor bronnen buiten Vlaanderen zijn afkomstig van de EMEP- en CORINAIR-emissie-inventaris en worden gespreid met de emissie-preprocessor E-MAP¹¹. De emissies worden opgedeeld in 45 sectoren voor Vlaanderen en 10 sectoren buiten Vlaanderen¹².

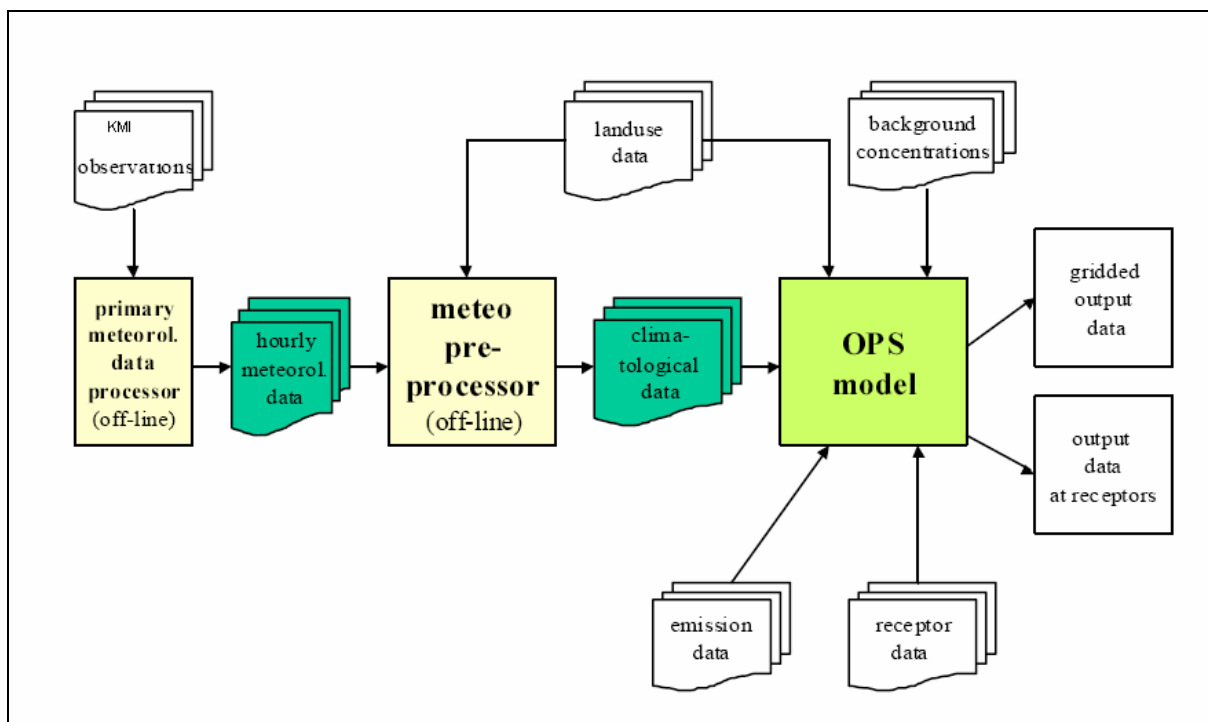
De gebruiker bepaalt voor welke receptoren de berekeningen gebeuren. Meestal is dit voor heel Vlaanderen, met een ruimtelijke resolutie van 1x1 km². VLOPS kan eveneens rekenen voor een door de gebruiker ingegeven lijst van puntlocaties. Zo is het mogelijk om de meetresultaten van het meetnet te vergelijken met VLOPS-berekeningen (zie verder bij validatie). Figuur 16 geeft een gedetailleerd schema van de gegevensstructuur rond het OPS-model (Van Jaarsveld, 2004).

⁹ Van Jaarsveld, J.A. 2004. The Operational Priority Substances Model, RIVM Rapport 500045001/2004. Bilthoven, Nederland

¹⁰ Lozingen in de lucht 1990-2011, VMM, 2012

¹¹ Maes, J. et al. 2008. Nieuw concept voor de emissieprocessor van BelEUROS (E-map), VITO-rapport n° 2008/IMS/R/217

¹² Veldeman, N. et al., 2011. Herwerken van Vlaamse emissiedataset volgens nieuwe sectorindeling en nieuwe spreidingspatronen. Eindrapport. VITO, Mol



Figuur 16: Schematisch overzicht van het OPS-model

Voor wie meer wil weten...

Het OPS model is een analytisch model dat voor de lokale schaal gebruik maakt van de Gaussische dispersieformule. Voor transport over grotere afstand werkt het model als een Lagrangiaans trajectoriemodel. Dit model verrekent alle fysico-chemische processen tijdens het transport in een assenstelsel dat meereist met de emissie. Een Euleriaans transportmodel daarentegen verrekent al die processen in een assenstelsel dat vastligt aan het modeldomein, wat de beschrijving van die processen moeilijker maakt omwille van het transport.

Het model maakt gebruik van een statistisch klimatologisch bestand dat wordt aangemaakt op basis van enkele actuele meteorologische waarnemingen afkomstig van meteomasten (uurlijks gemeten waarden voor windrichting en windsnelheid, globale straling, temperatuur, relatieve vochtigheid, neerslagduur en neerslaghoeveelheid) en is statistisch in de zin dat voorkomende verspreidingsituaties vooraf in een preprocessor worden verdeeld over een aantal klassen (transportrichting, atmosferische stabiliteit, transportschaal) waarbij de bijbehorende verspreidingsparameters worden bepaald aan de hand van de eigenschappen van alle trajectorieën die binnen de klasse vallen. In de meteostatistiek wordt onderscheid gemaakt tussen zes verschillende stabiliteitsklassen met elk hun eigen menglaaghoogteverdeling. Verdere invoergegevens hebben betrekking op de receptoren (coördinaten, ruwheidslengte, landgebruik) en op de emissiebronnen (coördinaten, emissiesterkte, hoogte, warmteinhoud, horizontale afmeting indien oppervlaktebron, dagverloop en deeltjesgrootteverdeling)

De chemische omzettingen worden beschreven met lineaire eerste orde vergelijkingen. De droge depositie wordt beschreven aan de hand van een hoogteonafhankelijke depositieflux. Deze wordt afgeleid uit de verticale depositiesnelheid op een bepaalde hoogte (50 meter) en de concentratie aan het oppervlak. Bij de berekening van de natte depositie worden twee processen onderscheiden: uitwassen en uitregenen. De natte depositie bij uitwassing wordt gemodelleerd met behulp van een uitwassingscoëfficiënt. Uitregenen gebeurt nadat de pluim de wolk is binnengedrongen en dus op grotere afstanden van de bron. Dit wordt eveneens gemodelleerd met behulp van een coëfficiënt. Een gedetailleerde beschrijving van het programma werd gegeven door van Jaarsveld (2004).

Een verdere beschrijving van het OPS model is te vinden op: <http://www.mnp.nl/ops/model/>

4.1.3 Upgrade modelversie naar VLOPS.12

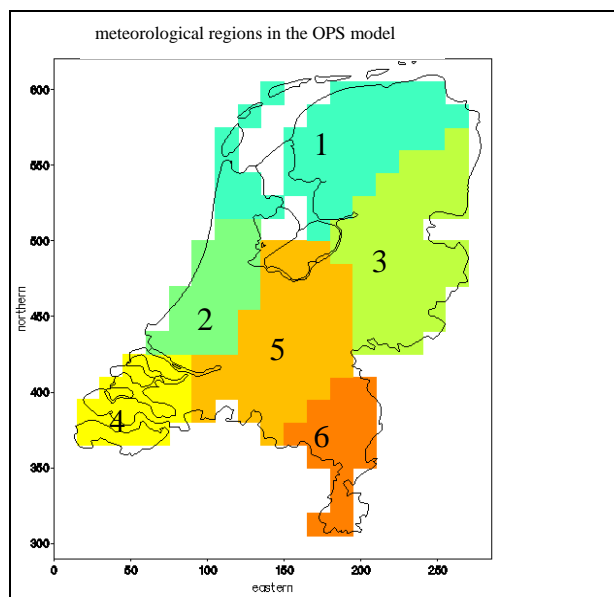
De voor dit rapport gebruikte modelversie VLOPS.12 bevat structurele correcties ten opzichte van VLOPS.11. Het betreft een aantal algemene correcties als ook correcties die betrekking hebben op de berekeningsmethoden voor NH_3 :

- De bepaling van de depositiesnelheid van NH_3 is verbeterd. Deze correctie leidt tot hogere waarden voor alle eindpunten van het model.
- De parametrisatie van de gewasweerstand voor NH_3 is aangepast met als resultaat een lagere effectieve droge depositie snelheid en daarmee hogere concentraties voor NH_3 .
- De modellering van de concentratie en depositie binnen een oppervlaktebron is verder verbeterd. De aanpassing leidt tot hogere waarden voor concentratie en droge depositie. Het effect is het grootst voor stoffen die voornamelijk met oppervlaktebronnen worden beschreven, zoals bij NH_3 .
- Voor emissiebronnen dichtbij een receptor berekend VLOPS.12 gemiddelde concentraties en deposities over de gridcel in plaats van enkel op de locatie van het centrum van de gridcel.
- Een nieuwe landgebruikkaart die werd afgeleid van het landgebruik op een 10x10 m rooster van het Dynamisch Ruimtemodel, 2010¹³.
- Nieuwe ruwheidslengtewaarden die zijn afgeleid van de HYDRA tabel (LGN3+) aangeleverd door het RIVM.

Het netto resultaat van deze correcties leidt tot hogere waarden voor alle deposities en concentraties maar vooral voor NH_3 is dit effect het grootst.

4.1.4 Gebruikte meteo-invoer

Voor dit rapport werd geopteerd om de Nederlandse meteo-invoer van de zone Midden-Brabant, Veluwe, Twente (zone 5 in Figuur 17) te gebruiken omdat deze het dichtste aansluit bij de gemiddelde Vlaamse meteo.



Figuur 17: Ligging van de Nederlandse meteo-zones voor OPS

4.1.5 Betrouwbaarheid van de modelresultaten

De modelonzekerheid is het resultaat van 3 mogelijke foutenbronnen, namelijk:

- de onzekerheid op de correctheid van emissiegegevens;
- de onzekerheid in de meteorologische invoergegevens;
- de onzekerheid van de modelparametrisaties.

¹³ Van Esch et al., 2011

Een modelvalidatie gaat na hoe groot de totale onzekerheid op een modelresultaat is. Dit gebeurt door een vergelijking uit te voeren met metingen, waarbij het model voor die meetplaats een berekening uitvoert. Bij dergelijke validatie dient dus ook nog met een vierde mogelijke foutenbron rekening te worden gehouden, met name de fout op de meting.

De validatie gebruikt volgende parameters:

- De vergelijking van de gemiddelde meet- en modelwaarden (systematische fout):
Normalized Mean Bias (NMB)

$$NMB = \frac{\overline{M}}{\overline{O}} - 1$$

- De gemiddelde afwijking tussen meet- en modelwaarden (onzekerheid of random fout):
Root Mean Square Error (RMSE) = absolute onzekerheid

$$RMSE = \sqrt{(O_i - M_i)^2}$$

$$\frac{RMSE}{\overline{O}} = \text{relatieve onzekerheid, streefwaarde} < 30\%$$

- De ruimtelijke correlatie tussen meet- en modelwaarden

$$R^2 = (\text{Correlatie}(O_1..O_n; M_1..M_n))^2$$

met M_i = jaargemiddelde gemodelleerde concentratie op meetplaats i

O_i = jaargemiddelde gemeten concentratie op meetplaats i

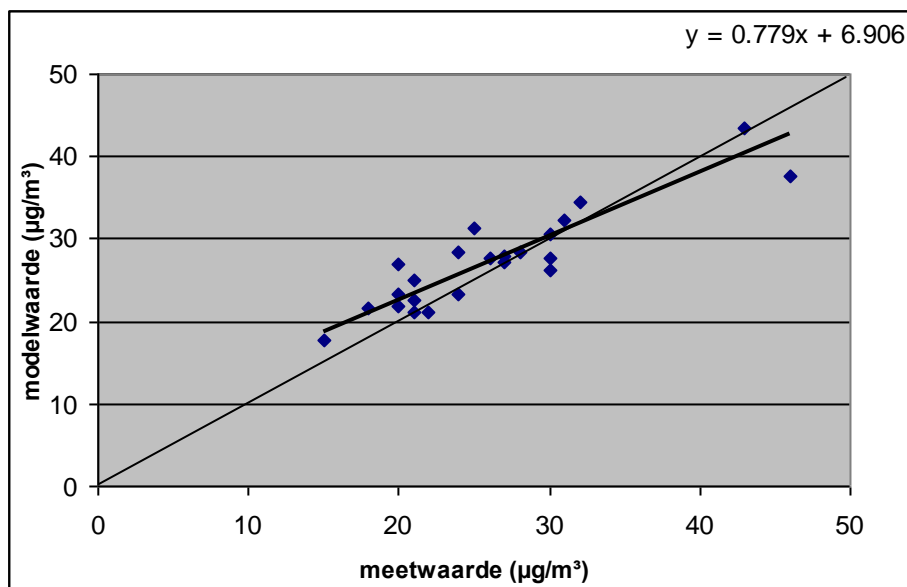
n = aantal meetplaatsen

4.1.5.1 Validatie NO₂

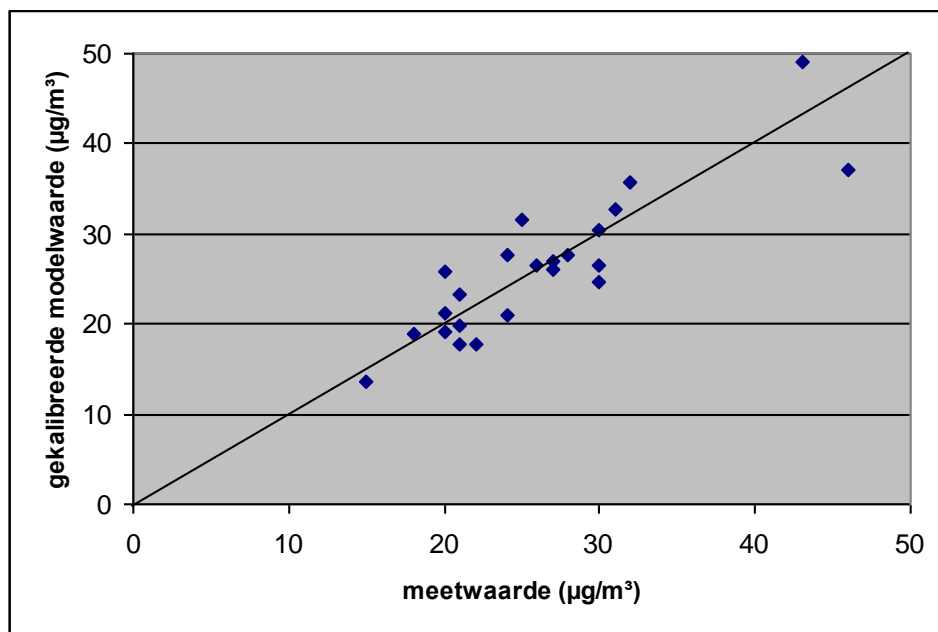
De validatie van 2011 gebeurt met het jaargemiddelde van de 23 representatieve meetplaatsen met automatische monitoren waarvoor minstens 75% uurwaarden beschikbaar zijn. 32 meetplaatsen zijn niet representatief omdat:

- de meetplaats is omgeven door bomen of struiken in een voor de rest open omgeving (niet representatieve lokale dispersie);
- het werkelijke landgebruik rond de meetplaats niet overeenkomt met de landgebruikskaart van VLOPS;
- er belangrijke lokale NO_x-emissies zijn die niet in de emissie inventaris zijn opgenomen (bijvoorbeeld een vrachtwagen van een bedrijf naast een meetplaats);
- er een puntbron van de sectoren industrie of energie is binnen een straal van 1 kilometer rond de meetplaats. De emissies en bronkarakteristieken van deze puntbronnen zijn gebaseerd op de situatie in 2001 en zijn dus niet betrouwbaar genoeg voor de validatie.

Figuur 18 toont de orthogonale regressie tussen de meetwaarden en de modelwaarden op de locaties van de 23 geselecteerde meetplaatsen. Tabel 7 toont dat VLOPS de NO₂-concentraties gemiddeld met 4,41% overschat. De orthogonale regressie wordt gebruikt om de NO₂-kaart voor Vlaanderen te kalibreren zodat het eindresultaat geen systematische fout meer vertoont. Een onafhankelijke validatie van gekalibreerde modelwaarden is mogelijk door elke modelwaarde te kalibreren met een orthogonale regressie van alle dataparen, uitgezonderd deze van de modelwaarde in kwestie. Figuur 19 toont de meetwaarden versus de gekalibreerde modelwaarden. Na kalibratie treedt er gemiddeld geen onder- of overschatting meer op, met een lage relatieve onzekerheid van 14,1% en een goede ruimtelijke correlatie van 77% (Tabel 7). Bijlage 10 toont een overzicht van de gebruikte meetplaatsen, hun coördinaten, de meetwaarden, modelwaarden en gekalibreerde modelwaarden.



Figuur 18: Orthogonale regressie tussen meet- en modelwaarden voor NO₂ in 2011 (voor kalibratie)



Figuur 19: Meetwaarden versus gekalibreerde modelwaarden voor NO₂ in 2011

Tabel 7: Validatieresultaten voor NO₂ in 2011

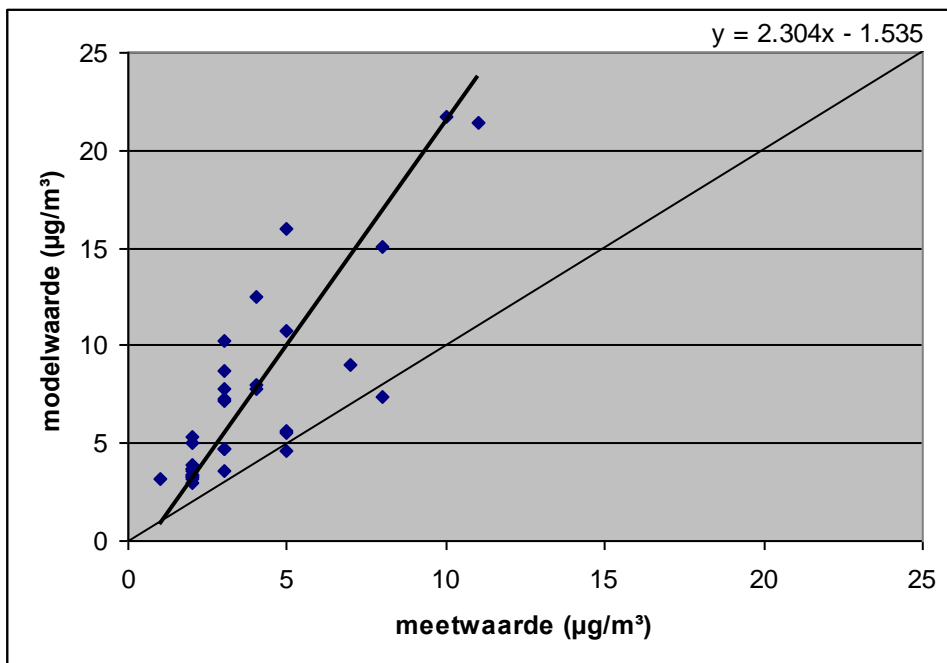
	voor kalibratie	na kalibratie
NMB	4,41%	0,02%
RMSE	3,37 µg/m ³	3,69 µg/m ³
$\frac{RMSE}{O}$	12,91%	14,14%
R²	81,81%	76,98%

4.1.5.2 Validatie SO₂

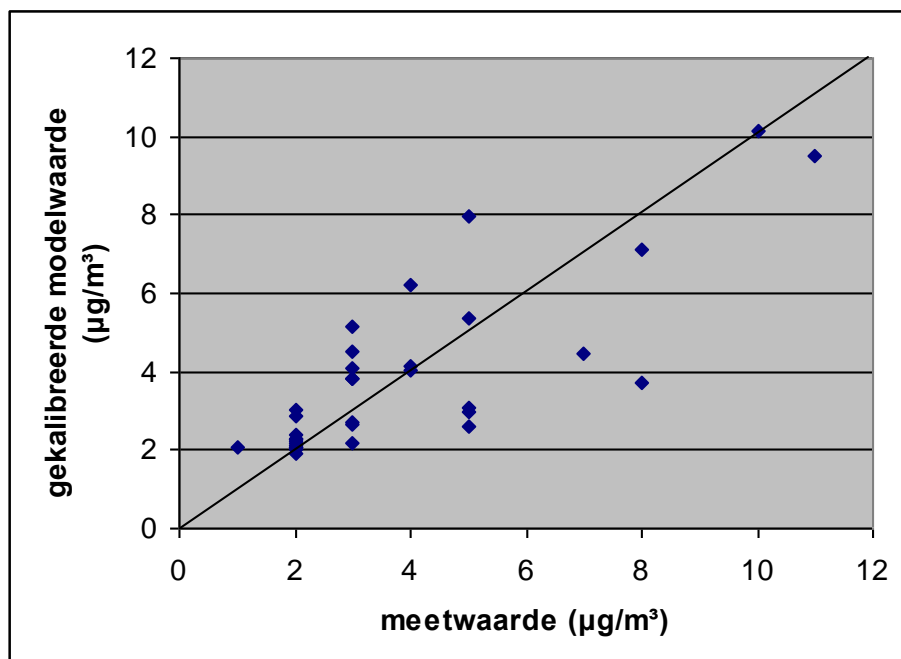
Voor 2011 werd het jaargemiddelde gebruikt van de 34 meetplaatsen met automatische monitoren waarvoor minstens 75% uurwaarden beschikbaar zijn. Voor SO₂ zouden na een selectie van

representatieve meetplaatsen zoals bij NO₂ (zie 4.1.5.1) enkel meetplaatsen in het lagere meetbereik (tot 5 µg/m³) weerhouden worden, daarom is zo'n selectie hier niet uitgevoerd.

Figuur 20 toont de orthogonale regressie tussen de meetwaarden en de modelwaarden op de 34 locaties. Tabel 8 toont dat VLOPS de SO₂-concentraties gemiddeld met 90% overschat. De orthogonale regressie wordt gebruikt om de SO₂-kaart voor Vlaanderen te kalibreren zodat het eindresultaat geen systematische fout meer vertoont. Een onafhankelijke validatie van gekalibreerde modelwaarden is mogelijk door elke modelwaarde te kalibreren met een orthogonale regressie van alle dataparen uitgezonderd deze van de modelwaarde in kwestie. Figuur 21 toont de meetwaarden versus de gekalibreerde modelwaarden. Na kalibratie treedt er gemiddeld geen onder- of overschatting meer op, met een relatieve onzekerheid van 37,3% en een aanvaardbare ruimtelijke correlatie van 65,2% (Tabel 8). Deze waarden zijn duidelijk minder gunstig dan deze voor NO₂ en NH₃. De doorheen de jaren steeds lagere gemeten SO₂-concentratie (gemiddelde 3,82 µg/m³ in 2011) maken het voor het model moeilijker om de realiteit correct te simuleren. Bijlage 11 toont een overzicht van de gebruikte meetplaatsen, hun coördinaten, de meetwaarden, modelwaarden en gekalibreerde modelwaarden.



Figuur 20: Orthogonale regressie tussen meet- en modelwaarden voor SO₂ in 2011 (voor kalibratie)



Figuur 21: Meetwaarden versus gekalibreerde modelwaarden voor SO₂ in 2011

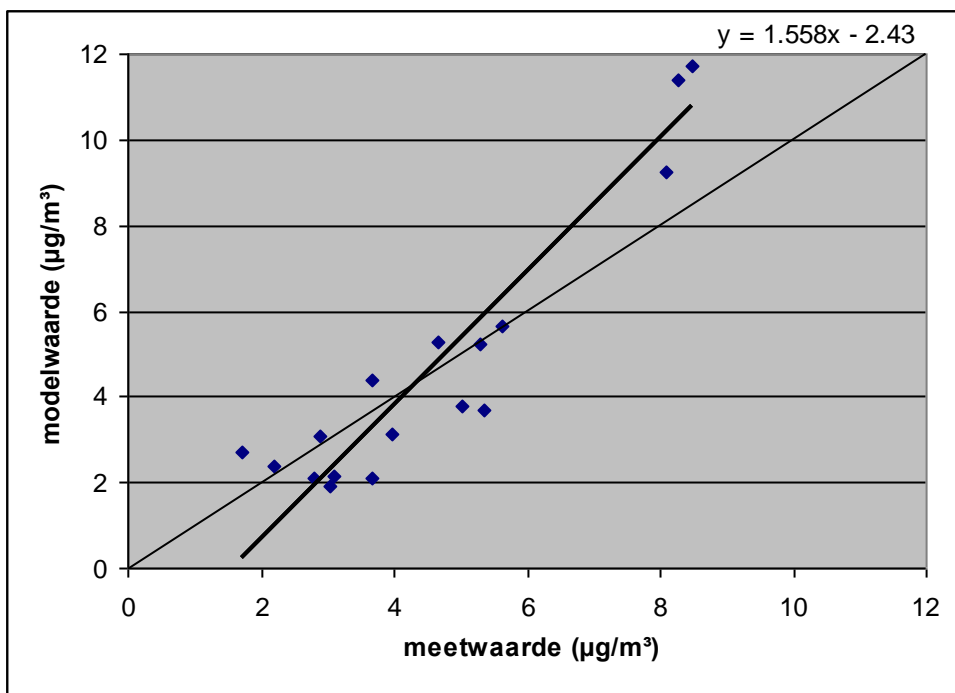
Tabel 8: Validatieresultaten voor SO₂ in 2011

	voor kalibratie	na kalibratie
NMB	90,42%	-0,06%
RMSE	4,71 µg/m ³	1,42 µg/m ³
$\frac{RMSE}{\bar{O}}$	123,18%	37,25%
R²	68,70%	65,16%

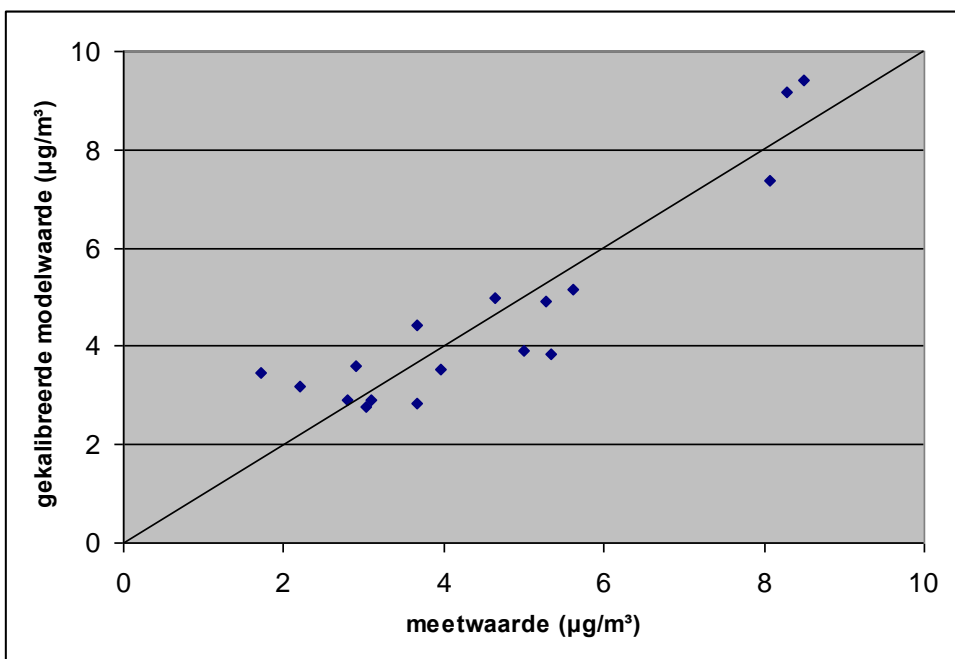
4.1.5.3 Validatie NH₃

Voor 2011 werd het jaargemiddelde gebruikt van de 17 meetplaatsen met passieve samplers van het meetnet verzuring waarvoor minstens 75% veertiendaagse waarden beschikbaar zijn. Voor NH₃ zouden na een selectie van representatieve meetplaatsen zoals bij NO₂ (zie 4.1.5.1) te weinig meetplaatsen weerhouden worden om een betrouwbare validatie en kalibratie te kunnen uitvoeren, daarom kon zo'n selectie hier niet uitgevoerd worden.

Figuur 22 toont de orthogonale regressie tussen de meetwaarden en de modelwaarden op dezelfde locaties. Tabel 9 toont dat VLOPS de NH₃-concentraties gemiddeld met 2,73% overschat. De orthogonale regressie wordt gebruikt om de NH₃-kaart voor Vlaanderen te kalibreren zodat het eindresultaat geen systematische fout meer vertoont. Een onafhankelijke validatie van gekalibreerde modelwaarden is mogelijk door elke modelwaarde te kalibreren met een orthogonale regressie van alle dataparen uitgezonderd deze van de modelwaarde in kwestie. Figuur 23 toont de meetwaarden versus de gekalibreerde modelwaarden. Na kalibratie wordt een aanvaardbare relatieve onzekerheid van 18% bekomen, met een goede ruimtelijke correlatie van 84% (Tabel 9). Bijlage 12 toont een overzicht van de gebruikte meetplaatsen, hun coördinaten, de meetwaarden, modelwaarden en gekalibreerde modelwaarden.



Figuur 22: Orthogonale regressie tussen meet- en modelwaarden voor NH₃ in 2011 (voor kalibratie)



Figuur 23: Meetwaarden versus gekalibreerde modelwaarden voor NH₃ in 2011

Tabel 9: Validatieresultaten voor NH₃ in 2011

	voor kalibratie	na kalibratie
NMB	2,73%	0,65%
RMSE	1,40 µg/m ³	0,84 µg/m ³
$\frac{RMSE}{\bar{O}}$	30,67%	18,45%
R²	86,62%	83,56%

4.1.5.4 Validatie natte depositie 2011

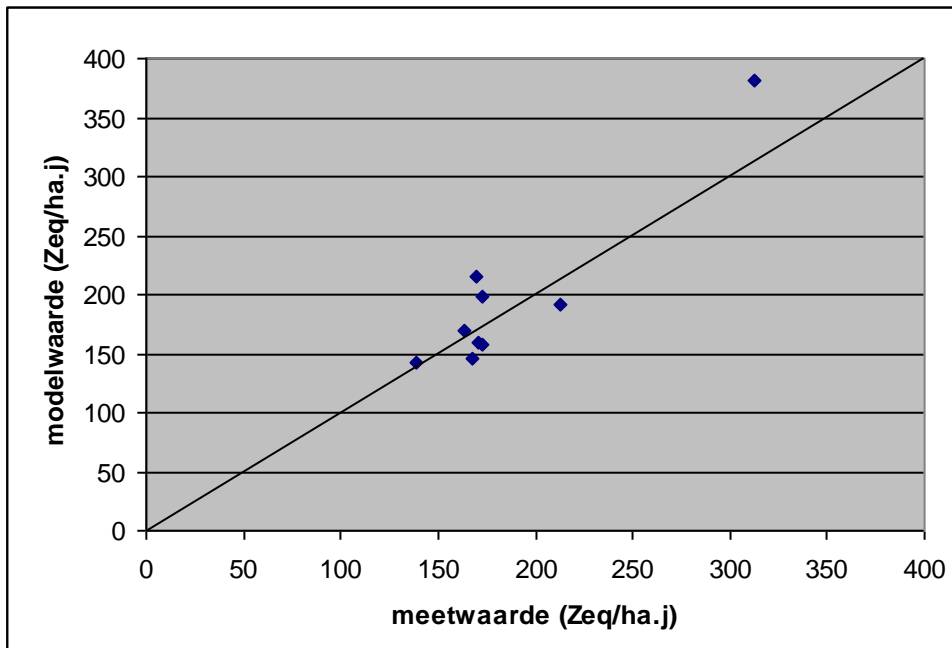
Voor de validatie van de natte depositie in 2011 werden de jaargemiddelde gemeten natte deposities SO_x , NO_y en NH_x gebruikt van de 9 meetplaatsen waarvoor minstens 75% veertiendaagse waarden beschikbaar zijn.

Zowel voor SO_x als NO_y (zie Figuur 24, Figuur 25 en Tabel 10) is er:

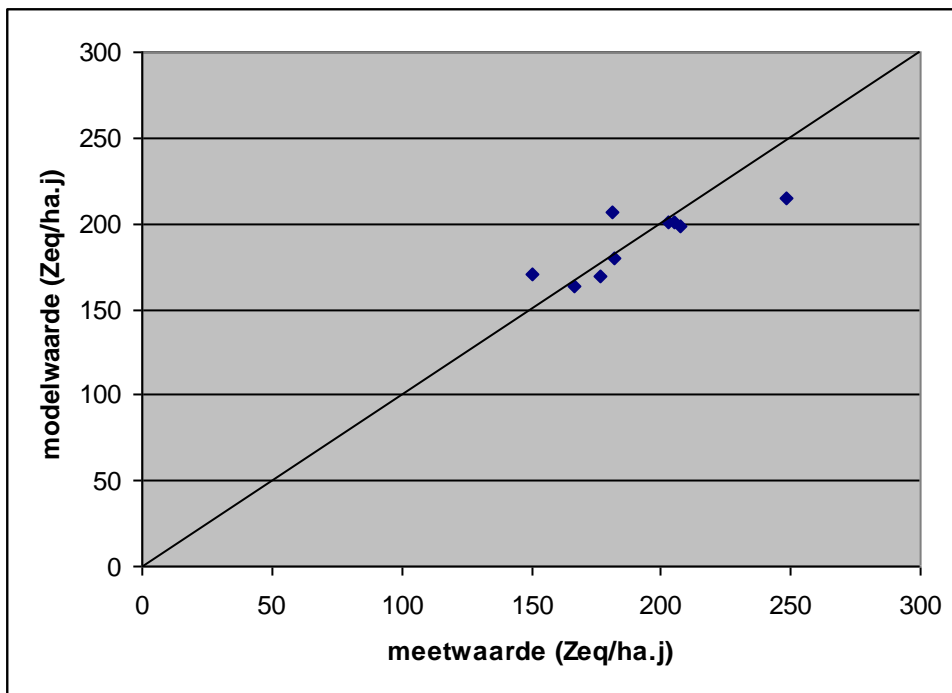
- geen grote systematische afwijking tussen meet- en modelwaarden, zodat een kalibratie niet nodig is;
- een aanvaardbare relatieve onzekerheid, namelijk 17% voor SO_x en 8,54% voor NO_y ;
- een hoge ruimtelijke correlatie voor SO_x , namelijk 87% en een aanvaardbare ruimtelijke correlatie voor NO_y , namelijk 66%.

Voor NH_x (zie Figuur 26, en Tabel 10) onderschatten de modelwaarden de metingen gemiddeld met 29% en is er dus wel een kalibratie nodig. Een onafhankelijke validatie van gekalibreerde modelwaarden is mogelijk door elke modelwaarde te kalibreren met een orthogonale regressie van alle dataparen uitgezonderd deze van de modelwaarde in kwestie. Na kalibratie is er een aanvaardbare relatieve onzekerheid van 26%. In tegenstelling tot SO_x en NO_y is er bij NH_x een lage ruimtelijke correlatie, namelijk 38,6% voor kalibratie en 29,5% na kalibratie.

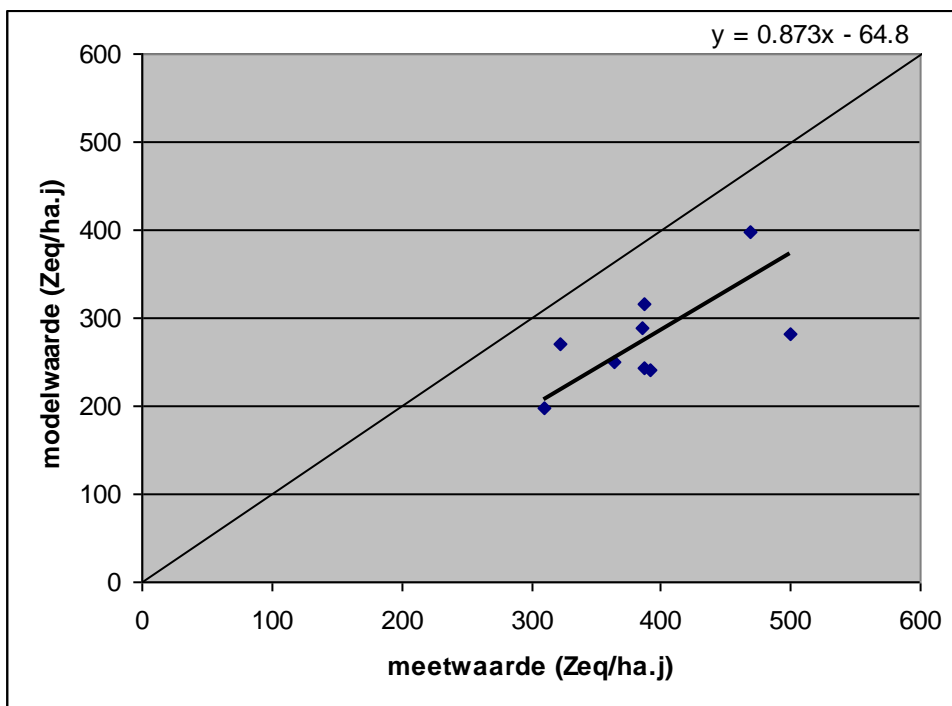
Bijlage 13, Bijlage 14 en Bijlage 15 tonen een overzicht van de gebruikte meetplaatsen, hun coördinaten, de meetwaarden, modelwaarden en gekalibreerde modelwaarden.



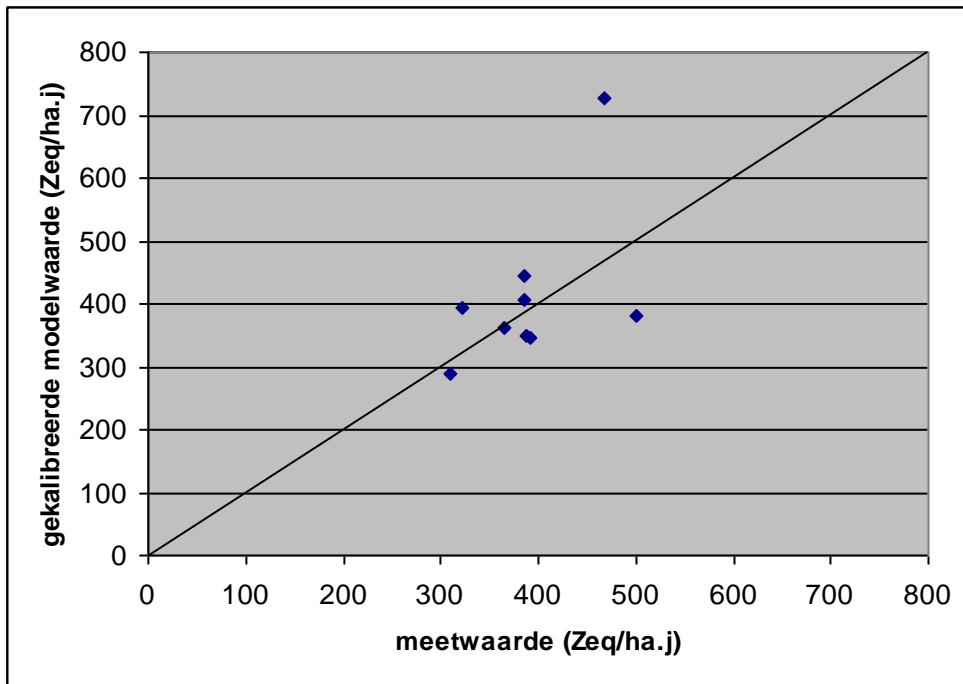
Figuur 24: Meetwaarden versus modelwaarden voor de natte depositie SO_x in 2011



Figuur 25: Meetwaarden versus modelwaarden voor de natte depositie NO_y in 2011



Figuur 26: Orthogonale regressie tussen meet- en modelwaarden voor de natte depositie NH_x in 2011



Figuur 27: Meetwaarden versus gekalibreerde modelwaarden voor de natte depositie NH_x in 2011

Tabel 10: Validatieresultaten voor de natte depositie in 2011

	SO_x	NO_y	NH_x voor kalibratie	NH_x na kalibratie
NMB (%)	4,9%	-0,9%	-29,25%	5,08%
RMSE (Zeq/ha.j)	31,46	16,33	124,1	101,9
$\frac{\text{RMSE}}{\bar{O}}$	16,84%	8,54%	31,77%	26,1%
R²	87,41%	65,79%	38,64%	29,51%

4.1.5.5 Samenvatting

Zowel voor de concentraties van SO_2 , NO_2 als NH_3 in 2011 is een kalibratie nodig om een systematisch verschil tussen meet- en modelresultaten te corrigeren, maar na kalibratie worden voor NO_2 en NH_3 aanvaardbare relatieve onzekerheden bekomen. De ruimtelijke correlatie is aanvaardbaar voor de drie polluenten.

De natte deposities SO_x en NO_y in 2011 geven zonder kalibratie aanvaardbare relatieve onzekerheden en vertonen tevens een goede ruimtelijke correlatie. Voor de natte depositie NH_x in 2011 is er wel een kalibratie nodig, waarna een aanvaardbare relatieve onzekerheid wordt bekomen maar een lage ruimtelijke correlatie.

4.2 Berekeningen voor Vlaanderen

4.2.1 Concentratiekaarten 2011

De hieronder gepresenteerde concentratiekaarten werden bekomen door eerst VLOPS-berekeningen uit te voeren:

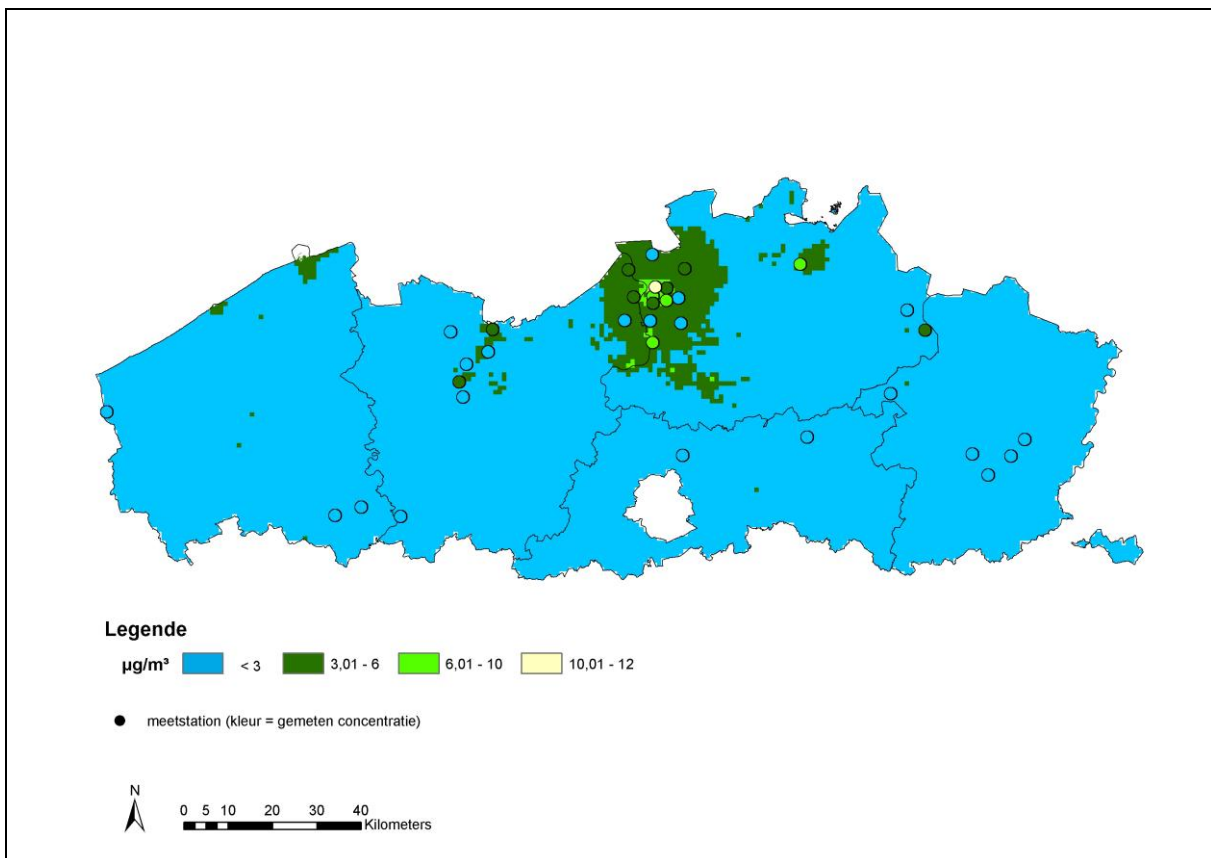
- op een 1x1 km² receptorenrooster;
- met emissies van het meest recente beschikbare jaar, namelijk 2009;
- met de meteo-invoer van het jaar 2011 van de Nederlandse zone Midden-Brabant, Veluwe, Twente (zie 4.1.4).

De resultaten hiervan werden vervolgens gekalibreerd met de orthogonale regressies zoals beschreven in 4.1.5. De 1x1 km²-kaarten tonen ook de meetwaarden in dezelfde legende als de modelwaarden.

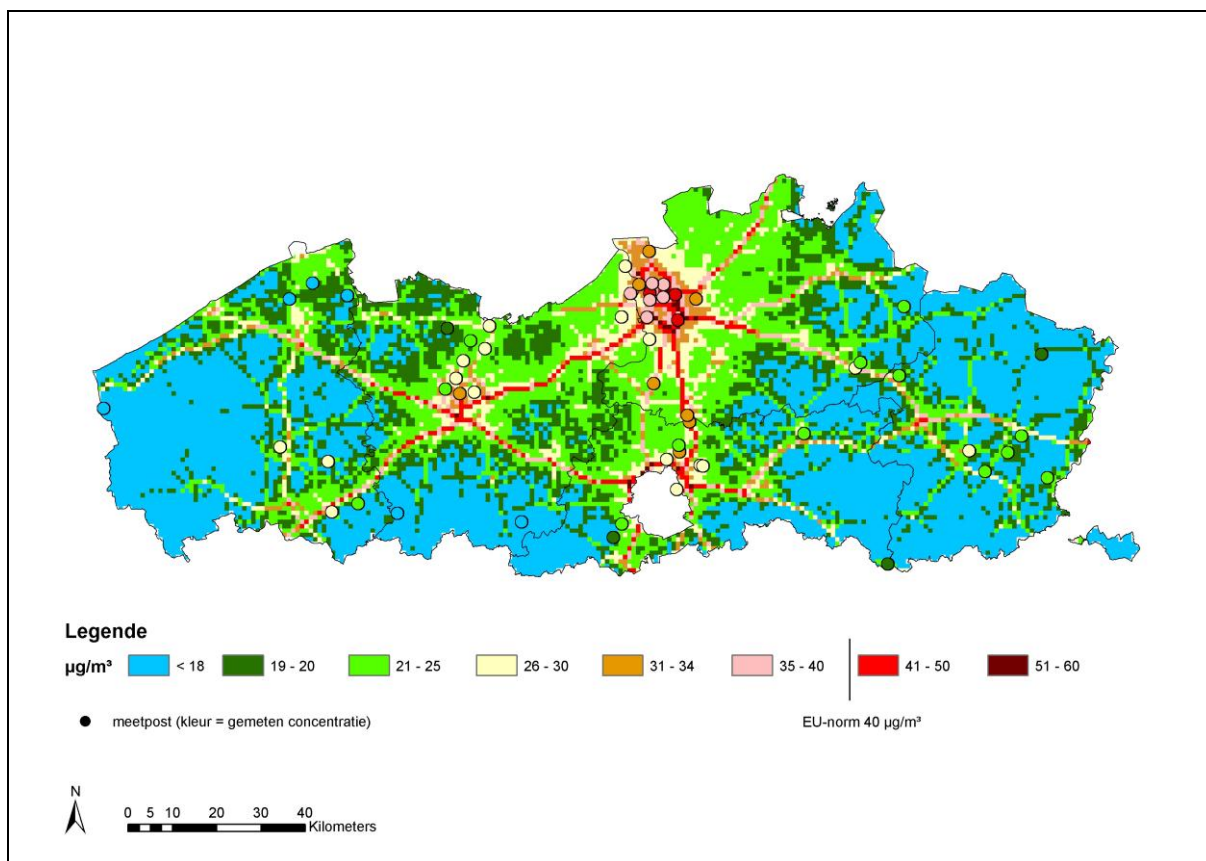
Voor SO₂ (Figuur 28) liggen de concentraties het hoogst in de Antwerpse havenzone, gevolgd door kleinere zones verspreid over het noorden van Vlaanderen.

De concentratie NO₂ (Figuur 29) piekt in Antwerpen, ten noorden van Brussel en op nagenoeg alle snelwegen rond Antwerpen, Gent en Brussel. In deze gebieden wordt de EU-norm van 40 µg/m³ (jaargemiddelde concentratie NO₂) overschreden.

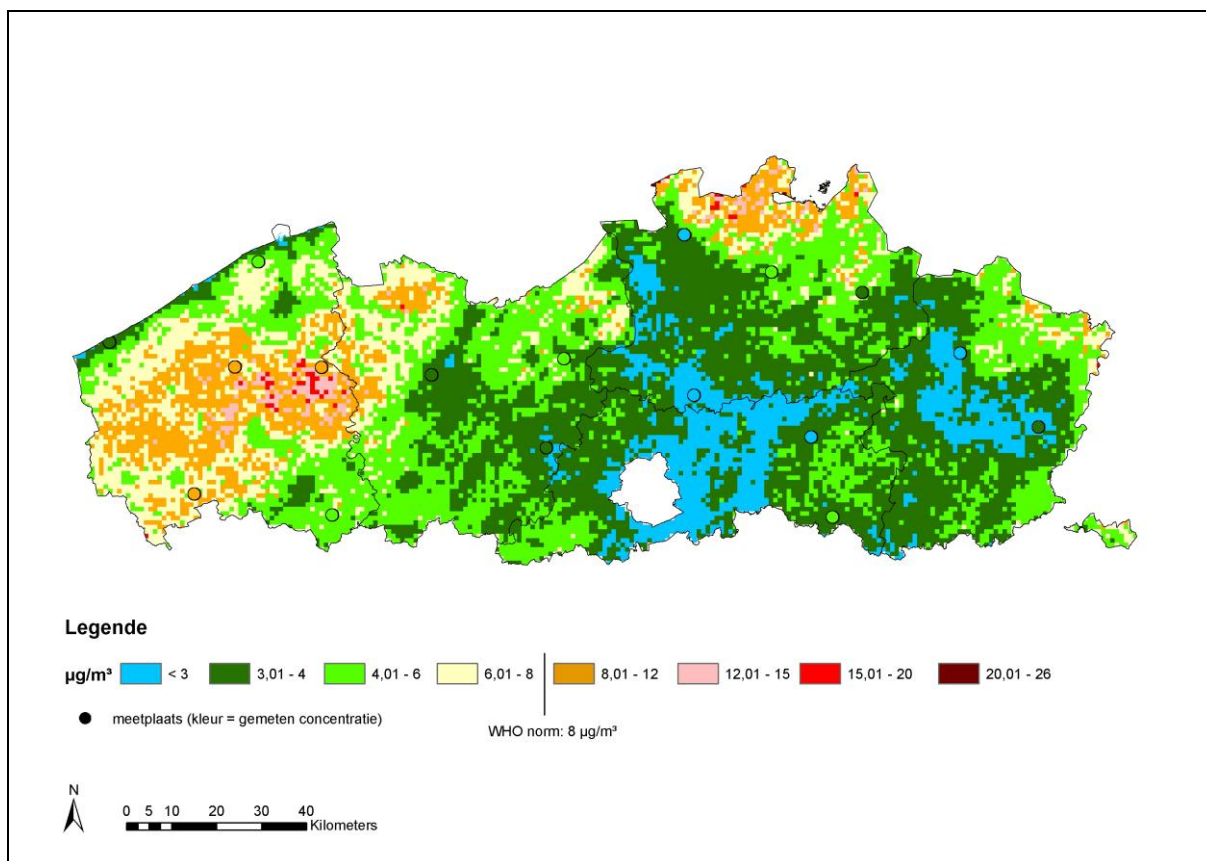
De jaargemiddelde NH₃ concentraties (Figuur 30) zijn het hoogst in West-Vlaanderen en ten noorden van de provincies Antwerpen en Limburg, gebieden met intensieve veeteelt.



Figuur 28: SO₂-jaargemiddelde in 2011 in Vlaanderen, 1x1 km² receptorenrooster



Figuur 29: NO_2 -jaargemiddelde in 2011 in Vlaanderen, $1 \times 1 \text{ km}^2$ receptorenrooster



Figuur 30: NH₃-jaargemiddelde in 2011 in Vlaanderen, 1x1 km² receptorenrooster

4.2.2 Depositiekaarten 2011

4.2.2.1 Inleiding

De depositiekaarten hieronder zijn het rechtstreekse resultaat (niet gekalibreerd met metingen) van VLOPS-berekeningen:

- op een 1x1 km² receptorenrooster;
- met emissies van het meest recente beschikbare jaar, namelijk 2009;
- met de meteo-invoer van het jaar 2011 van de Nederlandse zone Midden-Brabant, Veluwe, Twente (zie 4.1.4).

De gemeentekaarten werden bekomen door in een GIS-programma het gemiddelde van alle 1x1 km² waarden per gemeente te berekenen. Bijlage 16 toont de gemiddelde deposities per gemeente.

De depositiekaarten geven de som weer van de droge en natte depositie. De totale verzurende depositie is de som van de deposities SO_x, NO_y en NH_x en wordt uitgedrukt in Zeq/ha.j. De totale vermestende depositie is de som van de deposities NO_y en NH_x en heeft als eenheid kg N/ha.

4.2.2.2 Resultaten

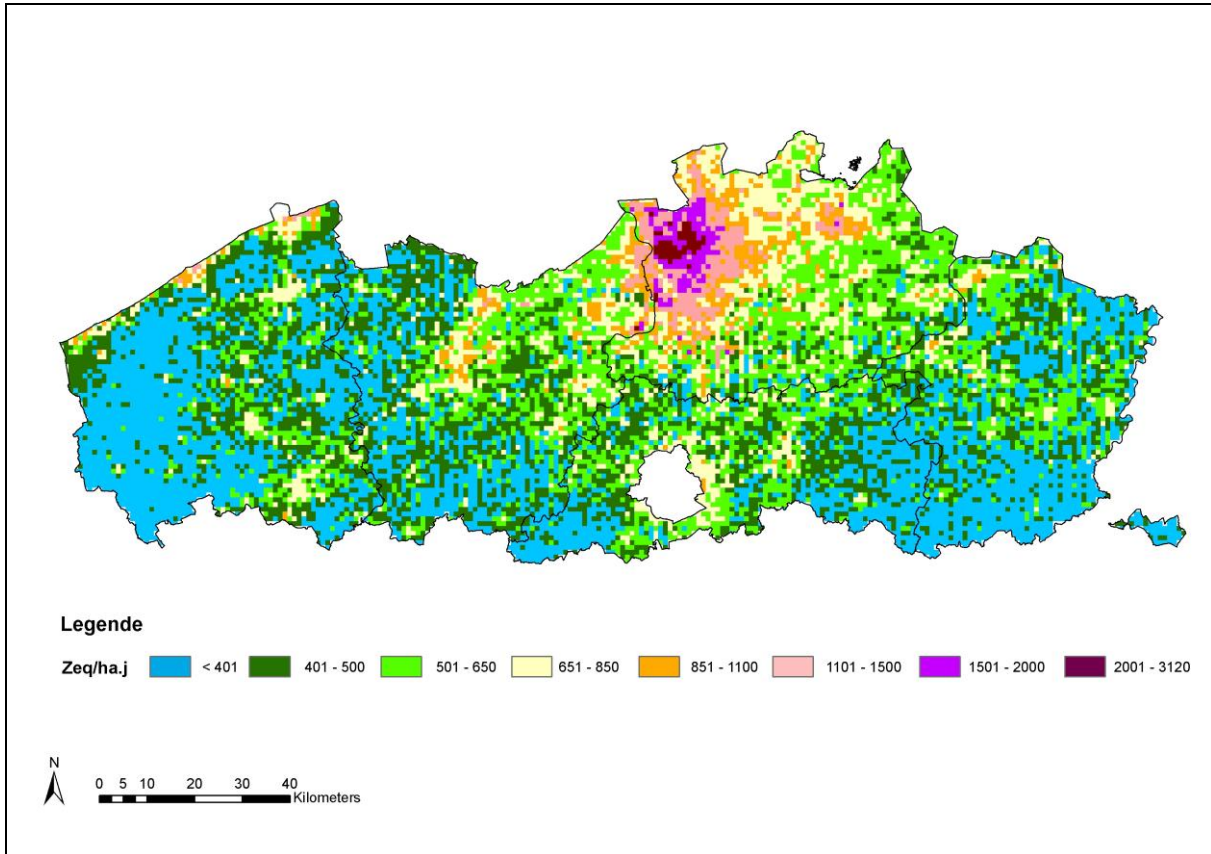
De SO_x-depositie (Figuur 31 en Figuur 32) is het hoogst in de Antwerpse havenzone, gevolgd door kleinere zones verspreid over het Noorden van Vlaanderen.

Figuur 33 en Figuur 34 tonen dat de NO_x-depositie piekt in Antwerpen, Gent en ten noorden van Brussel en op nagenoeg alle snelwegen rond Antwerpen, Gent en Brussel. Figuur 35 en Figuur 36 tonen dat de hoogste NH_x-depositie terug te vinden is in West-Vlaanderen en het noorden van de provincie Antwerpen.

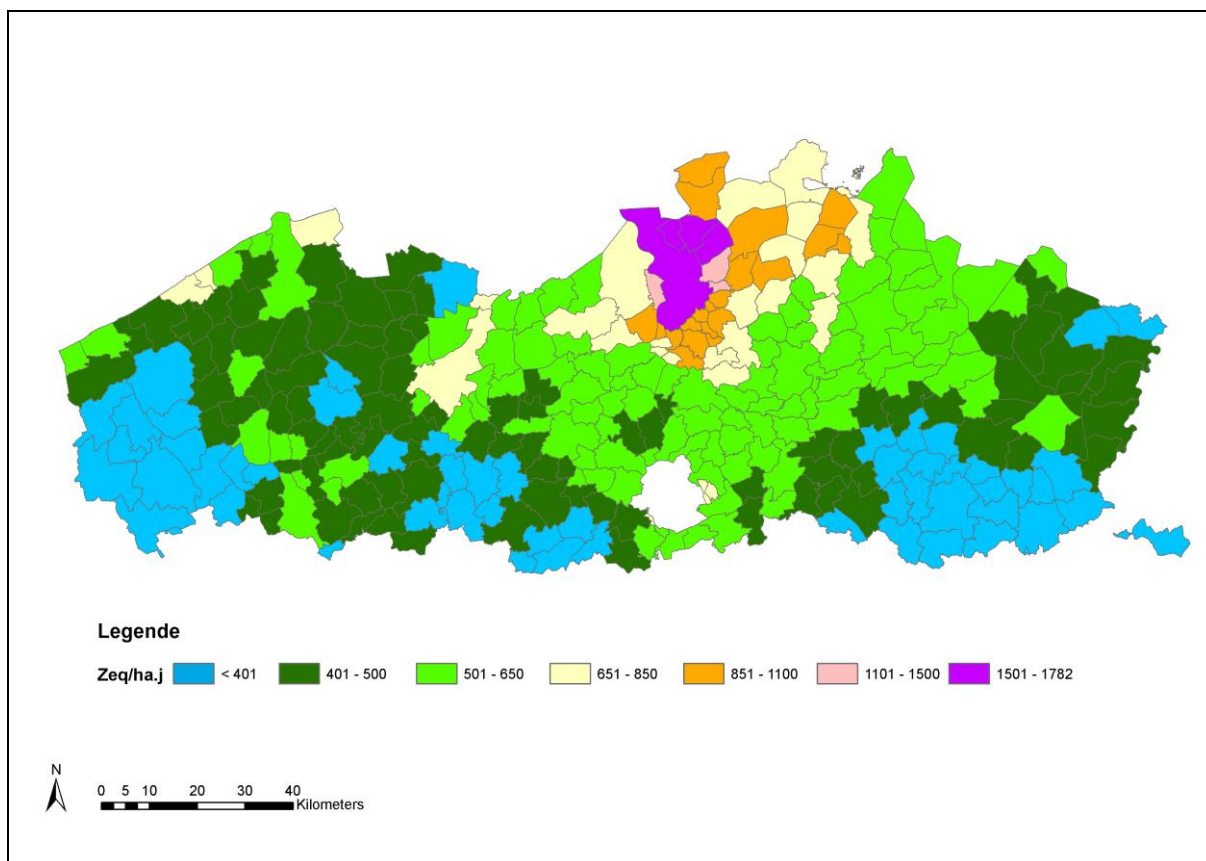
De piekzones voor de totale verzurende depositie (Figuur 37 en Figuur 38), liggen in het centrum van West-Vlaanderen, de Antwerpse agglomeratie en het noorden van de provincie Antwerpen. De gemiddelde verzurende depositie over Vlaanderen bedraagt 2.409 Zeq/ha.j. Het aandeel NH_x in de

gemiddelde verzurende depositie over Vlaanderen bedraagt 50%, dat van NO_y 28% en dat van SO_x 22%.

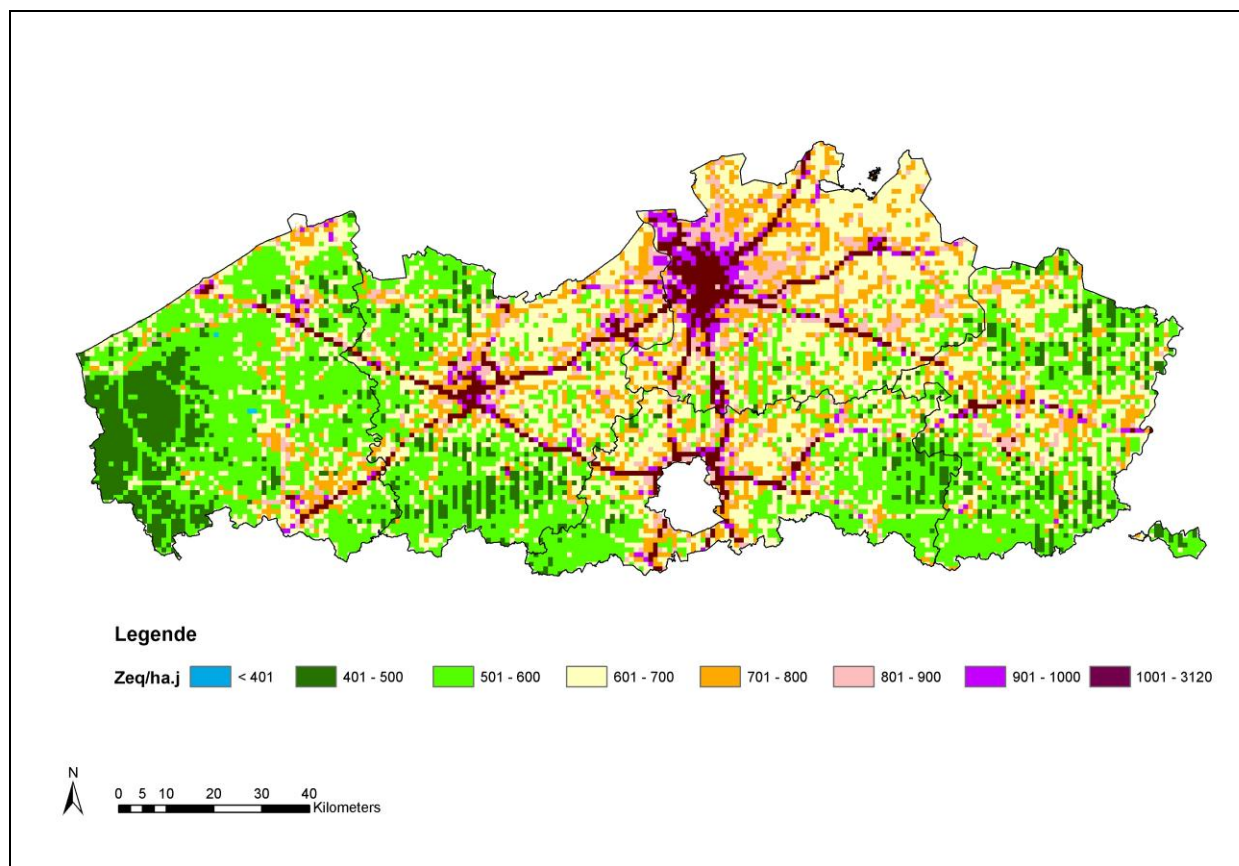
De totale vermestende depositie (Figuur 39 en Figuur 40) ten slotte piekt in het centrum van West-Vlaanderen, en het noorden van de provincie Antwerpen. De gemiddelde vermestende depositie over Vlaanderen bedraagt 26,22 kg N/ha. Het aandeel NH_x in de gemiddelde totale vermestende depositie over Vlaanderen bedraagt 65% en dat van NO_y 35%.



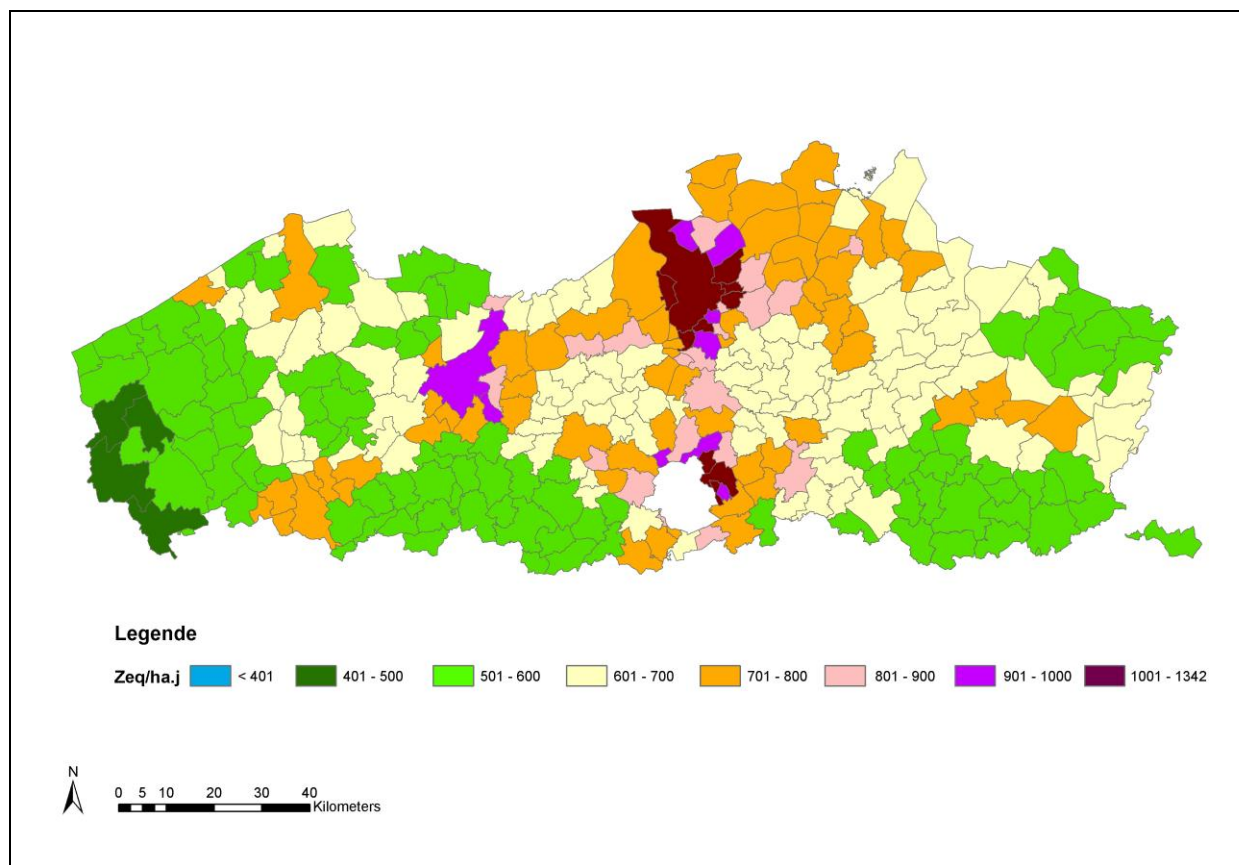
Figuur 31: SO_x -depositie in 2011 in Vlaanderen, $1 \times 1 \text{ km}^2$ receptorenrooster



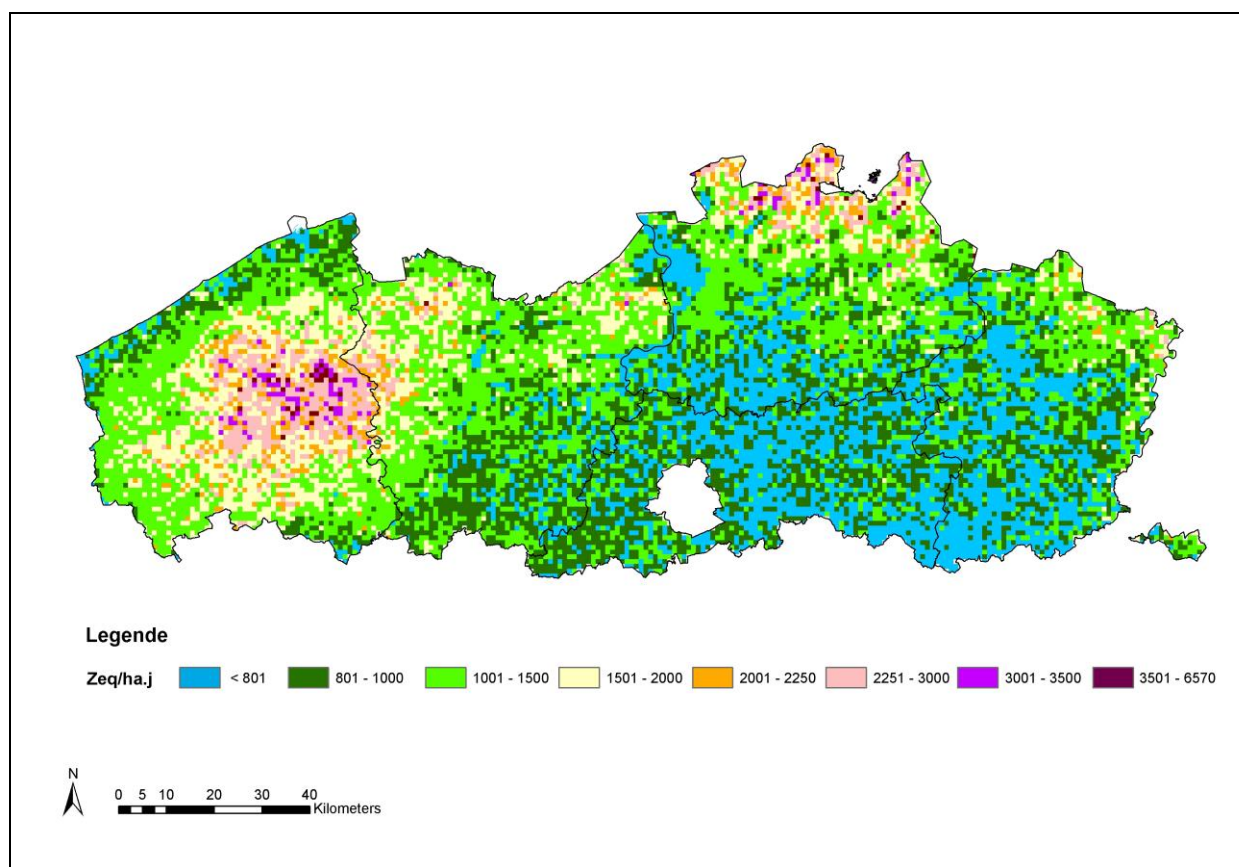
Figuur 32: SO_x-depositie in 2011 in Vlaanderen, gemiddelde per gemeente



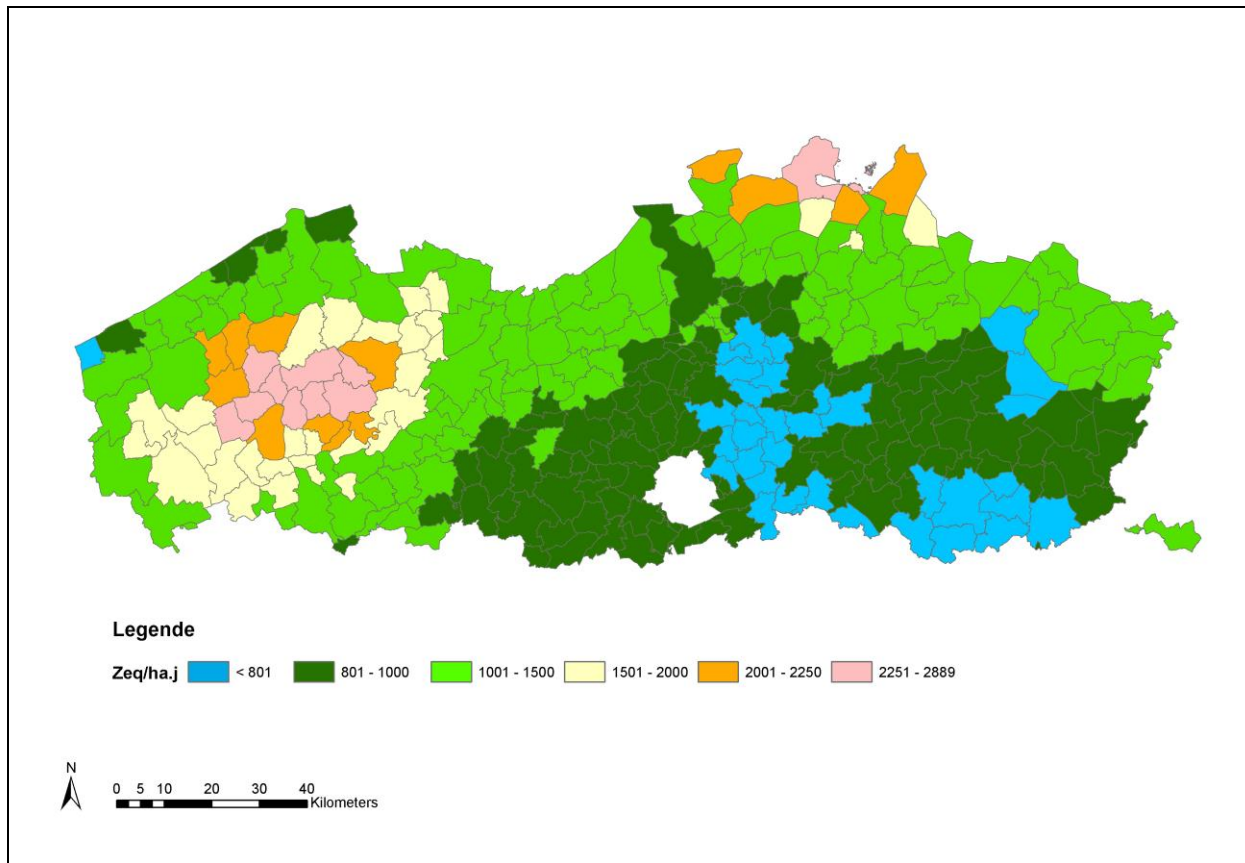
Figuur 33: NO_y-depositie in 2011 in Vlaanderen, 1x1 km² receptorenrooster



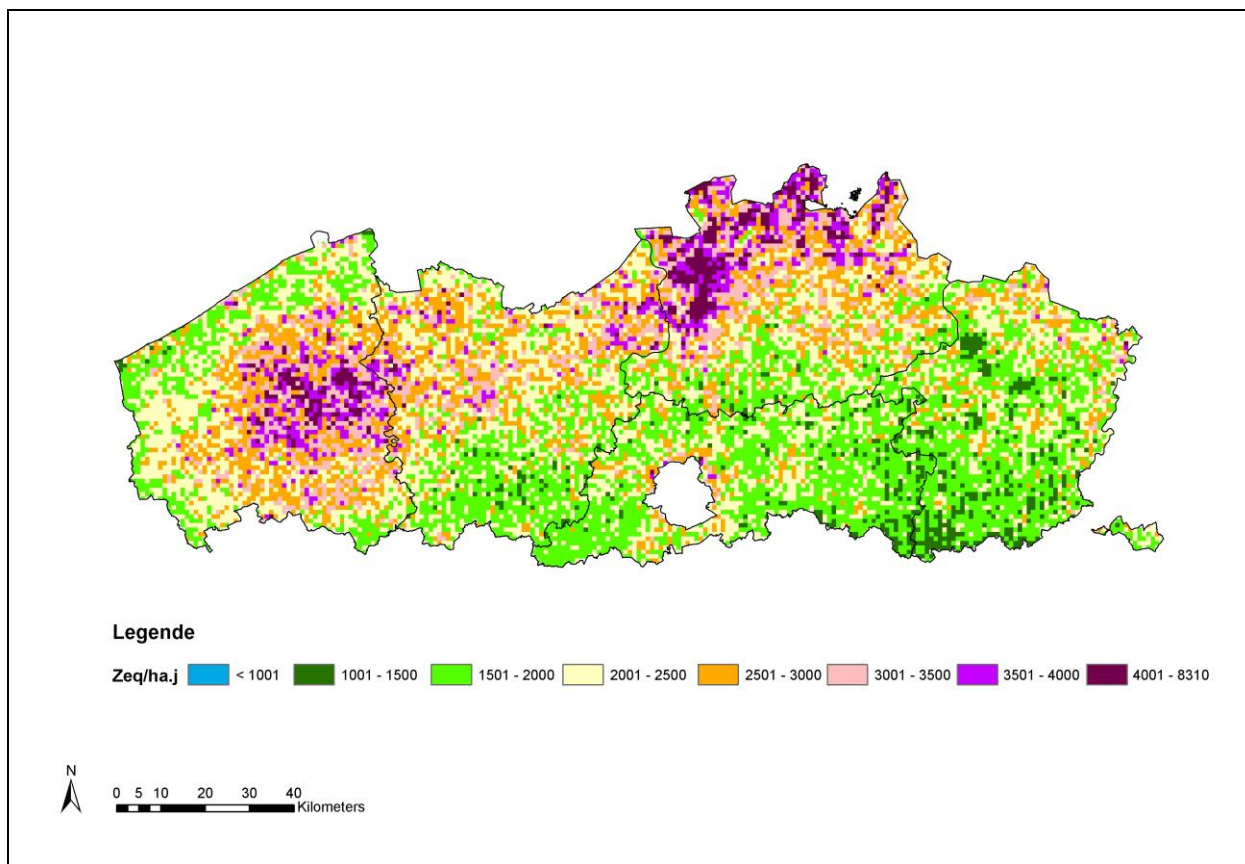
Figuur 34: NO_y -depositie in 2011 in Vlaanderen, gemiddelde per gemeente



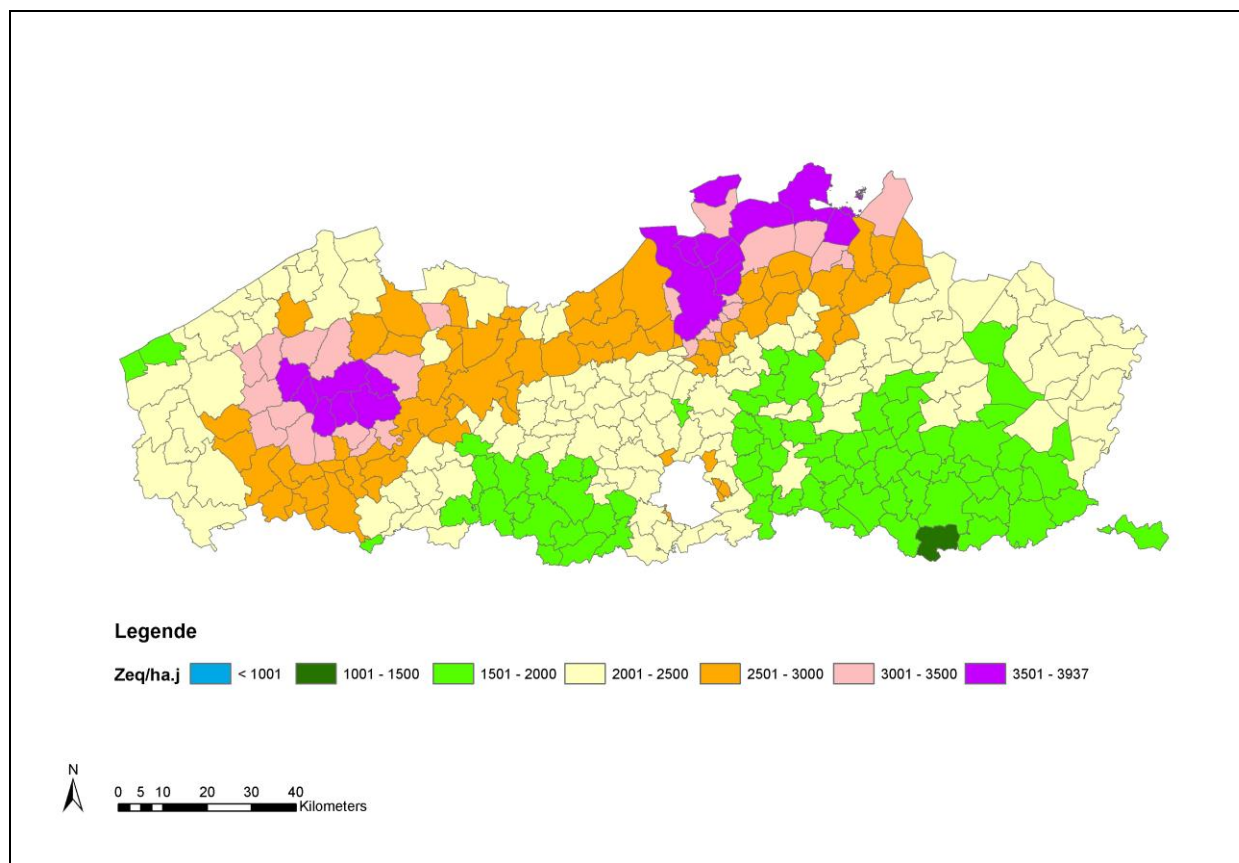
Figuur 35: NH_x -depositie in 2011 in Vlaanderen, $1 \times 1 \text{ km}^2$ receptorenrooster



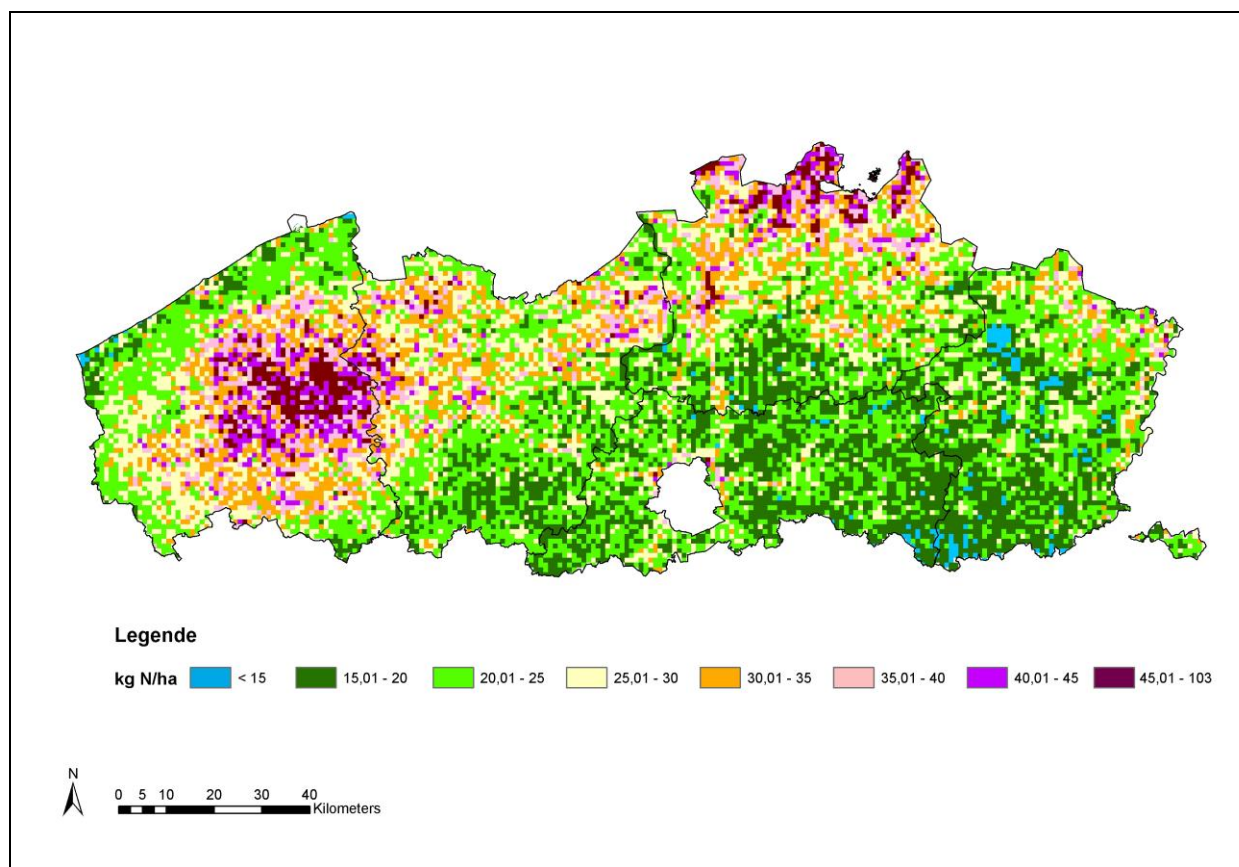
Figuur 36: NH_x -depositie in 2011 in Vlaanderen, gemiddelde per gemeente



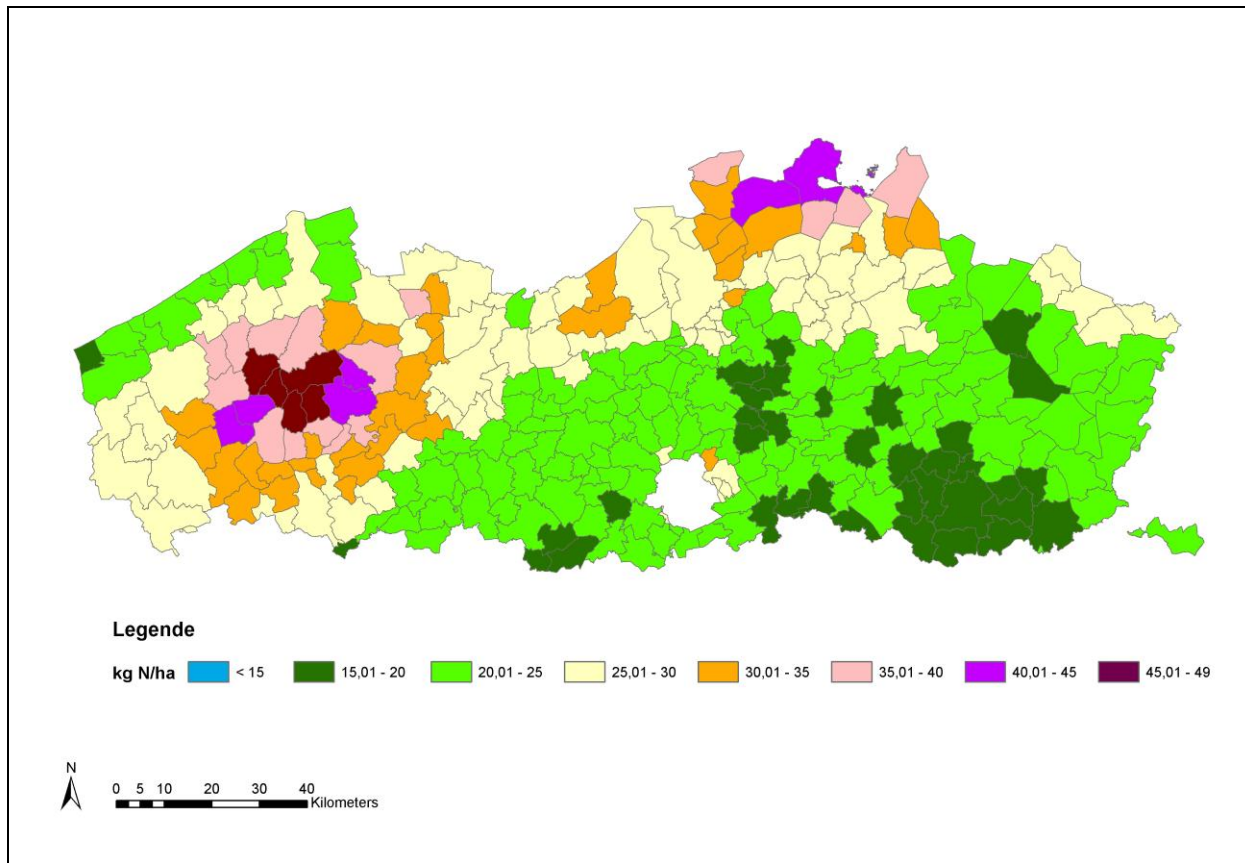
Figuur 37: Totale verzurende depositie in 2011 in Vlaanderen, 1x1 km² receptorenrooster



Figuur 38: Totale verzurende depositie in 2011 in Vlaanderen, gemiddelde per gemeente



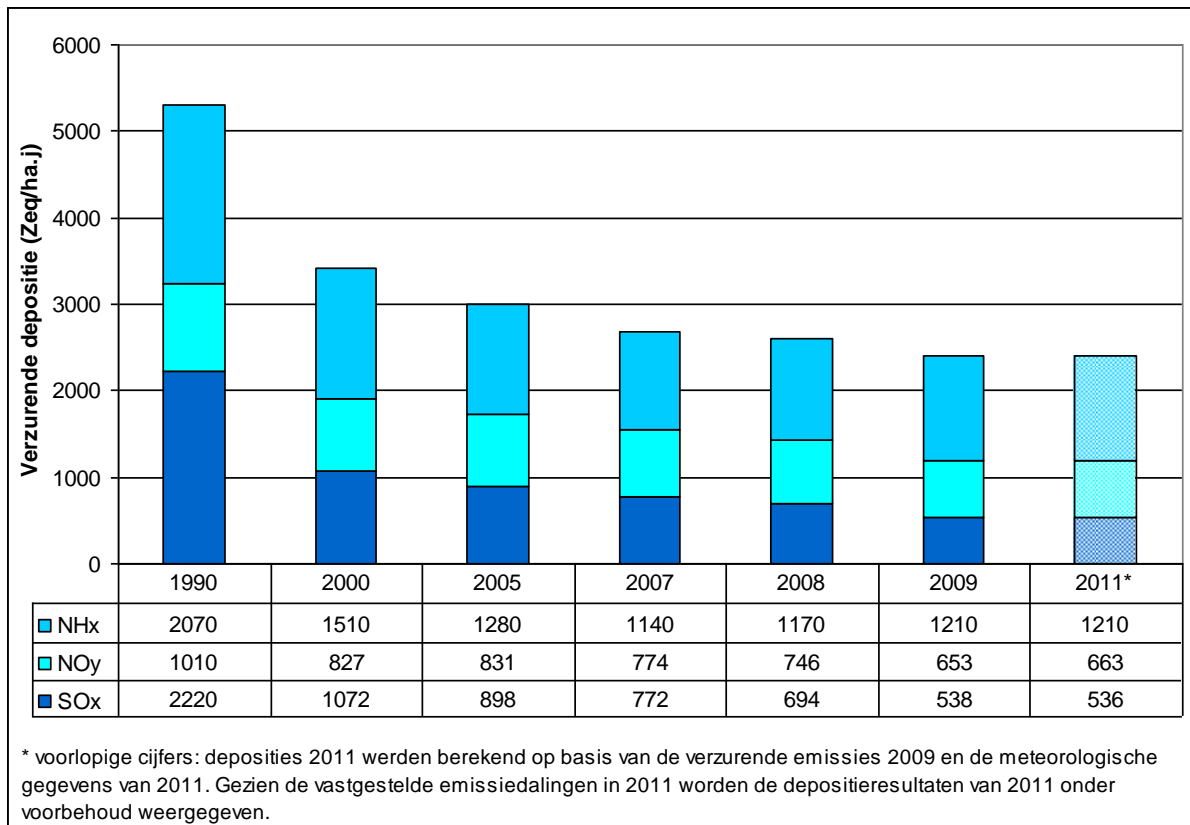
Figuur 39: Totale vermestende depositie in 2011 in Vlaanderen, 1x1 km² receptorenrooster



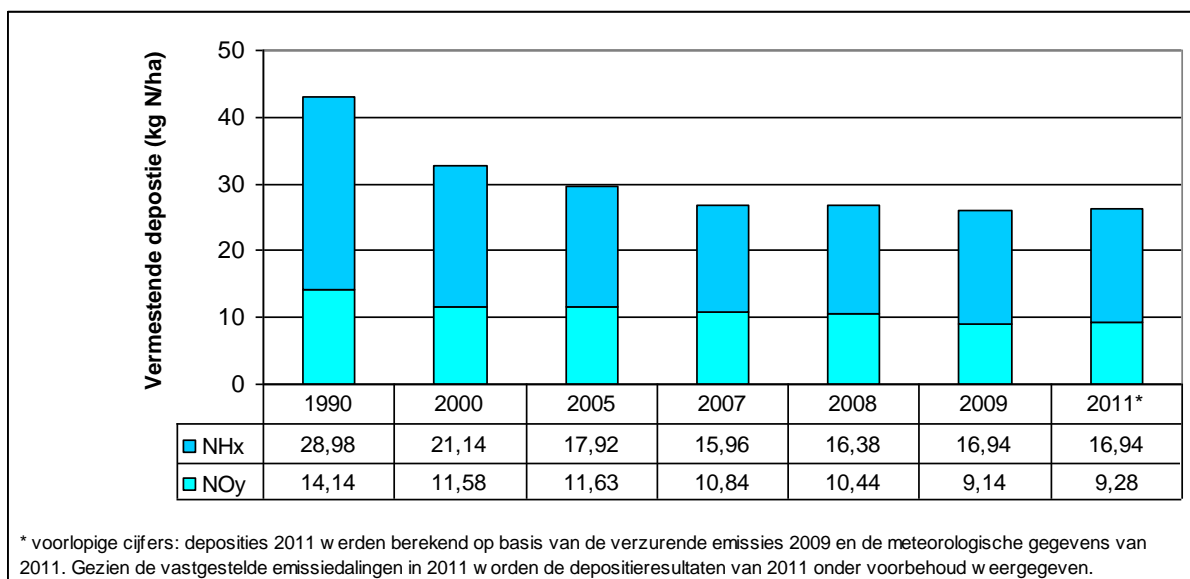
Figuur 40: Totale vermestende depositie in 2011 in Vlaanderen, gemiddelde per gemeente

4.2.3 Trendreeks depositie

Ook voor de jaren 1990, 2000, 2005, 2007, 2008 en 2009 berekende VLOPS de verzurende en vermestende depositie. Dit gebeurt steeds met emissies en meteo van het betreffende jaar. Na doorrekening voor Vlaanderen op een 1x1 km² receptorenrooster werden gemiddelde deposities berekend over alle roostercellen, deze worden voorgesteld in Figuur 41 voor de verzurende depositie, en Figuur 42 voor de vermestende depositie. In beide figuren valt een duidelijke dalende trend tot 2009 waar te nemen. In de veronderstelling van constante emissies vanaf 2009 blijven de totale deposities tijdens de periode 2009-2011 nagenoeg stabiel. De depositieresultaten van 2011 worden onder voorbehoud weergegeven.



Figuur 41: Gemiddelde Vlaamse verzurende deposities SO_x , NO_y en NH_x 1990-2011



Figuur 42: Gemiddelde Vlaamse vermestende deposities NO_y en NH_x 1990-2011

5 Kwaliteitszorg en onderzoek

5.1 Inleiding

Verschillende factoren beïnvloeden onze meetresultaten. De VMM meet immers op verschillende meetplaatsen, in verschillende vegetaties en weersomstandigheden, ...

Een goede kwaliteit van het depositiemeetnet verzuring moet ervoor zorgen dat we in alle omstandigheden betrouwbare metingen uitvoeren en de meetresultaten goed onderbouwd rapporteren. Daarom werken we op basis van verschillende tests en studies aan een continue verbetering van onze metingen.

Dit hoofdstuk vertelt u meer over het doel, de uitvoering en de resultaten van volgende tests:

- de vergelijkende metingen van NO₂ en SO₂ in Borgerhout;
- de vergelijking van de resultaten van de passieve samplers en de monitoren in Gent en Borgerhout; dit zowel voor NO₂ als SO₂.

Tenzij anders vermeld in dit hoofdstuk zijn de analyses en conclusies op basis van metingen met passieve samplers gebaseerd op de resultaten van 26 meetperiodes, met onderstaande begin- en einddata.

Tabel 11: Begin- en einddata van de meetperiodes in meetjaar 2011

Meetperiode	Begindatum	Einddatum	Meetperiode	Begindatum	Einddatum
1	05/01/2011	19/01/2011	14	06/07/2011	21/07/2010
2	19/01/2011	02/02/2011	15	20/07/2011	03/08/2011
3	02/02/2011	16/02/2011	16	03/08/2011	17/08/2011
4	16/02/2011	02/03/2011	17	17/08/2011	31/08/2011
5	02/03/2011	16/03/2011	18	31/08/2011	14/09/2011
6	16/03/2011	30/03/2011	19	14/09/2011	28/09/2011
7	30/03/2011	13/04/2011	20	28/09/2011	12/10/2011
8	13/04/2011	27/04/2011	21	12/10/2011	26/10/2011
9	27/04/2011	11/05/2011	22	26/10/2011	09/11/2011
10	11/05/2011	25/05/2011	23	09/11/2011	23/11/2011
11	25/05/2011	08/06/2011	24	23/11/2011	07/12/2011
12	08/06/2011	22/06/2011	25	07/12/2011	21/12/2011
13	22/06/2011	06/07/2011	26	21/12/2011	04/01/2012

5.2 Vergelijkende metingen van SO₂ en NO₂ in Borgerhout

5.2.1 Inleiding

Sinds 2007 voert de VMM op de meetplaats in Borgerhout veertiendaagse metingen van SO₂ en NO₂ uit met passieve samplers en dit zowel aan de meetcabine (R801) als aan de straatkant (R802). Doel van deze vergelijkende metingen is na te gaan of de metingen aan de cabine overeenstemmen met de concentraties aan de straat.

Beide meetlocaties liggen aan de Plantin & Moretuslei:

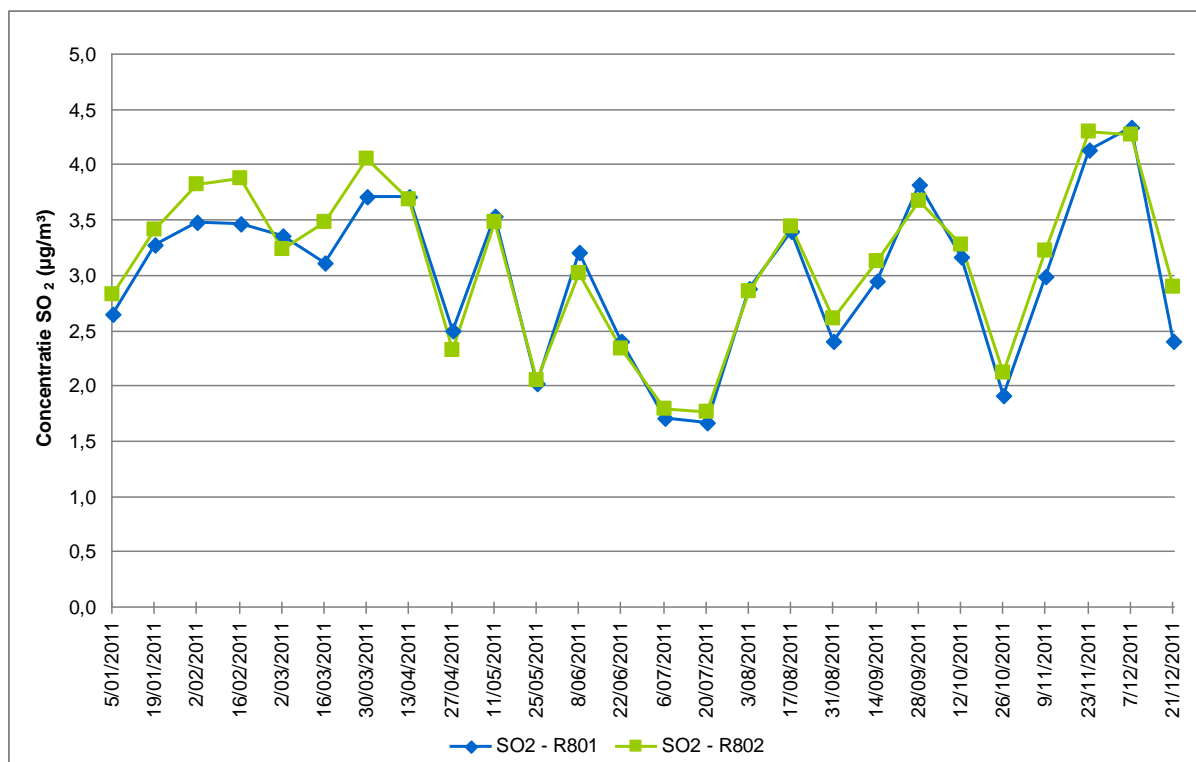
- straat: één meting gebeurt aan de straatkant;
- cabine: 28 meter verwijderd van de straatkant, op het dak van het VMM-metstation.

Het hoogteverschil met de samplers aan de straat bedraagt niet meer dan 1 meter.

Voor het vijfde jaar op rij worden de concentraties SO₂ en NO₂ aan de meetcabine en de straatkant vergeleken, dit op basis van de meetperiodes waarvoor van zowel de straat als de cabine gegevens beschikbaar zijn.

5.2.2 SO₂

In meetjaar 2011 gebeurden aan beide meetplaatsen 26 metingen van 14 dagen. Figuur 43 toont een zeer gelijkaardig verloop van de SO₂-concentraties aan de cabine (R801) en aan de straatkant (R802) in 2011.



Figuur 43: Concentraties SO₂ in Borgerhout in 2011

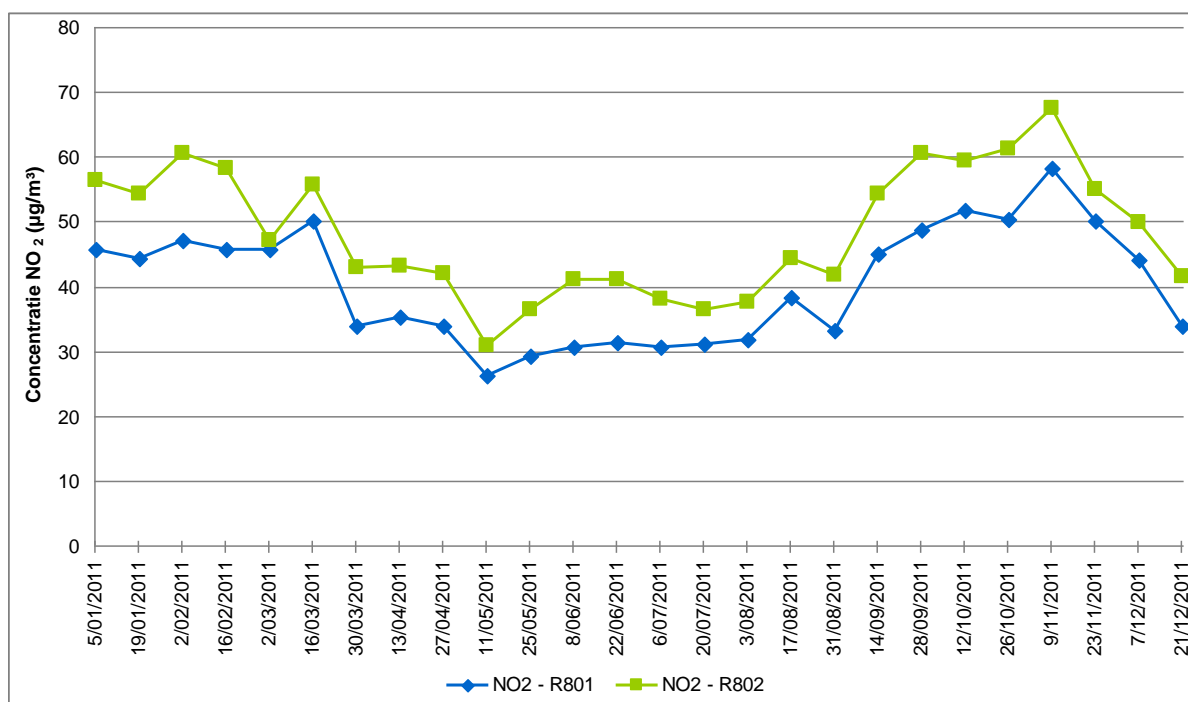
De minima, maxima en het niet-gewogen jaargemiddelde liggen dicht bij elkaar, dit zowel absoluut als relatief. Opvallend is dat het minimum en het jaargemiddelde hoger ligt aan R802 dan aan R801, maar voor het maximum geldt het omgekeerde.

Tabel 12: Minima, maxima en jaargemiddelde SO₂-concentraties in Borgerhout

	R801	R802	Absoluut verschil	Relatief verschil
Minimum	1,67 µg/m ³	1,76 µg/m ³	0,09 µg/m ³	+ 5,4%
Maximum	4,33 µg/m ³	4,30 µg/m ³	-0,03 µg/m ³	-0,7%
Jaargemiddelde	3,00 µg/m ³	3,11 µg/m ³	0,10 µg/m ³	+ 3,5%

5.2.3 NO₂

Voor NO₂ zijn er 26 meetresultaten aan straat (R802) en cabine (R801) beschikbaar. Hoewel de gemeten concentraties voor NO₂ verder uit elkaar liggen, is er toch ook een gelijkmatig verloop aan beide meetplaatsen.

Figuur 44: Concentraties NO₂ in Borgerhout in 2011

Tabel 13 toont het absolute en relatieve verschil van de minima, maxima en het jaargemiddelde. In tegenstelling tot de SO₂-concentraties is hier wel een duidelijk verschil waarneembaar. Aan meetstation R802, welk aan de straatkant gelegen is, ligt de NO₂-concentratie 20,2% hoger dan aan de cabine. Dit maakt dat het meetstation R801 (monitor) niet zonder meer geschikt is als verkeersgericht station voor NO₂.

Tabel 13: Minima, maxima en jaargemiddelde NO₂-concentraties in Borgerhout

	R801	R802	Absoluut verschil	Relatief verschil
Minimum	26,25 µg/m ³	30,83 µg/m ³	4,58 µg/m ³	+ 17,4%
Maximum	58,19 µg/m ³	67,55 µg/m ³	9,35 µg/m ³	+ 16,1%
Jaargemiddelde	40,22 µg/m ³	48,32 µg/m ³	8,11 µg/m ³	+ 20,2%

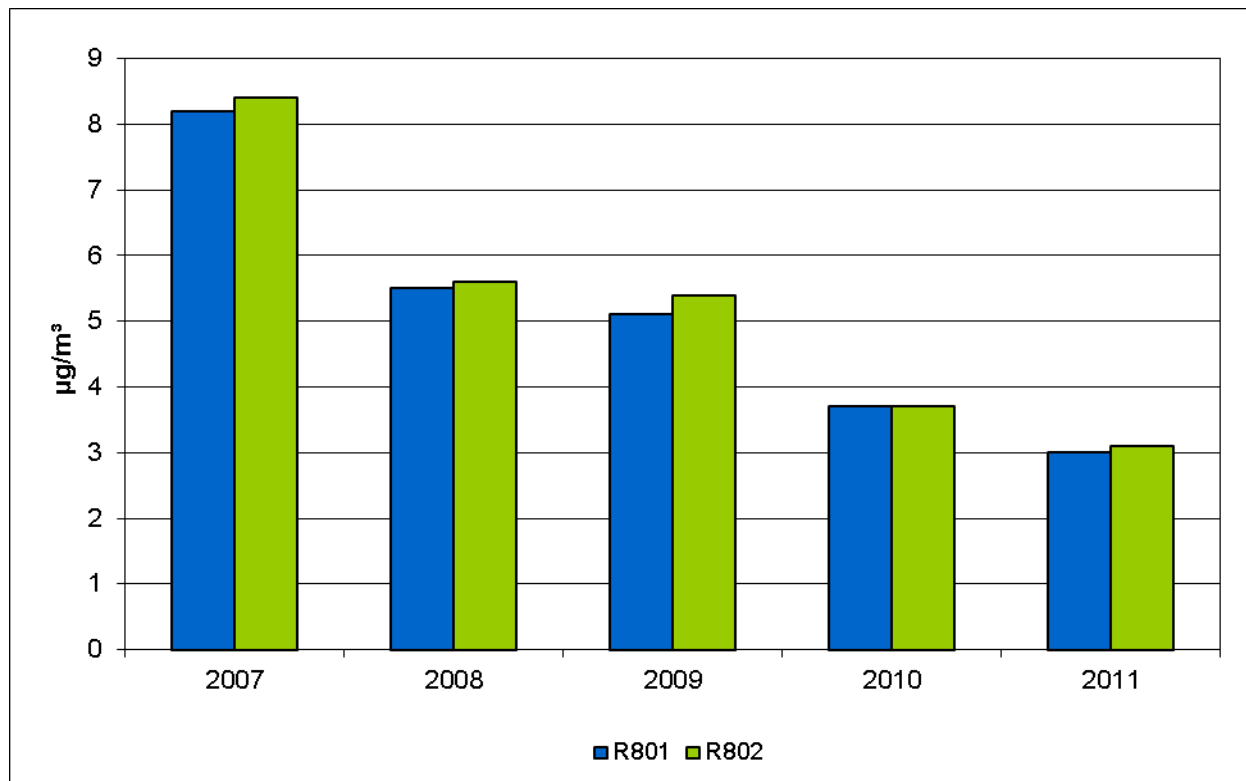
5.2.4 Overzicht periode 2007 – 2011

De uitkomst van de veertiendaagse resultaten van 2011 is vergelijkbaar met de vorige jaren.

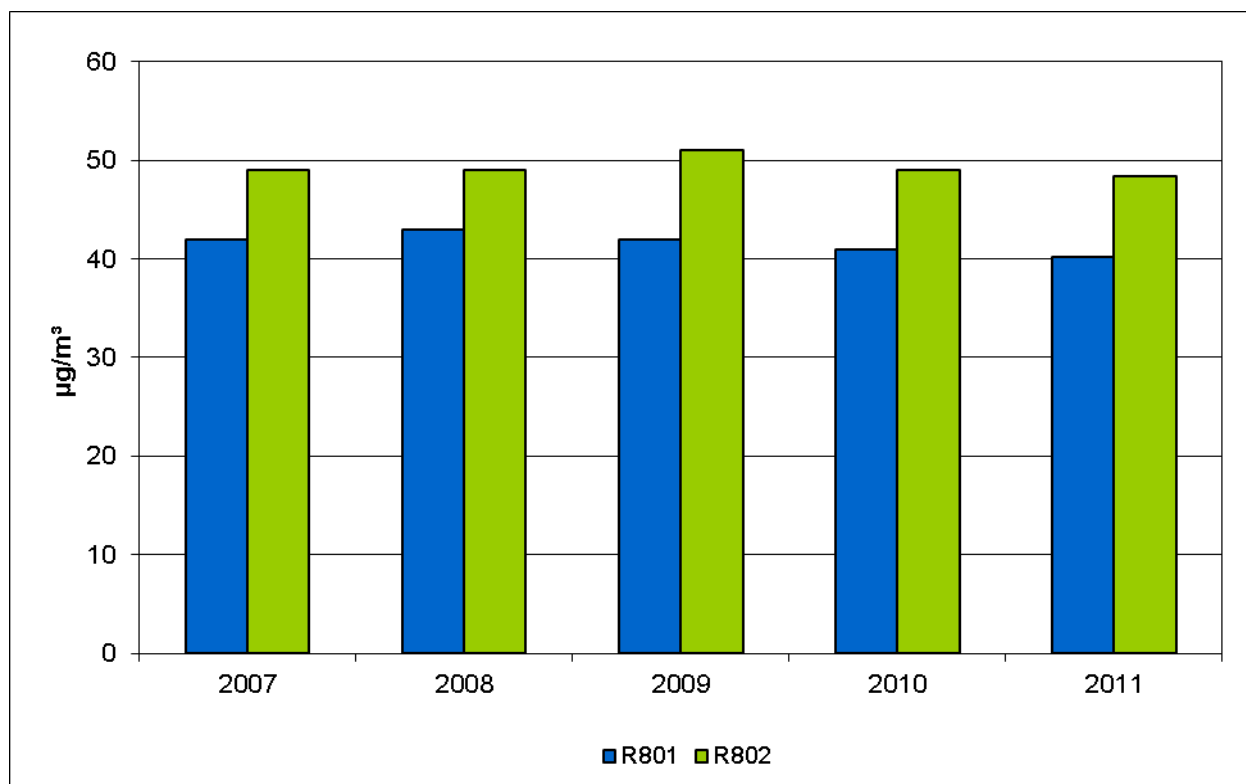
Figuur 45 en Figuur 46 tonen een overzicht van de SO₂- en NO₂-jaargemiddelden in de periode 2007-2011. De meetjaren vertonen onderling geen grote verschillen. Voor SO₂ zijn de jaargemiddelden op R801 en R802 vergelijkbaar. Voor NO₂ is er wel een duidelijk verschil tussen R801 en R802. Een schatting van de NO₂-concentratie aan de straatkant kan gebeuren aan de hand van de formule in

Figuur 47, welke berekend is op basis van de meetgegevens van de passieve samplers aan straat en cabine in de periode 2007-2011:

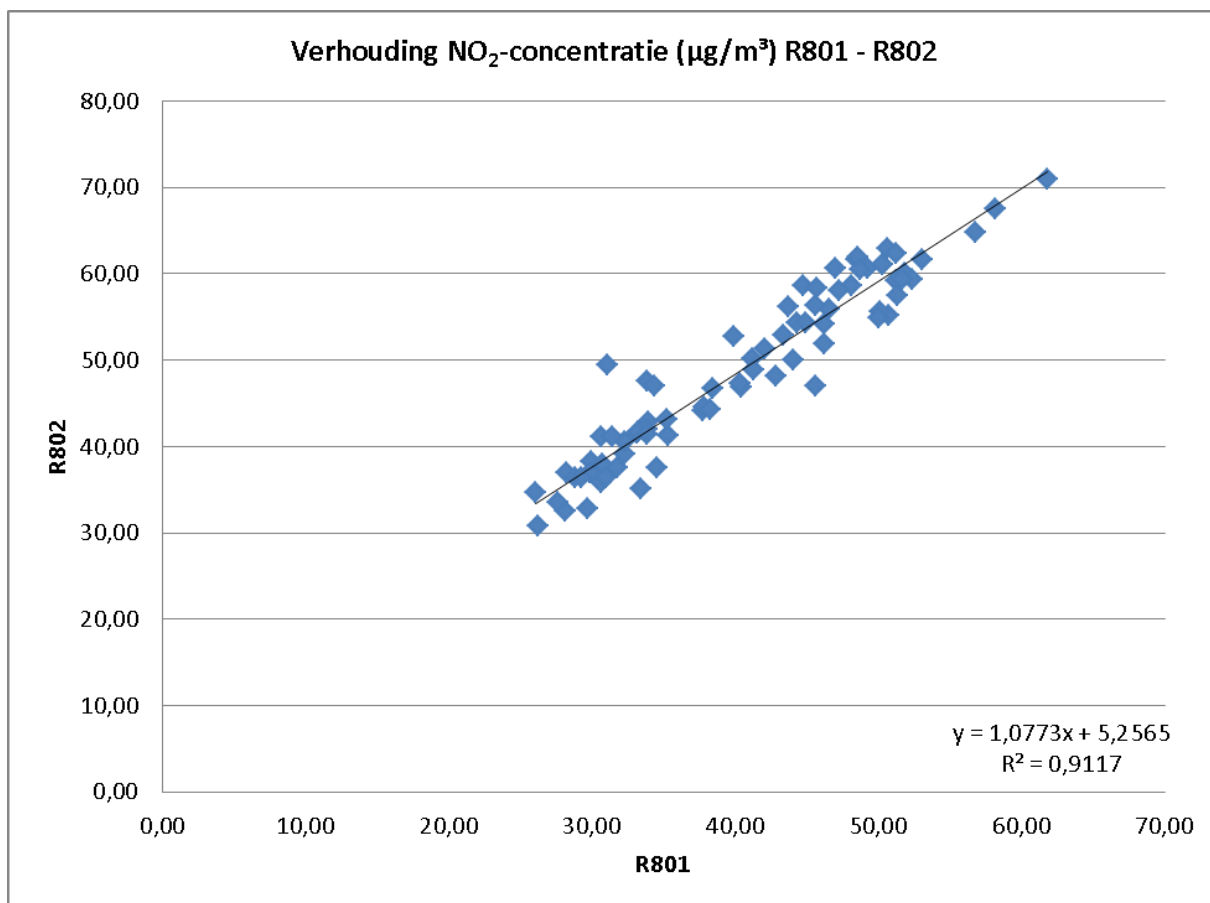
$$\text{concentratie NO}_2 \text{ aan de straatkant} = (1,0773 * \text{concentratie NO}_2 \text{ aan de cabine}) + 5,2565$$



Figuur 45: SO₂-jaargemiddelde in de periode 2007-2011 aan meetpunten R801 en R802



Figuur 46: NO₂-jaargemiddelde in de periode 2007 – 2011 aan de meetpunten R801 en R802



Figuur 47: Relatie tussen de NO_2 -concentraties aan meetpunten R801 en R802

5.3 Vergelijkende metingen van passieve samplers en monitoren

5.3.1 Opzet en doelstelling

Op de meetplaatsen Borgerhout (R801) en Gent (E716) hangen passieve samplers naast de monitoren van het telemetrische meetnet. Deze monitoren registreren halfuurwaarden van de concentraties NO_2 en SO_2 in Borgerhout, en de NO_2 -concentratie in Gent. De metingen met passieve samplers gebeuren in 26 perioden van telkens 14 dagen. Om een uitspraak te kunnen doen over de betrouwbaarheid van de passieve samplers, vergelijken we de gemeten 14-daagse concentraties met de halfuurwaarden van de monitoren. Dit doen we door de halfuurwaarden van de monitoren te herleiden naar 14-daagse waarden.

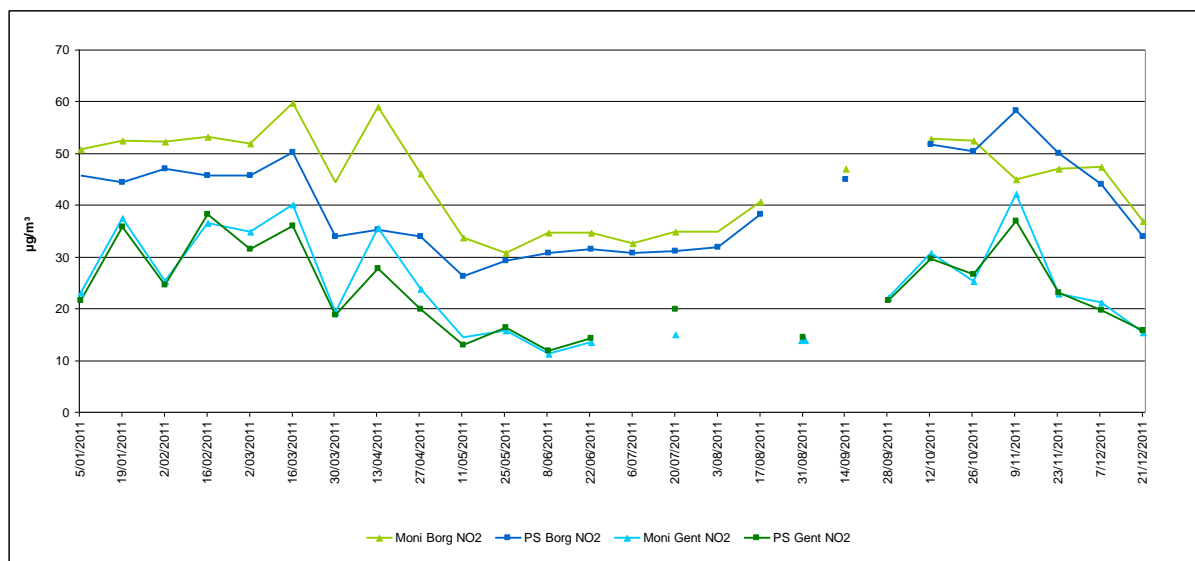
5.3.2 Vergelijking van de twee meetmethodes

Tabel 14 geeft het jaargemiddelde van SO_2 en NO_2 gemeten door de monitoren en met de passieve samplers, en het absolute en relatieve verschil tussen beide meetmethodes. Bij de NO_2 -metingen hebben de monitoren een hoger jaargemiddelde dan bij de passieve samplers. Bij de SO_2 -metingen ligt het jaargemiddelde bij beide meetmethodes even hoog.

Tabel 14: Jaargemiddelde van SO_2 en NO_2

	Monitor	Passieve sampler	Absoluut verschil	Relatief verschil passieve sampler tegenover monitor
Gent NO_2	24,49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	23,47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-4,1%
Borgerhout NO_2	44,76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	40,16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	4,61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-10,3%
Borgerhout SO_2	2,97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2,97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0%

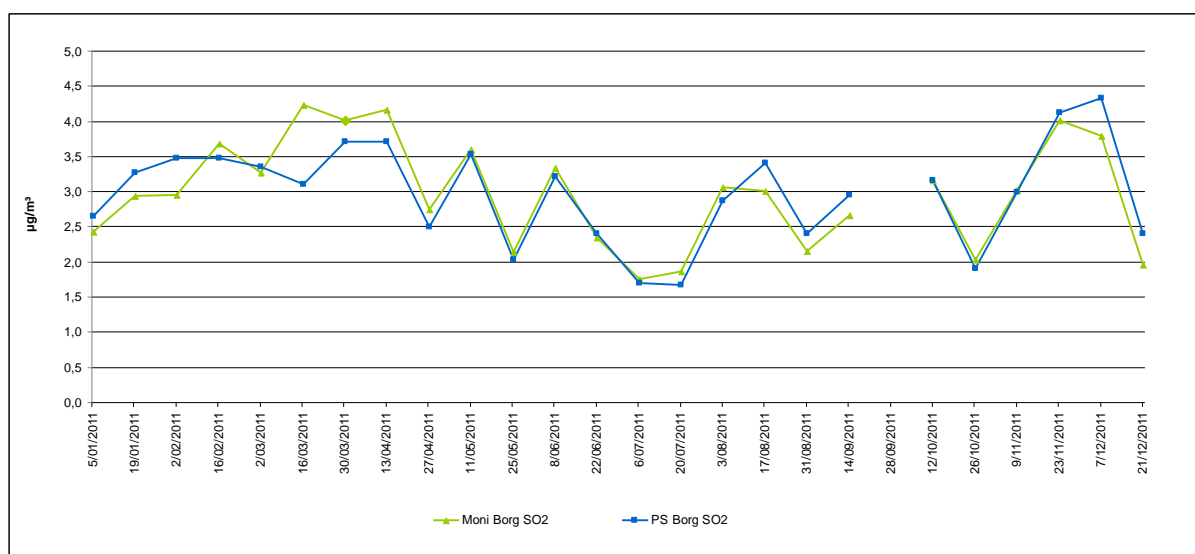
Onderstaande figuur toont de NO₂-concentraties in Gent en Bergerhout, gemeten met passieve samplers en met de monitor. De concentraties evolueren in Gent en Bergerhout grotendeels gelijk doorheen het jaar.



Figuur 48: NO₂-concentraties in Gent en Bergerhout, gemeten met passieve samplers en monitoren

Voor de vergelijking van de NO₂-resultaten in Bergerhout zijn 24 metingen beschikbaar. Van deze 24 meetperiodes zijn er slechts twee waar de monitor minder meet dan de passieve samplers. Het verschil tussen de twee meetmethodes varieert doorheen het jaar: de samplers meten van 40,2% minder tot 29,5% meer dan de monitor. De resultaten verschillen het meest tussen in maart en april. Voor de vergelijking van de NO₂-resultaten in Gent zijn 22 metingen beschikbaar. Hier zijn er 9 meetperiodes waar de monitor minder meet dan de passieve samplers. De samplers meten van 22,0% minder tot 33,8% meer dan de monitor. Het grootste verschil treedt op in de tweede helft van april.

Uit Tabel 14 en Figuur 49 blijkt dat de resultaten van de SO₂-metingen door de monitor en de passieve samplers zeer dicht bij elkaar liggen. De passieve samplers meten een hogere concentratie dan de monitor in 12 van de 25 periodes. Het verschil varieert tussen 26,6% minder in de tweede helft van maart en 22,6% meer in de tweede helft van december. Dit resulteert in een gelijk jaargemiddelde bij beide meetmethoden.



Figuur 49: SO₂-concentraties in Bergerhout, gemeten met passieve samplers en monitoren

6 Besluit

Meetresultaten en trend

De meetresultaten van het depositiemeetnet verzuring tonen dat:

- er algemeen genomen een dalende trend is in de concentratie en depositie van NH_x en SO_x sinds 2001; voor NH_x neemt de daling af, dit wilt zeggen dat de concentratie zich lijkt te stabiliseren;
- de meetresultaten van NO_y in 2011 sterk overeenkomen met die van de voorbije jaren; enkel in Retie is er een dalende trend in de NO_y -depositie sinds 2001. Een daling van de NO_x -depositie is echter noodzakelijk, omdat in 2011 in Gent de gemeten waarden hoger liggen dan het kritiek niveau uit de Europese richtlijn; in Bonheiden en Kapellen liggen de concentraties ook zeer dicht bij het kritieke niveau;
- de totale verzurende en vermestende depositie daalt sinds 2001, toch ligt enkel in Tielt-Winge de verzurende depositie lager dan de VLAREM-streefwaarden voor verzuring. De VLAREM-streefwaarden voor vermestende depositie worden op geen enkele meetplaats gerespecteerd.

Modelberekeningen

Na kalibratie geeft het VLOPS-model een goed beeld van de verzuring en vermesting in gans Vlaanderen.

De hoogste totale verzurende depositie komt voor in het centrum van West-Vlaanderen, de Antwerpse agglomeratie en het noorden van de provincie Antwerpen. Het aandeel NH_x in de gemiddelde verzurende depositie over Vlaanderen bedraagt 50%, dat van NO_y 28% en dat van SO_x 22%.

De hoogste waarden komen voor:

- in de Antwerpse havenzone, gevolgd door kleinere zones verspreid over het noorden van Vlaanderen voor de SO_x -depositie;
- in Antwerpen, ten noorden van Brussel en op alle snelwegen rond Antwerpen, Gent en Brussel voor de NO_y -depositie;
- in West-Vlaanderen, het noordwesten van Oost-Vlaanderen en het noorden van de provincie Antwerpen voor de NH_x -depositie.

De totale vermestende depositie ten slotte piekt in het centrum van West-Vlaanderen, en het noorden van de provincie Antwerpen. Het aandeel NH_x in de gemiddelde totale vermestende depositie over Vlaanderen bedraagt 65% en dat van NO_y 35%.

Zowel voor de verzurende als voor de vermestende depositie is er een dalende trend sinds 1990. Dit stemt overeen met de trend in de gemeten depositie sinds 2001.

Kwaliteitszorg en onderzoek

Vergelijkende metingen in Borgerhout

De meetjaren vertonen onderling geen grote verschillen. Ook in 2011 zijn de SO_2 -jaargemiddelden op R801 en R802 vergelijkbaar. Voor NO_2 is er wel een duidelijk verschil tussen R801 en R802. Maar omdat het verschil in de verschillende jaren quasi stabiel is, is een schatting van de NO_2 -concentratie aan de straatkant mogelijk. Deze schatting kan gebeuren aan de hand van de meetresultaten van de monitor, of passieve samplers ter hoogte van de monitor.

Vergelijking van monitor en passieve samplers

In 2011 ligt het NO_2 -jaargemiddelde gemeten door de monitor hoger dan dat van de passieve samplers. Toch zijn er ook verschillende 14-daagse meetperiodes waar de passieve samplers een hogere concentratie meten dan de monitor. Deze resultaten worden verder onderzocht en nauwlettend opgevolgd in de toekomst. Indien nodig worden passende maatregelen getroffen.

Het SO_2 -jaargemiddelde bepaald door de passieve samplers en de monitor is gelijk. Ook voor deze resultaten blijft opvolging noodzakelijk.

BIJLAGEN

Bijlage 1: Meetpunten depositiemeetnet verzuring

Code	Gemeente	Locatie	X	Y	Z	Startdatum
Meetpunten totale verzurende depositie						
BO01	BONHEIDEN (MECHELEN)	NATUURGEBIED MECHELSEBROEK, MECHELSEBROEKSTRAAT	160364	190774	5	22/01/2002
GN06	MARIAKERKE (GENT)	NATUURGEBIED BOURGOYEN-OSSEMEERSEN, DRIEPIKKELSTRAAT	101995	195333	7	28/08/2001
KK01	KOKSIJDE	WATERWINGEBIED DE DOORNPANNE	30270	202583	7	28/08/2001
KP01	KAPELLEN	MILITAIR DOMEIN, HET KLEIN SCHIETVELD, FENIKSTRAAT	158181	226446	24	1/01/2002
MA02	MAASMECHELEN	MILITAIR VliegVELD, LEUTSESTRAAT	237024	183722	92	4/09/2001
RT01	RETIE	PRINSENPARK	197815	213657	23	5/07/2005
TE01	TIELT-WINGE	NATUURGEBIED HET WALENBOS, SLUIWEG	186469	181496	26	18/09/2001
WN01	WINGENE	GULKE PUTTEN	77532	197025	19	24/04/2001
ZW01	ZWEVEGEM	ORVEYTBOS	79838	164143	44	11/09/2001
Meetpunten voor metingen ammoniakconcentraties						
AA01	AALST	EREMBODEGEM, OSBROEK	127497	179140	17	8/01/2008
BA01	BLANKENBERGE	UITKERKSE POLDER	63482	220489	3	9/01/2008
EK04	HECHTEL-EKSEL	FINSE PISTE - LUPINESTRAAT	219589	200174	67	9/01/2008
IC03	ICHTEGEM	KASTEEL VAN WIJNENDALE	58205	197064	26	9/01/2008
IP01	IEPER, ZILLEBEKE	WERVIKSTRAAT	49179	168819	55	8/01/2008
ME01	MALLE	MILITAIR VliegVELD	177649	218166	20	9/01/2008
TI01	TIENEN	GOETSENHOVE	191242	163735	71	8/01/2008
WA01	WAASMUNSTER	KAPELLETJE PALINGSHUIS	131436	198950	5	9/01/2008

Bijlage 2: Neerslaghoeveelheden in 2011

Tabel 15: Neerslaghoeveelheden in 2011

Meetplaats	Neerslaghoeveelheid (mm)
BO01	727,5
GN06	751,2
KP01	881,0
KK01	709,9
MA02	700,6
RT01	694,2
TE01	774,4
WN01	764,9
ZW01	676,1
Gemiddelde VMM Depositiemeetnet verzuring	742,2
UKKEL (KMI)	814,9

Bijlage 3: Meetresultaten verzurende depositie

Tabel 16: Meetresultaten concentratie verzurende polluenten

	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			ppm			
	NH_3	NO_2	SO_2	NH_4^+	NO_3^-	NO_2^-	SO_4^{2-}
BO01	2,80	19,89	1,44	0,96	1,68	0,07 – 0,07	1,14
GN06	3,96	22,35	2,06	0,93	1,41	0,06 – 0,06	1,09
KP01	2,90	20,89	2,94	1,02	1,69	0,05 – 0,06	1,71
KK01	3,09	14,56	1,84	0,79	1,42	0,05 – 0,06	1,44
MA02	3,04	16,82	1,47	0,94	1,76	0,06 – 0,06	1,19
RT01	3,66	15,70	1,46	1,00	1,56	0,05 – 0,06	1,17
TE01	1,72	11,89	0,91	0,91	1,58	0,04 – 0,05	1,01
WN01	8,28	15,21	1,74	1,10	1,34	0,04 – 0,05	1,05
ZW01	4,65	15,79	1,68	0,86	1,31	0,07 – 0,09	0,99
AA01	3,67						
BA01	5,62						
EK04	2,20						
IC03	8,49						
IP01	8,08						
ME01	5,01						
TI01	5,34						
WA01	5,28						

Tabel 17: Meetresultaten droge verzurende depositie (Zeq/ha.j)

	NH ₃				NO ₂				SO ₂			
	Gras	Heide	Loof	Naald	Gras	Heide	Loof	Naald	Gras	Heide	Loof	Naald
BO01	571				341				128			
GN06	808				383				183			
KP01	591	806	1.021	1.559	358	358	358	358	261	348	261	290
KK01	630	859			249	249			163	218		
MA02	621	847	1.073	1.638	288	288	288	288	131	174	131	145
RT01	747	1.019	1.290	1.969	269	269	269	269	130	173	130	144
TE01	350		605		204		204		80		80	
WN01	1.690	2.305	2.920		261	261	261		155	206	155	
ZW01	948		1.638		271		271		149		149	
AA01	749		1.294									
BA01	1.146											
EK04	450	613	777									
IC03	1.731		2.991	4.565								
IP01	1.649											
ME01	1.022	1.393	1.765									
TI01	1.090											
WA01	1.077											

Tabel 18: Meetresultaten natte verzurende depositie (Zeq/ha.j)

	NH₄⁺	NO₂⁻	NO₃⁻	SO₄²⁻
BO01	387	9,90	198	173
GN06	386	10,70	171	171
KP01	500	8,10	240	313
KK01	310	3,80	163	213
MA02	364	6,10	199	173
RT01	385	6,70	174	170
TE01	392	5,10	198	163
WN01	468	10,80	166	168
ZW01	322	7,60	143	139

Tabel 19: Meetresultaten totale verzurende depositie (Zeq/ha.j)

	Gras	Heide	Loof	Naald
BO01	1.806			
GN06	2.113			
KP01	2.272	2.574	2.702	3.268
KK01	1.732	2.016		
MA02	1.782	2.052	2.234	2.813
RT01	1.881	2.196	2.425	3.118
TE01	1.393		1.647	
WN01	2.918	3.585	4.148	
ZW01	1.979		2.668	

Bijlage 4: Meetresultaten vermestende depositie

Tabel 20: Meetresultaten droge vermestende depositie (kg N/ha.j)

	gras	heide	loofbos	naaldbos
BO01	12,77			
GN06	16,67			
KP01	13,29	16,30	19,31	26,84
KK01	12,31	15,51		
MA02	12,73	15,89	19,05	26,96
RT01	14,22	18,03	21,83	31,33
TE01	7,76		12,24	
WN01	27,31	35,92	44,53	
ZW01	17,07		26,73	

Tabel 21: Meetresultaten natte vermestende depositie (kg N/ha.j)

	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	stikstof
BO01	5,42	0,14	2,77	8,33
GN06	5,40	0,15	2,39	7,95
KP01	7,00	0,11	3,36	10,47
KK01	4,34	0,05	2,28	6,68
MA02	5,10	0,09	2,79	7,97
RT01	5,39	0,09	2,44	7,92
TE01	5,49	0,07	2,77	8,33
WN01	6,55	0,15	2,32	9,03
ZW01	4,51	0,11	2,00	6,62

Tabel 22: Meetresultaten totale vermestende depositie (kg N/ha.j)

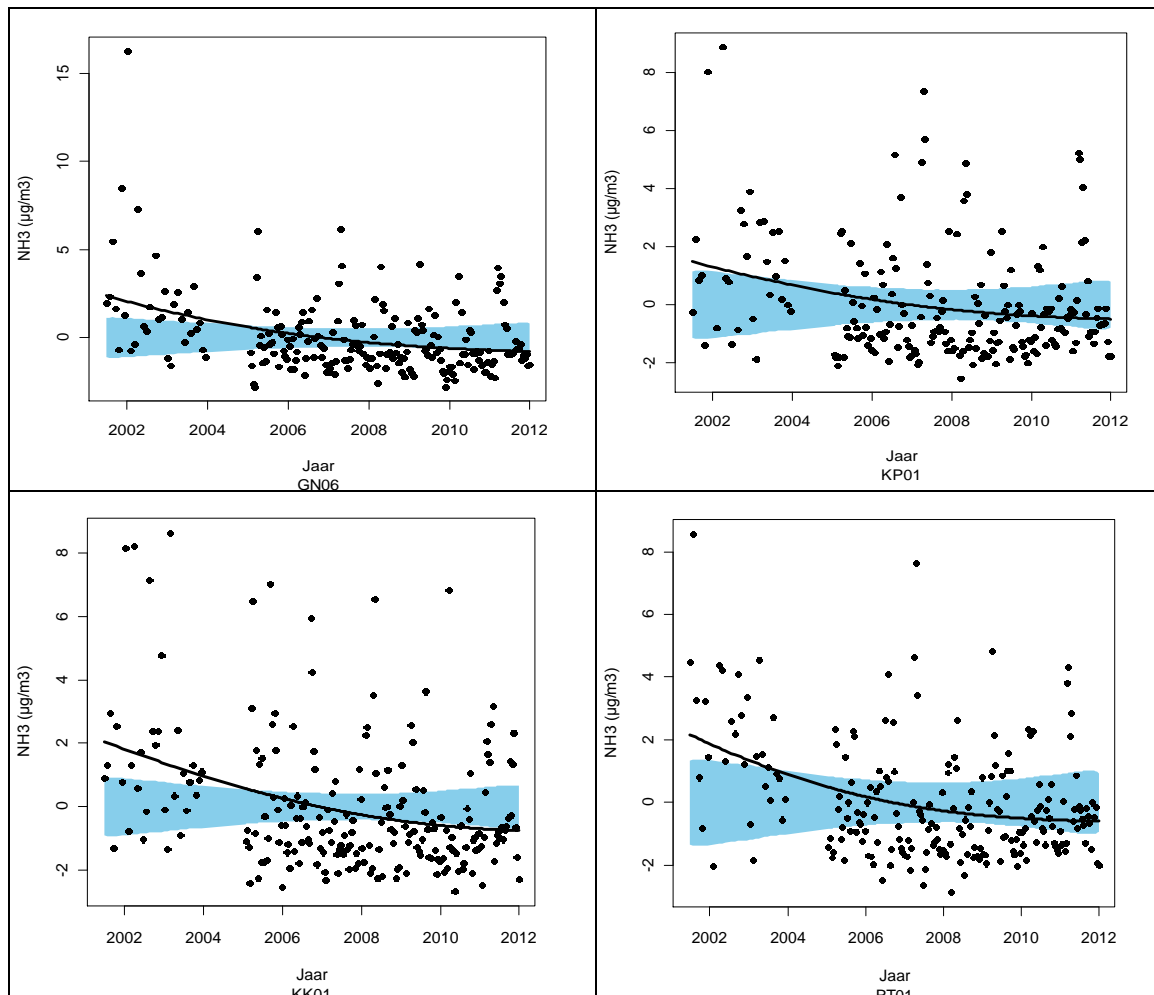
	gras	heide	loofbos	naaldbos
BO01	21,10			
GN06	24,62			
KP01	23,76	26,77	29,78	37,31
KK01	18,98	22,19		
MA02	20,69	23,86	27,02	34,93
RT01	22,14	25,95	29,75	39,25
TE01	16,09		20,57	
WN01	36,34	44,95	53,56	
ZW01	23,68		33,34	

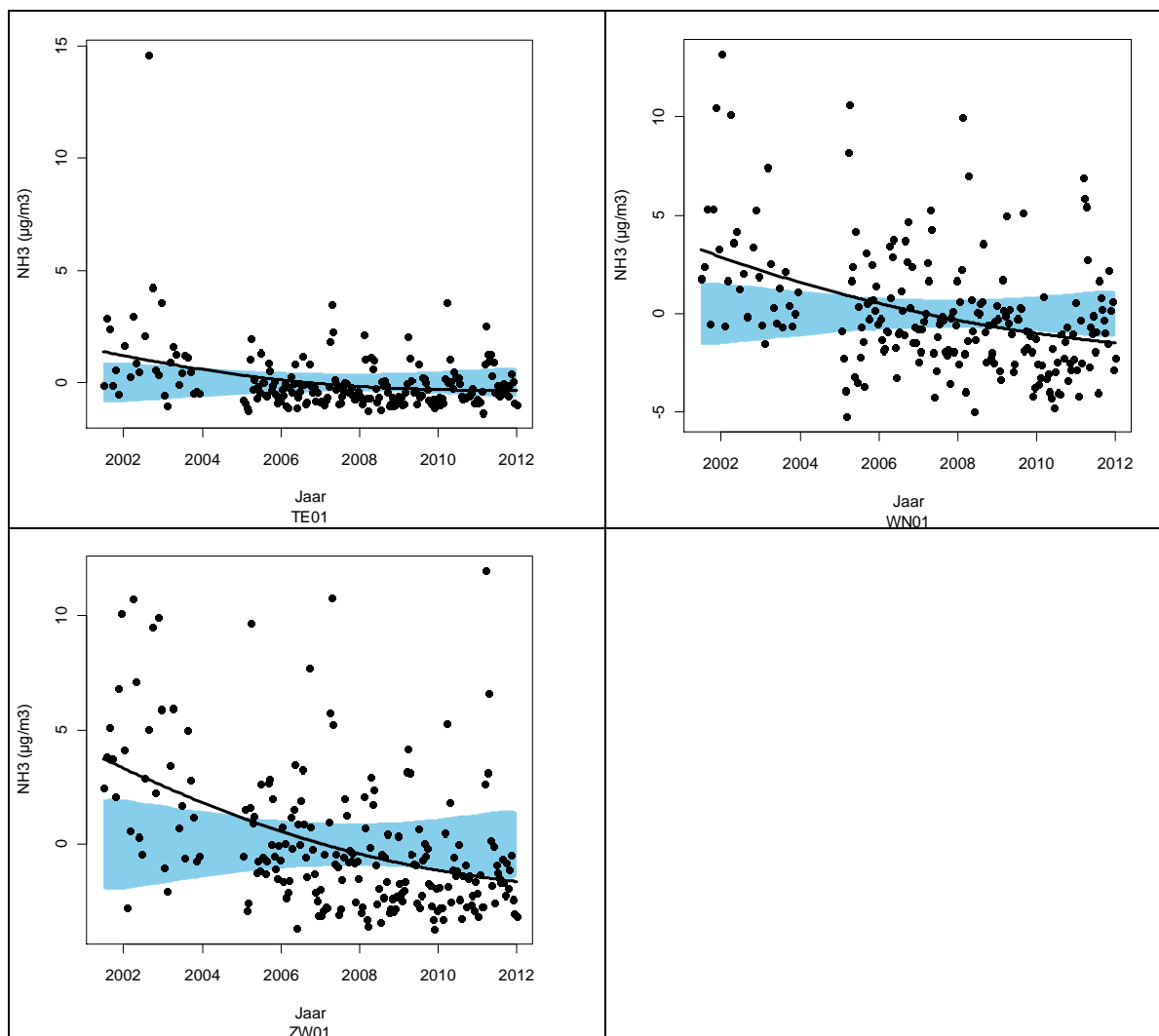
Bijlage 5: Trends - NH_x

Tabel 23: Gemiddelde jaarlijkse afname (2001 – 2011) van de NH₃-concentratie met 95%-CI (µg/m³)

Grootte trend	
BO01	Geen trend
GN06	-0,28 ± 0,12
KP01	-0,17 ± 0,13
KK01	-0,25 ± 0,11
MA02	Geen trend
RT01	*(-0,22 ± 0,14)
TE01	-0,15 ± 0,10
WN01	-0,43 ± 0,18
ZW01	-0,49 ± 0,20

*Deze trend is niet-lineair, zie ook Figuur 50





Figuur 50: Dalende trend in de NH₃-concentratie en –depositie

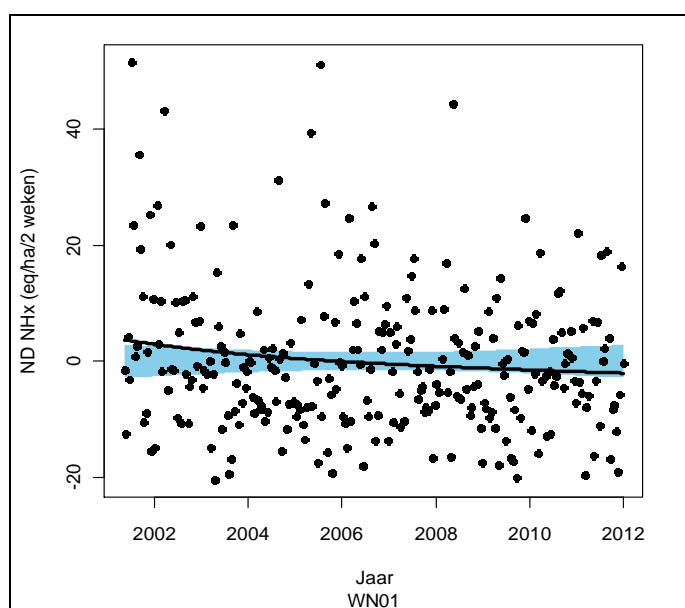
Tabel 24: Gemiddelde jaarlijkse afname (2001 – 2011) NH₃-depositie met 95%-CI (Zeq/ha.j)

	Gras	Heide	Loofbos	Naaldbos
BO01	Geen trend			
GN06	-56,7 ± 25,6			
KP01	-35,4 ± 26,4	-48,1 ± 35,9	-60,8 ± 45,4	-92,8 ± 69,3
KK01	-51,2 ± 23,1	-69,7 ± 31,6		
MA02	Geen trend	Geen trend	Geen trend	Geen trend
RT01	*(-45,0 ± 29,0)	*(-61,6 ± 39,7)	*(-78,0 ± 50,1)	*(-118,8 ± 76,4)
TE01	-30,7 ± 20,4		-41,6 ± 27,8	
WN01	-88,1 ± 36,3	-120,1 ± 49,5	-152,4 ± 62,7	
ZW01	-100,1 ± 41,1		-263,9 ± 108,3	

*Deze trends zijn niet-lineair, en verlopen analoog aan de trends van de NH₃-concentratie

Tabel 25: Gemiddelde jaarlijkse afname van de natte NH_4^+ -depositie met 95%-CI (Zeq/ha.j)

	Trend
BO01	Geen trend
GN06	Geen trend
KP01	Geen trend
KK01	Geen trend
MA02	Geen trend
RT01	Geen trend
TE01	Geen trend
WN01	$-13,5 \pm 11,7$
ZW01	Geen trend

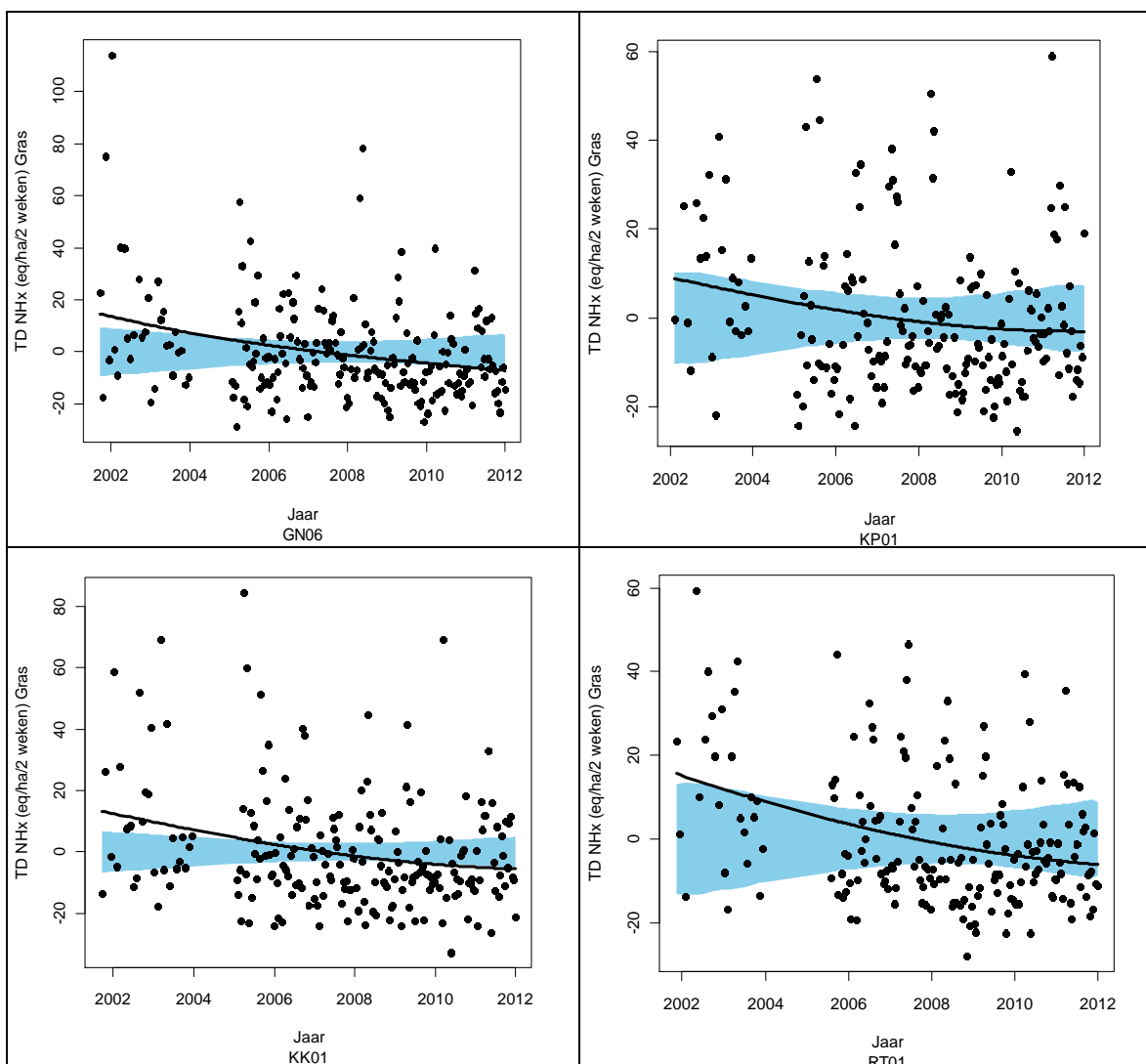


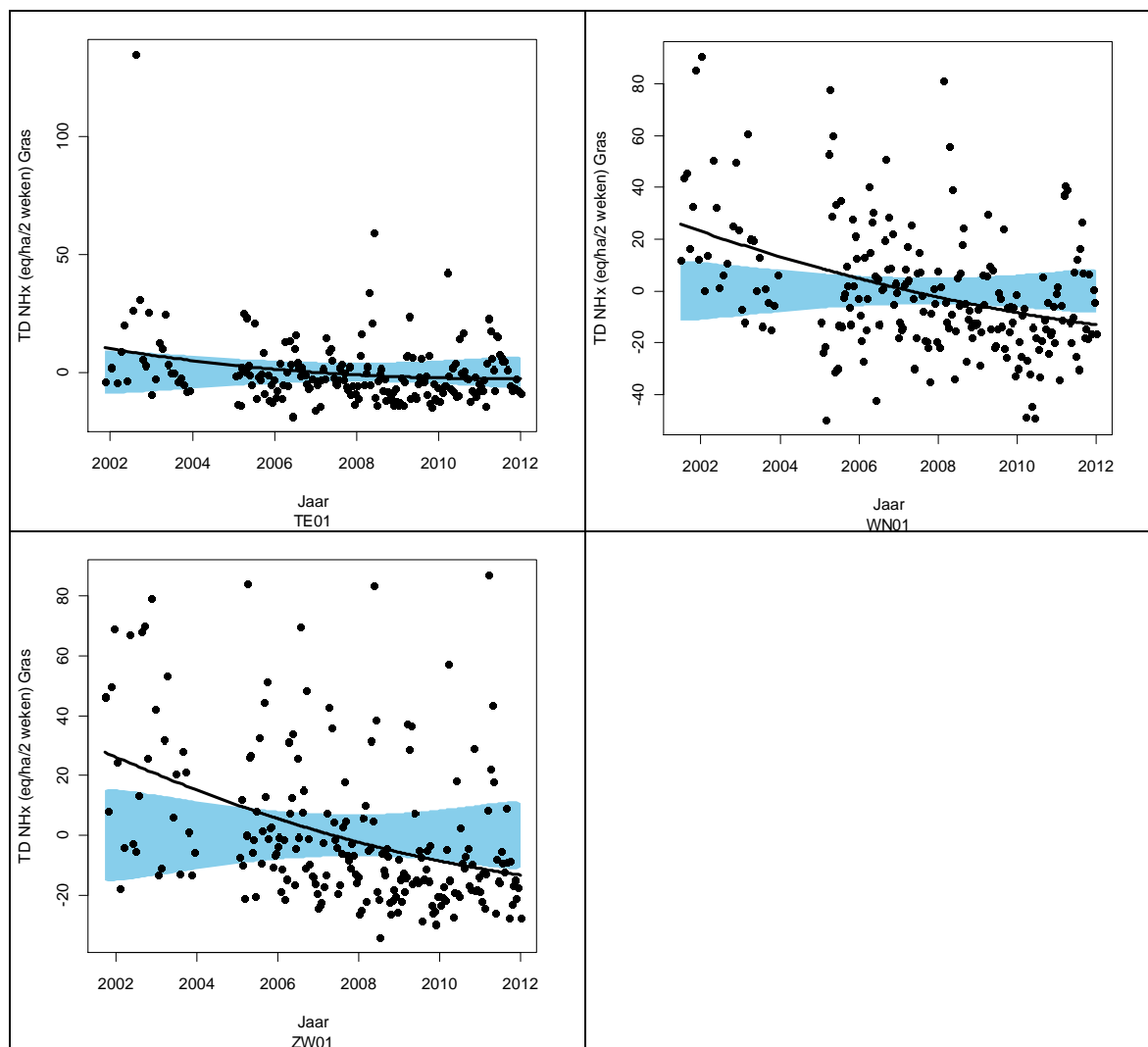
Figuur 51: Dalende trend in de NH_4^+ -depositie

Tabel 26: Gemiddelde jaarlijkse afname van de totale NH_x-depositie met 95%-CI (Zeq/ha.j)

	Gras	Heide	Loofbos	Naaldbos
BO01	Geen trend			
GN06	-52,3 ± 26,3			
KP01	-30,4 ± 30,6	-39,8 ± 40,2	-48,9 ± 50,3	-71,7 ± 76,3
KK01	-45,8 ± 23,3	-62,9 ± 31,3		
MA02	Geen Trend	Geen trend	Geen trend	Geen trend
RT01	-52,0 ± 32,0	-65,5 ± 40,8	*(-78,8 ± 50,3)	*(-112,1 ± 75,0)
TE01	-30,9 ± 26,3		-52,0 ± 41,3	
WN01	-93,3 ± 33,8	-125,1 ± 46,0	-156,5 ± 58,5	
ZW01	-98,3 ± 42,0		-165,6 ± 70,7	

*Deze trends zijn niet-lineair, zie ook Figuur 52



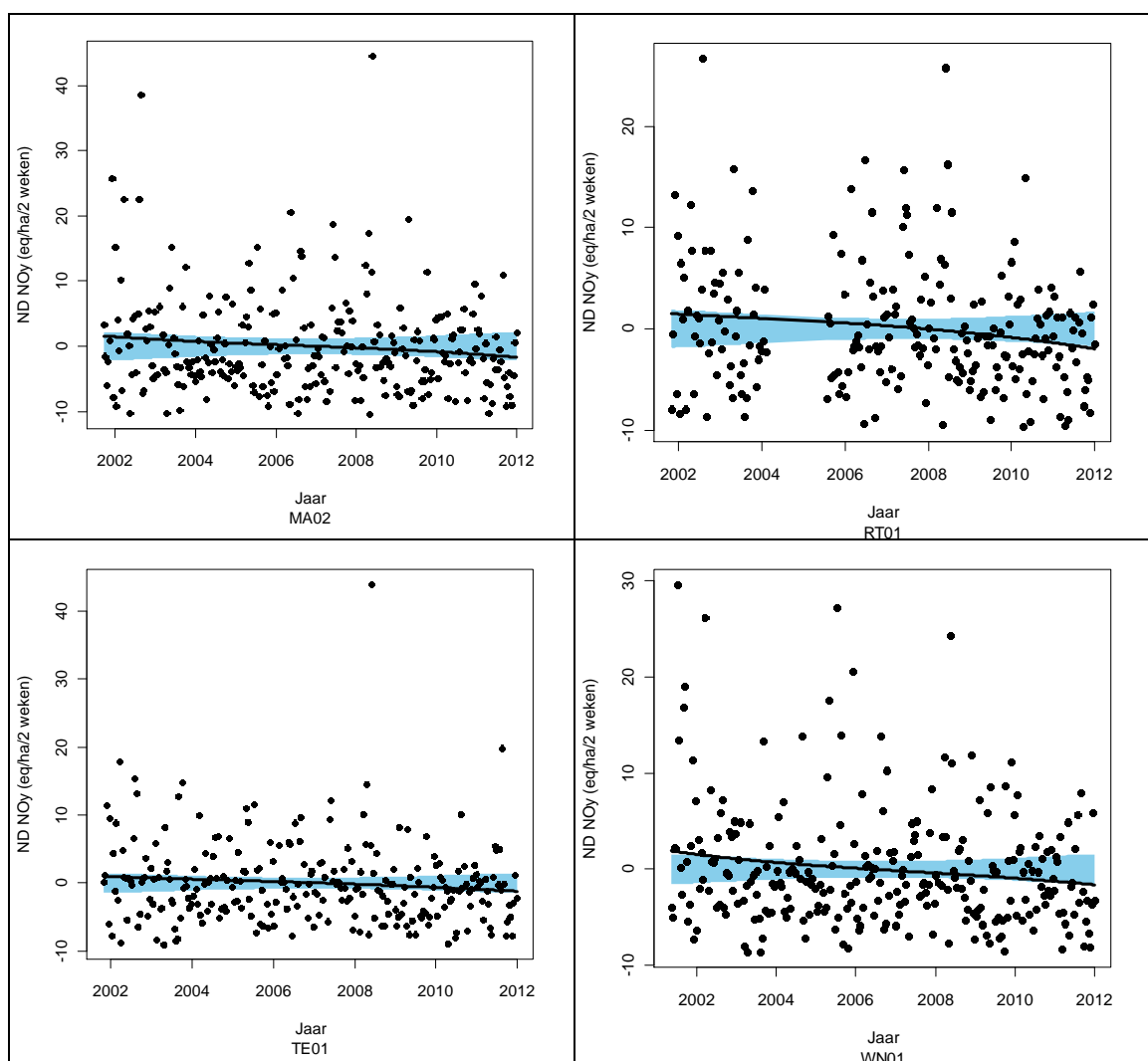


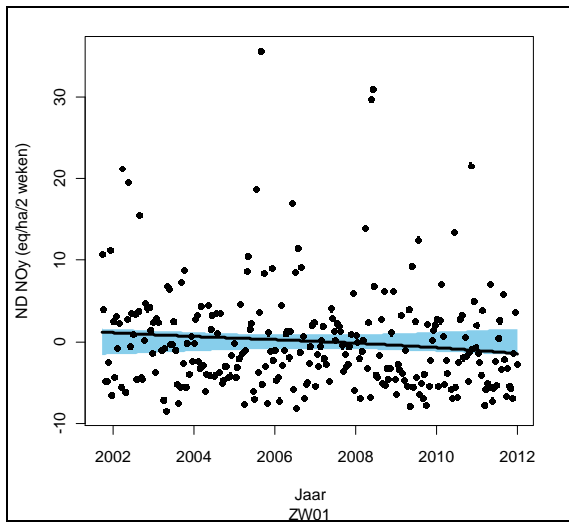
Figuur 52: Dalende trend in de totale NH_x -depositie

Bijlage 6: Trends - NO_y

Tabel 27: Gemiddelde jaarlijkse afname van de natte NO_y-depositie met 95%-CI (Zeq/ha.j)

	Trend
BO01	Geen trend
GN06	Geen trend
KP01	Geen trend
KK01	Geen trend
MA02	-7,8 ± 9,0
RT01	-9,1 ± 7,4
TE01	-6,2 ± 6,5
WN01	-6,8 ± 6,6
ZW01	-7,0 ± 6,9

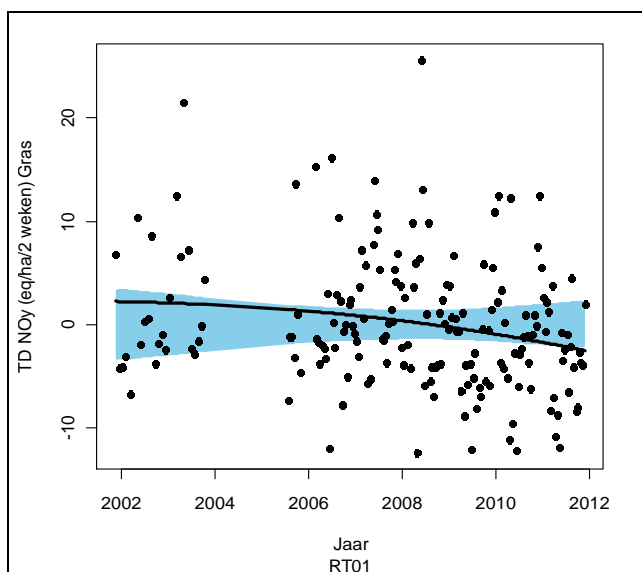




Figuur 53: Dalende trend in de natte NO_y -depositie

Tabel 28: Gemiddelde jaarlijkse afname van de totale NO_y -depositie met 95%-CI (Zeq/ha.j), voor de verschillende vegetatietypes

	Trend
BO01	Geen trend
GN06	Geen trend
KP01	Geen trend
KK01	Geen trend
MA02	Geen trend
RT01	$-12,7 \pm 10,9$
TE01	Geen trend
WN01	Geen trend
ZW01	Geen trend



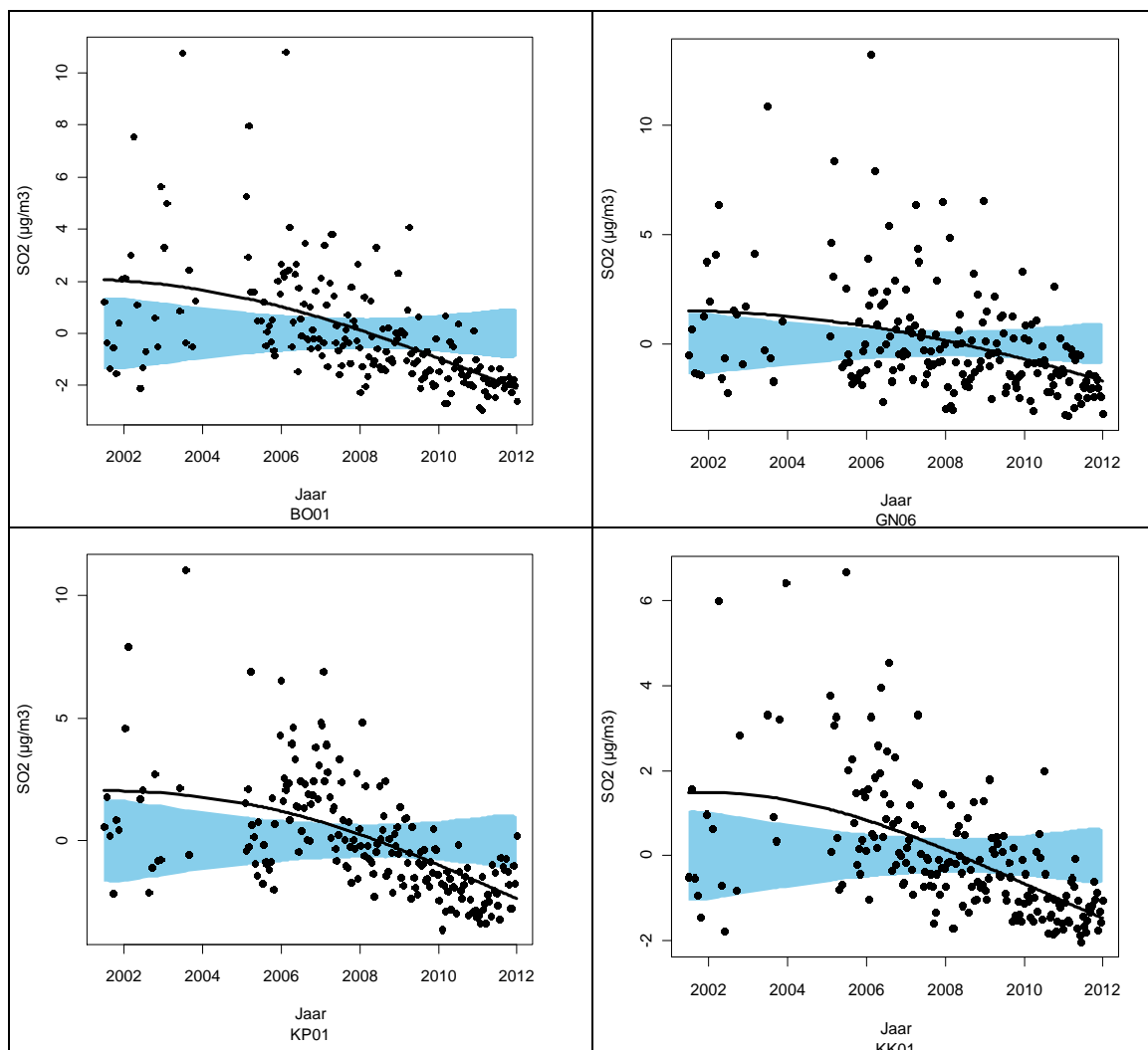
Figuur 54: Dalende trend in de totale NO_y -depositie (Zeq/ha.j)

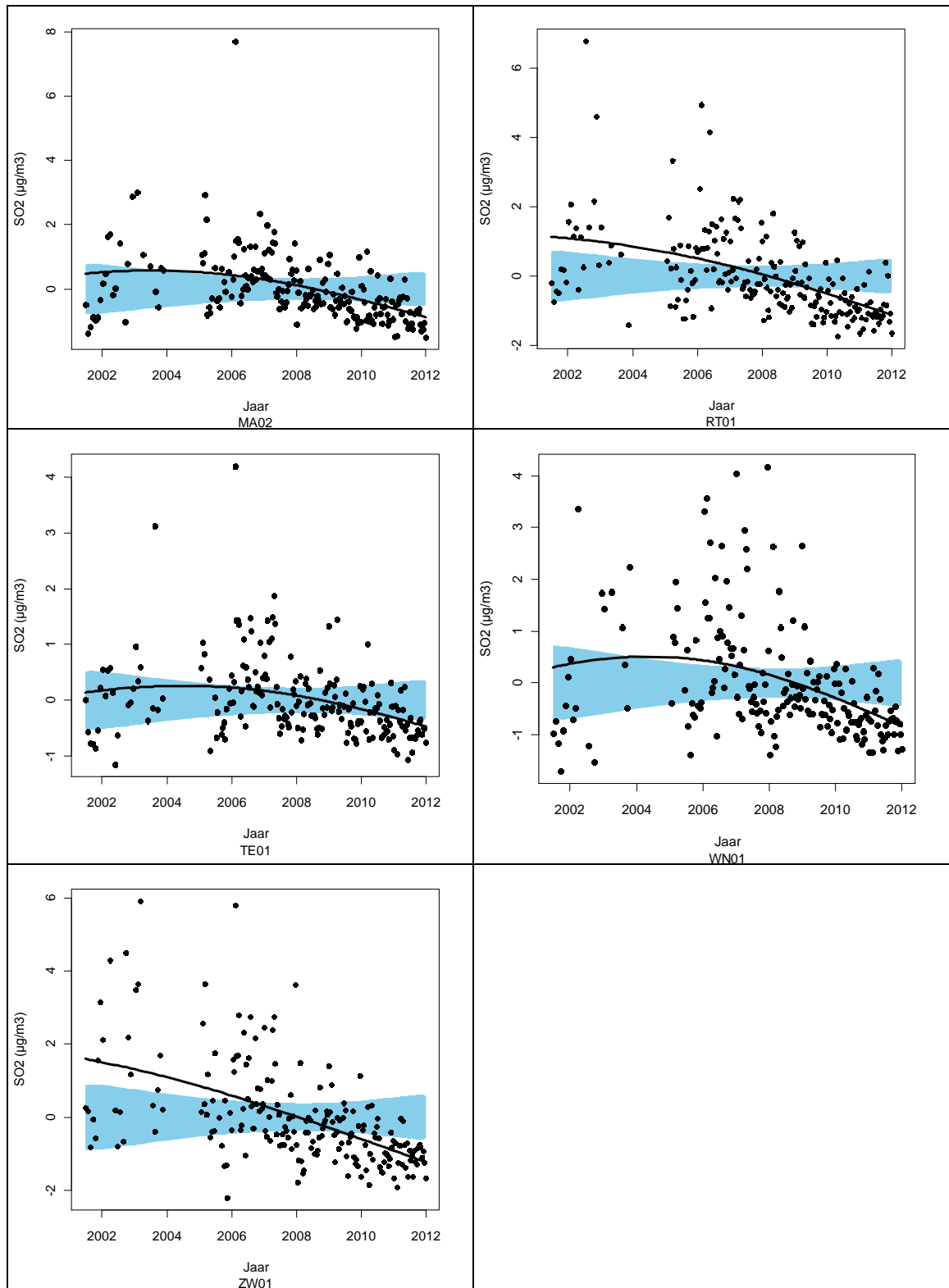
Bijlage 7: Trends – SO_x

Tabel 29: Gemiddelde jaarlijkse afname (2001 – 2011) van de SO₂-concentratie met 95%-CI (µg/m³)

	Trend
BO01	*(-0,43 ± 0,12)
GN06	-0,33 ± 0,16)
KP01	*(-0,49 ± 0,16)
KK01	*(-0,32 ± 0,10)
MA02	*(-0,15 ± 0,08)
RT01	-0,23 ± 0,07)
TE01	*(-0,12 ± 0,05)
WN01	*(-0,13 ± 0,08)
ZW01	-0,28 ± 0,08)

*Deze trends zijn niet-lineair, zie ook Figuur 55

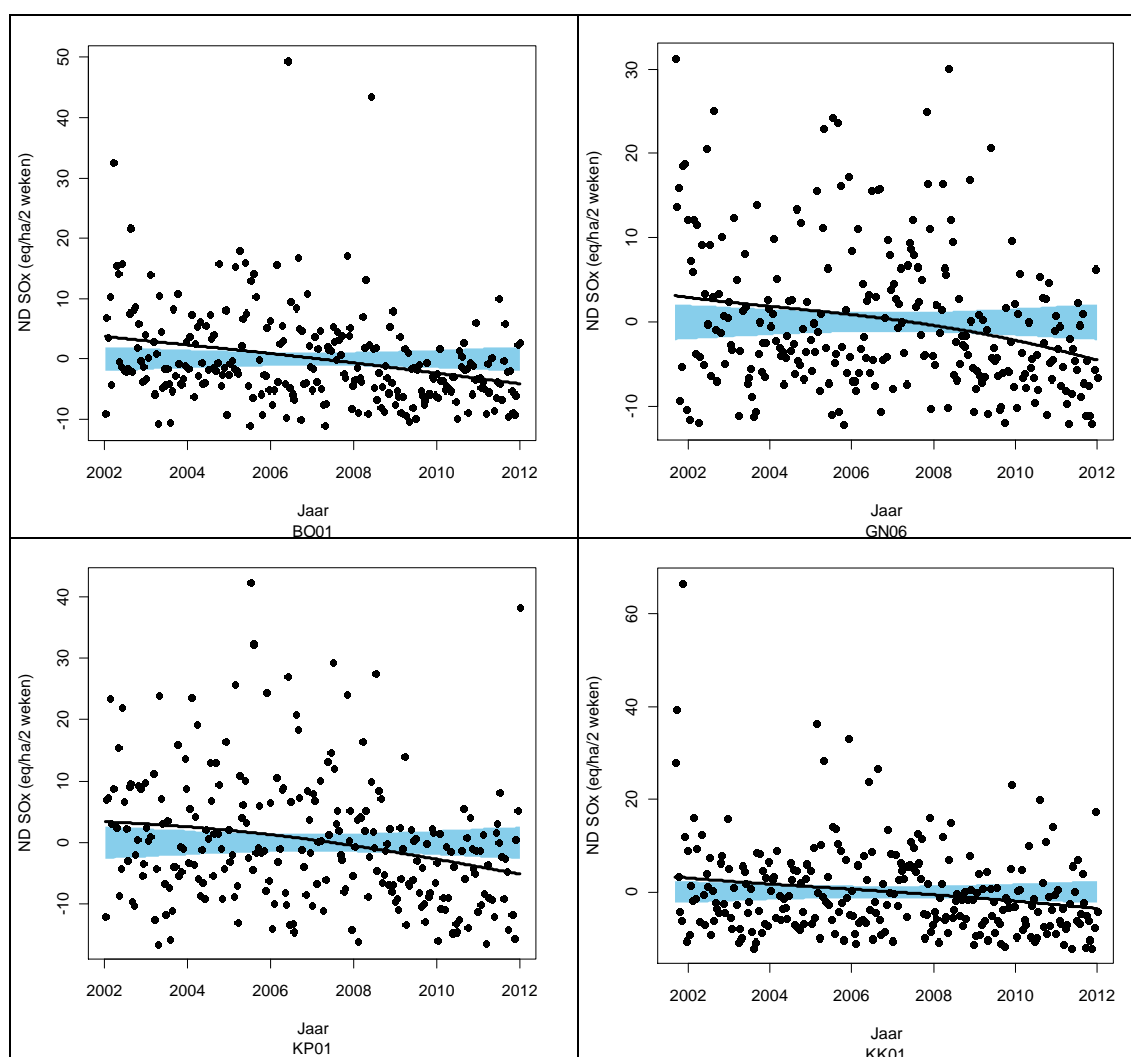


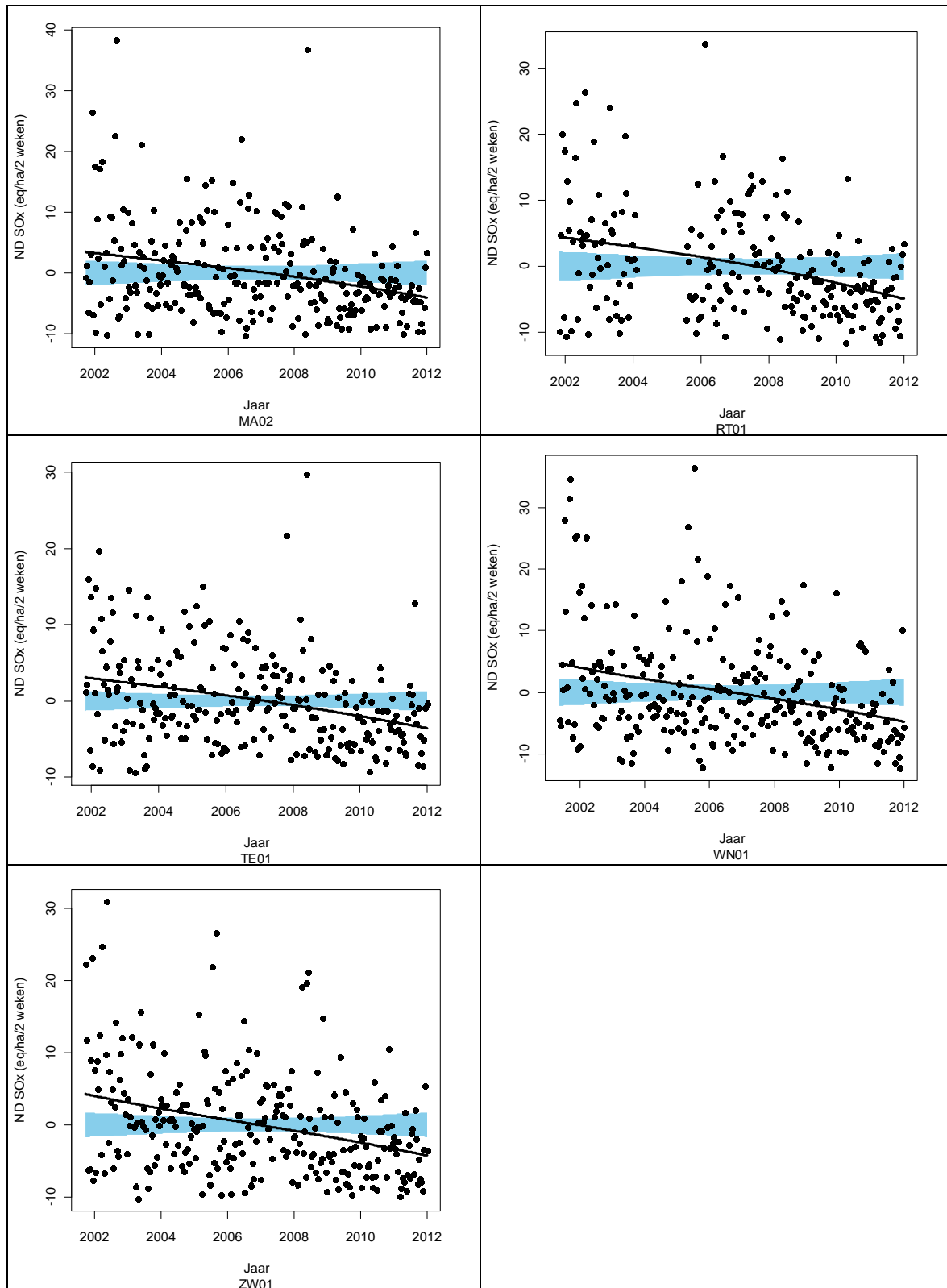


Figuur 55: Dalende trend in de SO₂-concentratie (µg/m³)

Tabel 30: Gemiddelde jaarlijkse afname van de natte SO_x-depositie met 95%-CI(Zeq/ha.j)

	Trend
BO01	-20,5 ± 8,19
GN06	-18,7 ± 8,84
KP01	-22,4 ± 11,4
KK01	-17,2 ± 10,0
MA02	-19,0 ± 7,9
RT01	-23,9 ± 8,2
TE01	-16,9 ± 5,3
WN01	-22,6 ± 8,2
ZW01	-21,3 ± 6,8



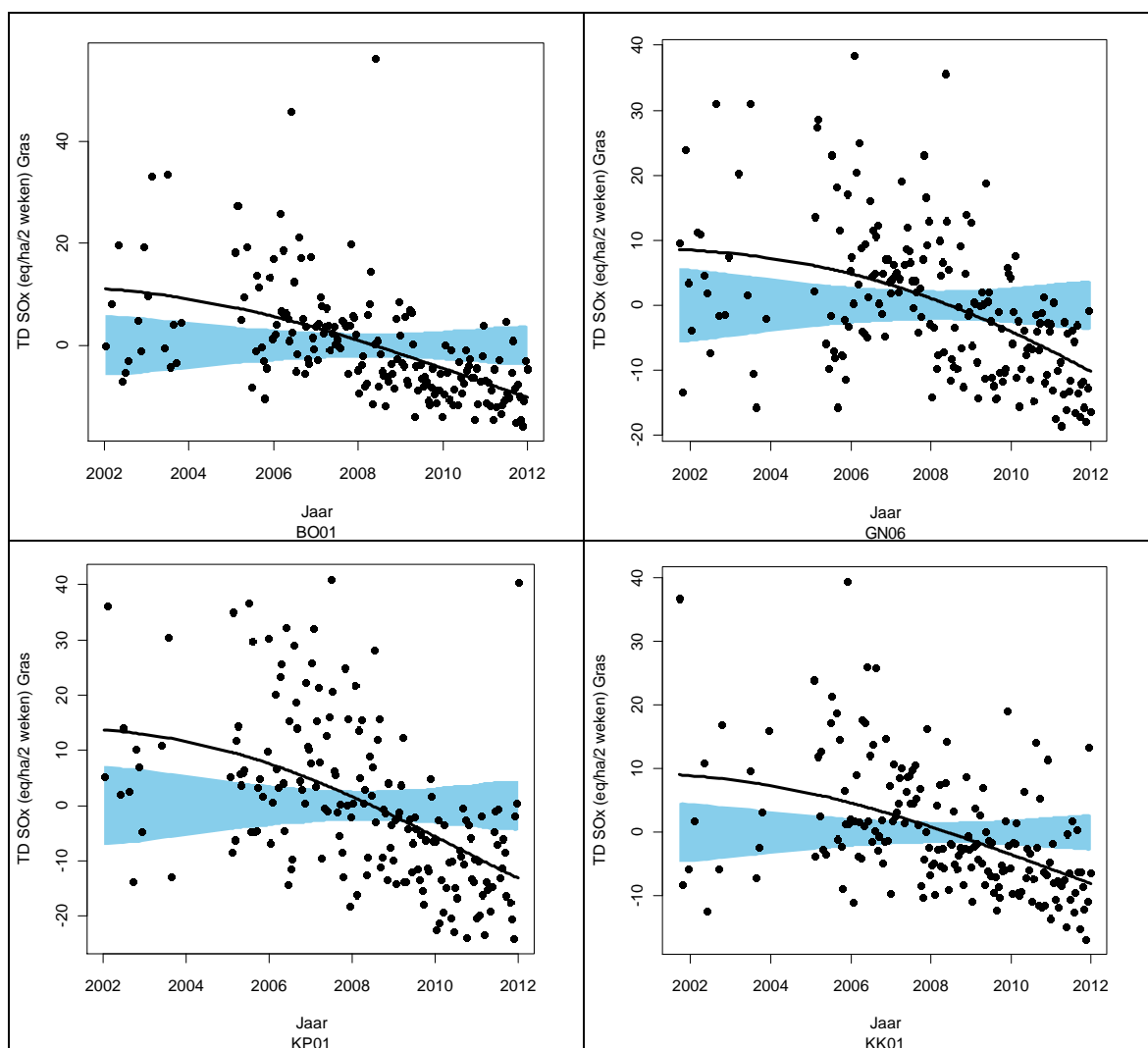


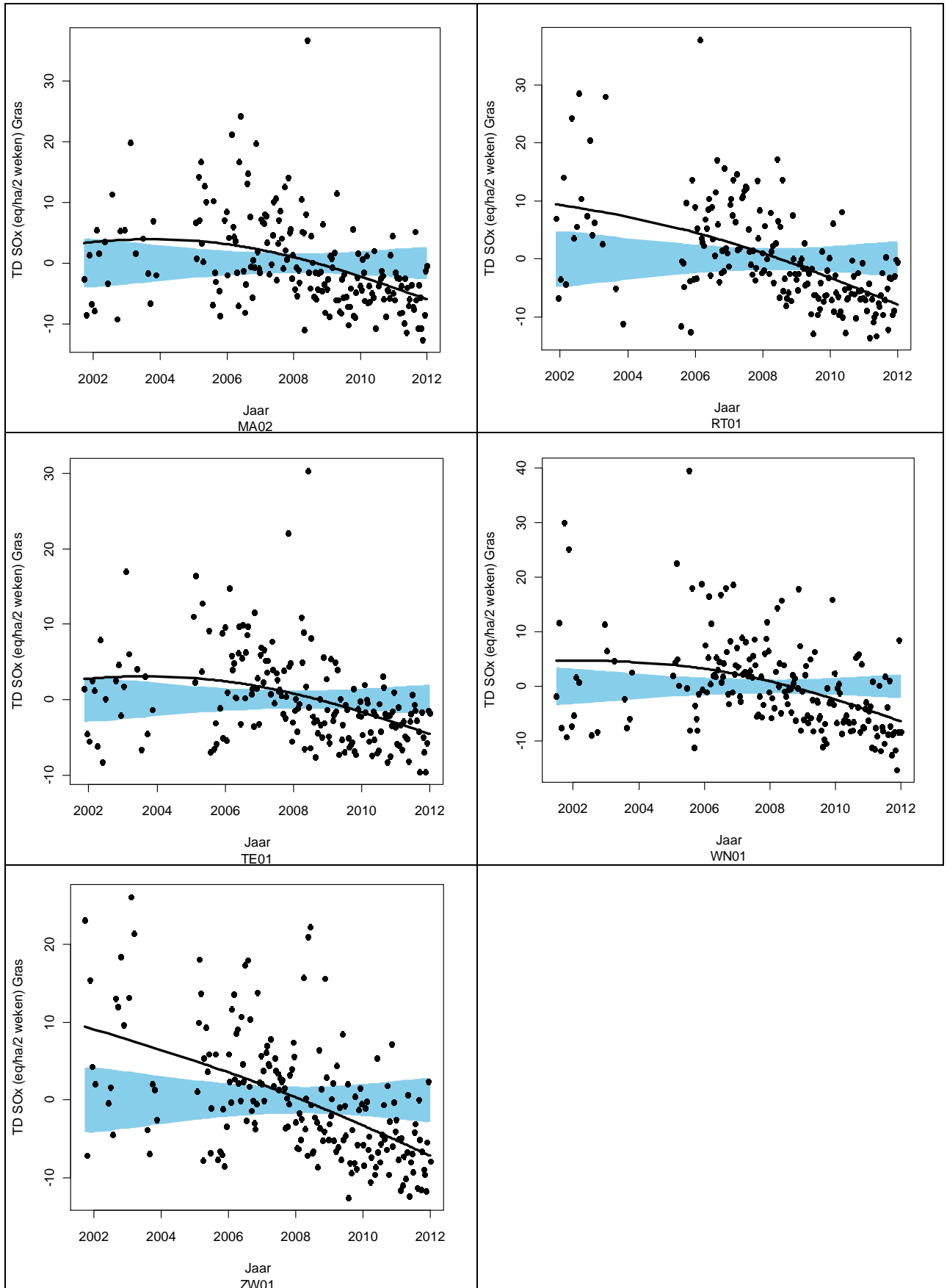
Figuur 56: Dalende trend in de SO_4^{2-} -depositie

Tabel 31: Gemiddelde jaarlijkse afname van de totale SO_x-depositie met 95%-CI (Zeq/ha.j)

	Gras	Heide	Loofbos	Naaldbos
BO01	-60,3 ± 15,5			
GN06	-51,5 ± 15,9			
KP01	-78,5 ± 20,8	-96,2 ± 23,9	-78,5 ± 20,8	-84,5 ± 21,7
KK01	-47,3 ± 13,8	-57,5 ± 15,2	-47,3 ± 13,8	-50,7 ± 14,3
MA02	*(-27,8 ± 12,1)	*(-33,0 ± 13,1)	*(-27,8 ± 12,1)	*(-29,6 ± 12,4)
RT01	-47,1 ± 12,1	-55,1 ± 13,3	-47,1 ± 12,1	-49,7 ± 12,5
TE01	*(-21,6 ± 9,1)		*(-21,6 ± 9,1)	
WN01	-30,9 ± 10,5	*(-34,6 ± 11,3)	-30,9 ± 10,5	
ZW01	-42,4 ± 11,0		-42,4 ± 11,0	

* Deze trends zijn niet-lineair



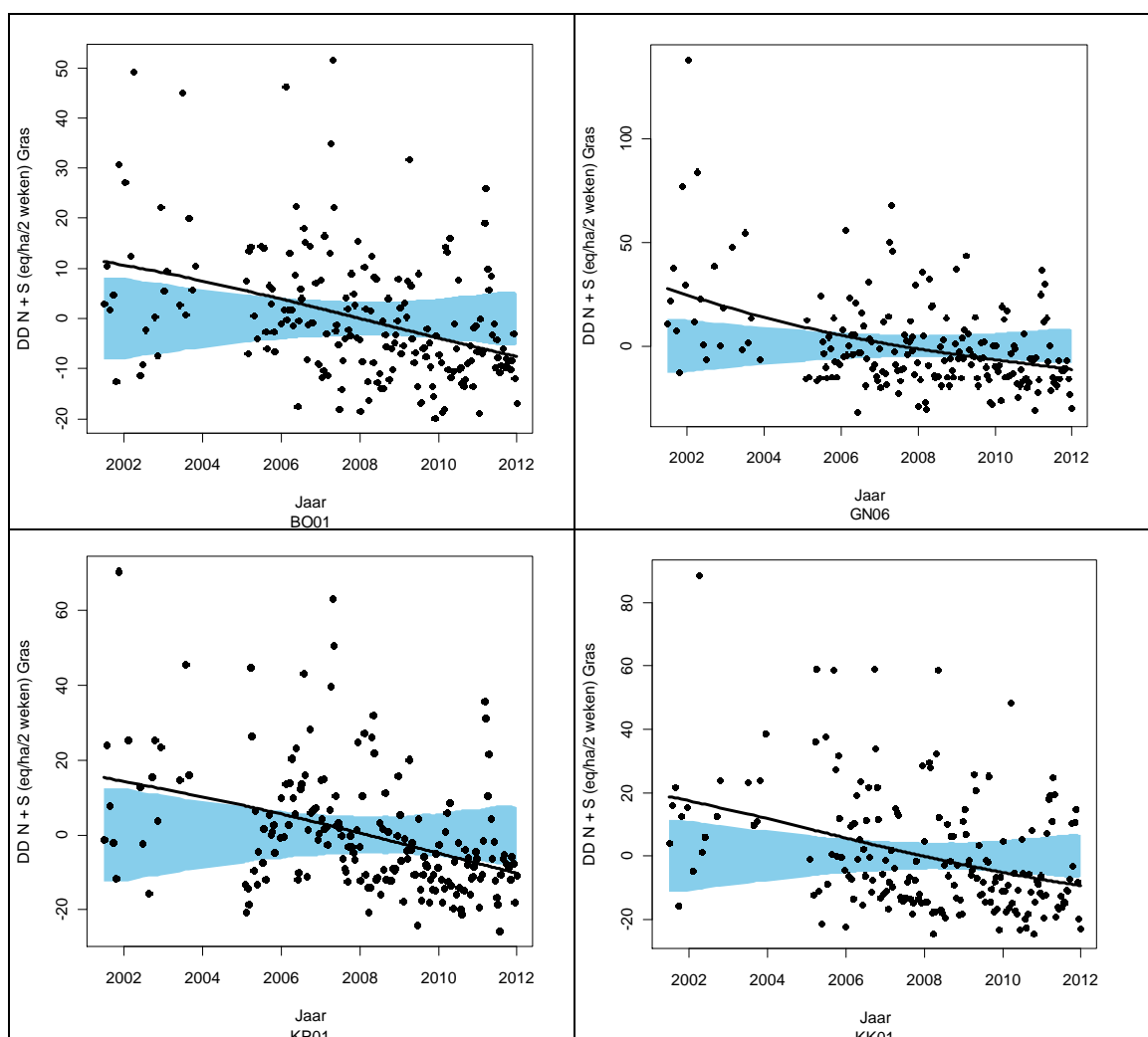


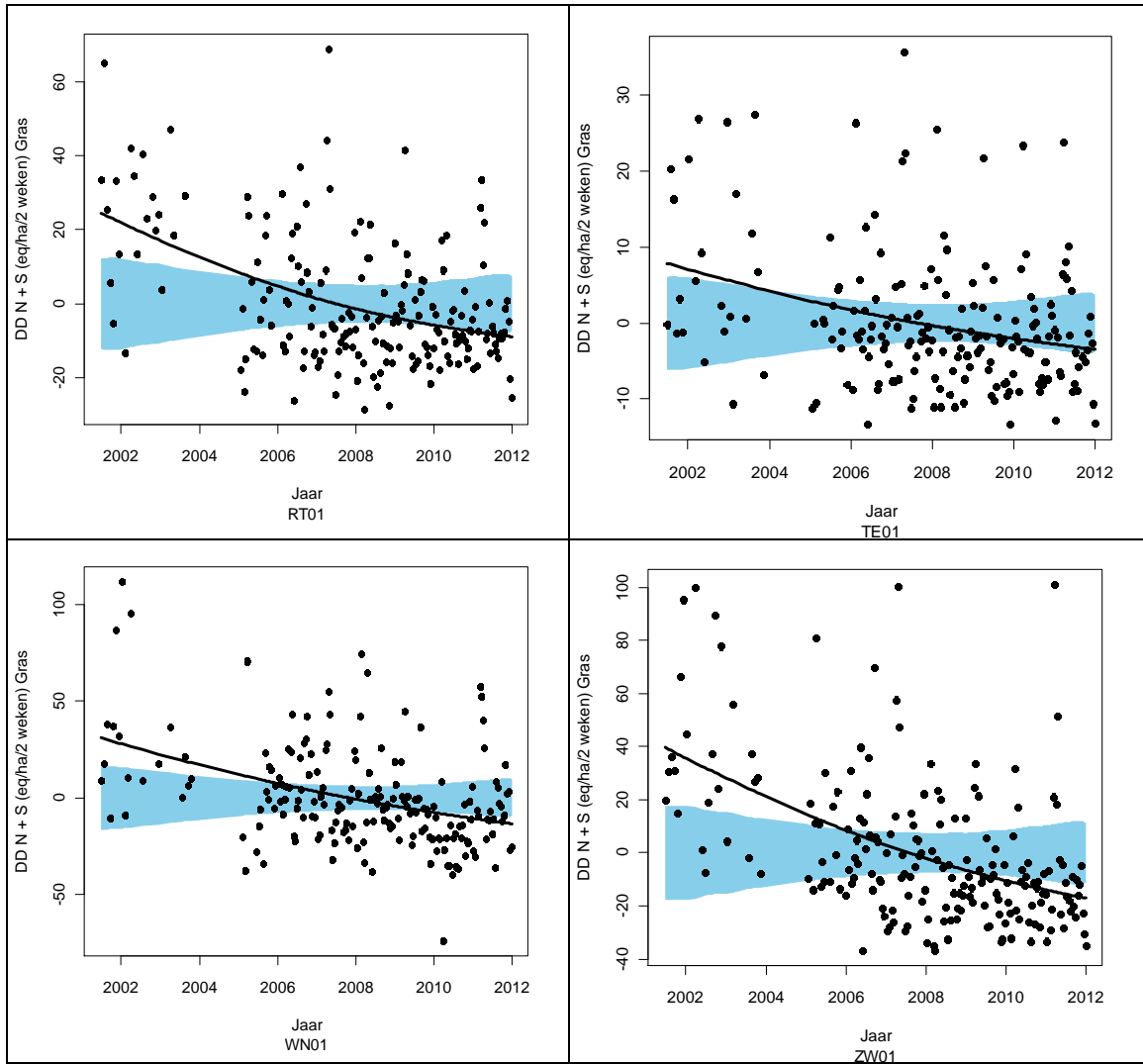
Figuur 57: Dalende trend in de totale SO_x-depositie

Bijlage 8: Trends – totale depositie (N+S)

Tabel 32: Gemiddelde jaarlijkse afname van de droge N+S-depositie met 95%-CI (Zeq/ha.j)

	Gras	Heide	Loofbos	Naaldbos
BO01	-47,8 ± 20,4			
GN06	-90,2 ± 33,4			
KP01	-65,0 ± 31,5	-89,2 ± 42,3	-85,0 ± 51,4	-114,9 ± 78,3
KK01	-68,6 ± 30,9	-93,1 ± 41,1		
MA02	Geen trend	Geen trend	Geen trend	Geen trend
RT01	-75,1 ± 31,2	-100,6 ± 42,5	-112,1 ± 53,0	-160,4 ± 81,0
TE01	-27,0 ± 16,1		-40,3 ± 26,1	
WN01	-104,5 ± 42,4	-142,22 ± 56,8	-171,6 ± 70,7	
ZW01	-134,2 ± 43,8		-212,4 ± 73,7	

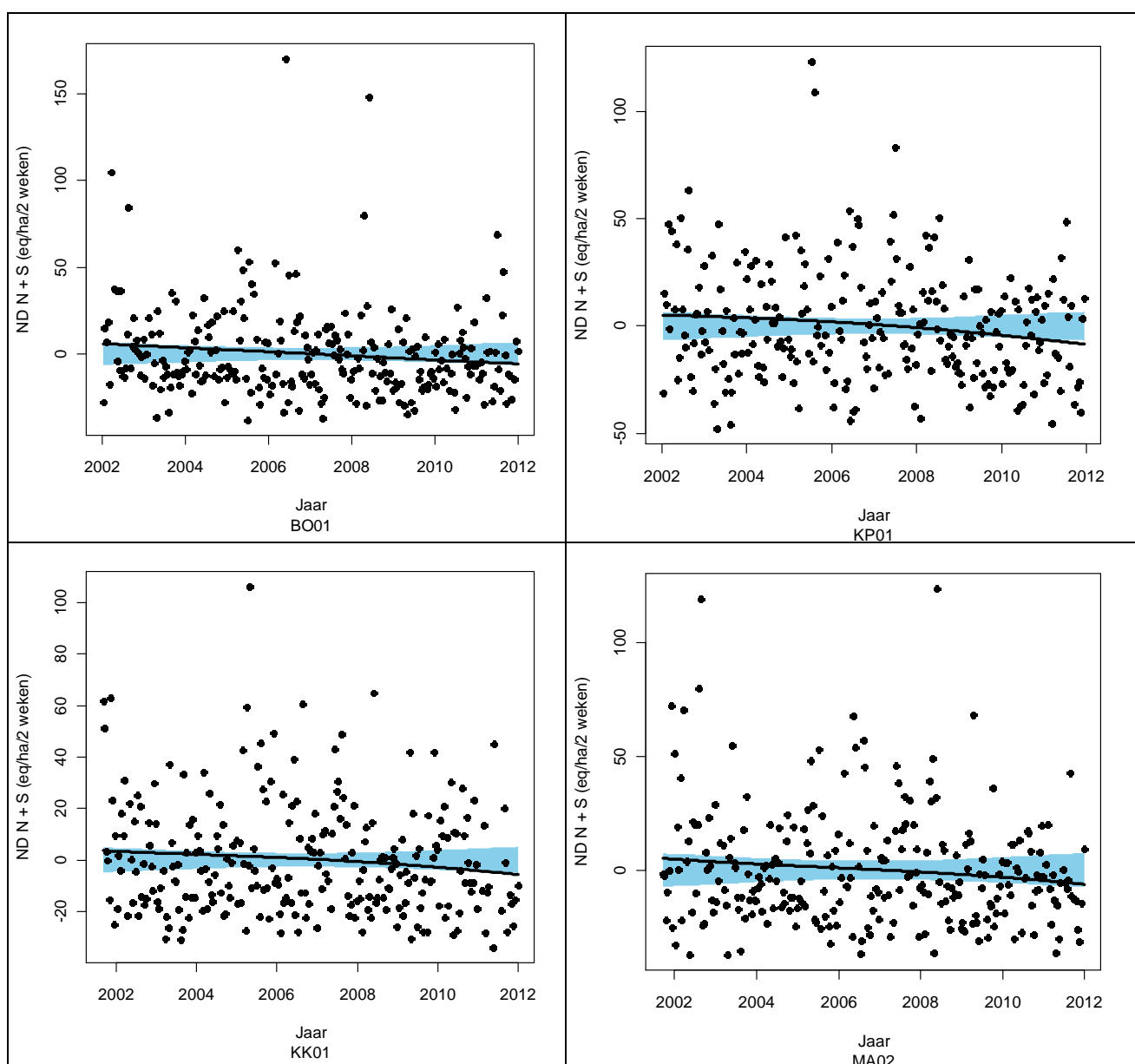


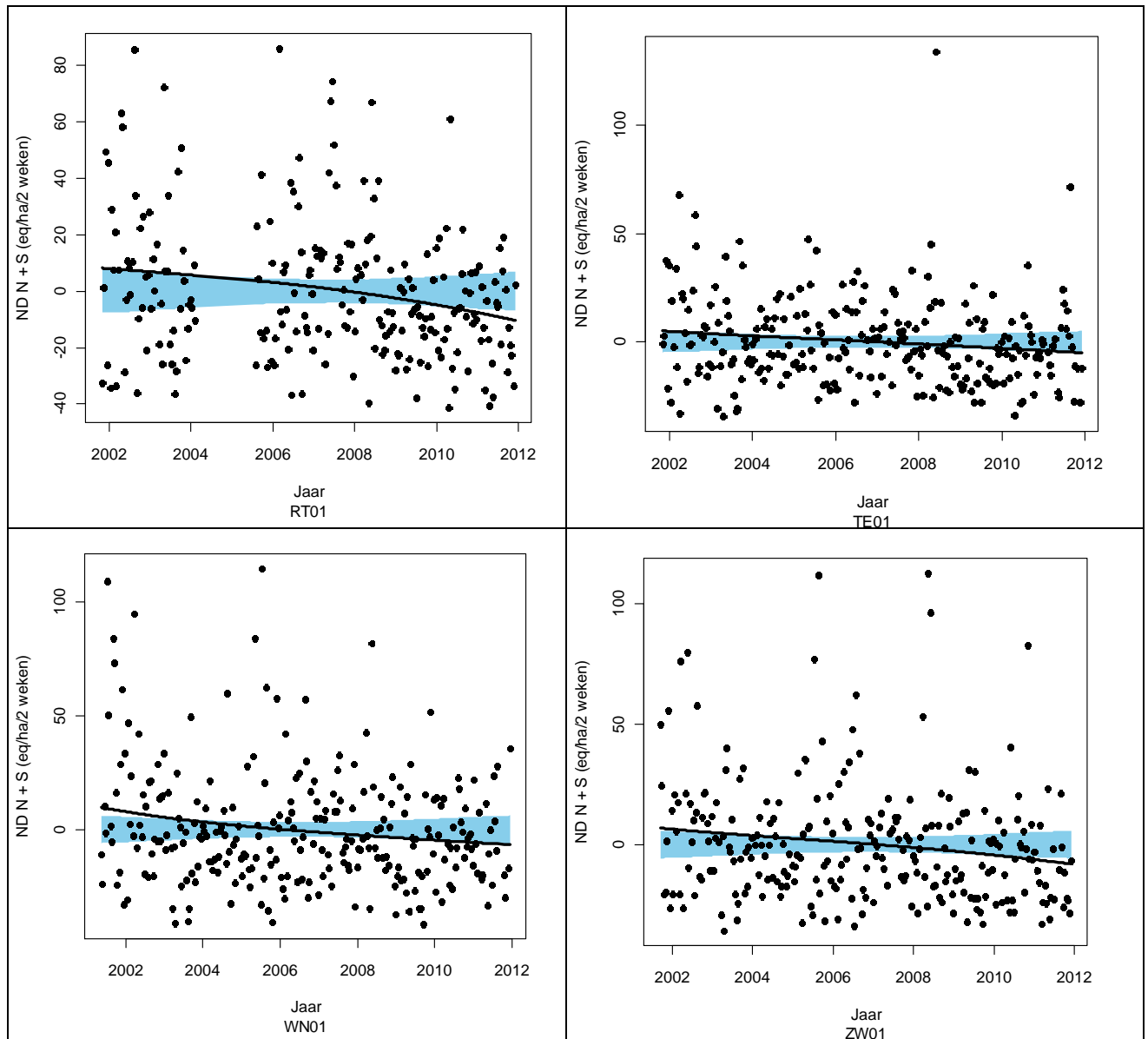


Figuur 58: Dalende trend in de droge N+S-depositie

Tabel 33: Gemiddelde jaarlijkse afname van de natte N+S depositie met 95%-CI (Zeq/ha.j)

	Trend
BO01	-30,4 ± 27,7
GN06	Geen trend
KP01	-35,1 ± 28,7
KK01	-23,1 ± 22,1
MA02	-27,8 ± 28,9
RT01	-47,1 ± 28,9
TE01	-25,7 ± 20,8
WN01	-39,3 ± 25,5
ZW01	-37,4 ± 24,4

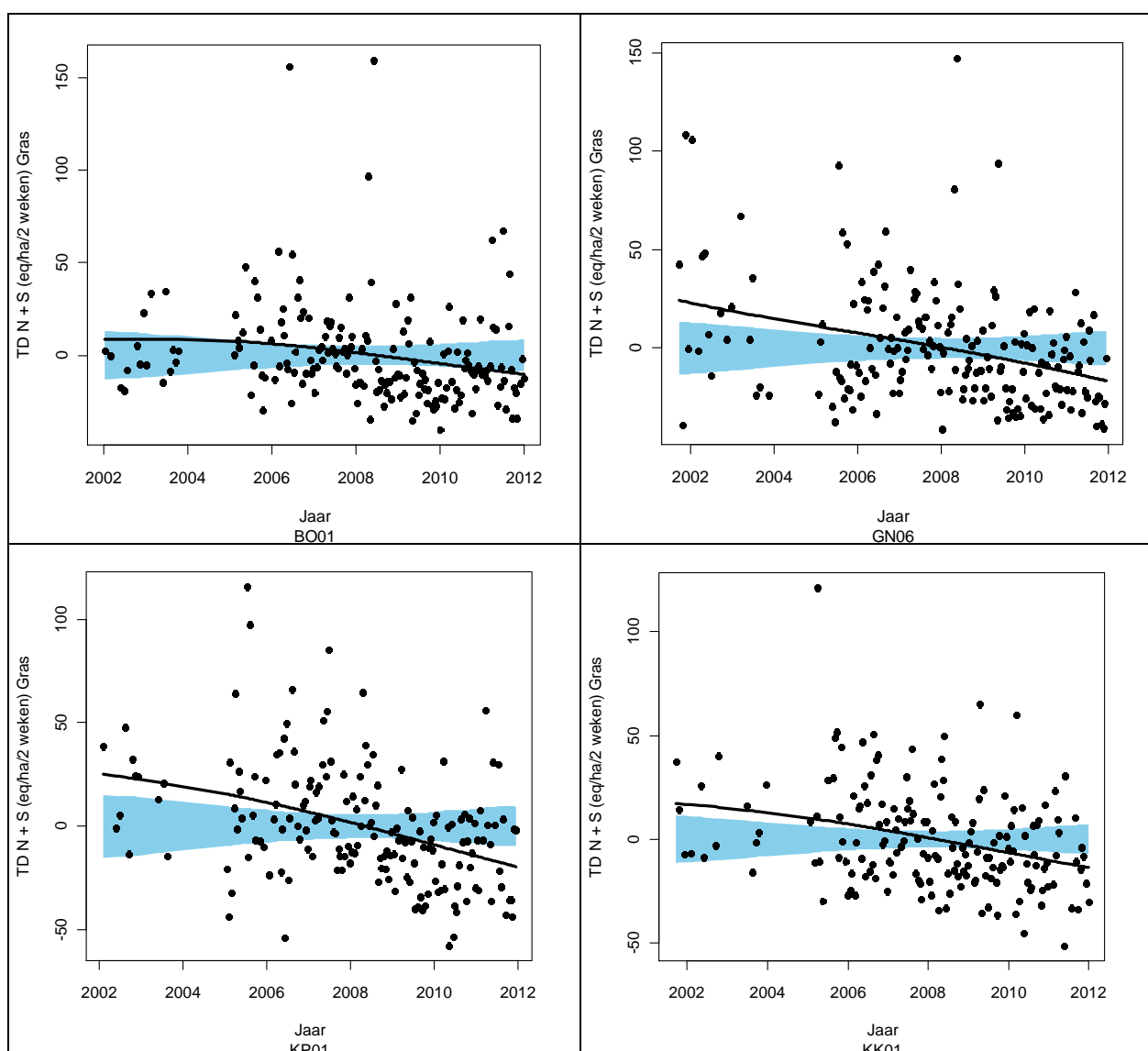


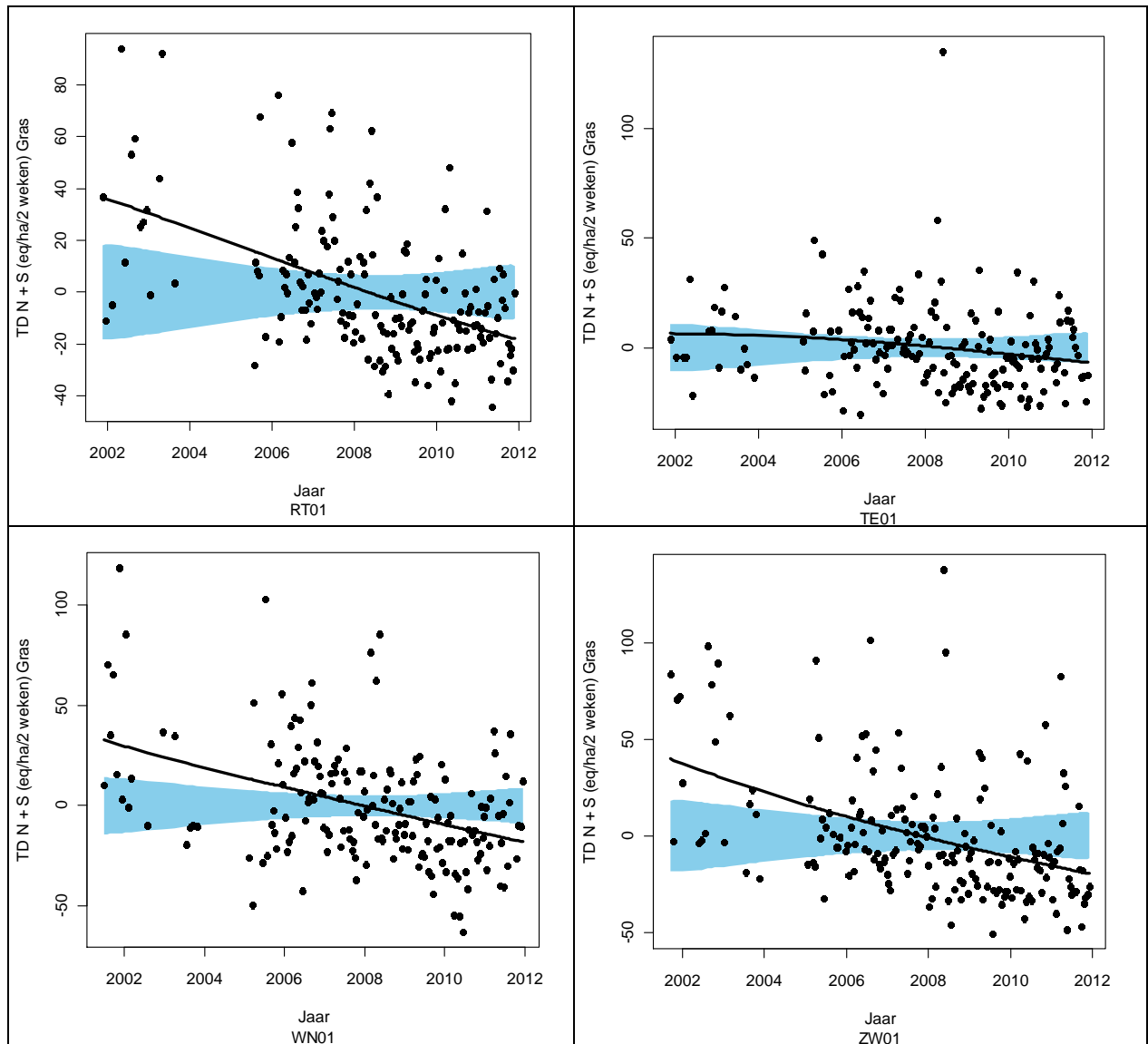


Figuur 59: Dalende trend in de natte N+S depositie

Tabel 34: Gemiddelde jaarlijkse afname van de totale N+S-depositie met 95%-CI (Zeq/ha.j)

	Gras	Heide	Loofbos	Naaldbos
BO01	-55,9 ± 43,0			
GN06	-103,2 ± 39,5			
KP01	-123,5 ± 45,0	-148,7 ± 50,8	-138,3 ± 59,4	-163,0 ± 85,5
KK01	-82,4 ± 36,8	-104,8 ± 44,5		
MA02	Geen trend	Geen trend	Geen trend	Geen trend
RT01	-140,7 ± 41,5	-163,0 ± 47,7	-168,7 ± 54,7	-206,4 ± 78,5
TE01	-37,2 ± 33,2		-45,5 ± 37,7	
WN01	-124,5 ± 40,2	-162,2 ± 50,2	-192,9 ± 61,8	
ZW01	-143,3 ± 51,9		-214,0 ± 79,6	





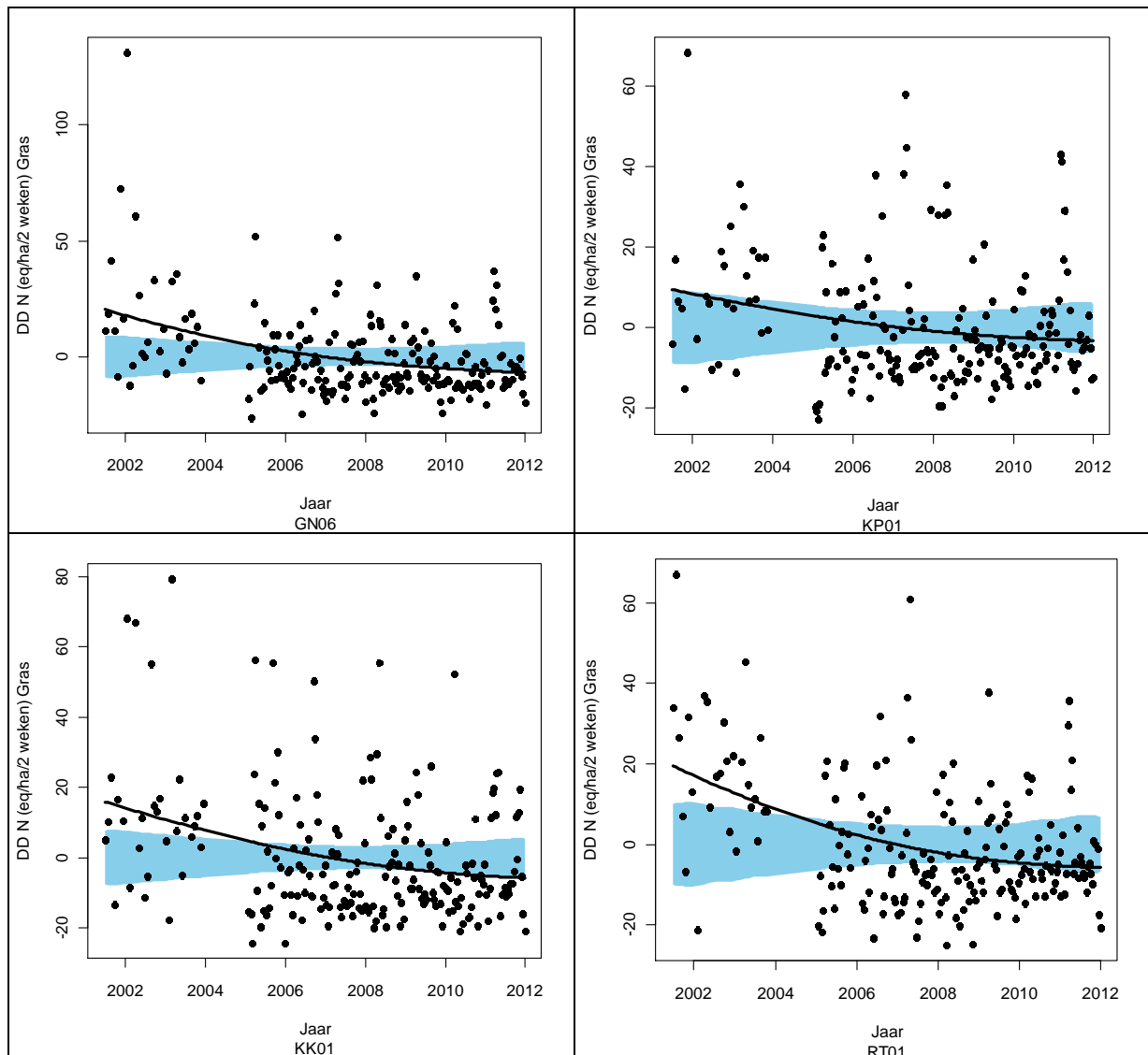
Figuur 60: Dalende trend in de totale N+S-depositie

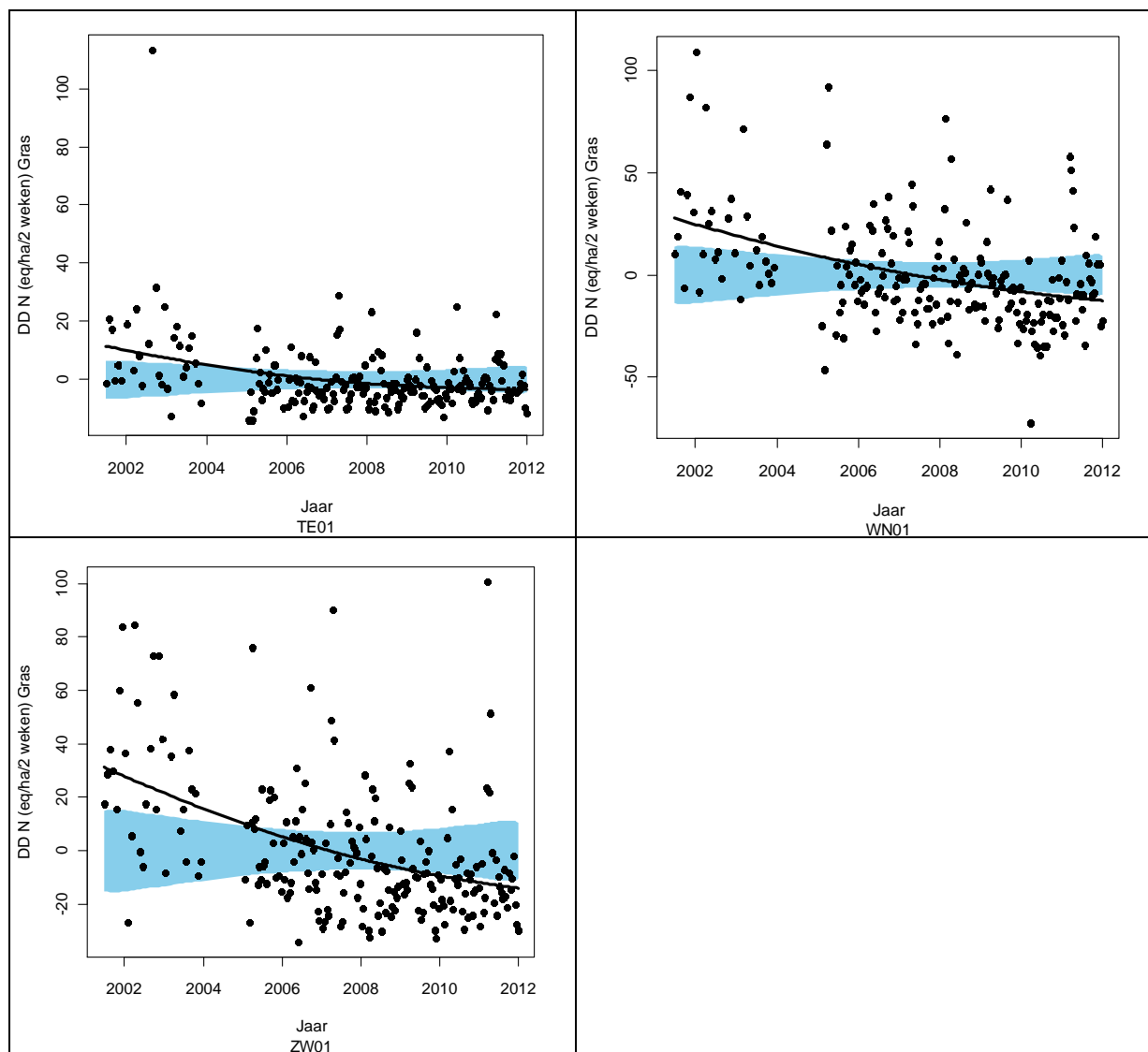
Bijlage 9: Trends – vermesting

Tabel 35: Gemiddelde jaarlijkse afname van de droge vermestende depositie met 95%-CI (kg N/ha.j)

	Gras	Heide	Loofbos	Naaldbos
BO01	Geen trend			
GN06	$-0,78 \pm 0,39$			
KP01	$-0,52 \pm 0,39$	$-0,52 \pm 0,52$	$-0,78 \pm 0,65$	$-1,04 \pm 1,04$
KK01	$-0,78 \pm 0,39$	$-1,04 \pm 0,39$		
MA02	Geen trend	Geen trend	Geen trend	Geen trend
RT01	$*(-0,78 \pm 0,52)$	$*(-1,04 \pm 0,52)$	$*(-1,30 \pm 0,78)$	$*(-1,82 \pm 1,17)$
TE01	$-0,52 \pm 0,26$		$-0,78 \pm 0,52$	
WN01	$-1,3 \pm 0,52$	$-1,82 \pm 0,78$	$-2,34 \pm 0,91$	
ZW01	$-1,56 \pm 0,52$		$-2,6 \pm 1,04$	

* Deze trends zijn niet-lineair, zie ook Figuur 61

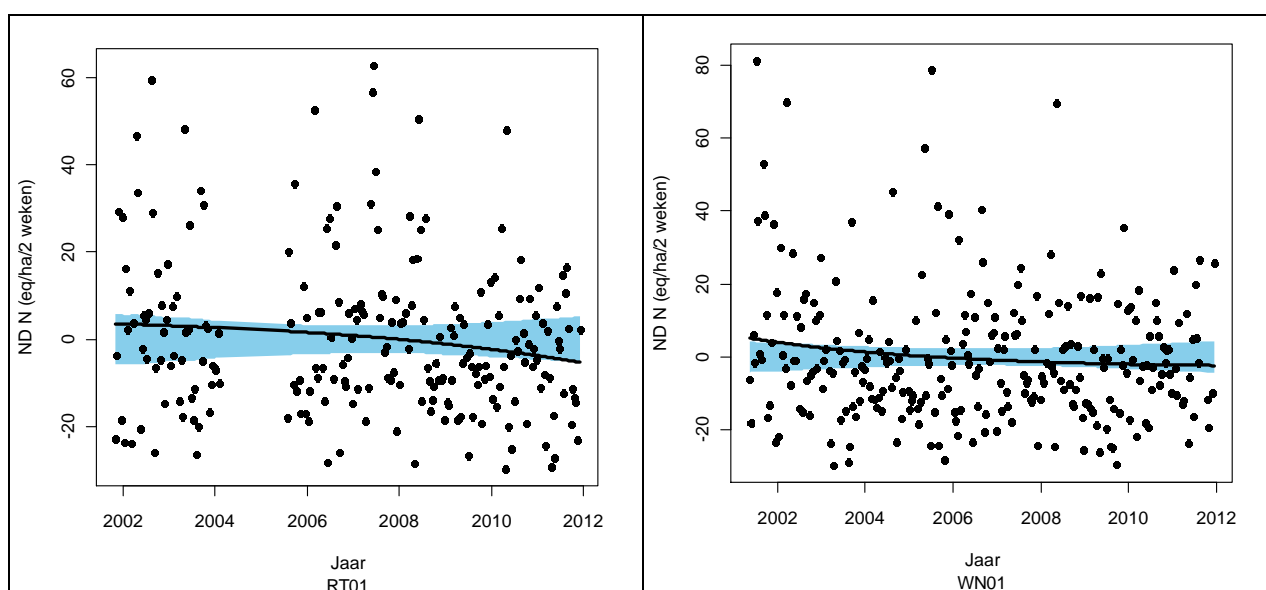




Figuur 61: Dalende trend in de droge vermistende depositie

Tabel 36: Gemiddelde jaarlijkse afname van de natte vermistende depositie met 95%-CI (kg N/ha.j)

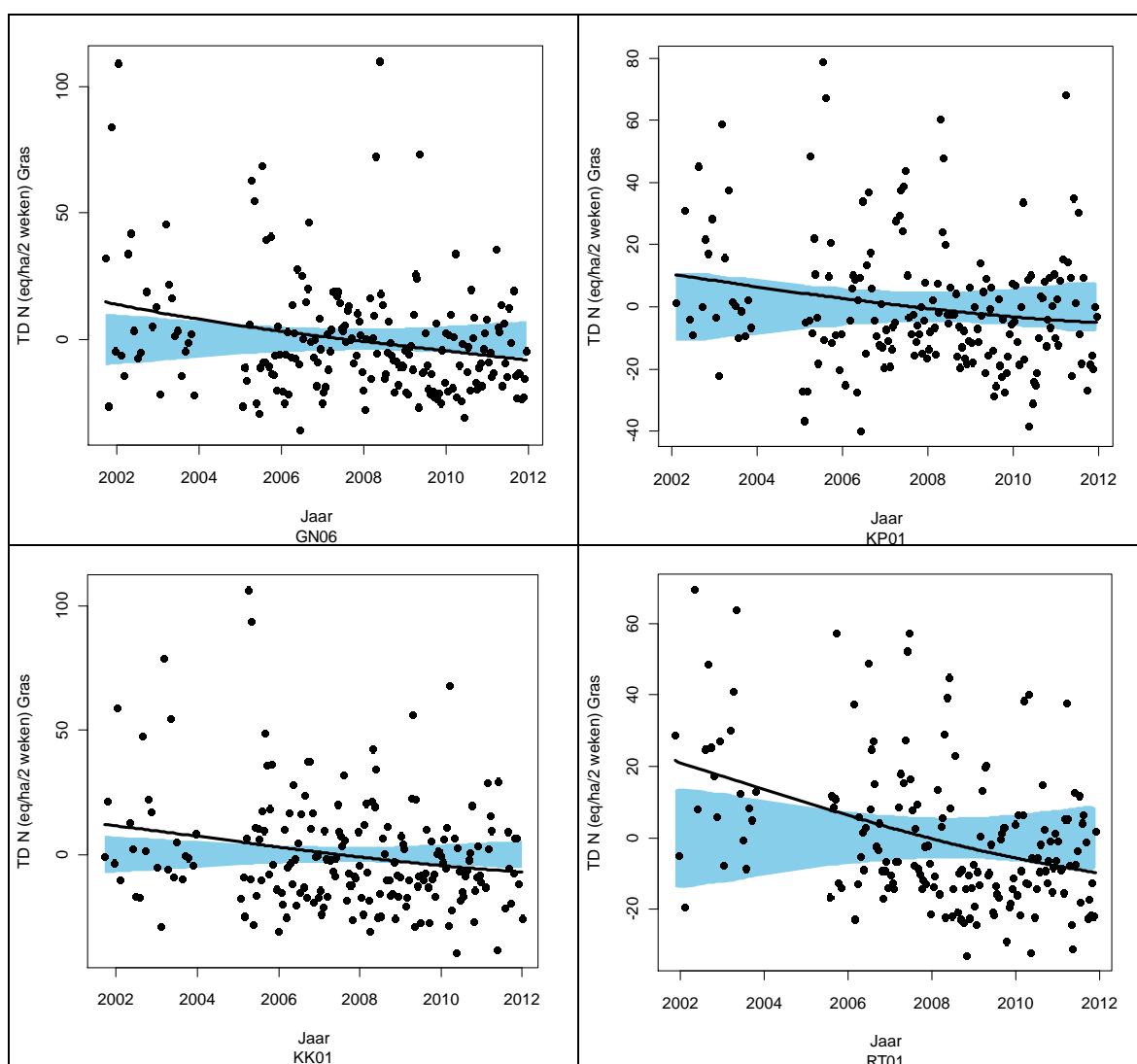
	Trend
BO01	Geen trend
GN06	Geen trend
KP01	Geen trend
KK01	Geen trend
MA02	Geen trend
RT01	-0,26 ± 0,26
TE01	Geen trend
WN01	-0,26 ± 0,26
ZW01	Geen trend

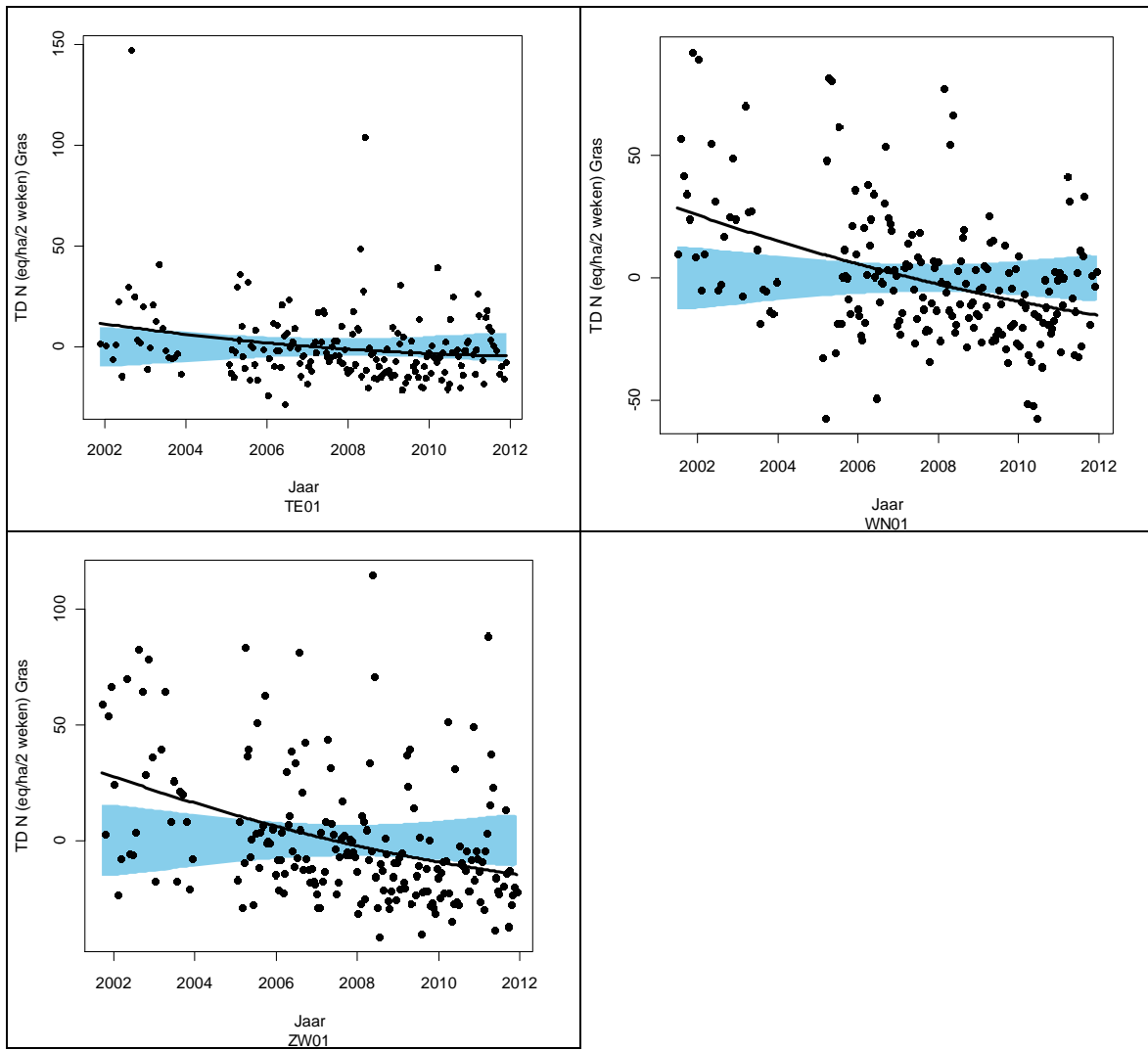


Figuur 62: Dalende trend in de natte vermistende depositie

Tabel 37: Gemiddelde jaarlijkse afname van de totale vermestende depositie 95%-CI (kg N/ha.j)

	Gras	Heide	Loofbos	Naaldbos
BO01	Geen trend			
GN06	$-0,78 \pm 0,52$			
KP01	$-0,52 \pm 0,52$	$-0,78 \pm 0,65$	$-0,78 \pm 0,78$	$-1,04 \pm 1,17$
KK01	$-0,78 \pm 0,39$	$-1,04 \pm 0,39$		
MA02	Geen trend	Geen trend	Geen trend	Geen trend
RT01	$-1,04 \pm 0,52$	$-1,30 \pm 0,52$	$-1,56 \pm 0,78$	$-2,08 \pm 1,04$
TE01	$-0,52 \pm 0,52$		$-0,78 \pm 0,65$	
WN01	$-1,56 \pm 0,52$	$-2,08 \pm 0,65$	$-2,60 \pm 0,91$	
ZW01	$-1,56 \pm 0,65$		$-2,60 \pm 0,91$	





Figuur 63: Dalende trend in de totale vermestende depositie

Bijlage 10: Bij de validatie van NO₂ gebruikte meetplaatsen en waarden

Meetplaats	X	Y	meetwaarde (µg/m ³)	modelwaarde (µg/m ³)	gekalibreerde modelwaarde (µg/m ³)
42M802	153884	216790	43	43,40	49,18
42N016	205542	214045	21	21,00	17,80
42N027	236644	203352	20	21,90	19,16
42N035	182928	185359	21	25,00	23,33
42N046	237970	175401	21	22,50	19,91
42N054	201869	155940	20	26,90	25,90
42R010	154201	172749	30	27,70	26,51
42R801	154407	211080	46	37,60	37,19
42R811	158560	215807	31	32,30	32,69
42R821	141724	211734	28	28,40	27,55
42R830	142601	223162	27	27,20	25,98
42R841	157034	188066	32	34,40	35,62
44M702	107569	206396	24	23,40	20,98
44N012	79753	216530	18	21,60	18,93
44N029	24655	191071	15	17,70	13,60
44R710	108394	194736	26	27,60	26,57
44R750	111845	209705	30	30,60	30,40
47E008	151910	179532	27	27,90	26,91
47E703	102359	209144	20	23,40	21,23
47E716	101919	195427	24	28,30	27,59
47E811	223827	176810	25	31,30	31,61
47E812	232111	184838	22	21,10	17,85
40SZ02	160087	178087	30	26,30	24,66
Gemiddelde			26,13	27,28	26,14

Bijlage 11: Bij de validatie van SO₂ gebruikte meetplaatsen en waarden

Meetplaats	X	Y	meetwaarde (µg/m ³)	modelwaarde (µg/m ³)	gekalibreerde modelwaarde (µg/m ³)
42M802	153884	216790	3	10,20	5,17
42N016	205542	214045	2	3,72	2,29
42N035	182928	185363	2	3,33	2,12
42N045	220258	181520	2	3,28	2,09
42R020	154777	181235	2	3,93	2,39
42R801	154407	211080	3	7,24	3,83
42R815	147489	211634	3	7,82	4,09
42R820	155302	223403	4	7,80	4,05
42R821	141724	211734	3	7,21	3,81
42R822	148082	217156	10	21,70	10,12
42R830	142601	223162	4	7,97	4,13
42R831	147976	226558	3	8,73	4,49
44N029	24655	191071	1	3,16	2,10
44N052	76269	167678	2	3,61	2,24
44R701	105169	194435	3	4,76	2,72
44R721	104275	197850	5	5,50	2,99
44R731	105947	201811	3	4,67	2,68
44R740	110815	204603	2	5,34	3,02
44R750	111845	209705	5	5,68	3,07
40BE06	181383	224413	7	9,01	4,48
40GK09	229017	181078	2	3,26	2,08
40HB23	148054	206698	8	7,34	3,72
40TS21	201813	195184	3	3,63	2,20
40WZ02	209614	209545	5	4,61	2,58
42R891	151159	216212	8	15,10	7,11
42R892	143727	217020	5	10,80	5,36
42R893	151187	219057	5	16,00	7,96
42R894	148656	219293	11	21,40	9,50
42R897	148139	215578	4	12,50	6,22
47E701	82161	169559	2	3,42	2,16
47E702	91013	167394	2	3,71	2,29
47E703	102359	209144	2	5,03	2,88
47E811	223827	176810	2	2,93	1,93
47E812	232111	184838	2	3,16	2,04
Gemiddelde			3,82	7,28	3,82

Bijlage 12: Bij de validatie van NH₃ gebruikte meetplaatsen en waarden

Meetplaats	X	Y	meetwaarde (µg/m ³)	modelwaarde (µg/m ³)	gekalibreerde modelwaarde (µg/m ³)
30BO01	160364	190774	2,80	2,10	2,92
30MA02	237024	183722	3,04	1,91	2,75
30TE01	186469	181496	1,72	2,70	3,45
30TI01	191242	163735	5,34	3,71	3,85
30AA01	127497	179140	3,67	2,10	2,83
30IP01	49179	168819	8,08	9,26	7,36
30KK01	30270	202583	3,09	2,14	2,92
30ZW01	79838	164143	4,65	5,29	4,97
30EK04	219589	200174	2,20	2,36	3,17
30KP01	158181	226446	2,90	3,09	3,60
30ME01	177649	218166	5,01	3,76	3,91
30RT01	197815	213657	3,66	4,40	4,43
30BA01	63482	220489	5,62	5,63	5,14
30GN06	101995	195333	3,96	3,11	3,53
30IC03	58205	197064	8,49	11,70	9,39
30WA01	131436	198950	5,28	5,25	4,91
30WN01	77532	197025	8,28	11,40	9,18
Gemiddelde			4,58	4,7	4,61

Bijlage 13: Bij de validatie van de natte depositie SO_x gebruikte meetplaatsen en waarden

Meetplaats	X	Y	meetwaarde (Zeq/ha.j)	modelwaarde (Zeq/ha.j)
30BO01	160364	190774	172,58	198
30MA02	237024	183722	173,02	157
30TE01	186469	181496	163,28	170
30KK01	30270	202583	213,28	192
30ZW01	79838	164143	138,68	143
30KP01	158181	226446	313,08	382
30RT01	197815	213657	169,56	216
30GN06	101995	195333	170,53	160
30WN01	77532	197025	167,67	146

Bijlage 14: Bij de validatie van de natte depositie NO_y gebruikte meetplaatsen en waarden

Meetplaats	X	Y	meetwaarde (Zeq/ha.j)	modelwaarde (Zeq/ha.j)
30BO01	160364	190774	207,44	198
30MA02	237024	183722	204,91	201
30TE01	186469	181496	203,04	201
30KK01	30270	202583	166,96	163
30ZW01	79838	164143	150,38	171
30KP01	158181	226446	248,32	215
30RT01	197815	213657	180,92	207
30GN06	101995	195333	181,89	180
30WN01	77532	197025	176,61	169

Bijlage 15: Bij de validatie van de natte depositie NH_x gebruikte meetplaatsen en waarden

Meetplaats	X	Y	meetwaarde (Zeq/ha.j)	modelwaarde (Zeq/ha.j)	gekalibreerde modelwaarde (Zeq/ha.j)
30BO01	160364	190774	386,91	244	347,84
30MA02	237024	183722	364,33	251	361,05
30TE01	186469	181496	391,85	242	344,56
30KK01	30270	202583	309,93	197	289,46
30ZW01	79838	164143	321,62	271	393,35
30KP01	158181	226446	500,19	281	380,87
30RT01	197815	213657	385,36	289	407,55
30GN06	101995	195333	386,47	315	443,33
30WN01	77532	197025	468,50	397	725,88

Bijlage 16: Gemiddelde deposities per gemeente

Gemeente	SO _x -depositie (Zeq/ha.j)	NO _y -depositie (Zeq/ha.j)	NH _x -depositie (Zeq/ha.j)	totale verzurende depositie (Zeq/ha.j)	totale vermestende depositie (kg N/ha)
AALST	551	736	930	2.217	23,33
AALTER	422	673	2.077	3.171	38,49
AARSCHOT	517	697	793	2.007	20,86
AARTSELAAR	928	1.096	1.018	3.044	29,64
AFFLIGEM	508	809	868	2.186	23,48
ALKEN	392	594	929	1.915	21,33
ALVERINGEM	372	484	1.321	2.177	25,27
ANTWERPEN	1.514	1.168	939	3.621	29,50
ANZEGEM	428	579	1.264	2.270	25,81
ARDOOIE	434	621	2.607	3.663	45,21
ARENDONK	566	674	1.574	2.814	31,47
AS	472	656	916	2.043	22,00
ASSE	501	773	861	2.134	22,87
ASSENEDE	386	571	1.435	2.392	28,09
AVELGEM	433	547	1.135	2.114	23,55
BAARLE-HERTOG	691	699	2.319	3.710	42,26
BALEN	520	620	1.002	2.142	22,72
BEERNEM	417	629	1.745	2.792	33,25
BEERSE	921	709	1.384	3.015	29,31
BEERSEL	517	791	939	2.248	24,23
BEGIJNENDIJK	512	650	740	1.902	19,47
BEKKEVOORT	371	615	873	1.858	20,83
BERINGEN	553	661	912	2.125	22,03
BERLAAR	570	621	775	1.967	19,55
BERLARE	494	684	1.017	2.196	23,82
BERTEM	464	766	724	1.954	20,86
BEVER	357	509	895	1.762	19,65
BEVEREN	787	784	1.254	2.825	28,53

BIERBEEK	437	643	783	1.864	19,96
BILZEN	371	585	878	1.833	20,48
BLANKENBERGE	568	621	973	2.162	22,30
BOCHOLT	426	566	1.389	2.381	27,37
BOECHOUT	974	752	837	2.564	22,25
BONHEIDEN	526	634	723	1.883	18,99
BOOM	746	868	873	2.489	24,36
BOORTMEERBEEK	529	664	754	1.947	19,84
BORGLOON	352	561	777	1.691	18,74
BORNEM	650	690	801	2.141	20,86
BORSBEEK	1.082	885	1.037	3.005	26,90
BOUTERSEM	417	623	868	1.908	20,87
BRAKEL	366	512	974	1.852	20,81
BRASSCHAAT	1.616	918	1.242	3.776	30,25
BRECHT	895	787	1.492	3.174	31,90
BREDENE	685	662	878	2.225	21,54
BREE	371	573	1.297	2.241	26,17
BRUGGE	591	706	1.191	2.488	26,55
BUGGENHOUT	556	663	930	2.150	22,30
DAMME	413	583	1.134	2.131	24,04
DE HAAN	504	593	950	2.047	21,60
DE PANNE	546	580	714	1.840	18,12
DE PINTE	489	798	1.149	2.437	27,25
DEERLIJK	518	786	1.695	2.998	34,72
DEINZE	418	606	1.543	2.568	30,10
DENDERLEEUV	466	647	877	1.991	21,34
DENDERMONDE	586	681	1.026	2.294	23,91
DENTERGEM	434	589	2.223	3.246	39,38
DESSEL	566	654	1.206	2.426	26,03
DESTELBERGEN	589	861	1.051	2.502	26,77
DIEPENBEEK	424	663	813	1.900	20,67
DIEST	430	614	822	1.866	20,10
DIKSMUIDE	367	503	1.470	2.339	27,61
DILBEEK	548	879	867	2.294	24,46
DILSEN-STOKKEM	463	625	1.078	2.166	23,84

DROGENBOS	772	860	948	2.580	25,30
DUFFEL	842	697	795	2.333	20,88
EDEGEM	1.066	1.067	1.075	3.207	29,96
EEKLO	475	645	1.992	3.112	36,91
ERPE-MERE	456	692	1.017	2.166	23,94
ESSEN	862	719	2.122	3.703	39,76
EVERGEM	510	647	1.404	2.561	28,71
GALMAARDEN	383	528	894	1.805	19,92
GAVERE	390	558	1.023	1.972	22,13
GEEL	548	695	1.137	2.381	25,65
GEETBETS	340	528	824	1.692	18,93
GENK	524	721	886	2.131	22,50
GENT	682	927	1.199	2.809	29,78
GERAARDSBERGEN	415	557	966	1.937	21,32
GINGELOM	345	556	577	1.478	15,86
GISTEL	416	587	1.373	2.376	27,45
GLABBEEK	410	580	977	1.966	21,79
GOOIK	373	551	904	1.827	20,37
GRIMBERGEN	540	813	808	2.161	22,68
GROBBENDONK	642	776	1.078	2.496	25,96
HAACHT	503	642	772	1.916	19,80
HAALTERT	404	572	898	1.874	20,57
HALEN	367	598	866	1.832	20,50
HALLE	498	756	913	2.165	23,35
HAM	613	698	847	2.158	21,63
HAMME	560	648	1.070	2.277	24,05
HAMONT-ACHEL	515	590	1.390	2.495	27,73
HARELBEKE	491	725	1.373	2.589	29,36
HASSELT	454	689	843	1.986	21,45
HECHTEL-EKSEL	457	589	770	1.816	19,02
HEERS	350	554	768	1.672	18,50
HEIST-OP-DEN-BERG	531	624	840	1.995	20,49
HEMIKSEM	912	742	872	2.525	22,57
HERENT	512	702	758	1.972	20,44
HERENTALS	650	777	1.178	2.606	27,39

HERENTHOUT	615	675	1.197	2.487	26,21
HERK-DE-STAD	377	572	808	1.757	19,32
HERNE	364	531	888	1.784	19,87
HERSELT	540	645	922	2.108	21,94
HERSTAPPE	288	528	929	1.740	20,40
HERZELE	386	550	937	1.873	20,83
HEUSDEN-ZOLDER	518	714	812	2.045	21,36
HEUVELLAND	315	496	1.330	2.140	25,55
HOEGAARDEN	374	587	746	1.708	18,67
HOEILAART	602	809	851	2.261	23,24
HOESELT	325	563	867	1.755	20,02
HOLSBEEK	451	643	817	1.912	20,43
HOOGLEDE	474	560	2.386	3.420	41,24
HOOGSTRATEN	718	743	2.348	3.810	43,27
HOREBEKE	353	512	953	1.818	20,51
HOUTHALEN-HELCHTEREN	458	648	774	1.881	19,91
HOUTHULST	389	513	1.651	2.554	30,30
HOVE	946	801	1.039	2.784	25,76
HULDENBERG	448	595	783	1.825	19,28
HULSHOUT	604	671	968	2.245	22,98
ICHTEGEM	449	569	2.158	3.176	38,18
IEPER	359	536	1.565	2.460	29,42
INGELMUNSTER	508	654	1.805	2.966	34,44
IZEGEM	511	683	1.958	3.153	36,96
JABBEKE	445	646	1.414	2.504	28,83
KALMTHOUT	1.053	743	1.468	3.264	30,96
KAMPENHOUT	521	683	695	1.898	19,28
KAPELLEN	1.782	878	1.277	3.937	30,17
KAPELLE-OP-DEN-BOS	485	649	838	1.972	20,81
KAPRIJKE	428	597	1.863	2.887	34,42
KASTERLEE	615	678	1.423	2.717	29,42
KEERBERGEN	584	655	855	2.096	21,15
KINROOI	343	567	1.480	2.391	28,65
KLUISBERGEN	441	554	1.053	2.047	22,48
KNESSELARE	420	596	1.773	2.791	33,19

KNOKKE-HEIST	676	690	973	2.339	23,29
KOEKELARE	414	530	2.214	3.157	38,40
KOKSIJDE	528	567	898	1.993	20,51
KONTICH	912	903	967	2.782	26,19
KORTEMARK	452	540	2.046	3.039	36,21
KORTENAKEN	349	529	866	1.744	19,52
KORTENBERG	517	738	716	1.970	20,34
KORTESSEM	344	565	810	1.718	19,25
KORTRIJK	536	740	1.234	2.510	27,63
KRAAINEM	805	1.119	954	2.877	29,00
KRUIBEKE	876	777	1.289	2.943	28,93
KRUISSHOUTEM	387	650	1.303	2.340	27,34
KUURNE	567	711	1.518	2.796	31,23
LAAKDAL	514	665	985	2.165	23,11
LAARNE	505	752	1.018	2.275	24,79
LANAKEN	425	610	984	2.019	22,32
LANDEN	366	556	636	1.559	16,70
LANGEMARK-POELKAPELLE	385	520	1.815	2.720	32,69
LEBBEKE	580	672	965	2.216	22,90
LEDE	525	685	992	2.201	23,46
LEDEGEM	366	579	1.909	2.855	34,84
LENDELEDE	436	612	1.823	2.871	34,09
LENNIK	405	584	844	1.834	19,99
LEOPOLDSBURG	560	649	845	2.053	20,90
LEUVEN	626	813	858	2.297	23,41
LICHTERVELDE	444	613	2.760	3.820	47,25
LIEDEKERKE	572	638	937	2.149	22,09
LIER	667	678	791	2.137	20,56
LIERDE	383	531	937	1.850	20,55
LILLE	654	758	1.200	2.612	27,42
LINKEBEEK	644	734	844	2.223	22,08
LINT	983	788	1.017	2.785	25,28
LINTER	358	538	843	1.740	19,34
LOCHRISTI	602	713	1.268	2.583	27,74
LOKEREN	567	722	1.386	2.675	29,51

LOMMEL	607	647	1.001	2.254	23,08
LONDERZEEL	500	667	986	2.152	23,14
LO-RENINGE	348	485	1.555	2.388	28,57
LOVENDEGEM	528	704	1.583	2.815	32,02
LUBBEEK	448	610	891	1.948	21,00
LUMMEN	408	745	851	2.003	22,34
MAARKEDAL	352	510	995	1.858	21,07
MAASEIK	415	595	1.188	2.198	24,96
MAASMECHELEN	477	681	952	2.109	22,86
MACHELEN	633	1.341	803	2.778	30,04
MALDEGEM	432	620	1.500	2.552	29,68
MALLE	795	727	1.307	2.829	28,48
MECHELEN	568	835	828	2.230	23,28
MEERHOUT	530	680	1.127	2.337	25,30
MEEUWEN-GRUITRODE	413	564	1.028	2.006	22,30
MEISE	498	770	860	2.128	22,81
MELLE	547	952	1.105	2.601	28,77
MENEN	476	704	1.323	2.504	28,38
MERCHTEM	452	637	954	2.043	22,26
MERELBEKE	533	740	1.097	2.369	25,71
MERKSPLAS	868	684	2.154	3.706	39,74
MESEN	323	526	1.370	2.216	26,50
MEULEBEKE	454	585	2.202	3.241	39,03
MIDDELKERKE	434	581	1.038	2.053	22,68
MOERBEKE	607	649	1.139	2.395	25,04
MOL	591	691	1.093	2.375	24,98
MOORSLEDE	382	542	1.802	2.726	32,82
MORTSEL	1.084	915	1.032	3.031	27,23
NAZARETH	426	760	1.414	2.600	30,45
NEERPELT	495	618	1.337	2.451	27,38
NEVELE	416	665	1.591	2.672	31,59
NIEL	766	726	871	2.362	22,33
NIEUWERKERKEN	376	559	833	1.768	19,48
NIEUWPOORT	452	572	1.051	2.075	22,73
NIJLEN	623	653	841	2.118	20,91

NINOVE	422	586	945	1.953	21,45
OLEN	646	788	1.081	2.515	26,16
OOSTENDE	686	752	1.034	2.471	24,99
OOSTERZELE	412	599	998	2.009	22,35
OOSTKAMP	442	664	1.914	3.020	36,09
OOSTROZEBEKE	452	592	2.096	3.139	37,61
OPGLABBEEK	440	622	1.015	2.076	22,90
OPWIJK	511	659	978	2.146	22,91
OUDENAARDE	435	572	1.047	2.054	22,66
OUDENBURG	429	625	1.295	2.349	26,87
OUD-HEVERLEE	505	650	769	1.924	19,86
OUD-TURNHOUT	634	744	1.441	2.819	30,59
OVERIJSE	556	738	819	2.113	21,80
OVERPELT	520	647	1.087	2.254	24,27
PEER	417	587	1.110	2.114	23,76
PEPINGEN	378	559	966	1.903	21,35
PITTEM	432	577	2.701	3.710	45,89
POPERINGE	346	497	1.301	2.143	25,16
PUTTE	551	627	799	1.977	19,97
PUURS	588	779	834	2.200	22,58
RANST	774	868	905	2.547	24,83
RAVELS	595	668	2.037	3.300	37,87
RETIE	562	703	1.426	2.692	29,80
RIEMST	322	552	971	1.845	21,33
RIJKEVORSEL	784	701	1.860	3.344	35,85
ROESELARE	534	659	2.166	3.359	39,55
RONSE	492	581	1.143	2.216	24,13
ROOSDAAL	489	621	922	2.032	21,62
ROTSELAAR	542	701	733	1.976	20,08
RUISELEDE	394	568	2.611	3.575	44,52
RUMST	860	852	885	2.598	24,31
SHELLE	817	739	925	2.483	23,33
SCHERPENHEUVEL-ZICHEM	476	618	808	1.902	19,97
SCHILDE	1.058	829	1.102	2.989	27,03
SCHOTEN	1.379	1.070	1.141	3.591	30,97

SINT-AMANDS	579	679	953	2.211	22,84
SINT-GENESIUS-RODE	550	668	922	2.140	22,25
SINT-GILLIS-WAAS	582	694	1.471	2.748	30,33
SINT-KATELIJNE-WAVER	671	655	757	2.082	19,76
SINT-LAUREINS	418	592	1.379	2.390	27,60
SINT-LIEVENS-HOUTEM	432	655	971	2.057	22,76
SINT-MARTENS-LATEM	618	731	1.350	2.698	29,12
SINT-NIKLAAS	669	798	1.463	2.931	31,66
SINT-PIETERS-LEEUEW	489	699	892	2.081	22,27
SINT-TRUIDEN	386	589	744	1.719	18,66
SPIERE-HELKIJN	380	547	828	1.754	19,25
STABROEK	1.656	935	1.149	3.741	29,19
STADEN	454	546	2.487	3.487	42,46
STEENOKKERZEEL	565	838	707	2.110	21,63
STEKENE	603	694	1.440	2.735	29,86
TEMSE	794	850	1.250	2.894	29,41
TERNAT	510	755	899	2.163	23,14
TERVUREN	622	737	800	2.160	21,52
TESSENDERLO	504	639	834	1.978	20,62
TIELT	399	567	2.602	3.568	44,36
TIELT-WINGE	417	593	831	1.841	19,94
TIENEN	426	617	871	1.914	20,85
TONGEREN	338	562	784	1.684	18,84
TORHOUT	503	595	2.639	3.738	45,29
TREMELO	570	646	822	2.039	20,56
TURNHOUT	757	764	1.370	2.891	29,86
VEURNE	424	527	1.126	2.077	23,14
VILVOORDE	616	946	802	2.365	24,46
VLETEREN	354	503	1.636	2.494	29,95
VOEREN	346	549	1.094	1.989	23,02
VORSELAAR	638	735	1.055	2.429	25,06
VOSELAAR	934	869	1.599	3.403	34,54
WAARSCHOOT	434	599	1.576	2.609	30,48
WAASMUNSTER	561	840	1.243	2.644	29,16
WACHTEBEKE	626	661	1.086	2.373	24,46

WAREGEM	523	753	1.456	2.731	30,92
WELLEN	358	550	795	1.703	18,82
WEMMEL	611	991	936	2.539	26,97
WERVIK	382	584	1.647	2.612	31,21
WESTERLO	575	702	1.079	2.356	24,93
WETTEREN	491	716	1.063	2.270	24,89
WEVELGEM	468	709	1.776	2.953	34,79
WEZEMBEEK-OPPEM	770	930	930	2.630	26,05
WICHELEN	500	626	993	2.117	22,65
WIELSBEKE	472	620	1.744	2.836	33,10
WIJNEGEM	1.112	1.009	979	3.100	27,82
WILLEBROEK	581	742	881	2.203	22,70
WINGENE	421	571	2.889	3.881	48,45
WOMMELGEM	1.068	1.171	988	3.226	30,23
WORTEGEM-PETEGEM	412	554	1.162	2.128	24,03
WUUSTWEZEL	825	747	2.126	3.699	40,22
ZANDHOVEN	696	838	982	2.516	25,47
ZAVENTEM	636	1.039	773	2.447	25,35
ZEDELGEM	478	630	2.028	3.135	37,21
ZELE	514	700	1.276	2.490	27,67
ZELZATE	755	809	1.195	2.758	28,05
ZEMST	507	740	778	2.026	21,26
ZINGEM	412	580	1.038	2.030	22,64
ZOERSEL	873	784	1.123	2.779	26,69
ZOMERGEM	401	569	1.513	2.482	29,15
ZONHOVEN	460	727	756	1.945	20,78
ZONNEBEKE	386	552	1.828	2.767	33,33
ZOTTEGEM	398	566	926	1.890	20,89
ZOUTLEEUW	355	540	781	1.677	18,50
ZUIENKERKE	406	576	1.061	2.043	22,91
ZULTE	453	617	1.625	2.696	31,41
ZUTENDAAL	441	630	821	1.893	20,32
ZWALM	381	547	914	1.843	20,45
ZWEVEGEM	419	563	1.241	2.223	25,25
ZWIJNDRECHT	1.283	1.067	1.036	3.386	29,44

